



# Características fisicoquímicas asociadas a calidad de carne en ovinos de pelo del sureste de México

Raciel Javier Estrada-León<sup>1</sup> ; Víctor Manuel Moo-Huchin<sup>2\*</sup> ; Dahaivis Mena-Arceo<sup>3</sup> ; José Valentin Cárdenas-Medina<sup>3</sup> ; Alejandro Ortiz-Fernández<sup>1</sup> ; Jorge Carlos Canto-Pinto<sup>1</sup> .

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche. C.A. Bioprocesos. Calkiní, Campeche, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mérida, Carretera Mérida-Progreso Km. 5. Mérida, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tizimín. Tizimín, Yucatán, México.

\*Correspondencia: [ymmoo@yahoo.com](mailto:ymmoo@yahoo.com)

Recibido: Noviembre 2021; Aceptado: Junio 2022; Publicado: Julio 2022.

## RESUMEN

**Objetivo.** Determinar el efecto del grupo genético sobre algunas características físico-químicas asociadas a la calidad de carne en lomos (*Longissimus thoracis*) de ovinos de pelo del sureste mexicano. **Materiales y métodos.** Se evaluaron corderos machos del genotipo Dorper (Dp, n=6), Katahdin (Kt, n=6) y la cruce F1 semental Dorper x madres Katahdin (DpxKt, n=6), sacrificados con un peso promedio de 29.5±4.2 kg, a una edad de 6.2±0.2 meses. Las muestras *L. thoracis* fueron analizadas para determinar su composición proximal y sus características físicas. **Resultados.** El grupo genético no tuvo efecto ( $p>0.05$ ) sobre % de humedad, % proteína cruda (% PC) y el contenido de mioglobina, por el contrario, afectó ( $p<0.05$ ) al % de grasa intramuscular (% GCI), % de cenizas (% Cen) y el contenido de colesterol, siendo Kt, la que presentó un mayor contenido con 4.05% de GCI y 92.63 mg/100 g de Colesterol y DpxKt con la menor cantidad de cenizas (1.01%). Los valores de pH no mostraron diferencias estadísticas entre grupos genéticos y se encontraron dentro del rango normal. Las mayores pérdidas por cocción y pérdidas por goteo fueron para DpxKt, pero al igual que Kt tuvieron valores mayores de luminosidad ( $L^*$ ), rojo-verde ( $a^*$ ) y Cromaticidad, lo que confiere a la carne un color rojo brillante más deseable. **Conclusiones.** Algunas de las características fisicoquímicas estuvieron influenciadas por el grupo genético y los resultados deben ser considerados por la industria cárnica para incursionar en mercados que demanden cortes (para carne asada o platillos gourmet) con ciertas características fisicoquímicas asociadas a calidad.

**Palabras clave:** Animales; color; corderos; genotipos; mioglobina; trópicos (*Fuentes: USDA, CAB*).

## ABSTRACT

**Objective.** To quantify some meat quality physicochemical traits in *Longissimus thoracis* from hair sheep in southeast Mexico, and test if any of these traits effectively distinguish between genotypes. **Materials and methods.** Animals were 18 male lambs from the Dorper (Dp, n=6) and Katahdin

### Como citar (Vancouver).

Estrada-León RJ, Moo-Huchin VM, Mena-Arceo D, Cárdenas-Medina JV, Ortiz-Fernández A, Canto-Pinto JC. Características fisicoquímicas asociadas a calidad de carne en ovinos de pelo del sureste de México. Rev MVZ Córdoba. 2022; 27(Supl):e2563. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2563>



©El (los) autor (es) 2022. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

(Kt, n=6) breeds, and F1 Dorper sire x Katahdin dam (DpxKt, n=6) crosses. They were slaughtered at  $29.5 \pm 4.2$  kg average weight, at  $6.2 \pm 0.2$  months. Proximate composition and physicochemical analyses were run of *Longissimus thoracis* samples, and a canonical discriminant analysis run to identify traits that distinguished between breeds. **Results.** Genetic group had no effect ( $p > 0.05$ ) on moisture (%), crude protein (% CP) and myoglobin content. It did affect ( $p < 0.05$ ) intramuscular crude fat (% IMF), ash (%) and cholesterol content. IMF (4.05%) and cholesterol (92.63 mg/100 g) were highest in Kt. Ash content (1.01%) was lowest in DpxKt. Values for pH did not differ between genetic groups and were within normal limits. Cooking and drip losses were highest in DpxKt. Chroma, L\* and a\* values were highest in Kt, providing fresh meat from this genotype a desirable bright red color. The distinction analysis identified drip loss, IMF, Chroma and a\* as effectively separating the genotypes. **Conclusions.** Genetic group influenced intramuscular fat, cholesterol and ash contents, and four traits served to distinguish between genotypes. These are important data for producers and marketers as they aim to create fresh meat products with specific meat quality physicochemical traits that meet demand in a diversifying market that includes grilling and gourmet cuts.

**Keywords:** Animals; color; lambs; genotypes; myoglobin; tropics (Source: USDA, CAB).

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la ovinocultura es una de las actividades socioeconómicas más importantes de México, ya que se desarrolla en todas las regiones agroecológicas y cuenta con un alto potencial de crecimiento. En México, el consumo de carne ovina per cápita y la producción de carne de ovino en 2019 fue de 0.567 kg y 64030 toneladas, respectivamente, con una demanda insatisfecha de carne ovina para su consumo. Por tanto, las importaciones de carne ovino en México ha incrementado a 6,782 toneladas, que representaron el 9.6% del consumo nacional aparente (70812 toneladas) (1,2).

La creciente demanda de carne ovina impulsa a los ovinocultores mexicanos de incrementar su producción para satisfacer el mercado nacional; mismo que en un 95% se destina a la elaboración de platillos típicos como la Barcacoa o el Mixiote (3). Recientemente, hay un mercado creciente (principalmente por el turismo nacional y extranjero) que demanda cortes de ovinos para otras preparaciones como carne asada y cortes premium a la parrilla (4).

