

Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora

Characterization of bovine carcasses and meat from animals fattened in Central Sonora

Gastón R. Torrescano Urrutia^a, Armida Sánchez Escalante^a, Martín Gustavo Vásquez Palma^b, Ricardo Paz Pellat^c, Dino A. Pardo Guzmán^b

RESUMEN

El propósito del estudio fue caracterizar y comparar el ganado bovino sacrificado en el mercado sonoreño en relación a características fisicoquímicas, morfométricas y de rendimiento de deshuese de la canal. Se evaluaron 161 canales de dos productores (A y B) que sacrificaron un número similar de novillos y vaquillas criollas, mostrando diferencias ($P < 0.05$) en los pesos vivo, caliente y frío, siendo mayores para B, al igual que los rendimientos de pie a canal (mayor de 60 %). Los productores mostraron canales con áreas del ojo de la costilla para A de 80.7 y B de 82.2 cm², con grasa dorsal de 9.4 y 9.0 mm, respectivamente. La fuerza de corte de la carne de los animales de ambos productores mostró valores altos (8.5 y 7.9 kg) clasificándola como de dureza intermedia. El color no mostró diferencias ($P > 0.05$) en el valor a*, correspondiendo a tonalidades de carne fresca; pero si hubo diferencias ($P < 0.05$) para L* y b*, no detectándose carne OFS (oscura, firme y seca). En ambos productores la temperatura fue mayor en el músculo semimembranoso a 45 min y 24 h *postmortem*, mientras que el pH final de la carne estuvo en el rango de 5.61 a 5.72. Las mediciones morfométricas y el índice de compacidad, presentaron diferencias ($P < 0.05$) entre el ganado de ambos productores. En los resultados de deshuese se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre el peso de las canales, pero no existió una relación entre el peso de las canales y la composición tisular de cada una de sus fracciones.

PALABRAS CLAVE: Bovino, Calidad de la canal, Rendimiento, Textura, Color.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to characterize and compare bovine cattle slaughtered in Sonora relative to carcass physico-chemical, morphometric and yield characteristics. One hundred and sixty one (161) carcasses from steers and heifers of native cattle from two producers (A, B) were assessed, showing differences ($P < 0.05$) for live, hot and cold weights, being higher for B, as well as yield (more than 60 %). Cattle from both producers showed carcasses with rib eye areas of 80.7 cm² for A and 82.2 cm² for B, and average fat thickness of 9.4 and 9.0 mm, respectively. Shear force for meat showed high values in cattle of both producers, (8.5 and 7.9 kgf), and therefore tenderness can be classified as intermediate. Color showed no differences ($P > 0.05$), for value a*, corresponding to fresh meat shades, but significant differences for L* and b* were observed, although no DFD (dark, firm and dry) meat was detected. In cattle of both producers, temperature in the semimembranous muscle was higher 45 min and 24 h post mortem, while the final pH ranged between 5.61 and 5.72. Morphometric measurements and compaction index, showed differences between cattle from both producers ($P > 0.05$). Boning yields ($P > 0.05$) showed differences for carcass weight, but no relationship between carcass weight and tissue composition in each fraction was found.

KEY WORDS: Cattle, Carcass quality, Yield, Texture, Color.

Recibido el 26 de junio de 2009. Aceptado para su publicación el 22 de octubre de 2009.

^a Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD, AC), Carretera a la Victoria km 0.6, Hermosillo, Sonora. Apdo. Postal 1735, Hermosillo, Sonora. Tel. +52 (662) 2892400. gtorrescano@ciad.mx. Correspondencia al primer autor.

^b Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería Avanzada, Hermosillo, Sonora.

^c Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora.

El concepto de calidad en canales de ganado bovino evoluciona según la demanda del mercado. La expectativa de comercialización de la carne bovina, tanto en el mercado interno como para exportación, enfrenta el reto de producir carne de excelente calidad en el menor tiempo posible, con el fin de hacer rentable y eficiente el negocio ganadero, obligando a modernizar todos los eslabones de la cadena cárnica. No obstante, en términos del mercado internacional, se consideran de calidad aquellas canales bien conformadas, con un elevado contenido de músculo y suficiente cantidad de grasa intramuscular para satisfacer los requerimientos organolépticos del consumidor⁽¹⁾.

La clasificación de canales de bovino producidas en el estado de Sonora (noroeste de México), se basa en el Reglamento de clasificación, certificación y acreditación de carne de ganado bovino de 1970 y reformado en 1999⁽²⁾. Este nuevo reglamento contiene disposiciones para que el servicio de clasificación opere en congruencia con las nuevas prácticas comerciales, debido a la globalización de los mercados. Lo anterior, deriva de las diferencias que existen entre el producto local y el importado, enfatizando aquellos aspectos que sean atractivos para el consumidor.

La inconsistencia en la calidad de la canal se ha identificado como uno de los problemas más importantes que debe enfrentar la industria de la carne⁽³⁾. La calidad de la canal depende fundamentalmente de las proporciones relativas de hueso, músculo, grasa y recortes, ya que son determinantes del porcentaje y calidad de la carne, que es lo que se consume.

Uno de los retos importantes para mejorar la industria de la carne en Sonora, será actualizar el sistema de clasificación o categorización de canales, ya que la aplicación actual de criterios subjetivos es insuficiente, sugiriéndose una contrastación mediante medidas objetivas que se puedan llevar a cabo de una forma simple y sin interferir en el proceso industrial, de manera que permitan realizar un juicio rápido y preciso sobre los índices reales de calidad⁽⁴⁾. Aunado a lo anterior es importante caracterizar la carne de res que se produce

The concept of quality in beef carcasses has evolved following market demand. Sale prospects for the local and export markets, foster the challenge of producing excellent quality beef in the least time, so the cow-calf production become more efficient and profitable, thus compelling all the links in the beef industry chain to modernize. But, the international market considers as more desirable carcasses, those having a high muscle content and enough intramuscular fat to satisfy organoleptic requirements of consumers⁽¹⁾.

