

Artículo científico

## Respuesta productiva de corderos suplementados con oleaginosas en condiciones de Caribe Húmedo colombiano

*Lorena Inés Mestra-Vargas<sup>1</sup>, Marta Oliva Santana-Rodríguez<sup>2</sup>, Lorena Angelica Aguayo-Ulloa<sup>3</sup>*

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con subproductos agroindustriales derivados de oleaginosas (SO) sobre la respuesta productiva de corderos mestizos. El estudio se realizó entre marzo y julio del 2018 en la unidad productiva de ovinos localizada en el municipio de Planeta Rica, Subregión del San Jorge del departamento de Córdoba, Colombia. Dieciséis corderos con peso inicial de  $16,5 \pm 3,0$  kg y 8-10 meses de edad, fueron aleatoriamente asignados en dos grupos ( $n=8$ ) de tratamientos nutricionales; T1= dieta basal (forraje y sal mineralizada); y T2= dieta basal (forraje, sal mineralizada, y SO). En los animales se evaluó la ganancia media diaria de peso (GDP), condición corporal final (CCF), peso final (PF), consumo de nutrientes diarios (CND) digestibilidad (D), índice corporal (ICorp) y calidad de la canal; peso al sacrificio (PS), peso de canal caliente (PCC), peso de la canal fría (PCF), rendimiento de la canal caliente (RCC) y canal fría (RCF), longitud de canal (LC), perímetro de pierna (PP) e índice de compacidad (IC). Todas las variables evaluadas en animales y sus canales fueron superiores ( $p < 0.05$ ) en T2, los cuales obtuvieron una GDP ( $p=0.0006$ ), CCF ( $p=0.001$ ), PF ( $p=0.03$ ), CDN ( $p=0.001$ ) DN ( $p=0.004$ ), ICorp ( $p=0.0008$ ), incrementado en un

---

<sup>1</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Centro de Investigación Turipaná Km 13 vía Cereté, Córdoba, Colombia. Autora para correspondencia: lmestra@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0003-3717-0153>)

<sup>2</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Centro de Investigación Turipaná Km 13 vía Cereté, Córdoba, Colombia. Correo electrónico: msantana@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0002-0248-9298>)

<sup>3</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Centro de Investigación Turipaná Km 13 vía Cereté, Córdoba, Colombia. Correo electrónico: laguayo@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0002-3825-9515>)

Recibido: 19 octubre 2022      Aceptado: 16 febrero 2022

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



66,3%; 30,3%; 23,3%; 46,8% y 3,4 puntos porcentuales (pp), respectivamente. En canales, del T2 se obtuvieron valores ( $p < 0.05$ ) de PS, PCC, PCF, RCC, RCF, LC, PP e IC superiores en 5,9 kg; 3,34 kg; 3,2 kg; 2,44 pp; 3,07 pp; 5,7 cm; 2,5 cm y 0,035 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Los niveles de suplementación con SO incrementaron la productividad y los indicadores de calidad de canal en corderos mestizos, convirtiéndose en una opción de alimentación contundente para mejorar el desempeño productivo en ovinos de pelo del trópico bajo colombiano.

**Palabras clave:** consumo, calidad de canal, digestibilidad, producción animal, subproductos de oleaginosas.

## ABSTRACT

Productive response of lambs supplemented with oilseeds under Colombian Humid Caribbean conditions. The aim of this study was to evaluate the effect of supplementation with oilseed by-products (OB) on the productive response of crossbred lambs. The study was carried out between March and July 2018 in a sheep production unit located in the municipality of Planeta Rica, San Jorge Subregion of the department of Córdoba, Colombia. Sixteen lambs with an initial weight of  $16.5 \pm 3.0$  kg and 8-10 months of age were randomly assigned into two groups (n=8) of nutritional treatments; T1= basal diet (forage and mineralized salt); and T2= basal diet (forage, mineralized salt, and SO). The animals were evaluated for mean daily weight gain (DWG), final body condition (FBC), final weight (FW), daily nutrient intake (DNI), digestibility (D), body index (BI), and carcass quality; slaughter weight (SW), hot carcass weight (HCW), cold carcass weight (CCW), hot carcass yield (HCY) cold carcass yield (CCY), carcass length (CL), leg perimeter (LP) and compactness index (CI). All variables evaluated in animals and their carcasses were higher ( $p < 0.05$ ) in T2, which acquired a DWG ( $p = 0.0006$ ), FBC ( $p = 0.001$ ), FW ( $p = 0.03$ ), DNI ( $p = 0.001$ ), D ( $p = 0.004$ ), CI ( $p = 0.0008$ ) increased by 66.3%; 30.3%; 23.3%; 46.8% and 3.4 percentage points (pp), respectively. The T2 carcasses obtained ( $p < 0.05$ ) values of SW, HCW, CCW and CI were higher in 5.9 kg; 3.34 kg; 3.2 kg; 2.44 pp; 3.07 pp; 5.7 cm; 2.5 cm and

0.035 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. The levels of OB supplementation evaluated increased the productivity and carcass quality indicators in crossbred lambs, becoming a blunt feeding option to improve productive performance in hair lambs from the Colombian low tropics.

**Keywords:** intake, carcass quality, digestibility, animal production, oilseed by-products.

## INTRODUCCIÓN

La ganadería ovina contribuye en forma directa al bienestar de pequeños productores y millones de familias campesinas de muchos países, ya que dependen del ganado ovino como medio de subsistencia alimentaria y socioeconómica (Wong et al., 2017; Rodríguez et al., 2016). En la región Caribe colombiana se concentra el 72,2% de la población ovina nacional, y el departamento de Córdoba ocupa el cuarto lugar con una población de 71187 ovinos (ICA, 2021). Con relación a la productividad nacional, existe una tendencia al incremento en la producción de carne ovina anual del 1,02%, al pasar de 2138 toneladas en el año 2013 a 3063 toneladas en 2017 (FAOSTAT, 2017), con exportaciones de 56 toneladas en el año 2018 y tasas de crecimiento del 10,1% en el consumo interno de los hogares, en el periodo comprendido entre los años 2010 a 2017. Sin embargo, el 60% de los sistemas de producción ovina en Córdoba se caracterizan por ser sistemas con bajo desarrollo tecnológico para el manejo de la producción animal (Mestra-Vargas et al., 2019).