En este sentido, la ovinocultura tropical se enfrenta a retos importantes, ya que debe incrementar la producción de carne y considerar las exigencias actuales de la sociedad por productos cárnicos más saludables con menor cantidad de grasa saturada, estandarizados y de alta calidad. Al respecto, la calidad de la carne y canal ovina se refiere al grado de excelencia del producto o canal, cuya percepción puede cambiar, acorde al segmento de interés como productores, comercializadores,

industrializadores o consumidores; pero dentro de las características de calidad de carne ovina, las características tecnológicas (como el pH), organolépticas y nutricionales (grasa, proteína, etc) son las que afectan directamente al mercado de consumo, por ejemplo el pH del músculo puede afectar el color, dureza, desarrollo de microorganismos proteolíticos y la capacidad de retención de agua (5). Además, se sabe que el peso al sacrificio de corderos influye en el estado de engrasamiento y el porcentaje de grasa de la carne; en este sentido, Hirata et al (6) concluyeron que la carne de corderos sacrificados con menor peso presentó menor contenido de grasa intramuscular, reducción de ácidos grasos saturados y mejor calidad nutricional, siendo más apta para el consumo humano; este hecho explica la importancia del sacrificio de corderos a un menor peso.

Son diversas las características asociadas a la calidad físico-química de la carne, sin embargo, los compradores de carne evalúan aspectos visuales de calidad sobre la carne cruda, tales como color de la carne y de la grasa, proporción de grasa y marmoleo, ya que el consumidor lo relaciona con las cualidades sensoriales del mismo (7, 8).

Asimismo, es importante identificar que los atributos de calidad dependen de diversos factores intrínsecos y extrínsecos, siendo de los más importantes los factores genéticos (grupo genético) (9,10,11).

En este sentido, desde hace algunos años se han introducido a México y en particular a la región sureste, genotipos como Dorper y Katahdin,

para que a través de cruzamientos con los genotipos locales Pelibuey y BlackBelly, se logre mejorar la tasa de crecimiento, el rendimiento de la canal y algunas características específicas de calidad de la canal (12). Sin embargo, no hay estudios reportados en México sobre la calidad de la carne de estos genotipos utilizados en los sistemas tropicales, sobre todo bajo las condiciones imperantes en los sistemas de producción del sureste mexicano, donde es poco común encontrar corderos de estos genotipos puros para abasto.

El conocimiento de características asociadas a la calidad de la carne, permitiría identificar grupos genéticos de ovinos de pelo que serían más adecuados para mercado específicos, por lo que también, sería importante utilizar herramientas estadísticas que pudieran clasificar o discriminar grupos genéticos con base en dichas variables, lo que contribuiría en aportar datos para decidir la crianza de grupos genéticos que presenten las características más sobresalientes y a futuro, plantear esquemas de selección y cruzamientos con objetivos de mejora bien definidos enfocados a calidad de carne.

Por lo tanto, la investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del grupo genético sobre algunas características fisicoquímicas asociadas a la calidad de la carne de Dorper, Katahdin y el cruzamiento F1 semental Dorper x madres Katahdin, finalizados en el Sureste de México; así como también, evaluar la posibilidad de discriminar entre estos grupos genéticos, a partir de algunas de las características fisicoquímicas estudiadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Animales y su manejo.** La etapa de crianza y engorda de los animales utilizados para el presente estudio, se realizó en un rebaño de Dorper y Katahdin puros, perteneciente a la unidad de investigación ovina del Instituto Tecnológico de Tizimín (ITT), ubicada en 21° 09'29" latitud norte y 88° 10'2" longitud oeste, en el oriente del Estado de Yucatán, México con una altitud de 20 msnm., clima tropical subhúmedo y lluvias en verano (AW0), una precipitación pluvial anual de 1105 mm promedio y que fluctúa entre 400-1300 mm, una temperatura media y humedad relativa de 25.8°C (24-28°C) y 78%, respectivamente.

Se seleccionaron de manera aleatoria, dieciocho corderos machos, no castrados, de tres diferentes genotipos (n=6 por grupo) Dorper (Dp), Katahdin (Kt) y F1 semental Dorper x madres Katahdin (DpxKt), nacidos dentro de una misma semana (máximo 5 días de diferencia); los cuales, fueron amamantados por sus madres y suplementados con un alimento comercial para corderos lactantes (creep feeding) hasta que alcanzaron una edad aproximada de 75 días a un peso promedio de 17 kg. Posteriormente, fueron destetados y colocados en corrales individuales de 1.5 m x 1.0 m, equipados con comederos y bebederos. Previo al experimento, los animales se identificaron con aretes en la oreja, se desparasitaron utilizando ivermectina por vía subcutánea y vacunaron contra *Clostridium* spp. y rabia paralítica.

Durante la etapa de engorda (90 días), después de 15 días de adaptación, se les proporcionó una ración *ad libitum* a base de silo de maíz-moringa (60-40%) ofrecida en 2 partes a las 7:00 y a las 17:00 h. Los ingredientes de la dieta fueron balanceados para los requerimientos de ovinos en crecimiento-engorda indicados por el NRC (13).

El contenido nutricional (promedio  $\pm$  desviación estándar) de la dieta fue determinado: 14.02 $\pm$ 0.56% proteína cruda (PC), 41.48 $\pm$ 2.01% Fibra detergente neutro (FDN), 25.64 $\pm$ 1.03% de Fibra detergente Acido (FDA), 2.40 $\pm$ 0.16 Mcal de Energía Metabolizable (EM) y 78.60 $\pm$ 3.90% de Digestibilidad de la materia seca (DMS).

El manejo proporcionado a los corderos estuvo acorde a las especificaciones de la normativa mexicana para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1992).