Bovine carcass grading of cattle produced in Sonora (NW Mexico) is based on the Grading, Certification and Accreditation Rules of 1970, modified in 1999⁽²⁾. These rules contain regulations for the grading service that allow it to operate in congruence with new marketing practices due to globalization. This arises from differences between local and imported product, emphasizing those aspects attractive for consumers.

Carcass quality inconsistencies have been identified as one of the main problems affecting the beef industry⁽³⁾. Carcass quality depends mainly on bone, muscle, fat and cuts relative proportions, as they determine the meat percentage and quality, which is what we consume.

One of the most important challenges for improving the meat industry in Sonora is updating the carcass grading system, as the current subjective criteria method is insufficient. A series of objective measures easy to contrast without interfering with the industrial process, allowing to grade quickly and with precision based on real quality indices is suggested⁽⁴⁾. In addition, it is deemed important to characterize locally produced beef, so an identity can be set, also aiming at offering definite competitive advantages over beef of other origins.

Criteria to be used for categorization are sex, maturity (age) and weight. Sex can be told apart in carcasses, while maturity can be established through ossification of cartilages in the spinous apophyses in dorsal, lumbar and sacral vertebrae⁽⁵⁾.

Based on the above, the purpose of the study was to carry out an objective evaluation of carcass

localmente con el fin de otorgarle identidad propia y con el objetivo de que brinde ventajas competitivas frente a otras carnes.

Los criterios que se utilizan para la asignación de categorías son el sexo, la madurez (edad) y el peso. El sexo se puede distinguir en la canal, mientras que la madurez se puede observar por medio de la osificación de los extremos cartilagosos de las apófisis espinosas de las vértebras dorsales, lumbares y sacras⁽⁵⁾.

Con base en lo anterior, el propósito de este trabajo fue llevar a cabo una evaluación objetiva de las características de la canal y la calidad de la carne de bovinos producidos en Sonora, para conocer los atributos de la carne que se comercializa actualmente en esta zona de México.

Para este estudio se seleccionó un rastro TIF de la localidad de Hermosillo, Sonora, muestreándose un total de 161 canales provenientes de animales de tipo criollo (vaquillas y novillos), procedentes de dos explotaciones con sistemas de producción similares, y que sacrifican habitualmente en esta planta. Se analizaron 70 canales del productor A y 91 del productor B. Es importante señalar que la evaluación de las canales se realizó en diferentes períodos de tiempo, pero todos durante el verano del 2008.

El sacrificio se realizó mediante métodos convencionales, utilizando una pistola de pistón cautivo. Posteriormente, las canales fueron suspendidas del tendón de Aquiles y cortadas longitudinalmente; al final del faenado (lavado) las canales se pesaron para obtener su peso en caliente, se etiquetaron y condujeron a las cámaras de refrigeración, donde permanecieron por 24 h. Una vez transcurrido este tiempo se registró su peso en frío y se calculó el rendimiento respecto al peso en pie (Rendimiento = peso canal fría X 100/peso en pie). Adicionalmente, se determinó el porcentaje de merma por refrigeración, lo cual se realizó restándose la diferencia entre los pesos caliente y frío.

La evaluación de las canales se llevó a cabo determinando la madurez por medio de la osificación

characteristics and meat quality of bovines produced in Sonora, to know the attributes of the meat that is currently available in this area of Mexico.

For the present study a TIF slaughterhouse in Hermosillo, Sonora was chosen, and a total of 161 carcasses of crossbred cattle (heifers and steers) coming from two cattle operations with similar production systems were sampled and whose production is usually slaughtered in this slaughterhouse. A total of 70 carcasses from producer A and 91 from producer B were studied. It is important to point out that carcass evaluation was performed at different times during the summer of 2008.

Animals were slaughtered using traditional methods, by means of a captive piston pistol. Afterwards, carcasses were hung from the Achilles tendon and cut lengthwise. At the end of the slaughter process (washing), carcasses were weighted and their hot weight was recorded, labeled, conducted to cooling rooms and kept there for 24 h. After this, they were weighted again and their cold weight was recorded and yield was estimated (yield = carcass cold weight / live weight * 100). In addition, loss due to refrigeration was estimated (loss due to refrigeration = carcass hot weight - carcass cold weight).

Carcass evaluation was performed determining maturity through ossification of cartilages in the spinous apophyses in dorsal, lumbar and sacral vertebrae⁽²⁾. Variables evaluated in carcasses were: live weight, hot carcass weight, cold carcass weight, while analysis were carried out in the left half carcass, temperature and pH at 45 min and 24 h *post mortem*⁽³⁾. Rib eye area and dorsal fat were determined at the 12th and 13th rib, using a Vernier in accordance with USDA grading standards⁽⁶⁾.

Temperature in carcasses was determined using a digital penetration thermometer and pH was determined with a portable potentiometer, previously calibrated with pH 4 and pH 7 buffer solutions. Temperature and pH readings were performed through insertion of a probe or

de los extremos cartilagosos de las apófisis espinosas de las vértebras dorsales, lumbares y sacras⁽²⁾. Las variables evaluadas en la canal fueron: peso en pie, peso canal caliente, peso canal fría, efectuando los análisis en la media canal izquierda, donde la temperatura y pH se determinaron a los 45 min y a las 24 h del sacrificio⁽³⁾. Mientras que el área del ojo de la costilla y la grasa dorsal se determinaron entre la 12^a y 13^a costilla, utilizando un vernier según lo establecido por la USDA⁽⁶⁾.