Respecto al manejo alimenticio de ovinos, en el departamento de Córdoba el 84,6% de los animales son criados principalmente en pastoreo, compartiendo área con los bovinos destinados a la producción de carne (Mestra et al., 2020). En las praderas de estos sistemas productivos, la disponibilidad de forrajes depende principalmente de ciclos biológicos estacionales de precipitación, constituyéndose en un factor regulador de la productividad de los sistemas ganaderos. Durante la época seca del año (meses de diciembre-abril) se reduce la

disponibilidad de forraje (Mejía, et al., 2013) y disminuye la digestibilidad en 38% y los contenidos de proteína cruda en 70% aproximadamente (Cajas et al., 2012). El pasto, otras especies forrajeras y frutos de árboles que se encuentran en las praderas, no son suficientes para proporcionar una dieta balanceada y cubrir los requerimientos diarios de los animales. Estas limitaciones nutricionales impactan negativamente los indicadores productivos de la especie, relacionados con bajo peso al nacimiento, ganancia de peso, edad tardía al sacrificio y baja calidad de la canal (Maza et al., 2015). Por las razones anteriormente expuestas, algunos productores utilizan suplementos para la alimentación de ovinos a base de harinas o tortas generadas del procesamiento de tubérculos, leguminosas, oleaginosas, y sales mineralizadas, principalmente en la época seca del año (Mestra-Vargas et al., 2020).

En un estudio reciente realizado en un frigorífico del Caribe colombiano, se caracterizó el beneficio comercial de los ovinos y se pudo apreciar que el 80% de los animales son menores de un año (sobre 8 meses), con un promedio de peso al sacrificio, peso de la canal caliente y rendimiento centesimal de 26,76 kg, 11,11 kg y 41,49%, respectivamente; lo cual está por debajo de la media nacional y en general, son indicadores de calidad de canal bastante heterogéneos, como también se pudo apreciar en la conformación muscular, cobertura grasa, e índice de compacidad de las canales (Aguayo-Ulloa et al., 2021).

Dentro de las demandas de la cadena ovino-caprina del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECTIA, 2016) se estableció para la región Caribe de Colombia, el desarrollo de estrategias de alimentación y nutrición adecuadas a las condiciones agroecológicas de los sistemas productivos, lo cual está directamente relacionado con el incremento de la ganancia diaria de peso, mediante la optimización del manejo de la alimentación. Sin embargo, ante las restricciones de oferta y calidad de nutrientes que presenta el pasto durante el año, y al histórico registro del uso de tecnologías nutricionales energético-proteicas y su respuesta en la producción ganadera (Luna-Palomera et al., 2017; Macome et al., 2011; Makkar, 2011), el pasto no debe considerarse como el único alimento que represente una dieta balanceada y por ello, se considera el uso de fuentes alternativas de alimentos como los subproductos agroindustriales para mejorar el aprovechamiento de forrajes y la calidad de la dieta (Makkar, 2016).

Lo anterior, bajo el concepto de alimentación animal sostenible, la cual se soporta en el uso eficiente de los recursos alimenticios naturales con protección del medio ambiente, generando productos animales económicamente viables y seguros (Makkar, 2016).

En este contexto, el uso de subproductos regionales provenientes de derivados de plantas oleaginosas y procesados en la forma de tortas, como resultado de la producción de biodiesel y entre los que se puede mencionar la torta de algodón (*Gossypium spp.*) y la torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jaq.), representan una alternativa de alimentación factible con gran potencial de uso en la alimentación de los rumiantes, que por sus concentraciones de proteína y extracto etéreo se caracterizan como alimentos proteicos y/o energéticos para atender las exigencias nutricionales de estas fracciones de nutrientes por los animales (Oliveira et al., 2013; Santos et al., 2012; Rennó et al., 2015). En el caso de la torta de algodón, aporta un promedio de 47,5% de PC y 1,2% de EE (Malafaia et al., 1998) y la torta de palmiste un 14,1 % de PC y 7,81 de EE (Silva et al., 2006).

Ante la importancia de los subproductos agroindustriales para la alimentación animal y la necesidad que existe de conformar alternativas nutricionales que refuercen la productividad de corderos mestizos para la producción de carne y satisfacer la demanda alimenticia, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con subproductos agroindustriales derivados de oleaginosas sobre el desempeño productivo, consumo, digestibilidad, y calidad de la canal de corderos bajo pastoreo en el Caribe húmedo colombiano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El estudio se realizó en condiciones de campo, en una unidad productiva de ovinos localizada en el municipio de Planeta Rica, Subregión de San Jorge en el departamento de Córdoba Colombia, la cual presenta topografía ondulada, un tipo de suelo caracterizado como Franco Arenoso, y una altura de 55 m.s.n.m. La precipitación media anual es de 1,340 mm, la humedad

relativa del 80% y una temperatura media de 26 °C. El estudio se realizó durante el periodo de transición de la época de sequía-lluvia, en meses de marzo a julio de 2018.