**Sacrificio de animales y muestreo.** El período de engorda, finalizó cuando los corderos alcanzaron un peso promedio de 29.5 $\pm$ 4.2 kg a una edad de 6.2 $\pm$ 0.2 meses, posteriormente fueron transportados al rastro y después de 12 horas de ayuno fueron sacrificados de manera humanitaria mediante el método de muerte por desangrado con previo aturdimiento mecánico. La ética, cuidado, bienestar y manejo de los animales siguió los procedimientos estándar acorde a la NOM-062-ZOO-1999, NOM-051-ZOO-1995 y NOM-033-SAG/ZOO-2014. Además, el experimento se realizó siguiendo los procedimientos relacionados con el manejo de animales aprobados por el Instituto Tecnológico

de Tizimín. El peso al sacrificio se determinó con base en las condiciones comerciales de sacrificio para corderos finalizados con dietas altas en forrajes en el sureste mexicano, para la obtención de canales pequeñas adecuadas para el consumo de la región, donde se prefiere carne magra y suave para ser consumida como "carnero asado".

Tras el sacrificio, y después de 24 h de refrigeración a 4°C., se extrajo el músculo *L. thoracis* (LT) de cada canal, entre las 6ª y 13ª vértebras torácicas, para posteriormente obtener cortes de entre la 6ª y 10ª vértebras para los análisis químicos, capacidad para retener el agua y entre la 11ª y 13ª vértebras para la evaluación del pH y color instrumental.

Las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, se identificaron y se trasladaron en hieleras (4°C) al Laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Calkiní (ITESCAM), para su acondicionamiento y análisis inmediato.

**Composición proximal, color y pH.** La composición química proximal de la carne de ovinos estudiada (humedad-AOAC 930.15, proteína-AOAC 984.13, grasa-AOAC 920.039 y cenizas-AOAC 942.05), se determinó por triplicado siguiendo los métodos descritos por AOAC (14). La humedad (% Hum) se determinó por gravimetría, en donde, la muestra de carne se calentó en un horno de convección (SHELL LAB 1350FX10, USA) a 105°C hasta que se alcanzó un peso constante. El contenido de cenizas (% Cen) se determinó mediante incineración, en donde, la muestra de carne se calcinó a 550°C durante 8 h en mufla ECOSHEL (ECO-2L, USA).

Para calcular el % de proteína cruda (% PC) en la carne, se multiplicó el total de nitrógeno (N) x 6.25. Donde, N se determinó por el método de Kjeldhal, mediante una digestión de la muestra a altas temperaturas con posterior destilación con NaOH al 50% (p/v, en agua destilada), utilizando digestor marca ®Büchi modelo K424 y un destilador marca ®Labconco, modelo Rapidstill II.

El porcentaje de grasa cruda intramuscular (% GCI), se determinó utilizando un extractor de grasa tipo Soxhlet marca VELP, modelo SER-148 y hexano como disolvente.

Se determinó el contenido de pigmentos de la carne acorde al procedimiento descrito por Ortiz et al. (15), midiendo la densidad óptica (DO) de un extracto de pigmento utilizando un espectrofotómetro UV-visible (Agilent Cary 60, Australia) a 512 nm, con un blanco de 20 ml de acetona + 1ml de agua destilada + 0.5 ml de HCl (35%). Donde, el contenido de mioglobina se expresó en mg/g de carne = DO x 8.82.

El contenido de colesterol expresado en mg/100 g, se determinó a través del ensayo colorimétrico descrito por de Mello et al (16).

La medición del pH, se realizó insertando el electrodo de vidrio directamente de forma perpendicular al músculo (*L. thoracis*) a 4 cm de profundidad, utilizando un potenciómetro marca HANNA, modelo HI 99163, después de haber calibrado el electrodo con buffer de pH 7.0 y 4.0.

Asimismo, se determinó la pérdida por goteo expresada en % (% PPG) y pérdida por cocción (% PPC) mediante el método de Behan et al. (17), y la actividad de agua ( $a_w$ ) se midió utilizando un equipo de punto de rocío a 20°C (Aqualab, CX-2, USA).

Para el color instrumental, se utilizó un colorímetro Hunter Lab. 4500L (ColorFlex, USA), previamente calibrado con estándar de color blanco y negro, sobre la superficie de filetes obtenido entre la 12ª y 13ª vértebras torácicas, previa oxigenación de 45 minutos en una bandeja recubierta con una película transparente de poliestireno permeable al O<sub>2</sub> sin tocar la muestra, siguiendo el sistema CIELAB (CIE, 1986). Se registraron L\* (Luminosidad), a\*(Rojo-Verde) y b\*(Amarillo-Azul) y, se calcularon el tono (H°) y la cromaticidad (C\*) como:

$$H^{\circ} = \tan^{-1}(b^*/a^*), \quad C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}.$$

**Análisis estadístico.** Los valores obtenidos de los análisis físicoquímicos realizados, fue sometida a un análisis de varianza, ajustando un modelo lineal usando el software estadístico SAS ver. 9.0, cuya expresión fue:  $Y_{ij} = \mu + G_i + \varepsilon_{ij}$ ; donde:  $Y_{ij}$  es la variable dependiente,  $\mu$  es la media general,  $G_i$  es el efecto fijo de grupo genético y  $\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey entre los niveles del factor evaluado, considerando una significancia de  $p < 0.05$ .



También, se realizó un análisis canónico discriminante por el método paso a paso, a fin de determinar aquellas variables fisicoquímicas que contribuyan a una mayor discriminación entre los grupos genéticos evaluados y se determinaron las variables canónicas, utilizando los procedimientos DISCRIM, STEPDISC y CANDISC, del mismo paquete estadístico.

