







NACAMEH Vol. 17, No. 2, pp. 67-84, 2023

## Comportamiento productivo, características de la canal y de la carne de corderos suplementados con harina de plamiste (*Elaeis guineensis*)



## Productive performance, carcass, and meat characteristics of lambs supplemented with oil palm (*Elaeis guineensis*) kernel meal

José Carlos Escobar España <sup>1</sup>, Alejandro Ley de Coss <sup>2</sup>, Keila Nohemi Valencia Nuñez <sup>id</sup>  
<sup>1</sup>, José Ricardo Bárcena Gama <sup>id</sup> 

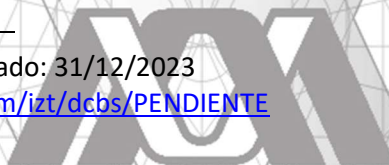
*1 Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV, Carretera Costera & Pueblo de Huehuetán, Huehuetán 30660, Chiapas, México, México. 2 Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V, Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Ocozocoautla, Villaflores 30470, Chiapas, México. 3. Colegio .  Autor de correspondencia: [rbarcena@colpos.mx](mailto:rbarcena@colpos.mx)*

### Resumen

Se evaluó la respuesta productiva y características de la canal y carne de corderos alimentados con harina de palmiste (HP), (T0, T15, T30 y 45 %). Se registró el peso inicial (PVI), peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP), consumo de alimento (CMS), conversión alimenticia (CA) y digestibilidad total aparente de la materia seca (DTAMS). En la canal se determinó el peso vivo vacío (PVV), peso de la canal caliente (PCC), rendimiento de la canal caliente (RCC), pH y grasa dorsal (GD), y en carne, la capacidad de retención de agua (CRA), fuerza al corte (FC), perfil de ácidos grasos, índice de oxidación lipídica (OL) y color. Se utilizó un diseño completamente al azar y como covariable el PVI. No hubo diferencias ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos en la respuesta productiva. El RCC fue mayor ( $p < 0.05$ ) en T15. El CRA fue menor ( $p < 0.05$ ) en T0. El contenido de ácidos grasos saturados fue menor ( $p < 0.05$ ) en T0 que en T15 o T30. No hubo diferencias en OL o el color de la carne. La HP puede ser usado como ingrediente en dietas para la engorda de borregos en niveles inferiores al 30 %.

**Palabras clave:** Harina de palmiste, comportamiento productivo, corderos, canal, digestibilidad.

Recibido: 05/10/2023. Aceptado: 31/12/2023  
<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/PENDIENTE>



## Abstract

The productive response and characteristics of the carcass and meat of lambs fed with palm kernel meal (HP) (T0, T15, T30 and 45 %) were evaluated. Initial weight (PVI), final weight (PF), daily weight gain (GDP), feed intake (CMS), feed conversion (CA) and total apparent dry matter digestibility (DTAMS) were recorded. In the carcass, the empty live weight (PVV), hot carcass weight (PCC), hot carcass yield (RCC), pH and back fat (GD), and in meat, water holding capacity (CRA), shear strength (FC), fatty acid profile, lipid oxidation index (OL) and color were determined. A completely random design was used and the PVI was used as a covariate. There were no differences ( $p > 0.05$ ) between treatments in productive response. The WHR was higher ( $p < 0.05$ ) at T15. The ARC was lower ( $p < 0.05$ ) at T0. The saturated fatty acid content was lower ( $p < 0.05$ ) at T0 than at T15 or T30. There were no differences in OL or meat color. HP can be used as an ingredient in sheep fattening diets at levels below 30%.

**Key words:** Palm kernel meal, productive behavior, lambs, carcass, digestibility.

## INTRODUCCIÓN

Los subproductos agroindustriales deben ser evaluados continuamente con la finalidad de utilizarlos como ingredientes alternativos en dietas para distintas especies animales (Sánchez-Santillán y col., 2019; Sánchez-Santillán y col., 2020), además de considerar el factor económico de su inclusión en las dietas debido a los altos costos en insumos alimenticios tradicionales comúnmente utilizados. (Reyes y col., 2011). Por lo tanto, se requiere buscar alternativas para usar los diferentes subproductos agrícolas de bajo costo con un buen aporte nutricional que puedan sustituir ingredientes básicos y hacer más eficientes los sistemas de producción animal (Castro y col., 2020). La harina de palmiste (HP) es el residuo que queda después de extraer el aceite de la almendra (fruto) de la palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq.*). En varios países productores de aceite de palma, se ha investigado el valor nutritivo de la HP y han reportado que no tiene efectos adversos en el consumo de materia seca (CMS), digestibilidad de la dieta o en los patrones de fermentación ruminal (Chanjula y col., 2010; Abubakr, Alimon y Yaakub, 2015; Freitas y col., 2017). La HP contiene alrededor de 14% de proteína total (PT) (Freitas y col., 2017) pero con un alto contenido FDN (>60 %) (Stein y col., 2015); FDA (>40%) (Sulabo y col., 2013) y lignina (>20%), lo que tiene como consecuencia su baja digestibilidad (Ferreira y col., 2012). Pinho y col. (2016) sustituyeron el 0, 15, 30, 45 y 60% de silo de maíz por HP en dietas para borregos, y reportaron que, con un nivel de inclusión de 40%, no se afectó la eficiencia alimenticia, rumia, productividad o rendimiento de los animales. De igual manera, Ferreira y col. (2012), reportaron que la HP en dietas para bovinos en engorda, puede incluirse hasta el 28% del concentrado en la dieta total, sin afectar negativamente la digestibilidad de nutrientes. En un experimento realizado por Freitas y col., (2017) se reportaron ganancias de peso en corderos de raza Santa Inés de 143.9 g d<sup>-1</sup>, el peso de la canal caliente de 13.72

kg y concluyeron que la inclusión de 30% de HP no causó efectos adversos en el rendimiento productivo, aunque haya disminuido el CMS y la digestibilidad, sin que se haya aumentado el contenido de ácidos grasos saturados en el músculo *Longissimus dorsi*. Suliman y col. (2021), comentaron que se puede usar hasta 20% de HP como ingrediente en dietas para corderos, sin causar efectos negativos en los parámetros productivos, en el rendimiento ni en las características de la canal. Dados los resultados encontrados sobre el uso de la HP, desde la variabilidad de su contenido químico nutricional, niveles de inclusión, y respuesta productiva inconsistente, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo, características de la canal y de la carne de corderos en engorda suplementados con diferentes niveles de inclusión de HP producida en el estado de Chiapas, México.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en la Unidad Metabólica y de Nutrición de Rumiantes del Programa de Ganadería, Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México.