### Manejo animal, alimentación y nutrición

Se utilizaron 16 ovinos de pelo, criollos sin castrar, derivados del cruzamiento de razas de ovino de pelo colombiano (OPC) y Santa Inés, en fases de levante, clínicamente sanos y bajo condiciones homogéneas de edad;  $10 \pm 2$  meses y peso promedio de  $16,5 \pm 3,0$  kg. Los animales fueron asignados mediante un diseño completamente aleatorizado a dos grupos de tratamientos nutricionales experimentales; T1: pastoreo y sal mineralizada (n=8) y Tratamiento 2: pastoreo, sal mineralizada y suplemento alimenticio (n=8), conformado por la mezcla de subproductos energéticos derivados de la palma de aceite, de la caña de azúcar y proteicos derivados del algodón, en las siguientes proporciones: torta de Palmiste: 53%; melaza: 17% y torta de algodón: 30% (Tabla 1).

Las concentraciones de energía metabolizable (EM [Mcal/kg/MS]) y proteína (%PC) de la dieta de animales del T2 se formuló basados en el aporte nutricional de ambos alimentos (forraje y suplemento) para cubrir los requerimientos nutricionales sugeridos por el NRC (2007), para corderos de crecimiento moderado, buscando una ganancia diaria de peso aproximada de 100 g/animal/d. El aporte de EM y PC de dietas de animales correspondieron en media de 1,9 y 10,5% para el T1 y de 3,4 y 22,06% en T2 respectivamente

Durante el periodo experimental los animales se mantuvieron bajo sistema de pastoreo en praderas con gramíneas forrajeras de los géneros *Dichantium aristatum* (Angleton) y *Bothriochloa pertusa* (Colosuana), establecidas en un área total de 30,000 m<sup>2</sup> con subdivisiones de tres potreros de 10,000 m<sup>2</sup> y tiempo de ocupación promedio de 20 días por potrero. El manejo del pastoreo en animales del T1 y T2 durante el estudio fue de tipo semi intensivo, basado en el pastoreo diurno en praderas comunes para los dos grupos de animales, iniciando a las 7:20 a.m. hasta las 5:00 p.m., permitiendo un pastoreo de 10 h al día, y posteriormente

regresar al aprisco y alojarse en el corral asignado para cada tratamiento (T1 y T2), cuya área por corral correspondió a 3,5 x 6 m<sup>2</sup> hasta su salida al día siguiente.

El periodo de suplementación correspondió a 130 días, que fueron precedidos por un periodo de adaptación de suministro del suplemento de 14 días. El suplemento se ofreció diariamente de 6:00 a 7:00 a.m. en el comedero lineal instalado en el corral de animales del T2, cuyas dimensiones correspondieron a 160 cm largo x 30 cm de ancho x 20 cm alto, con divisiones individuales entre comederos para garantizar el consumo de la ración de cada animal, y bebederos con agua permanente a disposición. La cantidad del suplemento ofertado se ajustó permitiendo un 20% de rechazo por animal. El consumo individual (g/d), se midió y registró diariamente, correspondiendo a la diferencia entre la cantidad de suplemento ofrecido y el rechazo en el comedero. Posterior a la suplementación, todos los animales salían a pastorear a las 7:20 a.m. Cada 15 días se ajustó la cantidad del suplemento conforme con la ganancia de peso de los animales, hasta alcanzar al final del periodo de engorde un consumo diario que correspondió al 2,0% del peso vivo (PV en % de MS) y 20 g de MS por kg de PV.

#### Disponibilidad de forraje y calidad nutricional de alimentos

Durante el periodo experimental, se evaluó cada veinte días previo a la entrada de los animales a los potreros, y al realizar los ajustes de la oferta en potreros se determinó la disponibilidad de forraje en base seca por unidad de área (kg/ha) mediante la metodología de disponibilidad por frecuencia, propuesta por Franco et al. (2006). Para ello, se obtuvieron en campo 250 g de forraje verde y se pesaron con una balanza digital (capacidad de 5,000 ± 0,001 kg). Posteriormente, la muestra se secó en estufa de ventilación forzada a 60 °C, durante 48 h, hasta registrar un peso constante. La oferta de forraje de cada lote correspondió en promedio de 700 kg de MS/ha, y una disponibilidad de materia seca (kg/animal/día) en promedio de 0,972 kg respectivamente para los animales de los tratamientos T1 y T2. El forraje presentó un valor de 65,1% de FDN, que corresponde a valores aceptables para gramíneas tropicales (Tabla 1). El consumo de materia seca del forraje en pastoreo se determinó por método agronómico, asumiendo que, la diferencia del forraje (kg) entre el aforo de entrada y el de salida, fue la cantidad de forraje consumido por los animales.

Cada 30 días se evaluó la calidad nutritiva del forraje mediante la colecta de muestras representativas de forraje en la pradera, simulando pastoreo (*hand plucking*), y procesamiento de muestras en molino Wiley (malla de 1 mm; Arthur H. Thomas, Filadelfia, PA) de acuerdo con lo descrito en NTC 4888 (ICONTEC, 2000), para posteriormente enviarlas al laboratorio de química analítica del CI Tibaitatá de AGROSAVIA para los análisis de macrocomponentes, mediante espectroscopia de infrarrojo cercano en un espectrómetro FOSS NIRSystems modelo DS2500 (Ariza-Nieto et al., 2018). El suplemento alimenticio fue analizado en el laboratorio de química analítica del C.I. Turipaná de AGROSAVIA, mediante los métodos analíticos oficiales descritos por la AOAC (2011) para Materia Seca a 105 °C (AOAC 2001.12); cenizas (AOAC 942.05); proteína cruda (AOAC 984.13); Extracto etéreo (AOAC 2002.06) en digestor de ácidos grasos (Foss Soxtec TM 2050); fibra en detergente neutro (FDN: AOAC 2002.04), fibra en detergente ácido y lignina (FDA, LIG: AOAC 973.18). Los valores medios de la composición química del forraje, subproductos de agroindustria y del suplemento se presentan en la Tabla 1.