La temperatura de las canales se determinó utilizando un termómetro de penetración digital, mientras que el pH se registró utilizando un potenciómetro portátil, previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4.00 y 7.00. Las lecturas de temperatura y pH se llevaron a cabo insertando tanto la sonda como los electrodos de medición. La evaluación de los parámetros fisicoquímicos y físicos de las canales se realizó en tres músculos: *Semimembranosus* (SM), en el cuarto trasero, *Longissimus thoracis* (LT), en el lomo y *Pectoralis profundus* (PP), en el cuarto delantero. Se registraron valores a los 45 min y a las 24 h *postmortem*.

Las mediciones morfométricas se realizaron utilizando un bastón zoométrico o de Aparicio y una cinta de costurera, las cuales fueron realizadas a las 24 h *postmortem*. Estas medidas, registradas en centímetros, consistieron en determinar la longitud de la canal (EB), profundidad del pecho (FG), longitud de la pierna (AB) y espesor máximo de la pierna (H)⁽⁷⁾.

También se realizó la medición del color, que fue llevada a cabo una vez que la canal fue cortada entre la 12^a y 13^a vértebras torácicas, permitiéndose que transcurriera un tiempo de al menos 30 min antes de realizar la lectura, lográndose así estabilizar el pigmento de la carne. Esta medición se realizó en al menos cinco puntos del área del ojo de la costilla, registrándose las coordenadas L*, a* y b*, las cuales indican luminosidad e índices de rojo y amarillo, respectivamente. La determinación se realizó utilizando un colorímetro Minolta (modelo BC-10), con iluminante D₆₅ y 10° del observador.

measuring electrodes, whichever was the case. Physicochemical and physical carcass parameters were evaluated in three muscles: *Semimembranosus* (SM) in the hind quarter, *Longissimus thoracis* (LT) in the loin and *Pectoralis profundus* (PP) in the front quarter. Readings were taken 45 min and 24 h *post mortem*.

Morphometric measurements were performed using a zoometric (Aparicio) stick and a measuring tape at 24 h *post mortem*. These measurements, recorded in centimeters, were length of carcass (EB), breast depth (FG), leg length (AB), leg perimeter (H), and maximum leg thickness (H)⁽⁷⁾.

Color was also determined, which was performed once the carcass was cut between the 12th and 13th thoracic vertebrae, allowing at least 30 min after the cut before carrying out readings, so veal pigment could stabilize. This measurement was performed in at least five points in the rib eye area and L*, a* and b* coordinates were recorded, which reveal luminosity and red and yellow indices, respectively. Readings were carried out using a Minolta model BC-10 colorimeter, with D₆₅ illuminator and 10° of the observer.

Instrumental texture readings were performed 48 h *post mortem* using a Warner-Bratzler accessory mounted on a texturometer. Tenderness of the cooked LT muscle was determined by recording the maximum effort needed for cutting the sample. Samples were cooked in an electric grill up to the point that a 70 °C internal temperature was reached. Afterwards samples were cooled inside a bag placed in a cooling room at 5 °C for 24 h. Once cooled down, samples were cut in 1 cm high * 1 cm wide *3 cm long prisms (being the cut perpendicular to muscle fibers)⁽⁸⁾. To determine tissue composition of carcasses, these were deboned following the procedure suggested by Carballo⁽⁹⁾.

Results were analyzed through one way variance method taking into account all possible variables (live weight, cold weight, hot weight, rib eye area, dorsal fat, tenderness, color, temperature, pH, morphometric measurements and tissue composition). Averages were compared through

La medición de textura instrumental se realizó a las 48 h *postmortem* utilizando el accesorio Warner-Bratzler montado en un texturómetro, determinándose la dureza del músculo LT cocinado, mediante el registro del esfuerzo máximo para cortar la muestra. Las muestras se cocinaron en una parrilla eléctrica, hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C. Posteriormente, las muestras se enfriaron dentro de una bolsa en una cámara a 5 °C durante 24 h. Una vez frías se cortaron en prismas de 1x1 cm de ancho por 3 cm de largo, (siendo el corte largo perpendicular a las fibras musculares)⁽⁸⁾. Para determinar la composición tisular de las canales, éstas fueron deshuesadas de manera similar a la metodología descrita por Carballo⁽⁹⁾.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza de una vía considerando todas las variables (peso en pie, en caliente y frío, área del ojo de la costilla, grasa dorsal, dureza, color, temperatura, pH, medidas morfométricas y composición tisular), y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan a una significancia de 0.05. Todos los datos fueron procesados en el paquete estadístico NCSS (2000)⁽¹⁰⁾.

Los resultados muestran que el número de novillos y de vaquillas sacrificados procedentes de ambos productores es muy similar; sin embargo, existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los pesos en pie, canal caliente y fría, sobresaliendo los datos del productor B (Cuadro 1). Esto puede deberse a diferencias genéticas⁽¹¹⁾ o al tipo de alimentación que recibieron los animales, como puede observarse en los pesos en pie, donde los animales del productor B presentaron los pesos más altos.

Por otra parte, los rendimientos en canal de los animales del productor B fueron superiores al 60 %, que es un indicador de que el proceso de engorda y de faenado fueron buenos, ya que se encuentran dentro de la escala de 60 a 64 % establecido como normal^(12,13). El rendimiento en canal es de gran importancia económica en el mercado, debido a que se utiliza como un indicador de la ganancia para el productor. La merma por refrigeración del 2 % se considera normal para ambos productores, lo que indica que a pesar de presentar temperaturas

Duncan's test with 0.05 significance. All data were processed using the NCSS (2000) statistical software⁽¹⁰⁾.