### **Animales y dietas experimentales**

La investigación con los animales se condujo bajo los lineamientos del Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados (2016) y bajo las normas vigentes para sacrificio (NOM-033-ZOO-2014). Se utilizaron 40 corderos machos sin castrar, con un peso vivo (PV)  $22 \pm 1.2$  kg de la cruce Pelibuey x Blackbelly (tipo comercial). Los corderos se distribuyeron aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos experimentales (n=10), alojados en corraletas individuales (1.20 x 1.80 m) provistas con una cama de aserrín, con comedero y bebedero. Previamente los animales fueron tratados con Ivermectina (Ivomec F® 1 mL 50 kg-1 PV vía subcutánea), Closantel (Closantil® 5% 1 mL 5 kg-1 PV, vía oral), Vigantol ADE Fuerte® (Bayer® 2 mL animal-1 vía intramuscular; IM) y Bacterina Biobac 11 vías (Biozoo® 2.5 mL animal-1 vía IM).

Las dietas se formularon para cubrir los requerimientos nutricionales de corderos en engorda para ganancias de 250 g d-1 (15% PT; 2.5 Mcal kg-1; NRC, 2007). Al considerarse la HP como un ingrediente tosco, se sustituyó por el heno de avena en niveles de 0, 25, 50 y 75% y quedando en las dietas un total de 0, 15, 30 y 45% de MS, siendo estos últimos los niveles de inclusión y tratamientos de HP (Cuadro 1). Estas fueron ofrecidas dos veces al día en todos los tratamientos (8:00 y 16:00h, 60 y 40 %, respectivamente), con libre acceso al agua y un periodo de adaptación de 21 días, al finalizar, se tomó el peso vivo inicial. La prueba tuvo una duración de 84 días.

**Cuadro 1. Composición y contenido químico de las dietas experimentales**

Ingredientes	Tratamientos			
	T0	T15	T30	T45
Maíz amarillo molido	16.5	18.5	21	23
Pasta de soya	14	12	9.5	7.5
Harina de palmiste	0	15	30	45
Heno de avena	60	45	30	15
Melaza	6	6	6	6
Urea	1.5	1.5	1.5	1.5
Premezcla mineral†	2	2	2	2
Composición química de las dietas (%)				
MS	90.44	90.82	90.91	84.67
PT	15.24	16.32	15.10	13.41
EE	2.35	3.21	4.08	4.94
FDN	41.39	43.54	45.33	51.99
FDA	19.48	23.07	25.71	30.97
LDA	2.25	5.33	7.27	7.47
Cenizas	9.96	9.55	7.82	6.04
EM (Mcal kg-1)*	2.51	2.54	2.59	3.17

T0, dieta testigo con 0%, T15, dieta con 15%, y T30 con 30% y T45 con 45% de inclusión de harina de palmiste. †Vitasal ovino: Calcio 20%; Magnesio, 2%; Zinc, 5000 mg; Selenio, 30 mg; Humedad, 5% y Cenizas, 95%. MS, materia seca; PT, proteína total; EE, extracto etéreo; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido; LDA, lignina detergente ácido. \*EM, (Mcal kg-1), Energía Metabolizable, calculada con la herramienta JAVA Feed Tag, de la Universidad de California, Davis, Departamento de Ciencia Animal.

### Análisis químicos

Durante la fase experimental se tomaron muestra de cada una de las dietas experimentales, mezclándose al final para tener una muestra representativa por tratamiento. Se procesaron en un molino marca Thomas Wiley (Model 4, Arthur H. Thomas Company, Philadelphia P. A., EUA.), con malla de 1 mm. Se determinó la Materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas, extracto etéreo (AOAC, 2005), Fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acida (FDA) (Van Soest, Robertson y Lewis, 1991). La energía metabolizable (EM, Mcal kg-1) se calculó con los datos del análisis químico de cada una de las dietas experimentales y del aporte de fibra cruda (a partir de tablas), y con el apoyo de la herramienta JAVA (Feed Tag) de la Universidad de California, Davis, del Departamento de Ciencia Animal (Feed Tag: JAVA, 2021).

Adicionalmente se determinó el perfil de ácidos grasos de cadena larga contenidos en las dietas (AGCL; Cuadro 2), de acuerdo con la metodología descrita para esterificación y transesterificación de AGCL modificada de Sukhija y Palmquist, (1988), Palmquist y Jenkins, (2003), donde los ácidos grasos se presentan en forma de metil ésteres, para su posterior análisis en un cromatógrafo Hewlett Packard 6890 con inyector automático, con una columna capilar de sílice (100 m x 0.25  $\mu$ m de grosor, Sp-2560, Marca: Supelco). Para la identificación de los ácidos grasos se utilizó un estándar FAME Mix C4-C24 100 mg (18919 Supelco), estándar 9 cis, trans 11 (Nu Chek. Conjugated linoleic acid. >90% 1g mL<sup>-1</sup>) estándar 12 cis, trans 10 (Nu Chek. Conjugated linoleic acid. >90% 1g mL<sup>-1</sup>) los estándares de los ácidos linoleicos conjugados vienen en forma de ácidos, se tuvieron que transesterificar para usarlos como ésteres metílicos. Cada corrida cromatográfica se cotejó con los tiempos de retención de cada pico estandarizado.

### **Variables productivas y digestibilidad total aparente**

Los corderos se pesaron cada 14 días, previo ayuno de 12 h, registrando la ganancia diaria de peso (GDP, g d<sup>-1</sup>), por diferencia de peso de dos pesadas consecutivas dividido entre los 14 días. El consumo de materia seca de alimento (CMS, kg d<sup>-1</sup>) se registró diariamente, se calculó por diferencia entre el alimento ofrecido menos el alimento rechazado. La conversión alimenticia (CA) se calculó dividiendo el CMS entre la GDP.

La digestibilidad total aparente de la materia seca (DTAMS), se realizó con base a la metodología de cenizas insolubles en ácido (CIA) propuesta por Keulen y Young, (1977). Durante los días 51, 52 y 53 del periodo experimental se tomaron muestras de heces (100 g aproximadamente) directamente del recto de todos los corderos en los tratamientos y del alimento ofrecido (50 g aproximadamente) y se elaboró una muestra compuesta de heces y alimento de cada cordero. Las muestras fueron secadas y molidas y se les determinó, por triplicado, el contenido de CIA. La digestibilidad total aparente de la MS (DTAMS) de las dietas experimentales se estimó de la siguiente manera:  $DTAMS = 100 - [100 \times (\% \text{ CIA en el alimento} / \% \text{ CIA en heces})]$ .

La grasa dorsal y el área del músculo LD, se midió en cada animal al inicio y al finalizar la prueba de comportamiento, utilizando un ultrasonido Sonovet 600 (Universal Medical System, Inc.) con transductor de 7.5 MHz, entre la 12va y la 13va costilla, al inicio del experimento y tres días antes del sacrificio.