## RESULTADOS

La tabla 1, muestra la composición química de *L. thoracis* (LT) en los corderos Dorper (Dp), Katahdin (Kt) y F1 semental Dorper x madres Katahdin (DpxKt) evaluados. Acorde a los resultados obtenidos, el grupo genético no tuvo efecto ( $p > 0.05$ ) sobre % de humedad, la cantidad de proteína cruda (% PC) y la concentración de mioglobina, en los lomos de los corderos evaluados, aunque se observó una tendencia de una mayor cantidad de % PC para el genotipo Dp; por el contrario, se encontraron diferencias ( $p < 0.05$ ) en el % de grasa cruda intramuscular (% GCI), % de cenizas (% Cen) y el contenido de colesterol, siendo el grupo genético Kt, la que presentó un mayor contenido de grasa (4.05%) y colesterol (92.63 mg/100 g) y el cruce DpxKt la menor cantidad de cenizas (1.01%).

**Tabla 1.** Medias de mínimos cuadrados de la composición química de *L. thoracis* en los corderos evaluados por grupo genético.

| Características       | Grupo Genético |        |        | EE   | P-Valor |
|-----------------------|----------------|--------|--------|------|---------|
|                       | Dp             | DpxKt  | Kt     |      |         |
| Humedad (%)           | 73.54a         | 72.10a | 73.71a | 0.73 | NS      |
| Proteína (%)          | 23.17a         | 21.89a | 22.12a | 0.59 | NS      |
| Grasa (%)             | 2.99a          | 3.49ab | 4.05b  | 0.25 | **      |
| Cenizas (%)           | 1.13b          | 1.01a  | 1.09b  | 0.02 | **      |
| Mioglobina (mg/g)     | 2.84a          | 3.05a  | 3.51a  | 0.31 | NS      |
| Colesterol (mg/100 g) | 80.34a         | 81.75a | 92.63b | 0.75 | *       |

Dorper (Dp); Katahdin (Kt); y F1 semental Dorper x madres Katahdin (DpxKt). EE: error estándar; <sup>a,b,c</sup>: literales distintas en la misma fila denotan diferencia estadística significativa \*( $p < 0.05$ ); \*\* ( $p \leq 0.01$ ); ns ( $p > 0.05$ ).

En la tabla 2, se revelan los resultados de las principales características físico-químicas estudiadas como pH, pérdidas por cocción (PPC), pérdidas por goteo (PPG) y actividad

de agua ( $a_w$ ). Acorde a los resultados, el grupo genético no afectó el pH, pero sí tuvo un efecto significativo sobre PPC, PPG y  $a_w$  ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 2.** Medias de mínimos cuadrados de las características físico-químicas en *L. thoracis* de los corderos evaluados por grupo genético.

| Características | Dp     | DpxKt  | Kt     | EE   | P-Valor |
|-----------------|--------|--------|--------|------|---------|
| pH              | 5.52a  | 5.72a  | 5.69 a | 0.13 | NS      |
| PPC (%)         | 33.61a | 34.72a | 32.77b | 0.20 | *       |
| PPG (%)         | 3.65a  | 8.37c  | 5.01b  | 0.19 | ***     |
| $a_w$           | 0.86a  | 0.86a  | 0.91b  | 0.01 | ***     |

Dorper (Dp); Katahdin (Kt); y F1 semental Dorper x madres Katahdin (DpxKt). PPC=Pérdida por cocción; PPG=Pérdida por goteo;  $a_w$ =Actividad de agua. a,b,c: literales distintas en la misma fila denotan diferencia estadística significativa \*( $p < 0.05$ ); \*\*\*( $p \leq 0.001$ ); ns ( $p > 0.05$ ).

Por otro lado, las pérdidas por cocción (PPC) fueron diferentes entre los grupos genéticos evaluados ( $p < 0.05$ ), siendo DpxKt la que presentó un mayor valor (34.7%).

Asimismo, las pérdidas por goteo (PPG), fueron diferentes para los grupos genéticos evaluados ( $p < 0.05$ ), siendo la cruce DpxKt la que presentó un mayor valor para esta característica.

De manera similar, la actividad del agua ( $a_w$ ) fue diferente para los grupos genéticos evaluados ( $p < 0.05$ ), siendo Kt la que presentó el mayor valor.

En la tabla 3, se exhiben los resultados de color instrumental para la carne de los corderos evaluados por grupo genético.

Acorde a los hallazgos de la investigación, los valores de  $L^*$  entre los diferentes grupos genéticos evaluados fueron diferentes ( $p < 0.05$ ) y estuvieron en un rango de 38.52 a 43.02, siendo DpxKt el que presentó el mayor valor. Los valores obtenidos de  $a^*$  y  $b^*$  fueron diferentes ( $p < 0.05$ ) entre los grupos genéticos, donde Kt presentó los valores más altos de 14.69 y 14.29 y Dp los más bajos (11.05 y 10.72) para  $a^*$  y  $b^*$ , respectivamente.

Con base en las coordenadas de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  estimadas, la carne de los grupos genéticos con mayor cromaticidad fueron DpxKt y Kt

( $p < 0.05$ ), indicando una mayor saturación de color rojo brillante. Asimismo, intensidad de tono hue ( $H^\circ$ ), no fue afectada por el grupo genético ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 3.** Medias de mínimos cuadrados de los parámetros de color instrumental en *L. thoracis* de los corderos evaluados por grupo genético.

| Características | Grupo Genético |        |         | EE   | P-Valor |
|-----------------|----------------|--------|---------|------|---------|
|                 | Dp             | DpxKt  | Kt      |      |         |
| L*              | 38.52a         | 43.02b | 40.81ab | 0.99 | *       |
| a*              | 11.05a         | 12.69a | 14.69b  | 0.59 | ***     |
| b*              | 10.72a         | 13.55b | 14.29b  | 0.57 | ***     |
| Cromaticidad    | 15.49a         | 18.59b | 20.53b  | 0.70 | ***     |
| Hue             | 43.93a         | 46.88a | 44.28a  | 1.35 | NS      |

Dorper (Dp); Katahdin (Kt); y F1 semental Dorper x madres Katahdin (DpxKt). a,b,c: literales distintas en la misma fila denotan diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ); \*\*\*( $p \leq 0.001$ ); ns ( $p > 0.05$ ).