Results show that the number of slaughtered steers and heifers from both producers is very similar. However, some differences ($P < 0.05$), arose for live weight and hot and cold carcass weight, standing out data from Producer B (Table 1). This can be attributed to genetic differences⁽¹¹⁾ or to how animals were fed, as seen in live weights, because animals from producer B were heavier.

On the other hand, carcass yield of Producer B animals was over 60 %, indicating that fattening and slaughter was good, as yield between 60 and 64 % can be considered as normal^(12,13). Carcass yield is of great economic significance, because it is used as a profit indicator for producers. A 2 % refrigerating loss seen for both producers can be considered as normal, which shows that even with temperatures below 0 °C the weight loss did not surpass normal values. In addition, carcass fat

Cuadro 1. Parámetros *ante* y *postmortem* de bovinos finalizados en dos explotaciones de Sonora

Table 1. *Ante* and *postmortem* parameters in finished bovines found in two cattle operations in Sonora

Variable	Producer A	Producer B
Sex:		
Steers, %	47	49
Heifers, %	53	51
Live weight, kg	495.26 ^b ± 40.10	504.97 ^a ± 51.10
Hot weight, kg	292.85 ^b ± 26.97	324.33 ^a ± 29.70
Cold weight, kg	289.01 ^b ± 28.70	317.81 ^a ± 29.50
Carcass yield, %	58.30	62.90
Refrigeration loss, %	1.31	2.01
Rib eye area, cm ²	80.66 ^a ± 12.6	82.15 ^a ± 10.86
Dorsal fat, mm	9.40 ^a ± 0.52	9.00 ^a ± 0.48
Tenderness, kgf	8.54 ^a ± 1.63	7.90 ^a ± 1.97
Color:		
L*	35.04 ^b ± 1.99	37.28 ^a ± 2.18
a*	21.42 ^a ± 2.96	21.15 ^a ± 2.92
b*	10.95 ^b ± 1.27	12.19 ^a ± 1.15

^{ab} Different letters between columns indicate differences ($P < 0.05$).

de enfriamiento por debajo de 0 °C en las cámaras frías, la merma no sobrepasó los niveles considerados como normales⁽⁵⁾. Aunado a lo anterior, se puede agregar que la cobertura grasa en las canales influyó en este concepto, ya que esta grasa del productor B fue menor, aunque no significativo ($P > 0.05$), lo que probablemente pudo influir en el incremento de la merma por refrigeración en las canales de este productor.

En cuanto al área del ojo de la costilla, tomando como base el sistema de Auditoría Nacional de la Calidad de la Carne de Bovino de Estados Unidos, (NBQA, por sus siglas en inglés)⁽¹⁴⁾, esta entidad auditora recomienda que el área del ojo de la costilla deberá estar entre 71.5 y 91 cm², por lo que los dos productores cumplen con el rango de aceptabilidad. Se ha reportado que pesos promedios en canal entre 340 y 345 kg deberían presentar un área de ojo de la costilla entre 83.4 y 82.6 cm², esto para mercado internacional⁽¹⁵⁾, con lo cual las áreas del ojo de la costilla producida por ambas explotaciones incluidas en este estudio se encuentran con valores muy similares (80.7 y 82.2 cm²). Sin embargo, en un estudio reciente llevado a cabo en Argentina⁽¹⁶⁾, donde se evaluaron canales de novillos criollos argentinos, comparados con novillos Braford, con pesos en canal fría de 209 y 230 kg, respectivamente, se observaron áreas medidas en la 10^a costilla de 86 y 85 cm², considerados valores por encima de los de este estudio, tal vez asociado muy probablemente a la importancia que tiene la pureza racial y el tipo de cruce genotípica⁽¹⁷⁾.

Referente a la grasa dorsal, la misma entidad auditora NBQA⁽¹⁴⁾ considera como óptimo una grasa de cobertura en el ojo de la costilla de 10 a 12 mm, por lo que los valores originados por ambos productores estuvieron por debajo del límite recomendado, ya que mostraron valores entre 9.4 y 9.0 mm. Actualmente, por exigencias del mercado, la tendencia es producir menos grasa, por lo que es posible que este efecto se debe a la utilización de beta agonistas, los cuales se usan comúnmente en la actualidad para promover músculos más grandes, lo cual genera menor deposición de grasa en la canal. En otro estudio⁽¹⁸⁾ se señala que las razas de origen *Bos indicus* producen carnes más

covering in animals of both producers influenced this process, as covering in animals sent by Producer B was less than those shown in animals of Producer A, although not significant ($P > 0.05$), so this factor could have influenced in an increase in refrigerating loss in animals from Producer B.

Based in the guidelines proposed by the US National Beef Quality Audit (NBQA)⁽¹⁴⁾, the rib eye area should be between 71.5 and 91 cm², so animals from both producers meet this requirement. In accordance with what is reported in other studies, carcasses weighing on average between 340 and 345 kg should present for international markets⁽¹⁵⁾ a rib eye area between 83.4 and 82.6 cm², so values for this factor in animals of both cattle herds included in the present study are very similar (80.7 and 82.2 cm²). However, in a recent study on “Criollo Argentino” steers in Argentina⁽¹⁶⁾ compared to Braford steers, having a cold carcass weight of 209 and 230 kg, respectively, rib eye areas at the 10th rib of 86 and 85 cm² were reported, greater than those found in the present study, perhaps associated to racial purity and genotype cross⁽¹⁷⁾.