**Cuadro 2. Contenido de ácidos grasos de las dietas experimentales**

Ácidos grasos	Dietas experimentales			
	T0	T15	T30	HP
<b>Ácidos grasos saturados (g 100 g<sup>-1</sup> de aceite)</b>				
Caprílico C8:0	NI	3.53	4.17	4.34
Cáprico C10:0	NI	3.18	3.72	4.12
Láurico C12:0	0.94	36.27	44.10	50.49
Mirístico C14:0	1.66	10.52	12.90	15.58
Pentadecanoico C15:1n5	0.32	0.09	0.04	NI
Palmítico C16:0	24.64	11.86	9.12	7.67
Palmitoléico C16:1n7	0.50	0.11	0.02	NI
Esteárico C18:0	2.35	1.81	1.72	1.97
<b>Ácidos grasos mono-insaturados (g 100 g<sup>-1</sup> de aceite)</b>				
Elaídico C18:1n9t	0.31	0.06	0.03	NI
Oleico C18:1n9c	17.99	13.41	13.11	13.56
<b>Ácidos grasos poli-insaturados (g 100 g<sup>-1</sup> de aceite)</b>				
Linoleico C18:2n6c	38.25	15.65	9.22	1.95
Linolénico C18:3n6	10.49	2.76	1.48	NI
Picos no identificados	2.54	0.81	0.36	0.1328
<b>Ácidos grasos totales (g 100 g<sup>-1</sup> de aceite)</b>				
ΣAGS	30.41	67.37	75.79	84.17
ΣAGMI	18.30	13.47	13.14	13.56
ΣAGPI	51.28	19.22	11.06	1.95
AGMI/AGS	0.6017	0.1999	0.1733	0.1611
AGPI/AGS	1.6862	0.2852	0.1459	0.0231

T0, dieta testigo con 0%, T15, dieta con 15%, y T30 dieta con 30% de inclusión de harina de palmiste. NI, no identificado; ΣAGS, sumatoria de ácidos grasos saturados; ΣAGMI, sumatoria de ácidos grasos monos insaturados; ΣAGPI, sumatoria de ácidos grasos poli insaturados; AGMI/AGS, relación de ácidos grasos monos insaturados/saturados; AGPI/AGS, relación de ácidos grasos poliinsaturados entre saturados

### Características de la canal

Fueron evaluadas al finalizar la fase experimental que concluyó a los 101 días cuando se sacrificaron los corderos. El peso al sacrificio (PS) de los corderos se realizó con previo ayuno de 12 h. El peso vivo vacío (PVV) se determinó pesando todos los compartimentos del tubo digestivo que se catalogaron como vísceras verdes: rumen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grueso, se eliminó el contenido ruminal, y se lavaron con agua corriente, por otro lado, riñones, hígado, bazo, pulmones; tráquea y bronquios y por diferencia con el PS se determinó el PVV. El peso de la canal caliente (PCC) se determinó pesando la canal (en una báscula colgante digital, marca Torrey® modelo CRS-200, México) al quedar completamente expuesta. El rendimiento de la canal caliente (RCC) se calculó con base a la siguiente fórmula de García, (2008): Rendimiento de la canal caliente= (PCC/ PS) \*100.

El pH de la canal y de la carne se midió usando un potenciómetro marca Orión modelo HI99163, provisto de un electrodo especializado para medir en carne y se realizó sobre el músculo *Longissimus dorsi* (LD) a las 0 h en la canal y 24 h post-mortem en musculo LD.

### Características de la carne

Para el análisis químico, previamente se descongeló la carne, se eliminaron los excesos de tejido conjuntivo y grasa periférica, dejando solo el músculo LD y se colocó en un triturador de carne, se usaron 100 g de carne para rellenar una caja Petri, la medición constó de tres lecturas por muestra. La determinación de materia seca, proteína y grasa se realizó siguiendo la metodología descrita por Anderson, (2007), usando un espectrofotómetro de infrarrojo cercano (FOSS FoodScan™), la humedad se calculó por diferencia. La determinación de color se hizo a las 24 h, 3, 6 y 9 días post-mortem en la carne refrigerada a 5 °C, se dispuso de una muestra del músculo LD para la medición, utilizando un colorímetro de precisión marca 3NH modelo NR20XE, el cual registra valores de CIEL\* (luminosidad), a\* (índice de rojo) y b\* (índice de amarillo) índice de saturación C\* (Chroma, C\*) se define como el ángulo que existe entre a\* y b\*, denotado de la siguiente manera:  $(a^*2+b^*2)^{1/2}$ .

La pérdida de agua por cocción se realizó siguiendo la metodología descrita por Gómez-Cortés y col. (2018). La fuerza al corte en carne se midió con una navaja Warner-Bratzler en un analizador de textura TA-XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY, EUA) la medición se realizó en carne cocida siguiendo la metodología de Gómez-Cortés y col. (2018).

Los AGCL en la carne se determinaron usando la metodología descrita para esterificación y transesterificación de los ácidos grasos de cadena larga citada anteriormente. Se utilizó 0.5 g de muestra de carne previamente liofilizada (condiciones: -120 mBar y -42 °C; Labconco FreeZone 6) para su evaluación. La oxidación lipídica se midió mediante la técnica de sustancias reactivas al ácido 2 tiobarbitúrico (TBARS). Las muestras de carne de 2.5 g se homogenizaron, posteriormente se colocaron en baño María 80 °C por 90 min, posterior a

esto, se agregaron 12.5 mL de ácido tricloroacético para precipitar las proteínas y se agitó en un vórtex. Se filtró (papel filtro Whatman No. 1) y del filtrado se tomaron 4 mL de la solución, se colocaron en tubos Pyrex y se mezcló con 1 mL de ácido tiobarbitúrico, posteriormente se incubaron en baño maría a 80°C durante 90 min y finalmente se leyó la absorbancia de cada muestra a 532 nm en un espectrofotómetro (CARY 1-E VARIAN, USA). El ensayo se calibró con una concentración conocida de tetra ethoyiropano (TEP) (1, 1, 3, 3, -tetraetoxipropano). Los resultados se expresaron como miligramos de malonaldehído (MDA) por kilogramos de carne.

### **Análisis estadístico**

Se utilizó el modelo estadístico de un diseño completamente al azar con tres tratamientos y repeticiones desbalanceadas y la presencia de una covariable (PVI), T0 (n=12), T15 (n=14), T30 (n=14). Utilizando el procedimiento GLM de (SAS, 2012) v.9.4 para el ANOVA. La comparación de medias de resultados se realizó con la prueba de Tukey (p0.05) (Steel y Torrie, 1996). Para la variable de índice de color (L\*, a\*, b\* y C\*) en la muestra de carne, se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo, utilizando el procedimiento MIXED de (SAS, 2012) v. 9.4. Para la prueba de medias se utilizó Tukey (p0.05) (Steel y Torrie, 1996).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Anteriormente, se hizo una descripción de cuatro tratamientos, el último tratamiento (T45) se canceló durante el proceso de adaptación debido a que los animales tuvieron un bajo CMS y perdieron peso, en consecuencia, se optó por distribuir esos animales en los tratamientos 0, 15 y 30, de modo que, los tratamientos fueron los primeros tres niveles de inclusión de HP, T0 (n=12), T15 (n=14) y T30 (n=14), los resultados y análisis realizados son de estos tres tratamientos.