Por otro lado, el análisis de discriminación realizado utilizando las variables fisicoquímicas evaluadas, identificó mediante los estadísticos F y  $\lambda$  de Wilks (Tabla 4), a cuatro variables: PPG, Cromo, GCI y  $a^*$ , las cuales fueron capaces de separar individuos entre grupos genéticos Dp, Kt y DpxKt de una manera significativa ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 4.** Variables de estudio seleccionadas mediante el análisis discriminante paso a paso.

| Variable          | Partial R-square | F value | Pr > F  | $\lambda$ de Wilks | Pr < $\lambda$ |
|-------------------|------------------|---------|---------|--------------------|----------------|
| Pérdida por goteo | 0.877            | 118.08  | <0.0001 | 0.0230             | <0.0001        |
| Cromaticidad      | 0.601            | 10.55   | 0.0016  | 0.0092             | <0.0001        |
| Grasa             | 0.261            | 2.30    | 0.1390  | 0.0068             | <0.0001        |
| $a^*$             | 0.245            | 2.11    | 0.1438  | 0.0051             | <0.0001        |

Dos funciones discriminantes fueron estimadas y evaluadas mediante el estadístico  $\lambda$  de Wilks cuyos valores fueron 0.0051 y 0.2754 y la prueba de Chi cuadrada ( $\chi^2$ ) con valores de 71.19 y 17.40 para las funciones 1 y 2, siendo estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ), y explicaron el 95.25% y 4.75% de la variabilidad total, respectivamente (Tabla 5).

**Tabla 5.** Resumen de las funciones canónicas discriminantes identificadas.

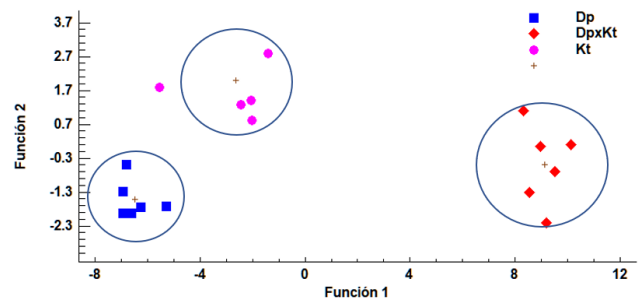
| Función | EV      | CP    | CC    | $\lambda$ | $X^2$ | p-valor |
|---------|---------|-------|-------|-----------|-------|---------|
| 1       | 52.7456 | 95.25 | 0.988 | 0.0051    | 71.19 | 0.0000  |
| 2       | 2.62993 | 4.75  | 0.840 | 0.2754    | 17.40 | 0.0006  |

EV= Eigenvalues; CC= Correlación canónica

Asimismo, en la tabla 6, se muestran las 2 variables canónicas o funciones discriminantes lineales de Fisher, donde se pudo identificar, que la función 1 tiene la mejor combinación lineal para discriminar, ya que explicó la mayor parte de la diferenciación total entre los grupos genéticos evaluados.

**Tabla 6.** Coeficientes canónicos estandarizados para las Funciones discriminantes para los grupos genéticos evaluados.

| Variable     | Función 1 | Función 2 |
|--------------|-----------|-----------|
| PPG          | 1.074750  | -0.107494 |
| $a^*$        | -0.917881 | 0.775643  |
| Cromaticidad | 0.874357  | 0.377888  |
| Grasa        | -0.053165 | 0.786071  |



**Figura 1.** Representación canónica de tres grupos genéticos Dp, DPxKt, Kt.

La validación cruzada utilizando la función lineal discriminante, clasificó y asignó correctamente 17 corderos a sus respectivos grupos genéticos (94.6%), únicamente un cordero Kt fue mal clasificado (5.4%).

## DISCUSIÓN

La composición química de los productos alimenticios proporciona información relevante que permite al consumidor realizar una evaluación de la cantidad de nutrientes y energía que está por ingerir. Los valores promedios

obtenidos para la composición química proximal son comparables a lo reportado por la literatura para carne de corderos de clima árido y seco (10,18). Esta comparación fue necesaria debido a la falta de información de la composición química de la carne de corderos del genotipo Dorper, Katahdin y la cruce F1 semental Dorper x madres Katahdin utilizadas en los sistemas tropicales. El efecto del grupo genético sobre la composición proximal de la carne en corderos es diversa, aunque en general el % de humedad y el % de cenizas tiende mantenerse (18). Al respecto, Issakowicz et al (19), reportaron escasas diferencias en la composición proximal de la carne de corderos de pelo Morada Nova, Santa Inês y sus cruces con Dorper, donde únicamente observaron diferencias en % GCI ( $p < 0.05$ ). También, Partida et al (20) reportaron que la carne de corderos KtxDp tienen un mayor %PC ( $p < 0.05$ ) y un menor % GCI que los corderos Kt x Charollais. En otro estudio, Gonzales-Barron et al (21) reportaron diferencias en la cantidad de proteína cruda en la carne de corderos Biellese, Zambucaba y Texel-Merino-Charollais, pero sin diferencia en % GCI; lo que difiere con el presente estudio ya que la carne de los corderos Dp presentaron una tendencia de mayor % PC ( $p > 0.05$ ) y un menor % GCI con respecto a Kt. También, difiere de lo reportado por Suliman et al. (18), ya que no reportó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la composición proximal (Humedad, proteína y GCI) de la carne de ovinos Awassi, Harri y Najdi. Por otro lado, si bien algunos autores mencionan que en México se tiene preferencia por una carne magra con menos de 3% de GCI (20), como se obtuvo en el presente trabajo para Dp; algunos nichos de mercado, demandan carne con una mayor presencia de grasa intramuscular (marmoleo), ya que estas carnes tienen mejores atributos de color, aroma, sabor, la percepción de su textura y jugosidad de la carne (22), por lo que los grupos genéticos Kt y DpxKt, presentan ventajas sobre Dp en este aspecto.