With reference to dorsal fat, NBQA considers a 10 to 12 mm rib eye fat covering as optimal, therefore, values found in animals of both producers are below range, as values found go from 9.4 to 9.0 cm. Due to current market trends requiring leaner meat, less fat is demanded, so covering found in the present study could be due to utilization of β -agonists, commonly used to promote muscle development, which decreases fat deposition in carcasses. In another study⁽¹⁸⁾, it is commented that *Bos indicus* breeds produce leaner meat, so results obtained in the present study could be the effect of genetics employed by livestock producers in this part of Mexico.

Regarding tenderness, results show that meat from animals of both cattle operations was above average, in accordance with levels advised by other researchers^(19,20), who suggest that a beef sample can be considered tender if resistance to shear force is 6 kgf or lower determined 14 d *post mortem*.

magras, y con menor cobertura de grasa, por lo que los resultados obtenidos pueden estar relacionados con la genética que es utilizada actualmente por los productores de esta zona de México.

En lo que respecta a la dureza, los resultados indican que la carne de ambas explotaciones estuvieron por encima de los niveles recomendados por otros investigadores^(19,20), quienes sugieren que una muestra de carne puede ser considerada tierna cuando presenta resistencia a la fuerza de cizallamiento o corte inferior a 6 kgf, determinada a los 14 días *post-mortem*. Las muestras de carne de este estudio correspondientes a las explotaciones A y B resultaron con durezas de 8.54 y 7.9 kgf respectivamente, y de acuerdo a lo anterior, se puede considerar que la carne de las canales evaluadas se clasifica como de dureza intermedia⁽¹⁹⁾. De esto puede deducirse que la actividad proteolítica de las enzimas sobre las proteínas estructurales del músculo, proceso conocido como proteólisis, todavía no se encontraba activada del todo, por lo que se pueden esperar mejoras en la terneza a partir del quinto día de maduración. Por lo anterior, los valores de esfuerzo al corte reportados para carne de bovino varían considerablemente, dependiendo de factores tales como, manejo previo y durante el sacrificio, régimen alimenticio, pH y engrasamiento⁽²¹⁾. El uso de beta agonistas pudo afectar la dureza de la carne. Además, se sabe que las razas *Bos indicus* tienen carne de menor terneza que las *Bos taurus*⁽²²⁾.

Referente al color del músculo, importante atributo en la producción de carne, éste no presentó diferencias ($P > 0.05$) en el valor a^* (índice de rojo-verde) (Cuadro 1), en ambos tratamientos, aunque con valores que corresponden a coloraciones rojas características de la carne fresca, pero sí se presentaron diferencias ($P < 0.05$) para los parámetros L^* y b^* . Los valores de estos dos últimos parámetros para el productor B fueron más altos (37.2 y 12.2, respectivamente), indicando el primero de los valores que las canales evaluadas de este productor presentaron mayor cantidad de grasa y grado de marmoleo⁽¹⁶⁾. Esto también ha sido evidenciado por otros autores, sobre todo en lo referente al valor L , ya que estas características se

Samples from both cattle herds showed shear force resistance of 8.54 and 7.9 kgf, respectively for A and B, so they can be considered as having intermediate tenderness. From this, it can be surmised that proteolysis due to enzyme activity on muscles had not been completed at that date, so an improvement in tenderness can be expected from d 5 *post mortem* onwards. Owing to this, shear force values reported for beef and veal vary considerably, depending on several factors as, pre and post slaughter management, feed, pH and fat depots⁽²¹⁾. Utilization of β -agonists could have had an effect on tenderness. In addition, it is a known fact that beef from *Bos indicus* cattle is less tender than from *Bos taurus*⁽²²⁾.

With reference to muscle color, an important factor in beef production, no differences ($P > 0.05$) between cattle herds for a^* (red-green index) were found (Table 1), although observed values correspond to red shades characteristic of fresh meat. Significant differences ($P < 0.05$) between animals of Producers A and B were found for L^* and b^* parameters. Values for them in B were higher (37.2 and 12.2, respectively), being a sign of that carcasses of animals fattened by this producer presented more fat and marbling⁽¹⁶⁾. This has also been described by other authors, especially regarding value L^* , as these characteristics are considered as the main indicators of beef luminosity⁽²³⁾.

An indicator of absence of DFD meat (dark, firm and dry) is color, and averages found for products of both cattle operations for parameters L^* , a^* and b^* are well within acceptable ranges and suggest that L^* is one of the parameters that best predict presence of DFD meat, as beef showing clarity over 33 can be considered normal⁽²⁴⁾, therefore results obtained in the present study confirm that beef from animals of both cattle operations did not present this problem.

Average temperature and pH values recorded 45 min and 24 h post mortem are shown in Table 2. Differences ($P < 0.05$) were found for muscle and time for both cattle operations were found. Temperature in the SM muscle was higher in carcasses from both producers at 45 min and 24 h

Cuadro 2. Medidas \pm DE de la temperatura y pH en tres diferentes músculos de bovinoTable 2. Means \pm SD of temperature and pH in three different bovine muscles

Muscle	45 min		24 h	
	Producer A	Producer B	Producer A	Producer B
	Temperature ($^{\circ}$ C)			
PP	36.57 ^b \pm 1.02	37.28 ^a \pm 1.02	0.37 ^b \pm 1.00	2.13 ^a \pm 1.65
LT	38.85 ^a \pm 1.01	39.09 ^a \pm 0.82	0.48 ^b \pm 0.79	2.68 ^a \pm 1.65
SM	39.31 ^b \pm 1.52	40.32 ^a \pm 0.54	3.51 ^b \pm 1.53	6.61 ^a \pm 1.43
	pH			
PP	6.58 ^a \pm 0.22	6.41 ^b \pm 0.17	5.72 ^a \pm 0.17	5.71 ^a \pm 0.12
LT	6.66 ^b \pm 0.21	6.46 ^a \pm 0.35	5.63 ^a \pm 0.21	5.61 ^a \pm 0.13
SM	6.58 ^a \pm 0.17	6.56 ^a \pm 0.15	5.61 ^a \pm 0.11	5.61 ^a \pm 0.14

^{ab} Different letters between columns indicate differences ($P < 0.05$).