Hubo efecto de la covariable (PVI), en el PF ( $p \leq 0.0001$ ), CMS ( $p \leq 0.0001$ ) y CA ( $p \leq 0.0134$ ). El PVI de los corderos (Cuadro 3) fue diferente ( $p \leq 0.05$ ), siendo mayor en T0 que T30 y T15. Esto pudo deberse a la rápida aceptación de la dieta sin HP, utilizando solo heno de avena como fuente de fibra en la dieta. El T45, que fue eliminado, pudo haber sido poco palatable y astringente, debido a la alta cantidad de grasa y fibra de tipo estructural. La inclusión de HP no afectó el PF, GDP, AMLd y EGD ( $p > 0.05$ ). El CMS se vio afectado con la HP, a mayor inclusión, menor CMS ( $p \leq 0.05$ ). Este comportamiento es similar a lo reportado por (Pinho y col., 2016) quienes atribuyeron el bajo consumo de MS al incremento de FDN y lignina en las dietas experimentales (silo de maíz más HP), baja densidad y degradabilidad en las dietas con niveles crecientes de HP, que puede ser por baja granulometría, y alta tasa de pasaje de la HP. En el presente estudio, se observó al lavar el rumen, entre las papilas se encontraba alto contenido de cuesco (cubierta dura que cubre a la almendra) o endocarpio presente en la HP, fracción que es altamente indigestible por el alto grado de lignificación. Esta característica encontrada en la HP utilizada se puede atribuir a una deficiencia en



el proceso de separación del hueso y de la almendra de la cual se obtiene la HP. Por otra parte, Da Conceição y col. (2016), consideraron varios factores que pueden contribuir a un menor CMS y GDP, como son el grado de rancidez de la dieta o de los ingredientes con alto contenido de grasa como lo es la HP, lo que puede indicar un mayor consumo de grasa. Esto coincide con la teoría de que el incremento en el consumo de FDN de las dietas relaciona con el efecto de llenado del rumen causado por el límite físico, esto es, que el aumento de la masa y el volumen del consumo interfiere negativamente con el consumo voluntario al alterar la gravedad específica de la digesta, causando un impacto negativo en la cinética de paso y contribuyendo a la reducción en el CMS. Es posible también que por el aumento de

**Cuadro 3. Comportamiento productivo y digestibilidad total aparente de corderos suplementados con diferentes niveles de harina de palmiste.**

Variables	Tratamientos				
	T0	T15	T30	EEM	p
PVI	25.18a	23.04c	23.08b	0.6077	0.0001
PF	40.50	39.90	37.67	0.8901	0.2633
CMS	1.53a	1.44a	1.09b	0.0491	0.0001
GDP	0.182	0.200	0.173	0.0071	0.2738
CA	8.62b	7.31ab	6.63a	0.2614	0.0047
DTAMS	72.40a	66.88b	66.17b	0.5509	0.0001
AMLd (mm <sup>2</sup> )	1067.00	1014.21	1004.64	18.98	0.5580
EGD (mm)	3.16	2.85	3.00	0.0947	0.5580

T0, T15, T30 % de inclusión de harina de palmiste en la dieta; PVI, peso vivo inicial; PF, peso final; CMS, consumo de materia seca; GDP, ganancia diaria de peso; CA, conversión alimenticia; DTAMS, digestibilidad total aparente de la materia seca; AMLd, área del músculo del *Longissimus dorsi*; EGD, espesor de la grasa dorsal; EEM, error estándar de la media; a, b, medias con distinta literal en hilera son diferentes estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ).

FDN y lignina en las dietas, el tiempo de rumia sea mayor, y se afecte el comportamiento, como lo es el tiempo de alimentación, consumo, rumia y periodos de inactividad (Oliveira y col., 2017). La CA fue menor ( $p \leq 0.05$ ) en T30 al compararse con T15 y T0. El incremento de HP en la dieta, produjo mayor eficiencia de utilización del alimento, aunque esta mejora no se reflejó en la GDP, y se puede explicar por una mejor eficiencia en el uso de la energía (Souza y col., 2003)., también señalan que el aumento en los niveles de energía en las dietas puede mejorar la conversión alimenticia, aunque un regulador del CMS puede ser la FDN, ya que tiene una correlación negativa con la densidad energética de las dietas. En el presente estudio, es posible que el nivel de grasa contenido en la HP haya proporcionado

mayor cantidad de energía metabolizable que la calculada. La DTAMS fue mayor ( $p \leq 0.05$ ) en el T0 que en T15 y T30 (Cuadro 3), resultados que eran de esperarse por el alto contenido de fibra en la HP. Sin embargo, Freitas y col. (2017) reportaron, valores de digestibilidad aun menores a los encontrados en este estudio, explicando que se debió al alto contenido de FDN, FDA y LDA en las dietas con HP.

No hubo diferencia ( $p \geq 0.05$ ) entre tratamientos en el PVS, PVV PCC, pH, AMLd o EGD entre las dietas evaluadas (Cuadro 4) Freitas y col. (2017), reportaron resultados similares a los encontrados en esta investigación, atribuyéndolo a que los tratamientos no afectaron la ganancia diaria de peso. El RCC fue mayor ( $p \leq 0.05$ ) en los animales que recibieron la dieta con 15% de HP (T15) que aquellos con T0 y T30. Suliman y col. (2021) difieren con los valores de RCC de este estudio, reportaron un peso inferior de canal en los animales alimentados con HP. Estos autores mencionan que las características de la canal y la calidad de la carne siempre estarán influenciadas por la composición de la dieta, el perfil de ácidos grasos, el nivel de energía y el CMS, lo cual puede explicar las diferencias en los resultados entre estas investigaciones.

**Cuadro 4. Características de la canal de corderos suplementados con harina de palmiste**

Variables	Tratamientos				
	T0	T15	T30	EEM	p
PVS (kg)	42.80	44.50	42.15	1.1290	0.7035
PVV (kg)	38.25	39.26	36.66	1.0957	0.6427
PCC (kg)	19.97	21.98	19.46	0.5733	0.1670
RCC (%)	46.63b	49.54a	46.17b	0.4605	0.0013
pH, 0 h	6.32	6.38	6.41	0.0462	0.7624

T0, T15, T30% de inclusión de harina de palmiste en la dieta; PVS, peso vivo al sacrificio; PVV, peso vivo vacío; PCC, peso de la canal caliente; pH (medido a las 0 horas); RCC, rendimiento de la canal caliente; EEM, error estándar de la media.

a, b, medias con distinta literal en hilera son diferentes estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ).