Con respecto al contenido de mioglobina, los valores estimados en el presente estudio son ligeramente mayores (2.84 a 3.51 mg/g) a los reportados por Kuchtík et al (9) para corderos cruzados Romanov con Suffolk o Charollais (2.15 a 2.18 mg/g) y por Komprda et al (23) para las razas Zwartbles (ZW), Suffolk (SF) y Oxford Down (OD) (2.27 a 2.49 mg/g), reportando también, efecto de la raza sobre esta característica ( $p < 0.05$ ), lo cual difiere del presente estudio ( $p > 0.05$ ).

La variación en la composición química de la carne de ovinos de diferentes grupos genéticos, se debe a que el genotipo, en interacción con el medio ambiente (nutrición, sistema de producción, etc.) determinan la tasa de crecimiento muscular y el sitio (intramuscular-marmoleo, subcutánea, peri-renal, etc.) donde los corderos depositan grasa (24).

Por otro lado, el pH es una propiedad de la calidad de la carne que se relaciona con la transformación del músculo a carne (25); la variación en los valores de pH durante el período post-mortem influyen en las características organolépticas de la misma. Con respecto a los valores de pH reportados para corderos (5.52 a 5.72), fueron similares entre los grupos genéticos evaluados ( $p > 0.05$ ) y, se encuentran dentro del rango adecuado para la carne (5.8 a 6.2) e indican que los corderos no sufrieron estrés significativo en el momento del sacrificio (26). Resultados similares fueron reportados por Behan et al (17) con valores de 5.84-5.89; al igual que Suliman et al (18), quienes no observaron variación en el pH de la carne de ovinos Awassi y Harri. Este resultado es importante debido a la relación que existe entre pH y la capacidad de la carne de retener agua (27).

Los grupos genéticos evaluados, presentaron valores similares de PPC a los reportados por Suliman et al (18), quienes reportaron valores promedios de PPC para diversas razas de ovinos que fue de 34.54%, 33.47% y 28.96% para Awassi, Harri y Najdi, respectivamente. La importancia de esta característica radica en que la carne con mayor capacidad para retener agua durante el cocinado a 75°C es más jugosa y tiende a ser más aceptada por el consumidor.

Suliman et al (18) reportan pérdidas por goteo en ovinos de 3.73 a 4.33%, valores que son similares a los encontrados en el presente trabajo para los genotipos Dorper y Katahdin, pero difieren de DpxKt (8.37%), lo que confiere a este último una desventaja importante. Esta diferencia en pérdida por goteo por DpxKt, podría explicarse por la posible variabilidad en la longitud del sarcómero, fuerza iónica, presión osmótica, oxidación de proteínas y una posible reducción en distancia entre los filamentos de miosina y actina de la carne que alteran componentes celulares y extracelulares que favorecen la cantidad de agua expulsada (28).

La pérdida por goteo, es la fracción roja acuosa que contiene proteínas musculares que se expulsan de la superficie de la carne en el proceso de almacenamiento (29), y solo mide la fracción de agua extracelular de la carne; estas determinaciones se realizan para decidir por las mejores condiciones de almacenamiento. La pérdida de agua de las canales o de la carne provoca pérdidas económicas para el comercializador, por la pérdida de peso ocasionada durante el almacenamiento de las canales o en eventos posteriores al corte, que se aprecia como una fracción líquida alrededor de este y como consecuencia, es motivo de rechazo del consumidor al cambiar su aspecto exterior.

Por otra parte, es importante destacar que los valores de  $a_w$  de la carne de corderos evaluados son inferiores (por tanto, tiene cierta estabilidad al deterioro microbiano) a los valores alcanzados por Gonzales-Barron et al (30), quienes reportaron valores de actividad de agua alrededor de 0.991 para carne de ocho razas de corderos europeas. La actividad de agua se ha convertido en una de las propiedades intrínsecas más importantes para predecir la supervivencia de los microorganismos en los alimentos (además de modular la respuesta microbiana y determinar el tipo de microorganismos que se encuentran en los alimentos) debido a su influencia en la calidad (textura, compactación, etc) y estabilidad química del alimento (oxidación de las grasas y otras reacciones enzimáticas) (31).

Asimismo, el color (propiedad física y sensorial) es un atributo de calidad que puede definir la intención de compra del consumidor de carne de corderos y, está determinada por tres parámetros: tono del color, cromaticidad y luminosidad. El color de la carne fresca es uno de los criterios de mayor importancia en la elección de la misma por parte del consumidor, se encuentra relacionada principalmente con el estado químico de la mioglobina en la superficie del músculo e influye también la proporción de grasa intramuscular (25). Valores similares de color  $L^*$  han sido reportados para carne de ovino Merino polaca (39.8-40.25) (32); asimismo, de manera similar diferencias entre grupos genéticos ( $p < 0.05$ ) fueron encontradas (33), lo que concuerda con el presente estudio. De los grupos genéticos evaluados, la carne de DpxKt resultó con mayor valor de  $L^*$ , lo cual es un atributo positivo por que mejora su apariencia y la hace visualmente más atractiva para el consumidor (25).

También valores similares para color  $a^*$  han sido reportados para corderos Kt x Charollais, KtxDp, Kt x Suffolk y Kt x Texel (8.2 a 14.4) pero menores para  $b^*$  (6.2 a 9.1); reportando diferencias entre grupos genéticos ( $p < 0.05$ ) (33), lo que concuerda con el presente estudio. La coordenada de color más relevante en la industria cárnica es  $a^*$ , en ese sentido, de los genotipos evaluados, la carne Kt obtuvo un mayor valor de  $a^*$ , lo que significa que tiene una mayor tendencia al enrojecimiento, lo que resulta una carne más atractiva para el consumidor (25).