Para estimar la digestibilidad de nutrientes y su metabolismo en los ovinos mestizos bajo diferentes tratamientos alimenticios, se utilizaron los resultados obtenidos del análisis de la composición química del forraje y del suplemento ofrecido a los ovinos. Estos se registraron y analizaron en el software Small Ruminant Nutrition System (SRNS V 1.106630) (Tedeschi et al., 2010).



Tabla 1. Valores medios de composición química del forraje, subproductos de la agroindustria y del suplemento (g.100g de MS)

	<sup>1</sup> Forraje	Torta de Palmiste	Torta de Algodón	Melaza	<sup>2</sup> Suplemento
Nutrientes (g/100g de MS)					
Materia seca (MS)	25,68	91,60	90,30	73,0	90,00
Materia orgánica (MO)	87,24	88,20	93,60	86,0	89,40
Proteína cruda (PC)	10,50	14,00	47,00	3,0	22,06
Grasa (G)	2,21	10,51	3,62	1,0	6,84
Fibra en detergente neutro (FDN)	65,10	57,66	33,70	-	40,80
Fibra en detergente ácido (FDA)	32,89	32,59	11,70	-	20,80
Energía metabolizable (Mcal/Kg MS)	1,9	2,2	2,8	3,0	1,5

<sup>1</sup>Muestras de mezcla de forrajes obtenidas mediante simulación de pastoreo manual.

<sup>2</sup>Nutrientes disponibles en el suplemento en porcentaje de la materia seca diaria de la ración.

### Evaluación del desempeño productivo

Para evaluar la ganancia de peso de los animales y verificar la oferta de suplemento en relación con el peso vivo, cada 15 días se registró el peso corporal (PC), manteniendo a los animales en ayuno previo de 14 horas. La ganancia media diaria de peso (GDP) se calculó al finalizar el periodo experimental, individualmente para los animales del T1 y T2, utilizando la Ecuación 1. Para los pesajes se utilizó una balanza de gancho digital Kern®.

$$EC (1) \text{ Ganancia media diaria de peso} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{número de días del ensayo}}$$

La condición corporal se evaluó en escala de puntaje de 1 a 5 (incluyendo unidades medias) (Romero, 2015).

Para determinar la dinámica de crecimiento de ovinos durante el periodo experimental, se realizaron mediciones morfométricas en tronco y extremidades. Las regiones anatómicas se midieron con cinta métrica y correspondieron a:

-Longitud corporal o diámetro longitudinal (LC): distancia entre el punto más craneal y lateral de la articulación escapulohumeral y el punto más caudal de la articulación ilio-isquiática (tuberosidad isquiática).

-Longitud de anca (LA): Desde la tuberosidad coxal hasta el isquion.

-Perímetro torácico (PT): se inicia en el punto más declive de la cruz, pasa por el costado derecho, esternón (inmediatamente por detrás del codo), costado izquierdo y termina de nuevo en la cruz.

-Perímetro abdominal (PA): Punto medio de las vértebras lumbares hacia la región inguinal.

-Índice corporal (IC): se determinó mediante la Ecuación 2 propuesta por Moreno et al. (2013)

$$EC (2) \text{ Índice corporal} = \frac{\text{Longitud corporal}}{\text{Perímetro torácico}} \times 100$$

#### Sacrificio animal y evaluación de la calidad de canales

Al final del ensayo los animales fueron llevados al frigorífico, tras alcanzar un peso promedio de  $30 \pm 5$  kg. El beneficio de los animales se realizó en el frigorífico ubicado en el Municipio de Cereté, departamento de Córdoba. Esta planta frigorífica, ubicada a 73 km de la unidad experimental, está adaptada y autorizada por la institución competente (registro INVIMA 0070C) para el beneficio y faena de ovinos (*Ovis aries*). Los animales fueron transportados desde el predio con previa restricción de ingesta de agua y alimento por 14 horas. Todos los frigoríficos autorizados del país se rigen por el Decreto 1500 del 2007 del gobierno de

Colombia (MPS, 2007), por el cual se establecen los procedimientos operacionales estándar que incluyen buen manejo y bienestar animal previo y durante el beneficio animal.

Las variables evaluadas fueron: peso al sacrificio (PS) y peso de la canal caliente (PCC), posteriormente fueron ingresados a cuarto frío a 4 °C por 24 horas para registrar el peso de la canal fría (PCF); rendimiento centesimal de la canal en caliente (%RCC): cociente entre el peso de la canal caliente y el peso vivo \*100; rendimiento centesimal de la canal en frío (%RCF): cociente entre la canal sometida a 4 °C por 24 h y el peso vivo multiplicado por 100. Se determinó la conformación de la canal mediante las medidas morfológicas de: Longitud de la canal (LC), perímetro de pierna (PP) (Fisher y De Boer., 1994) e índice de compacidad (IC), que correspondió al cociente entre el peso canal fría y la longitud de la canal.

### Análisis económico

El análisis económico se estableció con base en el patrón de costos de producción sugerido por Agreda (1990), para lo cual se registró la información de los costos e ingresos generados en el sistema semi intensivo de la producción ovina. La evaluación se realizó con base en los coeficientes técnicos de la producción, asociados a la ganancia de peso y kilogramos de carne producidos en los distintos tratamientos (T1: sin suplementar; T2: suplementados) y se calcularon los siguientes indicadores de viabilidad financiera como:

-Costos: representan las salidas de dinero por concepto de compra de insumos para el manejo de animales. Pueden ser fijos o variables. Estos correspondieron a: mano de obra, insumos, alimentación y equipos. El costo operacional del manejo alimenticio se representó como el equivalente monetario por el tiempo dedicado a la alimentación de los animales, al mantenimiento y rotación de potreros, mantenimiento de bebederos y manejo animal.