No se encontraron diferencias ( $p \geq 0.05$ ), en la composición química de la carne de los animales alimentados con diferentes niveles de HP (0, 15 y 30%) (Cuadro 5). Al respecto, Dikeman, (2013), explica que la composición química de la carne está relacionada con la eficiencia de utilización y metabolismo de los nutrientes de la dieta, características de la canal y edad de los animales. Si hubo efecto ( $p \leq 0.05$ ) por la inclusión de HP en la CRA; el T30 y T15 tuvieron mayor CRA que T0. Al respecto, Apple y Yancey, (2013), subrayan que la CRA puede estar influenciada por muchos factores, el pH es el principal, si este está cerca al punto isoeléctrico de las proteínas (pH; 5.0-5.3) se puede perder la atracción del agua retenida, una mayor pérdida de agua se puede traducir en una mayor pérdida de peso de

la carne y genera grandes pérdidas económicas en la industria, puede influir en la terneza de la carne, en las propiedades químicas, en el sabor y la jugosidad.

**Cuadro 5. Análisis físico-químico de la carne de corderos suplementados con harina de palmiste**

Variables	Tratamientos				
	T0	T15	T30	EEM	p
MS (%)	31.22	28.25	28.01	1.0065	0.3689
Humedad (%)	68.78	71.74	71.98	1.0065	0.3689
PT (%)	21.81	22.56	22.46	0.1522	0.0884
Grasa (%)	4.28	4.34	4.67	0.1409	0.4915
pH, 24h	5.56	5.57	5.61	0.0285	0.7575
CRA	6.28b	14.28a	16.00a	1.3086	0.0013
FC (kg/cm <sup>2</sup> )	2.40	1.97	2.27	0.1251	0.3556
PAC (g)	3.21	2.92	2.69	0.1643	0.4515

T0, T15, T30% de inclusión de harina de palmiste en la dieta; MS, materia seca obtenida por diferencia; PC, proteína cruda; CRA, la capacidad de retención de agua (dada como: mL de NaCl 0.6M/100 g de carne); FC, fuerza al corte en la carne; PAC, pérdida de agua por cocción; EEM, error estándar de la media. a, b, medias con distinta literal en hilera son diferentes estadísticamente ( $p \leq 0.05$ )

La inclusión de HP en las dietas no afectó el índice L del color (Cuadro 6) (luminosidad o brillo) ( $p > 0.05$ ), por factor tiempo (día), tratamiento e interacción (tratamiento\*día). Asimismo, el índice  $a^*$  se afectó debido al nivel de inclusión de HP, el T0 y T15 fueron diferentes de T30; el día de muestreo se vio afectado ( $p \leq 0.05$ ), siendo diferente el día 1 y 3 de 6 y 9; y no se encontraron diferencias en la interacción ( $p \geq 0.05$ ). Para el índice  $b^*$  y  $C^*$ , la HP presentó diferencias ( $p \leq 0.05$ ) en tratamiento, día y en la interacción (tratamiento\*día). El incluir hasta 15 a 30% de HP puede estabilizar el color. El color es una característica organoléptica que más influye en la aceptación por el consumidor, por lo tanto, si esta variable se ve afectada de manera negativa puede repercutir en la decisión de elegir una carne con mejores características. Da Conceição y col. (2016) indican que, cuando los animales son homogéneos en peso y edad y se da el mismo manejo pre-mortem previo al sacrificio no se modifica el color, pero sí puede verse influenciado por algún componente químico en la dieta que ocasione un cambio en el color de la carne. La refrigeración y la oxigenación son dos factores que influyen de manera importante en la carne, ya que permiten mantener el color aceptable para el consumidor (McDougal y Taylor, 1975). Saeed y col. (2019), mencionan que el contenido de mioglobina a nivel de músculo o grasa pueden generar variaciones en el color de la carne y que el adicionar HP pudo ayudar a dar

**Cuadro 6. Efecto de tratamiento y día de muestreo en los parámetros (media  $\pm$  EEM) de color de la carne de corderos suplementados con harina de palmiste**

Color	Día	Tratamientos			Día	p-valor		
		T0	T15	T30		Trat x Día	Trat	Día
L*	1	59.57 $\pm$ 1.79	60.19 $\pm$ 1.79	60.05 $\pm$ 1.79	59.92 $\pm$ 0.73	0.4201	0.7920	0.9481
	3	61.04 $\pm$ 2.10	59.28 $\pm$ 1.87	58.61 $\pm$ 1.87	59.64 $\pm$ 0.79			
	6	60.71 $\pm$ 2.16	59.10 $\pm$ 1.87	59.11 $\pm$ 1.87	59.64 $\pm$ 0.79			
	9	59.69 $\pm$ 2.44	59.57 $\pm$ 1.88	60.57 $\pm$ 1.88	59.94 $\pm$ 0.80			
	Trat	60.24 $\pm$ 0.81	59.53 $\pm$ 0.81	59.58 $\pm$ 0.81	-			
a*	1	22.16 $\pm$ 0.54ab	21.03 $\pm$ 0.54ab	21.40 $\pm$ 0.54ab	21.53 <sup>a</sup> $\pm$ 0.31a	0.1680	0.0384	0.0062
	3	23.37 $\pm$ 0.78a	22.36 $\pm$ 0.78ab	19.94 $\pm$ 0.78ab	21.89 <sup>a</sup> $\pm$ 0.45a			
	6	20.96 $\pm$ 0.83ab	20.33 $\pm$ 0.83ab	18.59 $\pm$ 0.83b	19.96 $\pm$ 0.47ab			
	9	22.14 $\pm$ 0.85ab	20.60 $\pm$ 0.85ab	19.87 $\pm$ 0.85ab	20.87 $\pm$ 0.0.49ab			
	Trat	22.16 $\pm$ 0.55a	21.08 $\pm$ 0.55ab	19.95 $\pm$ 0.55b	-			
b*	1	13.40 $\pm$ 0.50b	13.13 $\pm$ 0.50b	13.47 $\pm$ 0.50b	13.33 $\pm$ 0.29c	0.0265	0.0111	0.0010
	3	16.27 $\pm$ 0.40a	14.60 $\pm$ 0.40ab	13.30 $\pm$ 0.40b	14.72 $\pm$ 0.23ab			
	6	14.52 $\pm$ 0.45ab	14.63 $\pm$ 0.45ab	13.54 $\pm$ 0.45b	14.23 $\pm$ 0.26bc			
	9	15.14 $\pm$ 0.42ab	15.10 $\pm$ 0.42ab	14.59 $\pm$ 0.42ab	14.94 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>			
	Trat	14.83 $\pm$ 0.32a	14.36 $\pm$ 0.32ab	13.72 $\pm$ 0.32b	-			
C*	1	25.9 $\pm$ 0.66ab	24.70 $\pm$ 0.66ab	25.30 $\pm$ 0.66ab	25.34 $\pm$ 0.38ab	0.0738	0.0185	0.0126
	3	28.49 $\pm$ 0.80a	26.70 $\pm$ 0.80ab	24.00 $\pm$ 0.80b	26.40 $\pm$ 0.46a			
	6	25.51 $\pm$ 0.85ab	25.06 $\pm$ 0.85ab	23.03 $\pm$ 0.85b	24.53 $\pm$ 0.49b			
	9	26.83 $\pm$ 0.81ab	25.58 $\pm$ 0.81ab	24.69 $\pm$ 0.81ab	25.70 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>			
	Trat	26.69 $\pm$ 0.54a	25.53 $\pm$ 0.54ab	24.25 $\pm$ 0.54b	-			