PP= *Pectoralis profundus*, LT= *Longissimus thoracis*, SM= *Semimembranosus*.

consideran como los principales indicadores de aumento en la luminosidad de la carne⁽²³⁾.

Un indicador que confirma la ausencia de carne OFS (oscura, firme y seca) es el color, ya que los promedios para los productos de las dos explotaciones en los parámetros L*, a*, b* se encuentran dentro de escalas consideradas como aceptables, y sugieren que el valor de L* es uno de los parámetros que mejor predice la presencia de carne OFS, indicando que carnes con valores de claridad por encima de 33 son consideradas como normales⁽²⁴⁾; por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio confirman que la carne de ambas explotaciones no presentaron este problema.

Los valores promedios de temperatura y pH tomados a los 45 min y a las 24 h *postmortem* se muestran en el Cuadro 2, encontrándose diferencias ($P < 0.05$) entre los músculos y en los tiempos evaluados en ambas explotaciones. La temperatura del músculo SM fue mayor en las canales de ambos productores a los 45 min y a las 24 h. La temperatura máxima para la salida de canales de la planta de sacrificio requerida por la Norma Oficial NOM-FF-078-SCFI-2002⁽²⁵⁾ es de 7 $^{\circ}$ C, por lo que ambos productores cumplieron con esta norma. Cabe señalar que en algunos rastros se tiene la práctica de abrir este músculo sin separarlo por completo de la canal,

post mortem. Maximum temperature admitted for carcasses leaving slaughterhouses by the Mexican Official Regulation (animal products - beef carcasses) NOM NMX-FF-078-SCFI-2002⁽²⁵⁾ is 7 $^{\circ}$ C, so this requirement was met in both instances. It is worth mentioning that in some slaughterhouses this muscle is opened without completely detaching it from the carcass, so muscles in the leg reach the required temperature sooner. On the other hand, carcasses from animals of both producers reached the required temperature because temperature in the cooling room was -9 $^{\circ}$ C and air speed was kept at more than 0.5 m sec⁻¹, considered as adequate by US Meat Export Federation (USMEF)⁽²⁶⁾. Producer A met regulation PC-003-2004 Mexico Supreme Export Quality⁽²⁷⁾, that sets a 4 $^{\circ}$ C temperature value in the hind quarter.

Values for pH (Table 2) at 45 min *post mortem* showed differences ($P < 0.05$) between animals from both producers for muscles PP and LT, while no differences were found at 24 h *post mortem* in all the assessed muscles. Final pH values found in the present study, between 5.4 and 5.8, are within the expected range for beef^(15,28,29).

Carcass and leg length values, as well as leg perimeter and compacity index showed differences

con la finalidad de que los músculos de la pierna alcancen más rápidamente los 7 °C requeridos por la norma. Por otra parte, en las canales de ambos productores la temperatura en este músculo fue alcanzada, debido a que la temperatura de refrigeración de los cuartos de enfriamiento alcanzó -9 °C y mantenían una velocidad del aire superior a los 0.5 m/s, considerada como la adecuada según la USMEF⁽²⁶⁾. El productor A cumple con la norma PC-003-2004 Calidad Suprema para exportación⁽²⁷⁾, que establece una temperatura en el cuarto trasero de 4 °C.

Los valores de pH (Cuadro 2) a los 45 min mostraron diferencia ($P < 0.05$) entre los productores en los músculos PP y LT, mientras que a las 24 h, no presentaron diferencias en todos los músculos evaluados. Los valores de pH final encontrados en este trabajo, son acordes con los esperados en la carne de vacuno, ya que se encuentran comprendidos entre los valores de 5.4 y 5.8^(15,28,29).

Los valores de longitud de la canal y de la pierna, así como el perímetro de la pierna y el índice de compacidad, presentaron diferencias ($P < 0.05$) entre las canales de ambos productores (Cuadro 3). Estos valores reflejan la variabilidad genética que existe entre los animales de ambos productores, y se manifiesta en las áreas del ojo de la costilla, ya que al parecer a mayor longitud de la canal, se presentó mayor tamaño de área del ojo de la costilla, como es el caso de las canales del productor B. Estos resultados coinciden con los de otro trabajo de investigación⁽³⁰⁾, donde se encontraron resultados similares. Esta interesante relación obtenida es de importancia comercial, ya que el lomo de la canal tiene un papel económico significativo en el mercado.

Por otro lado, el índice de compacidad que hace una estimación de la cantidad de carne a obtener, se caracterizó por presentar diferencias ($P < 0.05$) entre las canales de los dos productores (Cuadro 3), y al parecer funciona como buen discriminador entre ambos productores, ya que un aumento de este índice implica mayor cantidad de tejido muscular y adiposo, lo que se ve reflejado en el rendimiento en canal y en el tamaño del área del

Cuadro 3. Mediciones morfométricas en canales de bovinos finalizados en dos explotaciones de Sonora

Table 3. Morphometric measurements in finished bovine carcasses for two cattle operations in Sonora

Morphometric measurements	Producer A	Producer B
Carcass length, cm	131.52 ^b ± 4.80	135.93 ^a ± 51.10
Leg length, cm	54.24 ^b ± 2.13	56.93 ^a ± 2.39
Leg width, cm	37.00 ^a ± 2.22	36.61 ^a ± 2.86
Leg perimeter, cm	95.72 ^b ± 12.5	105.70 ^a ± 3.88
Breast width, cm	43.40 ^a ± 2.11	43.90 ^a ± 2.80
Compacity index, kg/cm	2.19 ^b ± 0.19	2.33 ^a ± 0.18

^{ab} Different letters between columns indicate differences ($P < 0.05$).