-Ingreso bruto: se definen como las cantidades producidas en el mercado nacional, se obtiene multiplicando el peso en pie de ovinos vendidos por el precio de venta del kilogramo (USD \$1,28/kg)

-Ingreso neto: es la diferencia entre el ingreso bruto y el costo total. Indica si hay ganancia o pérdida (Ecuación 3).

$$EC (3) \quad IN = IB - CT$$

-Rentabilidad: es la relación entre el ingreso neto y el costo total, muestra los retornos o rendimientos de la inversión (Ecuación 4):

$$EC (4) \quad Rent = \frac{IB-CT}{CT} \times 100$$

### Diseño experimental y análisis estadístico

Correspondió a un Diseño Completo Aleatorizado (DCA), con dos tratamientos y ocho repeticiones por tratamiento, donde cada animal consistió en una repetición. Para los análisis estadísticos, se aplicaron las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad (Levene) de datos y posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANAVA) de cada una de las variables de interés del estudio relacionadas con los indicadores productivos, consumo y digestibilidad de nutrientes y rendimiento y calidad de la canal. Las diferencias entre medias fueron evaluadas utilizando la prueba LSD de Fisher, con un nivel de significancia de  $p \leq 0,05$ . Los datos fueron analizados con el paquete estadístico Infostat®. Los datos se procesaron mediante el programa estadístico InfoStat versión 2017 (Di Rienzo et al., 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Consumo y digestibilidad de nutrientes

No hubo diferencias estadísticas ( $p=0.594$ ) en el consumo de materia seca del forraje (g/d) entre animales de diferentes tratamientos T1 y T2. Sin embargo, animales del T1 presentaron un consumo de materia seca de forraje levemente superior, en promedio 80 g/animal/día frente a animales del T2 (Tabla 2)

Diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) se detectaron en el consumo de materia seca total (MST), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra en detergente neutro (FDN), carbohidratos no fibrosos (CNF), energía metabolizable (EM) y proteína metabolizable (PM) en los animales alimentados con subproductos de oleaginosas del T2. Así mismo, hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la digestibilidad aparente de nutrientes (%), presentando valores superiores los animales del T2 en las fracciones de materia seca (67,32), materia orgánica (70,94), proteína cruda (92,86) y extracto etéreo (68,14), favoreciendo el mayor consumo de nutrientes digestible totales diarios (NDT) ( $p=0.004$ ) el cual superó en un 8,2% el consumo observado en animales del T1, y estaría directamente asociado a la mayor densidad de proteína (22,0%) y energía metabolizable (1,5 Mcal) que adicionalmente aportó la ración del suplemento ingerido (Tabla 1).

Al comparar las recomendaciones de consumo de nutrientes sugeridos por el sistema NRC (2007) para corderos de crecimiento moderado y peso de 20-30 kg, frente al consumo de nutrientes (g/día) observado en animales del T1 y T2 (Tabla 2), se encontró que los consumos de MS, PC y NDT en animales del T2 estuvieron acordes a los requerimientos de consumo (g/día) de materia seca (1000 a 1300 g), proteína (167 a 190 g) y NDT (800 a 980 g), sin embargo, los animales del T1 no alcanzaron a cubrir los requerimientos de consumo diarios de estos nutrientes, con déficits de -420, -83 y -378 (g/día) del consumo mínimo requerido de materia seca, proteína y NDT para la etapa productiva animal.

Tabla 2. Consumo y digestibilidad de nutrientes de corderos mestizos en pastoreo recibiendo o no suplementación con subproductos de oleaginosas (SO).

<sup>1</sup> Nutrientes	T1	T2	p-valor
Materia seca del forraje (g)	880	800	0.594
Materia seca del suplemento (g)		600	-
Total de Materia seca (g/día)	880	1400	0.001
Total de Materia seca (% PV)	2,8	4,0	0.001
Materia orgánica (g/día)	724	1270	0.001
Proteína cruda (g/día)	84	214	0.003
Extracto etéreo (g/día)	18,5	61,6	0.002
Fibra en detergente neutro (g/día)	473	611	0.005
Carbohidratos no fibrosos (g/día)	167	417	0.003
Energía metabolizable (Mcal/día)	1,67	3,45	0.001
Proteína Metabolizable (g/día)	72,0	167,0	0.001
Nutrientes digestibles totales (g/día)	432	812	0.001
<sup>2</sup> Digestibilidad de nutrientes (%)			
Materia seca	63,33	67,32	0.044
Materia orgánica	67,02	70,94	0.025
Fibra en detergente neutro	56,7	52,06	0.054
Proteína cruda	66,23	92,86	0.001
Extracto etéreo	41,15	68,14	0.001
Nutrientes digestibles totales	52,7	58,0	0.004

<sup>1</sup>Consumo de nutrientes (g/día). <sup>2</sup>Digestibilidad de nutrientes y componentes metabolizables analizados mediante SRNS vs 1.106630 en corderos mestizos en pastoreo, sin suplementación (T1) y suplementados con SO (T2).

### Desempeño productivo de corderos

En los corderos pertenecientes al T2 se encontraron incrementos promedio de todas las mediciones realizadas durante el periodo experimental ( $p= 0.006$ ) para la GDP, la CCF ( $p= 0.001$ ) y en el PF ( $p= 0.03$ ) frente a T1. Los valores de T2 fueron superiores a los corderos del T1 en 66,3%, 30,3% y 23,3% respectivamente para GDP, CCF y PF (Figura 1). En la CC de animales de ambos tratamientos, se tenía una diferencia inicial del 13,6% y con la suplementación, la CCF cambió en 44% a favor del T2.