Considerando que el Croma es el color de una superficie evaluado en proporción a su luminosidad, se puede afirmar que los corderos DpxKt y Kt tienen una carne con color rosa más pálido que la carne Dp.

La carne de LT en los corderos evaluados, supera los valores de 9.5 para  $a^*$  y 34 para  $L^*$ , recomendados para ser considerada como carne fresca por parte del consumidor (18).

Es importante considerar, que en general dentro de los factores que afectan el color de la carne, se encuentra el genotipo, la alimentación y la edad (34), con una tendencia hacia el incremento de la cantidad de pigmentos y el índice de rojo ( $a^*$ ), así como la disminución de la luminosidad a medida que aumenta la edad ( $L^*$ ).

Respecto al análisis canónico discriminante, resultados similares fueron reportados por Al-Atiyat et al (35), quienes lograron discriminar cuatro razas de camellos, mediante 7 variables fisicoquímicas como: parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), pérdidas por cocción, índice de fragmentación miofibrilar, pH y peso del cuello.

Otros autores, han reportado mejores resultados, discriminando el 100% de los corderos de 4 grupos genéticos: Morado Nova, Santa Inés y sus respectivas cruces F1 con Dorper, utilizando variables relacionadas con la calidad de canal (proporción de cuello, hombro y pierna) (19) o bien entre corderos de dos razas canarias (pelo y lana) sacrificados a diferentes pesos, utilizando el contenido de ácidos grasos de la carne, donde los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados fueron estadísticamente significativo para las funciones discriminantes (36).



Con base en los hallazgos se concluye que las características fisicoquímicas evaluadas en el presente estudio estuvieron significativamente influenciadas por el grupo genético. Asimismo, algunas características fisicoquímicas de importancia para el consumidor y la industria cárnica como PPG, % GCI, Cromo y a\*, pueden ser utilizadas para discriminar entre los grupos genéticos evaluados, por lo que debe ser tomado en cuenta para futuros programas de mejoramiento genético y esquemas de cruzamiento, en caso de abordar mercados que demanden cortes premium de carne fresca con buenas características fisicoquímicas que aseguren su estabilidad al deterioro, con buenas características tecnológicas y color deseable.

También, es importante mencionar que más investigación se requiere a fin de clasificar diferentes grupos genéticos con base en sus

características fisicoquímicas de calidad de carne, lo que permitiría a la ovinocultura tropical diferenciar sus productos para diferentes preparaciones como carne asada o platillos gourmet.

### Conflictos de intereses

Los autores informan no tener ningún conflicto de interés.

### Agradecimientos

Los autores reconocen al Tecnológico Nacional de México, por el financiamiento del proyecto No. 6324.19-P. y de manera similar al Instituto Tecnológico de Tizimín y al Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, por el uso de sus instalaciones para la realización del estudio.

## REFERENCIAS

1. SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural; 2020. <https://www.gob.mx/siap>
2. Bobadilla-Soto EE, Ochoa-Ambriz F, Perea-Peña M. Lamb production and consumption dynamic in Mexico from 1970 to 2019. *Agron Mesoam.* 2021; 32(3):963-82. <https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.44473>
3. Jiménez-Regalado EJ, Díaz-Cruz CA, Aguirre-Loredo RY. Physicochemical characterization of mixiote paper: A natural film of vegetable origin used in traditional Mexican gastronomy. *J Nat Fibers.* 2021; 1-7. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1941479>
4. Almadani MI, Weeks P, Deblitz C. COVID-19 Influence on Developments in the Global Beef and Sheep Sectors. *Ruminants.* 2022; 2(1):27-53. <https://doi.org/10.3390/ruminants2010002>
5. Puolanne E. Developments in our understanding of water-holding capacity in meat. In: Purslow PP, editor. *New aspects of meat quality.* United Kingdom: Elsevier; 2017.
6. Hirata ASO, Fernandes ARM, de Souza Fuzikawa IH, de Vargas Junior FM, de Almeida Ricardo H, Cardoso CAL, et al. Meat quality of Pantaneiro lambs at different body weights. *Semina: Ciênc Agrár.* 2019; 40(1):427-442. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n1p427>
7. Testa ML, Grigioni G, Panea B, Pavan E. Color and marbling as predictors of meat quality perception of Argentinian consumers. *Foods.* 2021; 10(7):1465. <https://doi.org/10.3390/foods10071465>
8. Santos D, Monteiro MJ, Voss H-P, Komora N, Teixeira P, Pintado M. The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: a review. *Livest Sci.* 2021; 250:104573. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104573>
9. Kuchtík J, Zapletal D, Šustová K. Chemical and physical characteristics of lamb meat related to crossbreeding of Romanov ewes with Suffolk and Charollais sires. *Meat Sci.* 2012; 90(2):426-430. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.08.012>

