



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 se utilizó como criterio para determinar la predominancia racial y mediante esta información se generaron cuatro grupos. Con base en los valores registrados, se determinaron las estadísticas descriptivas, análisis de la varianza comparación de medias, análisis de frecuencias y prueba de 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 cm² para el grupo 1 vs 89.14 cm² para el 2 ($P<0.05$). Del total de canales evaluadas, 60 clasificaron de calidad Suprema (4.23 %), 655 de calidad Selecta (46.22 %), 621 de calidad Estándar (43.82 %) y 81 Comerciales (5.72 %). Las canales de bovino objeto del presente estudio, presentan mayormente un componente racial *Bos indicus* y su Grado Básico de Calidad primordialmente correspondió a la mayor cantidad de canales 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 México tiene 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 Estado de 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 evaluación de 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 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 para ello los niveles de marmoleo y textura o firmeza; sin embargo, no especifica o no toma en cuenta los grados de rendimiento, como su 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, pero para 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 que presenten 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 de la NOM-004-SAGARPA-2018. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue estimar el Grado Básico de Calidad de canales bovinas conforme a madurez ósea, marmoleo y 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 en el 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 de 2 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 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. 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 12^a 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	Comercial	
Moderado Modesto Poco	Suprema		
Ligero	Selecta		
Trazas Prácticamente desprovisto	Estándar		

La altura de la giba se utilizó como criterio para determinar la predominancia racial, con base en 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 \pm EE)
$\leq 1/4$ <i>Bos indicus</i>	7.92 \pm 0.95
$1/2$ <i>Bos indicus</i>	9.44 \pm 0.17
$3/4$ <i>Bos indicus</i>	13.13 \pm 0.18
$4/4$ <i>Bos indicus</i>	14.07 \pm 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 de la giba descrita en el Cuadro 1, cada canal se asignó a un grupo según la predominancia racial de *Bos indicus*: grupo 1= \geq cebuino; 2= $1/2$ cebuino; 3= $3/4$ cebuino; 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⁽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 Ji cuadrada 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). *** $(IQR/Rango) \times 100$.

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 cardíaca⁽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 promotores del 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 coeficiente de 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 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 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 establecimientos Tipo 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 la altura 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 genético cebuino 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 intensiva y 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 similar a 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)

Grupo	n	PCC			AOC		
		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= coeficiente de variación. Grupo 1= \leq cebuino; 2= $\frac{1}{2}$ cebuino; 3= $\frac{3}{4}$ 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 enteros 292 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 cruza 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 cm², cuando se comparan los grupos 1 y 2, indicando que la presencia de $\frac{1}{2}$ sangre de *Bos indicus* mejoró el AOC en comparación con los animales que solo contienen $\leq \frac{1}{4}$ de sangre cebuina. Al comparar los animales con menor predominancia 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 cruza entre bovinos *Bos indicus* y *Bos taurus*, para la variable de AOC, que cuando los animales son puros. El AOC en bovinos es un 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 para caracterizar canales bovinas en el centro del estado de Sonora, encontrándose que el AOC registró un rango de 80.66 a 82.15 cm²; posteriormente, en otro estudio⁽²⁴⁾, observaron valores desde 69.2 a 89 cm². 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 cm²; F1 Angus 63.80 cm²; F1 Chianina 61.06 cm²; F1 Romosinuano 76.39 cm² y F1 Simmental 60.05 cm². Los valores ahí mostrados son inferiores a los registrados en el presente trabajo de investigación, debido probablemente al tipo de sistema de producción utilizado, aunque el estudio indica que los animales cruzados mejoran el AOC, lo cual apoya los resultados del presente estudio.

En el Cuadro 5, se presenta la distribución de las canales bovinas conforme a la madurez ósea y 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 los Grados 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 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 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 marmoleo que toretes genéticamente similares, pero procesados entre los 18 y 24 meses de edad, cuando son alimentados con dietas cuyo contenido energético es lo suficientemente denso como para permitir 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 en la 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= $\leq \frac{1}{4}$ cebuino; 2= $\frac{1}{2}$ cebuino; 3= $\frac{3}{4}$ cebuino; 4= cebuino

^{ab} Letras diferentes en las frecuencias dentro de grado de marmoleo, indican diferencia significativa (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 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 $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de *Bos indicus*, las cuales se presentan con menor frecuencia ($P < 0.05$) con respecto a las canales de $\frac{1}{4}$ y más de $\frac{3}{4}$; mientras que en el grado trazas, aumenta la frecuencia para canales de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de *Bos indicus* y disminuye de manera significativa en canales de menos de $\frac{1}{4}$ y más de $\frac{3}{4}$. En marmoleo ligero, se encontraron las canales con menos de $\frac{1}{4}$ de *Bos indicus* presentándose con mayor frecuencia, aunque es similar a la de $\frac{1}{2}$ ($P > 0.05$). 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 está ligada principalmente al número y tamaño de los adipocitos intramusculares, entonces, la

tasa de acumulación de grasa intramuscular depende de la tasa de crecimiento muscular. En los 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 calidad Estándar (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 a partir 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 de México, 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 % 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.

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 cebuina, se observa que a medida que aumenta este componente racial, disminuye gradualmente el número de canales en cada categoría. Esto se atribuye al escaso desarrollo de la grasa intramuscular en ganado cebuino comparado con el ganado 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)

Sexo	Edad	Grupo	Grados Básicos de Calidad								Totales
			Suprema		Selecta		Estándar		Comercial		
			n	%	n	%	n	%	n	%	
H	<30	1	2	4.55	33	75	9	20.45	0	0.00	44
		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
		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
	>30	1	2	1.77	43	38.05	27	23.89	41	36.28	113
		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
M	<30	1	5	5.38	39	41.94	49	52.69	0	0.00	93
		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
		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
	>30	1	0	0.00	2	100.0	0	0.00	0	0.00	2
		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 un mejor grado básico de calidad conforme a lo dispuesto en la NOM-004-SAG/ZOO-2018, con efecto 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. Secretaría 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 espongiiforme 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 regard 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 cruza 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 Sci* 2013;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.