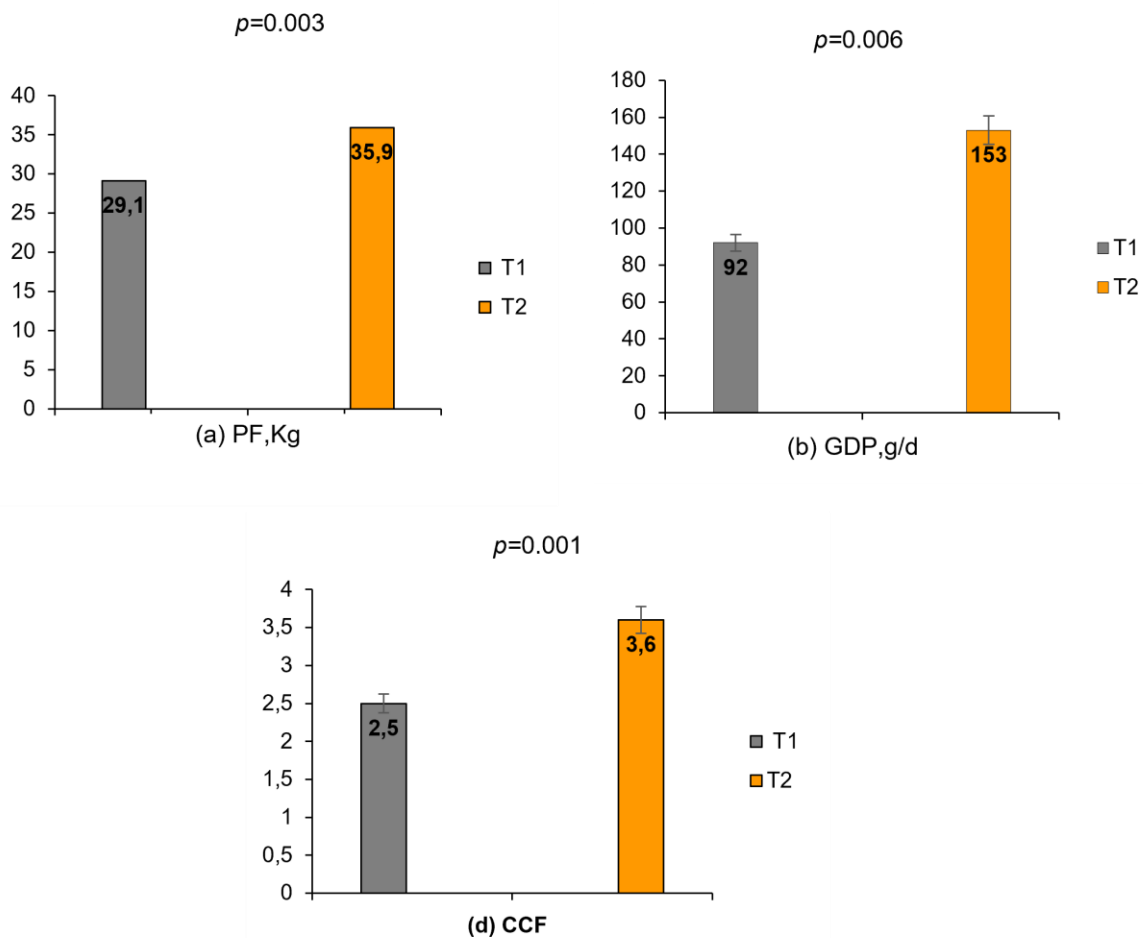


Figura 1. Valores medios  $\pm$  EE de (a) PF: peso final, kg; (b) GDP: ganancia media diaria de peso, g/d; y (c) CCF: condición corporal final de corderos mestizos en pastoreo, sin suplementación (T1) y suplementados con SO (T2).

Al comparar los resultados del presente estudio con otros en los que se han utilizado subproductos de oleaginosas para la alimentación de corderos destinados a la producción de carne en condiciones de trópico, la GDP promedio de los animales del T2 fue similar a la reportada en corderos de raza Santa Inés (150 g/día) suplementados con torta de palmiste al 6,5% de la materia seca de la ración (Macome et al., 2011) y levemente superior a las GDP (106 g/día) de corderos criollos de pelo suplementados con harina de palmiste al 15 y 30% de la MS de la dieta en sustitución del grano de maíz (Luna-Palomera et al., 2017); en corderos (130 g/día) suplementados con semilla de algodón y salvado de maíz en proporciones de 75% y 25% de la materia seca de la ración (Suárez-Paternina et al., 2020); en ovinos Santa Inés (133 g/día) suplementados con torta de palmiste al 30 % de la materia seca de la dieta en sustitución del grano de maíz y salvado de trigo (Freitas et al., 2017) e inferiores a las GDP (252 g/día) de corderos de raza Zandi, en el sur de Asia, en condiciones de confinamiento, y suplementados con dietas a base de heno de alfalfa, grano de cebada y niveles del 4% de torta de algodón y 8% de semilla de algodón (Absalan et al., 2011).

El mejor desempeño productivo en cuanto a la GDP, PF y CC ( $p \leq 0.05$ ) de animales del T2, pudo estar influenciado por el balance nutricional y los mayores consumos de energía expresada en la forma de nutrientes digestibles totales (NDT), obtenidos de los subproductos de oleaginosas, en razón a que la energía se considera como uno de los principales nutrientes limitantes para el aumento de la ganancia de peso de los animales (NRC 2007; Tedeschi et al., 2010; Ribeiro et al., 2011).

Las densidades de proteína cruda (PC) de la ración permitieron mejorar el ambiente y la actividad de la microbiota ruminal al favorecer los requerimientos de microorganismos del rumen, lo cual conlleva a una eficiente fermentación del sustrato alimenticio, producción de ácidos grasos volátiles y la síntesis de proteína microbiana como fuente de energía y proteína en rumiantes, así como una mayor disponibilidad de aminoácidos en la circulación sanguínea, esencial para la síntesis de proteína a nivel del tejido muscular (Costa et al., 2013; Uddin et al., 2015). Esto indicó que hubo una correlación positiva entre el consumo de proteína y la digestibilidad del alimento, que en consecuencia permitieron atender las necesidades



metabólicas basales de energía y proteína metabolizable para el mantenimiento y la producción expresada en la mayor GDP y CC de los animales.