10. Yousefi AR, Sadeghipanah A, Kohram H, Shahneh AZ, Davachi ND, Aghashahi A, et al. Determination of optimum carcass weight for meat quality and fatty acid composition in fat-tailed male and female Chall lambs. *Trop Anim Health Prod.* 2019; 51(3):545-553. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1723-3>
11. Vasta V, Pagano RI, Luciano G, Scerra M, Caparra P, Foti F, et al. Effect of morning vs. afternoon grazing on intramuscular fatty acid composition in lamb. *Meat Sci.* 2012; 90(1):93-98. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.06.009>
12. Muñoz-Osorio GA, Aguilar-Caballero AJ, Sarmiento-Franco LA, Wurzinger M, Cámara-Sarmiento R. Technologies and strategies for improving hair lamb fattening systems in tropical regions: a review. *Ecosist Recur Agropec.* 2016; 3(8):267-277. <https://doi.org/10.19136/era.a3n8.1058>
13. NRC. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press: Washington, DC; 2007.
14. AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 18th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists; 2005.
15. Ortiz A, Tejerina D, García-Torres S, González E, Morcillo JF, Mayoral AI. Effect of animal age at slaughter on the muscle fibres of Longissimus thoracis and meat quality of fresh loin from Iberian × Duroc crossbred pig under two production systems. *Animals.* 2021; 11(7):2143. <https://doi.org/10.3390/ani11072143>
16. de Mello JLM, Berton MP, de Cassia Dourado R, Giampietro-Ganeco A, de Souza RA, Ferrari FB, et al. Physical and chemical characteristics of the longissimus dorsi from swine reared in climate-controlled and uncontrolled environments. *Int J Biometeorol.* 2017; 61(10):1723-1731. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1354-9>
17. Behan AA, Akhtar MT, Loh TC, Fakurazi S, Kaka U, Muhamad A, et al. Meat quality, fatty acid content and NMR metabolic profile of Dorper sheep supplemented with bypass fats. *Foods.* 2021; 10(5):1133. <https://doi.org/10.3390/foods10051133>
18. Suliman G, Al-Owaimer A, El-Waziry A, Hussein E, Abuelfatah K, Swelum A. A comparative study of sheep breeds: Fattening performance, carcass characteristics, meat chemical composition and quality attributes. *Front Vet Sci.* 2021; 8:647192. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.647192>
19. Issakowicz J, Issakowicz ACKS, Bueno MS, Costa RLd, Geraldo AT, Abdalla AL, et al. Crossbreeding locally adapted hair sheep to improve productivity and meat quality. *Sci agric (Piracicaba, Braz).* 2018; 75(4):288-295. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0505>
20. Partida JA, Casaya TA, Rubio MS, Méndez RD. Meat quality in Katahdin lamb terminal crosses treated with Zilpaterol hydrochloride. *J Food Res.* 2015; 4(6):48-57. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v4n6p48>
21. Gonzales-Barron U, Popova T, Piedra RB, Tolsdorf A, Geß A, Pires J, et al. Fatty acid composition of lamb meat from Italian and German local breeds. *Small Rumin Res.* 2021; 200:106384. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106384>
22. Khaled AY, Parrish CA, Adedeji A. Emerging nondestructive approaches for meat quality and safety evaluation—A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2021; 20(4):3438-3463. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12781>
23. Komprda T, Kuchtík J, Jarošová A, Dračková E, Zemánek L, Filipčík B. Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Sci.* 2012; 91(4):499-505. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.004>
24. Listrat A, Lebet B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, et al. How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal.* 2016; 2016:3182746. <https://doi.org/10.1155/2016/3182746>
25. Carrillo-Lopez LM, Robledo D, Martínez V, Huerta-Jimenez M, Titulaer M, Alarcon-Rojo AD, et al. Post-mortem ultrasound and freezing of rabbit meat: Effects on the physicochemical quality and weight loss. *Ultrason Sonochem.* 2021; 79:105766. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105766>

26. El-Waziry AM, Suliman GMM, Al-Owaimer AN. Influence of sheep breeds on feed intake, growth performance, digestibility and nitrogen utilization. *Front Vet Sci.* 2021; Preprints. <http://dx.doi.org/10.20944/preprints202107.0061.v1>
27. Cornet SH, Snel SJ, Lesschen J, van der Goot AJ, van der Sman RG. Enhancing the water holding capacity of model meat analogues through marinade composition. *J Food Eng.* 2021; 290:110283. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110283>
28. Mir NA, Rafiq A, Kumar F, Singh V, Shukla V. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *J Food Sci.* 2017; 54(10):2997-3009. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2789-z>
29. Devi R, Rasane P, Kaur S, Singh J. Meat and Meat losses: influence on meat quality. *Int J Res Anal Rev.* 2019; 6(1):762-786. [http://ijrar.org/viewfull.php?&\\_id=IJRAR1BWP104](http://ijrar.org/viewfull.php?&_id=IJRAR1BWP104)
30. Gonzales-Barron U, Santos-Rodrigues G, Piedra RB, Coelho-Fernandes S, Osoro K, Celaya R, et al. Quality attributes of lamb meat from European breeds: Effects of intrinsic properties and storage. *Small Rumin Res.* 2021; 198:106354. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106354>
31. Tapia MS, Alzamora SM, Chirife J. Effects of water activity (aw) on microbial stability as a hurdle in food preservation. Water activity in foods: Fundamentals and applications. Wiley Online Library; 2020. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch14>
32. Grochowska E, Borys B, Lisiak D, Mroczkowski S. Genotypic and allelic effects of the myostatin gene (MSTN) on carcass, meat quality, and biometric traits in Colored Polish Merino sheep. *Meat Sci.* 2019; 151:4-17. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.010>
33. Partida JA, Vázquez E, Rubio MS, Méndez D. Effect of breed of sire on carcass traits and meat quality of Katahdin lambs. *J Food Res.* 2012; 1(4):141. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n4p141>
34. Radzik-Rant A, Rant W, Sosnowiec G, Świątek M, Niżnikowski R, Szymańska Ż. The effect of genotype and muscle type on the physico-chemical characteristics and taurine, carnosine and L-carnitine concentration in lamb meat. *Arch Anim Breed.* 2020; 63(2):423-430. <https://doi.org/10.5194/aab-63-423-2020>
35. Al-Atiyat RM, Suliman G, AlSuhaibani E, El-Waziry A, Al-Owaimer A, Basmaeil S. The differentiation of camel breeds based on meat measurements using discriminant analysis. *Trop Anim Health Prod.* 2016; 48(5):871-878. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0990-5>
36. Camacho A, Torres A, Capote J, Mata J, Viera J, Bermejo LA, et al. Meat quality of lambs (hair and wool) slaughtered at different live weights. *J Appl Anim Res.* 2017; 45(1):400-408. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1205498>