($P < 0.05$) between cattle from both producers (Table 3). These values reflect genetic variability between both producers which is expressed in rib eye areas, as a greater rib eye area seems to be associated to a greater carcass length, as was the case for cattle from Producer B. These results concur with those reported in another study⁽³⁰⁾. This relationship is important commercially, as loin is economically significant in the market.

On the other hand, the compacity index, which is of assistance for estimating the amount of meat to be obtained, showed differences ($P < 0.05$) between carcasses of both cattle operations (Table 3), and seems to work as a good discriminator between both producers, because an increase in this index implies both more muscle and fat tissues, which influence both carcass yield and rib eye area. This index presents a significant relationship with carcass conformation and fat levels, and has been considered as a good predictor of equations of tissue components (muscle, bone and fat)^(31,32).

In Table 4, results are shown of deboning of carcasses, performed by Producer B at different weights. Results obtained allow to observe that differences ($P < 0.05$) for carcass weight were found, but that no relationship between carcass weight and tissue composition of each fraction exists, either for total composition or meat/bone (M/B) and meat/fat (M/F). In a global assessment of meat content no

Cuadro 4. Medias \pm desviación estándar y nivel de significación de la composición tisular de las canales evaluadas
 Table 4. Means \pm standard deviation and significance level in tissue composition in evaluated carcasses

	Range (kg)					P
	250-280	281-310	311-340	341-370	> 370	
Carcass weight, kg	264.72 ^e \pm 9.10	293.83 ^d \pm 6.33	325.82 ^c \pm 9.89	348.69 ^b \pm 3.24	372.60 ^a \pm 0.15	*
Meat (M)	73.42 \pm 3.57	74.12 \pm 2.02	74.98 \pm 2.12	74.52 \pm 2.79	75.63 \pm 1.51	ns
Bone (B)	10.59 \pm 2.37	9.29 \pm 1.42	9.45 \pm 1.62	8.71 \pm 1.57	10.95 \pm 1.19	ns
Fat (F)	15.64 \pm 5.10	16.15 \pm 2.12	15.28 \pm 2.72	16.49 \pm 3.99	13.20 \pm 0.38	ns
M/B ratio	7.19 \pm 1.43	8.15 \pm 1.32	8.13 \pm 1.44	8.75 \pm 1.38	7.00 \pm 0.89	ns
M/F ratio	5.20 \pm 1.91	4.67 \pm 0.73	5.08 \pm 1.20	4.78 \pm 1.4	5.73 \pm 0.28	ns

P= probability; ns= non significant; *= $P < 0.05$.

abcd Different letters indicate differences ($P < 0.05$).

ojo de la costilla. Este índice presenta una relación significativa con la medida de conformación de la canal y el estado de engrasamiento, por lo que ha sido considerado como una buena variable de predicción de las ecuaciones de los componentes tisulares (músculo, hueso y grasa)^(31,32).

En el Cuadro 4 se muestran los resultados del deshuese de canales, realizado por el productor B a diferentes rangos de peso. En los resultados obtenidos se puede observar que existieron diferencias ($P < 0.05$) en el peso de la canal, pero no existió una relación entre el peso de la canal y la composición tisular de cada una de las fracciones, tanto en su composición total como en las relaciones carne - hueso (C/H) y carne - grasa (C/G). En el análisis global del contenido de carne se puede indicar que aunque no existieron diferencias significativas, el contenido de carne varía desde 73.4 % en canales de 250 a 280 kg, hasta 75.6 % en canales de más de 370 kg. Al parecer este aumento del 2.2 % no es gradual y pudiera ser atribuido a la variabilidad genética existente, a las diferencias de la metodología del deshuese o a la diferencia en la compacidad obtenida^(32,33).

Los resultados obtenidos sugieren que la carne producida por ambas explotaciones incluidas en este estudio, por sus características de color, pH final y textura, se define como de buena calidad. El índice de compacidad resultó ser un buen

significantes diferencias ($P > 0.05$) were found, as meat content in carcasses go from 73.4 % for 250 to 280 kg carcasses, to 75.6 % for carcasses weighing more than 370 kg. It seems that this 2.2 % increase is not gradual and could be attributed to genetic variability, or to deboning methodology differences or to differences in the obtained compacity index^(32,33).

Results obtained suggest that beef produced from both cattle operations included in the present study, due to color characteristics, final pH and texture, can be considered as of good quality. Compacity index can be considered a good predictor of tissue composition of carcasses. Owing to their quality characteristics, carcasses of animals evaluated in the present study, are found able to satisfy the preferences of diverse markets and consumers.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank most especially to Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT-COFUPRO for financial support of the Project 45567 "Dispositivos optoelectrónicos y modelación multivariable para la trazabilidad integral de la calidad en productos cárnicos y administración de ranchos."

End of english version

predictor de la composición tisular de las canales evaluadas. Por sus características de calidad, las canales de los productores evaluados, pueden ser capaces de satisfacer los gustos de distintos mercados y de los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Se otorga un agradecimiento especial al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT-COFUPRO por su apoyo financiero para la realización del proyecto Clave 48567 denominado: Dispositivos optoelectrónicos y modelación multivariable para la trazabilidad integral de la calidad en productos cárnicos y administración de ranchos.