T0, T15, T30% de inclusión de harina de palmiste en la dieta; área cromática L\* = brillo (0 es negro y 100 es blanco); área cromática a\*: rangos de enrojecimientos, (<) verde y (>) rojo; área cromática b\*: rango de amarillez (>) corresponde amarillo y (<) corresponde azul; C\*, cromina se define como  $(a^*2 + b^*2)1/2$ . a, b, c: medias con distinta literal entre columnas e hileras la interacción (trat\*día) son diferentes estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ). a, b: medias de tratamientos con distinta literal en hilera son diferentes estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ). a, b, c: medias de días con distinta literal en columna es diferente ( $p \leq 0.05$ ) y EEM, error estándar de la media.

estabilidad al color de la carne en corderos. Los datos obtenidos en esta investigación polifenoles presentes en la HP utilizada en este estudio, ya que estos pueden actuar como antioxidantes naturales y mantener la estabilidad del color en la carne de corderos suplementados con la HP. No se encontró en la literatura ningún estudio donde hayan cuantificado la presencia de polifenoles en la HP; al respecto, Gómez-Cortés y col. (2018), reportaron que los niveles de polifenoles de orujo de uva, pueden mejorar la estabilidad del color en la carne, por la acción antioxidante de los polifenoles.

La concentración de los ácidos grasos C12:0, C14:0, C14:1, en la carne de los corderos, se incrementó ( $p \leq 0.05$ ) en el tratamiento con 15 y 30% de HP supero ( $p \leq 0.05$ ) al tratamiento

sin HP (Cuadro 7). El ácido oleico (C18:1n-9c) disminuyó ( $p \leq 0.05$ ) en 12.05% en el tratamiento con 30% de HP con respecto al tratamiento sin HP. La concentración de la  $\Sigma$ AGS fue 11.72% mayor ( $p \leq 0.05$ ) en 11.72% con el nivel 30% de HP que el tratamiento 0% HP, aunque no fue diferente en comparación con el tratamiento 15%; en tanto que la  $\Sigma$ AGMI disminuyó ( $p \leq 0.05$ ) en 13.73% en el tratamiento 30% con HP respecto al tratamiento sin HP. No se observaron diferencias en la  $\Sigma$ AGPI; por consiguiente, la relación de AGMI/AGS fue mayor en el tratamiento sin HP que en el que contenía 30% de HP. Los resultados indican que conforme se incrementa el nivel de HP en la dieta, la concentración de AGPI en la carne de los corderos disminuye. Estos resultados se relacionan con el contenido de AGS en la HP, en donde la mayor proporción la compone el ácido láurico, palmítico y esteárico. En las dietas experimentales, el total de AGS se incrementó conforme se aumentó la cantidad de la HP en ellas. Abubakr, Alimon y Yaakub (2015), reportaron que la composición de la dieta es básica, sobre todo en la cantidad de grano, como el maíz, que puede aumentar la deposición de C18:2 en la carne, debido a que la energía metabolizable de la dieta también aumenta, ya que los AGI del maíz presentan mayor resistencia a la biohidrogenación que otras fuentes de cereales. La biohidrogenación de C18:2 a C18:0 se puede inhibir si la concentración de C18:2 es altas (Abubakr y col., 2015). En el presente estudio, la cantidad de grano de maíz en la dieta fue la misma por lo que la presencia de C18:2, no se modificó y la presencia de mayores cantidades de AGS en la HP propició que se disminuyera el contenido de ácido oleico, pero se mantuvo la concentración del ácido esteárico. La determinación de la concentración de los ácidos grasos en la carne es importante pues está directamente relacionada con la salud humana. En este experimento, hubo incremento de los AGS en la carne de corderos, lo que podría tener un efecto negativo para la salud humana. La composición de las dietas de los rumiantes debe contribuir a aumentar la deposición de AGPI en la carne y esto es posible con fuentes forrajeras como alimento para rumiantes, debido a que tienen contenidos significativos de AGPI (C18:3n3, C20:4, C20:5n3, C22:5n3) y de tipo omega 3, que son benéficos para la salud humana (Freitas y col., 2018).

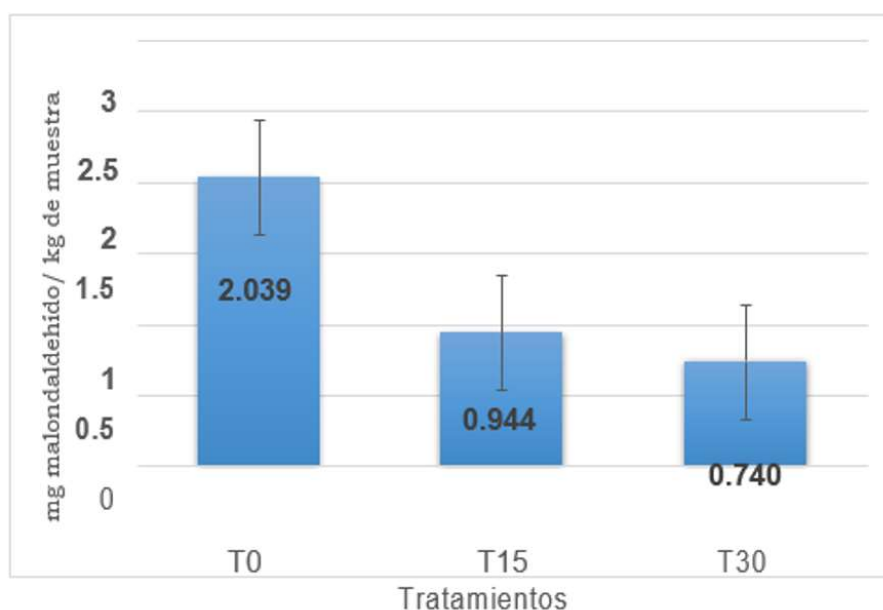
**Cuadro 7. Contenido y tipo de ácidos grasos en la carne de corderos suplementados con diferentes niveles de harina de palmiste**