Los corderos del T1 expresaron un menor desempeño productivo ( $p > 0.005$ ) con relación a los corderos del T2, a pesar de la mayor disponibilidad diaria de MS del forraje (0,970 kg/animal/día). Se observó en los animales del T1 un consumo de 0,880 kg/animal/día (Tabla 2), que estaría limitado por mecanismos físicos relacionados con la repleción de rumen-retículo, atribuido a la baja densidad energética y alto contenido de FDN del forraje (65,1%), como fuente de alimento para estos animales. Esto se confirma con lo indicado por Schauer et al., (2010) quienes concluyeron que el consumo de FDN superior a 12,5 g/kg de peso corporal por día en corderos, afecta negativamente la ingesta de materia seca, y en los animales del T1 se observaron consumos de 16,7 g/kg, representados en 473 g/animal/día de FDN (Tabla 2).

Lo anterior evidencia la necesidad de complementar la alimentación de animales en pastoreo con fuentes energéticas y proteicas para aumentar la digestibilidad de la fibra, puesto que mayores concentraciones de nitrógeno disponible incrementan la cantidad de amoníaco en el rumen, optimizando las actividades de microorganismos ruminales principalmente de bacterias celulolíticas, que contribuyen a la degradación de los componentes fibrosos (celulosa y hemicelulosa) del pasto (NRC 2007), al aumento de la tasa de pasaje, el consumo de materia seca y la digestibilidad de nutrientes y por consiguiente a mejorar el desempeño productivo. Al respecto, en estudios realizados para determinar el efecto de suplementación con fuentes proteicas sobre el desempeño de corderos en pastoreo, Obeidat et al. (2020) demostraron que la suplementación con proteína aumentó la ingesta de forraje, la ganancia diaria de peso, el rendimiento y la digestibilidad de nutrientes de la dieta, indicando que este efecto estaría asociado con el mejor balance de nitrógeno disponible a nivel ruminal. Así mismo, en estudios realizados por El-Nomeary et al. (2021) para comparar el efecto de diferentes fuentes de proteínas derivadas de subproductos de oleaginosas (SO); torta de algodón (*Gossypium spp.*), torta de soya (*Glycine max L.*), torta y semilla de ajonjolí (*Sesamum indicum L.*), sobre los parámetros de digestibilidad y el rendimiento en el crecimiento de corderos, destacaron que la alimentación a base de torta de algodón fue el tratamiento que representó aumentos

significativos ( $p < 0.05$ ) sobre la mayor digestibilidad, balance de nitrógeno, sobre el crecimiento y desempeño de los animales.

El valor de digestibilidad de una dieta limita el consumo de energía, cuando la digestibilidad de la MS (en dietas con alto contenido en fibra) se encuentra entre 67% y 80%, el consumo de esta disminuye conforme se incrementa la digestibilidad después de ajustar para peso vivo y energía producida (Grover, 1993). En el presente estudio la DIMS de la dieta con suplementación energético-proteica (T2) fue superior a 67%, en tanto que T1 fue inferior, 63,3% ( $p < 0.05$ ), esto explica la mayor GDP de los ovinos suplementados los cuales se caracterizaron por presentar un mayor consumo de materia seca ( $p = 0.001$ ) y de nutrientes digestibles totales diarios ( $p = 0.001$ ).

Para los resultados de las mediciones morfométricas de corderos mestizos en pastoreo recibiendo o no suplementación con subproductos de oleaginosas (Figura 2), el índice corporal obtenido en este estudio fue de 90,13 y 93,52% respectivamente para T1 y T2, observándose una diferencia de 3,39% a favor de T2. Las medidas relacionadas fueron: longitud de anca; longitud corporal; perímetro torácico; perímetro abdominal e índice corporal, conservaron la misma tendencia que las variables de desempeño productivo de animales (Figura 1), las cuales mejoran con la suplementación de subproductos de oleaginosas. En general estos valores son más altos que los reportados por Angel y Ramírez (2014) y Moreno et al. (2013) en ovinos OPC en los departamentos del Huila y Sucre en Colombia, respectivamente.

El mejor desempeño de medidas morfométricas en animales del T2, pudo estar influenciado por la calidad de la dieta provista por la suplementación con oleaginosas, la cual contribuyó con la mayor densidad de consumo de nutrientes totales diarios, junto con la habilidad en la eficiencia del uso de energía metabolizable (EM) por parte de los animales, para absorber los nutrientes necesarios y cubrir sus demandas metabólicas para mantenimiento y productividad. De acuerdo con Almeida et al. (2009), la productividad de los animales está influenciada por la calidad de nutrientes consumidos y particularmente de energía metabolizable, así mismo, Freitas et al., (2006) indican que la energía es esencial para sustentar todos los procesos vitales,

y su deficiencia se manifiesta en retraso del crecimiento, fallas reproductivas y pérdidas en las reservas corporales, generando disminución en la productividad animal.