LITERATURA CITADA

- Monsón F, Campo MM, Panea B, Sañudo C, Olleta JL, Alberti P, et al. Relación entre medidas objetivas y subjetivas de la conformación en 15 razas europeas de vacuno. XI Jornadas de Producción Animal de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. Zaragoza, España. 2005:CC8.
- Estado de Sonora. Boletín Oficial. Órgano de difusión del gobierno del Estado de Sonora. Secretaría de Gobierno. 1999(39).
- Díaz E. Evaluación de la calidad de canales de bovino producidas en rastros Tipo Inspección Federal de Sonora [tesis de maestría]. Hermosillo, Sonora. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC. 2006.
- Carballo JA, Oliete B, Moreno T, Sánchez L. Categorización de las canales de ternero producidas en Galicia. Arch. Zootec 2004;53:119-128.
- Lawrie RA. Ciencia de la carne. Zaragoza, España: Editorial Acribia; 1998.
- USDA. Official United States Standards for Grades of Carcass Beef. Agricultural Marketing Service, Livestock and Seed Division, Standardization Branch.
- Cañeque V, Sañudo C. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. INIA: Ganadera No.1. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Impreso en España; 2001.
- AMSA. Research guide lines for cookery, sensory evaluation and instrument tenderness measurements of fresh meat. Chicago, IL: American Meat Science Association and National Livestock and Meat Board. 1995.
- Carballo JA, Monserrat L, Sánchez L. Composición de la canal bovina. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Monografía INIA: Serie 2000:Ganadera n° 1: 107-123.
- NCSS. 329 North 1000 East. Kaysville, Utah 84037. USA; 2000.
- Barros F, DeSouza N, Mtsushita M, Prado, I, Nascimento W. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* X *Bos taurus* crossbreed steers finished in pasture systems. Brazilian Arch Biol Technol 2003;46(4):609-616.
- Hicks C. Understanding beef carcass reports. The University of Georgia, Cooperative Extension. 2007:Bull 1326.
- Torrentera N, Zinn RA. Predicting carcass dressing percentage in feedlot bulls and heifers. J Anim Vet Adv 2005;4(7):659-662.
- National Beef Quality Audit (NBQA): 2005 [on line]. <http://meat.tamu.edu/nbqa.html>. Accessed Sep 15, 2009.
- Page JK, DM Wulf, Schwotzer TR. A survey of beef muscle color and pH J Anim Sci 2001;79:678-687.
- Orellana C, Peña F, García A, Perea J, Martos J, Domenech V, Acero R. Carcass characteristics, fatty acid composition, and meat quality of criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. Meat Sci 2009;81:57-64.
- Sánchez L, Carballo, JA, Sánchez B, Monserrat L. Características de la canal y de la carne de machos procedentes del cruce de Rubia Gallega y Nelore. Arch Zootec 2005;54:485-489.
- Soria LA, Corva PM. Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. Arch Latinoam Prod Anim 2004;12(2):73-88.
- Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmaraie M. Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef Longissimus shear force at 1 or 2 days postmortem as a predictor of aged beef tenderness. J Anim Sci 1997;75:2417-2422.
- Bendall JR. El estímulo eléctrico de los animales de abasto. En: Lawrie R. editor. "Avances de la ciencia de la carne". Zaragoza, España: Editorial Acribia; 1984:57-83.
- Fiems LO, De Campeneere S, De Smet S, Van de Voorde G, Vanaker JM, Boucque ChV. Relationship between fat depots in carcasses of beef Bulls and effect of meat colour and tenderness. Meat Sci 2000;56:41-47.
- Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmaraie M. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. J Anim Sci 1995;73:3333-3340.
- Wulf DM y Wise JW. Measuring muscle color on beef carcasses using L*a*b* color space. J Anim Sci 1999;77:2418-2427.
- Mullen AM, Murray B, Troy D. Predicting the eating quality of meat. Teagasc 2004. Report 4391:1-24.
- Norma Oficial Mexicana. NMX-FF-078-2002. Productos pecuarios. Carne de bovino en canal. 2002.
- USMEF, 2005. U.S. Meat Export Federation [on line]. www.usmef.org. Accessed Sep 15, 2009.
- PC-003-2004- Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en carne de bovino. Diario Oficial de la Federación. Junio 7 de 2005.
- Klont RE, Barnier VMH, van Dijk A, Smulders FJM, Hoving-Bolink AH, Hulsege B, Eikelenbomm G. Effects of rate of pH fall, time of deboning, aging period, and their interaction on veal quality characteristics. J Anim Sci 2000;(78):1845-1851.
- Bruce HL, Stark JL, Beilken SL. The effects of finishing diet and postmortem ageing on the eating quality of the M. longissimus thoracis of electrically stimulated Brahman steer carcasses. Meat Sci 2004;(67):261-268.

30. Ochoa Grijalva, AG. Factores físicos y morfológicos asociados a la calidad y clasificación de la canal de vacuno [tesis licenciatura]. Hermosillo, Sonora, México: Universidad de Sonora; 2007.
31. Vallejo M, Alonso L, Revuelta JR, Cima M, Cañón J. Características de las canales de las razas bovinas Asturianas: I Bases cuantitativas de la valoración subjetiva. Arch Zootec 1991;40:335-357.
32. Vallejo M, Gutiérrez JP, Alonso L, Cañón J, Revuelta JR, Goyache F, Cima M. Características de las canales de las razas bovinas Asturianas: II valoración cuantitativa y predicción de la composición tisular de canales en la raza Asturiana de la montaña. Arch Zootec 1992;41:645-656.
33. Albertí P, Sañudo C, Santolaria P, Lahoz F, Olleta JL, Campo MM. Características de la canal y calidad de la carne de añejos de la raza Retinta. Arch Zootec 1995;44:283-293.