Ácidos grasos	Clave	Tratamientos			EEM	p
		T0	T15	T30		
Ácidos grasos saturados (g 100 g <sup>-1</sup> de aceite)						
Láurico	C12:0	0.20b	0.39ab	0.81a	0.1054	0.0445
Mirístico	C14:0	3.01b	4.06ab	5.81a	0.4460	0.0256
Miristoléico	C14:1	0.12b	0.20ab	0.37a	0.0391	0.0216
Pentadecanoico	C15:1n5	0.31	0.36	0.52	0.0461	0.1524
Palmitico	C16:0	26.49	27.69	27.67	0.3264	0.2382
Palmitoléico	C16:1n7	2.97	3.03	3.38	0.1278	0.3870
Heptadecanoico	C17:0	1.11	0.97	1.16	0.0919	0.5505
Cis 10 Heptadecanoico	C17:1	0.89	0.85	1.04	0.4534	0.7064
Esteárico	C18:0	11.78	11.61	11.57	0.1736	0.9833
Ácidos grasos mono-insaturados (g 100 g <sup>-1</sup> de aceite)						
Elaídico	C18:1n9t	1.12	0.32	0.64	0.1736	0.1676
Oleico	C18:1n-9c	45.28a	43.46ab	40.41b	0.8166	0.0394
Ácidos grasos poli-insaturados (g 100 g <sup>-1</sup> de aceite)						
A-Linoleico	C18:2n6c	2.64	2.5743	2.5543	0.1547	0.9695
Γ-Linolénico	C18:3n6	0.002	0.00	0.0000	0.0009	0.3874
Araquídico	C20:0	0.018	0.012	0.034	0.0049	0.1932
Cis 11- Eicotrienoico	C20:1	0.008	0.035	0.038	0.0068	0.1404
CLA	C18:2	0.187	0.272	0.287	0.0187	0.0532
Eicosatrienoico	C20:4	0.097	0.065	0.074	0.0092	0.3792
Araquidónico	C20:4n6	0.940	0.944	0.738	0.0750	0.4643
Lignocérico	C24:0	0.072	0.112	0.108	0.0125	0.3805
PNI	-	1.648	2.658	2.465	0.2897	0.3360
Ácidos grasos agrupados (g 100 g <sup>-1</sup> de aceite)						
ΣAGS	-	46.91b	49.27ab	52.41a	0.8912	0.0315
ΣAGMI	-	46.70a	43.78ab	41.06b	0.8193	0.0193
ΣAGPI	-	5.89	6.92	6.52	0.2880	0.3559
AGMI/AGS	-	0.997a	0.894ab	0.655b	0.0532	0.0178
AGPI/AGS	-	0.128	0.141	0.107	0.0093	0.3372

T0, T15, T30 % de inclusión de harina de palmiste en la dieta; CLA, ácido linoleico conjugado C18:2; PNI, picos no identificados; ΣAGS, sumatoria de ácidos grasos saturados; ΣAGMI, sumatoria de ácidos grasos mono insaturados; ΣAGPI, sumatoria de ácidos grasos poli insaturados; AGMI/AGS, relación de ácidos grasos mono-insaturados/saturados; AGPI/AGS, relación de ácidos grasos poli-insaturados entre saturados. EEM, Error estándar de la media.

a, b, medias con distinta literal en hileras son diferentes estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ).

La adición de HP en dietas para corderos no tuvo efecto ( $p \geq 0.05$ ) sobre la oxidación lipídica de la carne (Figura 1), aunque se observó una disminución en los mg de MDA por kg de muestra. El MDA es uno de los aldehídos más importantes que se producen durante la oxidación lipídica secundaria de los ácidos grasos polinsaturados y se puede utilizar como un marcador de la actividad oxidativa, en bajas concentraciones puede presentar olores rancios en la carne y consideran que 2.5 mg de MDA  $\text{kg}^{-1}$  es aceptable para que no se presente rancidez. Sin embargo, en este estudio se observó una tendencia a inhibir la oxidación de los ácidos grasos en la carne de los corderos suplementados con la HP, lo cual, se debe por la concentración de compuestos fenólicos con actividad antioxidante presentes en la misma.



**Figura 1. Concentración de malonaldehído en carne de corderos alimentados con diferentes niveles de inclusión en la dieta con harina de palmiste.**

## CONCLUSIONES

La harina de palmiste se consideró como un alimento fibroso, puede ser un ingrediente de uso alternativo en dietas balanceadas dentro de los sistemas de producción para ovinos en engorda e incluirse en forma parcial, no más del 30% en la dieta. Además, puede actuar como un coadyuvante para mejorar las condiciones de conservación de la carne al disminuir la oxidación lipídica de la misma, pero su uso debe estar condicionado ya que tiende a incrementar los niveles de ácidos grasos saturados en la carne de los corderos pudiendo afectar el producto final.

**ORCID**

José Carlos Escobar España  <https://orcid.org/0000-0001-9590-646X>

Alejandro Ley de Coss  <https://orcid.org/0000-0001-5982-300X>

Keila Nohemi Valencia Nuñez  <https://orcid.org/0009-0008-6045-5433>

José Ricardo Bárcena Gama  <https://orcid.org/0000-0002-0039-9424>

**REFERENCIAS**

- ABUBAKR A., A. R. ALIMON, H. YAAKUB, N. ABDULLAH, AND M. IVAN (2015). Effect of feeding palm oil by-products based diets on muscle fatty acid composition in goats. *PLoS ONE* 10(3): 1–12.
- AOAC. (2005). Animal feed. Capítulo 4. En *Official methods of analysis of OAC International*. W. Horwitz (Editor). Gaithersburg: AOAC International (18th ed.) pp 24-56.
- APPLE J. K. AND J. W. S. YANCEY (2013). Water-Holding Capacity of Meat. Capítulo 7. En *The Science of Meat Quality*. C. R. Kerth (Editor). Austin: Wiley-Blackwell. pp 283.
- ASSAN N. (2020). Provided for non-commercial research and education use. Not for reproduction, distribution or commercial use. *Hepatoprotective Agents in Rats. Scientific Journal of Zoology* 9(1): 97–105.
- CASTRO W. J. R., A. M. ZANINE, D. J. FERREIRA, A. L. SOUZA, R. M. A. PINHO, M. O. M. PARENTE, H. N. PARENTE, AND E. M. SANTOS (2020). Delinted cottonseed in diets for finishing sheep. *Tropical Animal Health and Production* 52(5): 2461–2468.
- CHANJULA P., A. MESANG AND S. PONGPRAYOON (2010). Effects of dietary inclusion of palm kernel cake on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations of goats fed *paspalum plicatulum* hay-based diet. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 32(6): 527–536.
- COLEGIO DE POSTGRADUADOS (2016). Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados. Fecha de actualización: 18/11/2016, fecha de acceso: 02/08/2023. URL: [https://www.colpos.mx/wb\\_pdf/norma\\_interna/REG\\_USO\\_CUIDADODEANIMALES.pdf](https://www.colpos.mx/wb_pdf/norma_interna/REG_USO_CUIDADODEANIMALES.pdf)
- DA CONCEIÇÃO, DOS S. R., K. SOUZA, R. MEZZOMO, L. R. SAMPAIO, O. D. OLIVEIRA, D. I. GOMES, G. PINTO, AND M. Y. DE SOUZA (2016). Performance of feedlot lambs fed palm kernel cake-based diets. *Tropical Animal Health and Production* 8(2): 367–372.
- DIKEMAN, M. (2013). Animal Growth and Empty Body Composition. Capítulo 2. En *The Science of Meat Quality*. C. R. Kerth (Editor). Austin: Wiley-Blackwell. pp. 29–48.
- FEED TAG: JAVA. (2021). Feed tag program: calculate Energy Values from Proximate Analysis. Department of Animal Science, The University of California Davis. <https://dcbbsp.ucdavis.edu/x/ansci/java/LivestockSystemMgt/FeedTag/default.htm>
- FEREIRA A. C., R. L. OLIVEIRA, A. R. BAGALDO, G. G. P DE CARVALHO, R. N. V DA SILVA, AND P. A. DE OLIVEIRA (2012). Intake, digestibility and intake behaviour in cattle fed different levels of palm kernel cake. *Revista MVZ Córdoba* 17(3): 3105–3112.



- FREITAS T. B., T. L. FELIX, M. S. PEDREIRA, R. R. SILVA, F. F. SILVA, H. G. O. SILVA, AND B. S. MOREIRA (2017). Effects of increasing palm kernel cake inclusion in supplements fed to grazing lambs on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid profile. *Animal Feed Science and Technology*, 226(2): 71–80.
- GARCÍA, I. R. (2008). Evaluación integral del complejo suelo-planta en una unidad lechera, con silvopastoreo, en la provincia La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 42(4): 403–410.
- GÓMEZ-CORTÉS P., C. GUERRA-RIVAS, B. GALLARDO, P. LAVÍN, A. R. MANTECÓ., M. A. DE LA FUENTE, AND T. MANSO (2018). Grape pomace in ewes diet: Effects on meat quality and the fatty acid profile of their suckling lambs. *Food Research International* 113(2): 36–42.
- KEULEN J. V, AND B. A YOUNG (1977). Evaluation of Acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44(2): 282–287.
- MACDOUGALL D. B, AND A. A. TAYLOR (1975). Colour retention in fresh meat stored in oxygen a commercial scale trial. *Journal Food Technology*. 10. 339-347.
- NOM-033-ZOO-2014. (2014). Norma Oficial Mexicana, Método para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. (pp. 1–58). Diario Oficial. Fecha de actualización: 26/08/2015, fecha de acceso: 05/05/2023. [URL:http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015)
- NRC. (2007). National Requirements of small ruminant: sheep, goats, cervids, and New World camelids / Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminant, Board on Agriculture and Natural Resource, Division on Earth and Life Studies, The National Research Council. National Academies Press.
- OLIVEIRA R. L., P. DE CARVALHO, R. L. OLIVEIRA, M. S. L. TOSTO, E. M. SANTOS, R. D. X. RIBEIRO, T. M. SILVA, B. R. CORREIA, AND L. M. A DE RUFINO (2017). Palm kernel cake obtained from biodiesel production in diets for goats: feeding behavior and physiological parameters. *Tropical Animal Health and Production* 49(7): 1401–1407.
- PALMQUIST D. L AND T. C. JENKINS (2003). Challenges with fats and fatty acid methods. *Journal of Animal Science* 81(12): 3250–3254.
- PINHO B. D., A. F. O. RAMOS, J. D. B. LOURENÇO JÚNIOR, C. FATURI, A. G. M. E SILVA, B. D. S. NAHÚM, M. C. MANNO, K. R DE S. LIMA, L. F. SOUSA, J. A. R. DA SILVA, G. S. ARAÚJO AND J. C. DE C BUDEL (2016). Feeding behavior of sheep fed diets with *Elaeis guineensis* palm kernel meal. *Semina. Ciências Agrárias* 37(4Supl1): 2513.
- REYES D. J., M. O. HERNÁNDEZ, B. E. RAMÍREZ, L. I. GUERRERO, O. G. ARANDA, Y M. G. MENDOZA (2011). Efecto de la suplementación con grasa protegida sobre la producción y calidad de carne de toretes mexicanos doble propósito. *Revista MVZ Cordoba*, 16(1).
- SAEED O. A., A. Q. SAZILI, M. EBRAHIMI, A. R. ALIMON, AND A. A. SAMSUDIN. (2019). Effects of corn supplementation on meat quality and fatty acid composition of Dorper lambs fed PKC-Urea treated rice straw. *BMC Veterinary Research* 15(233):1-9.
- SÁNCHEZ-SANTILLÁN P., N. TORRES-SALADO, A. R. ROJAS-GARCÍA, M. B. BOTTINI- LUZARDO, M. A. MALDONADO-PERALTA, J. C. ESCOBAR-ESPAÑA, I. REYES- VÁZQUEZ, D. MANUEL-LUVIANO AND J. HERRERA-PÉREZ. (2019). Kinetics of gas production and in vitro fermentive

- characteristics of cane molasses for mango pulp in the elaboration of nutritional blocks. *Agrociencia* 53(7):957–967.
- SÁNCHEZ-SANTILLÁN P., N. TORRES-SALADO, J. HERRERA-PÉREZ, A. ROJAS-GARCÍA, M. MALDONADO-PERALTA AND M. AYALA-MONTER. (2020). In vitro gas and methane production and dry degradation of pumpkin (*Cucurbita argyrosperma*) silages with pangola grass (*Digitaria decumbens*) hay. *AgroProductividad* 13(11): 95–101.
- SMITH W. B., J. P. BANTA, J. L. FOSTER. L. A. REDMON, T. J. MACHADO, L. O. TEDESCHI AND F. M. ROUQUETTE (2020). Evaluation of growthperformance and carcass characteristics of beef stocker cattle grazing Tifton 85 bermudagrass supplemented with dried distillers grains with solubles then finished in the feedlot. *Applied Animal Science* 36(3): 308–319.
- SOUZA A. K., F. F. RAMOS, A. S. CHAVES, M. FERREIRA, R. GERMANO, A. M. VIEIRA, A. NUNE, R. J. DE S. MAIOR, Y D. K. BEZER (2003). Niveis de Energia em Dietas para Ovinos Santa Inês: Desempenho. *R. Bras. Zootec* 32 (6):1937-1944.
- STEEL R. AND J. H. TORRIE (1985). *Bioestadística: Principios Y Procedimientos* (Segunda Ed). Bogota: Editorial McGraw-Hill, pp 613.
- STEIN H. H., G. A. CASAS, J. J. ABELILLA, Y. LIU AND R. C. SULABO (2015). Nutritional value of high fiber co-products from the copra, palm kernel, and rice industries in diets fed to pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6(1):1–9.
- SUKHIJA P. S. AND D. D. PALMQUIST (1988). Rapid Method for Determination of Total Fatty Acid Content and Composition of Feedstuffs and Feces. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 36:1202–1206.
- SULABO R. C., W. S. JU AND H. H. STEIN (2013). Amino acid digestibility and concentration of digestible and metabolizable energy in copra meal, palm kernel expellers, and palm kernel meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science* 91(3):1391–1399.
- SULIMAN G. M., H. H. AL-BAADANI, M. M. ABDELRAHMAN AND I. A. ALHIDARY (2021). Production performance, carcass traits and meat quality of growing Naemi lambs fed a diet containing palm kernel meal. *Thai Journal of Veterinary Medicine* 51(1):111–117.
- VAN SOEST P. J., J. B. ROBERTSON, AND B A. LEWIS (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10):3583–3597