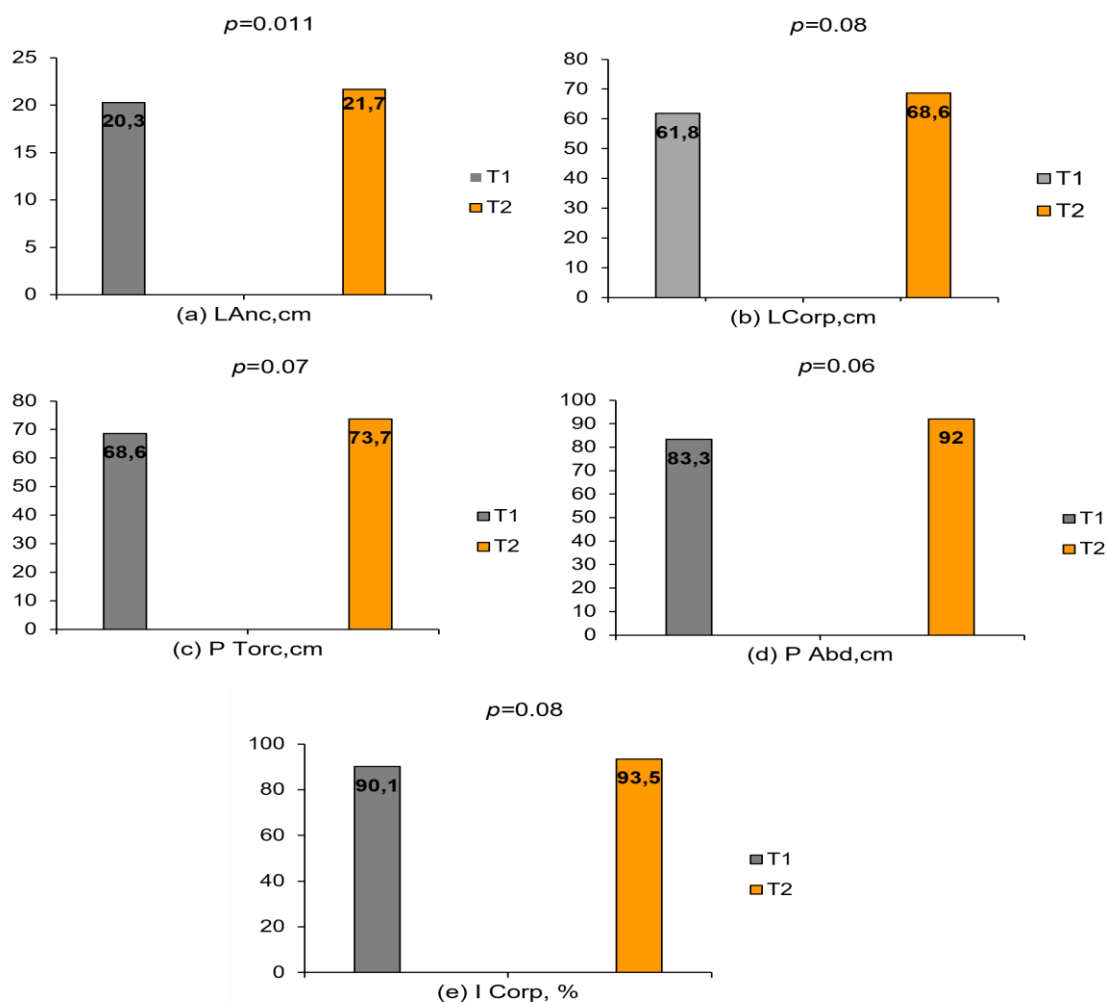


Figura 2. Valores medios  $\pm$  EE de (a) L Anc: longitud de anca; (b) L Corp: longitud corporal; (c) P Tor: perímetro torácico; (d) P Abd: perímetro abdominal y (e) I Corp: índice corporal de corderos mestizos en pastoreo, sin suplementación (T1) y suplementados con SO (T2).

### Calidad de canales

Respecto a los resultados de indicadores de calidad de las canales evaluadas en corderos

mestizos de los tratamientos T1 y T2, se encontraron diferencias ( $p < 0.01$ ) entre tratamientos para todos los indicadores evaluados (Tabla 3). El uso de suplementación con base en subproductos de oleaginosas favoreció al incremento del PS, PCC, PCF, RCC, RCF, LC, PP e IC en el T2, alcanzando una diferencia en los indicadores de calidad de 5,9 kg, 3,3 kg, 3,2 kg, 2,44 pp, 3,07 pp, 5,7 cm, 2,5 cm y 0,035 kg/cm, respectivamente.

La respuesta a la suplementación obtenida en esta investigación se asemeja a la encontrada por Freitas et al. (2017) en cuanto a los valores promedio de PCC y PCF reportados para corderos de raza santa Inés cruzados y de edad similar, los cuales fueron suplementados con diferentes niveles de inclusión de torta de palmiste en sustitución de grano de maíz molido. Esto señala que utilizar suplementos de oleaginosas tiene un impacto importante para las características de calidad de la canal debido a que mejora de manera significativa dichos indicadores, lo que puede contribuir a una mejor comercialización del producto, ya que adquiere características más deseables por los consumidores y comercializadores locales.

Además, estos resultados concuerdan con lo señalado por Gómez (2008), quien afirma que los corderos con dietas de finalización a base de granos presentan un mayor peso al sacrificio, un RCF superior, y una mejor conformación muscular (mayor peso y tamaño de las partes apetecidas por el consumidor) comparado con los que provengan de pastoreo. En estudios realizados en corderos OPC, Maza et al. (2015) reportaron diferencia en RCF al suplementar con Bloques multinutricionales (BMN) a base de torta de soya (43,7%) y torta de algodón (42,9%) y Urea (39,8%) comparado con sólo pastoreo de *Cynodon nlemfuensis* y *Bothrichloa pertusa* (39,3%), siendo similares a los obtenidos en este estudio donde se encontró alta respuesta a la suplementación con oleaginosas en corderos en pastoreo de ángleton y colosuana.

Tabla 3. Características de la canal de corderos de corderos mestizos en pastoreo, sin suplementación (T1) y suplementados con SO (T2).

	PS	PCC	PCF	RCC	RCF	LC	PP	IC
	kg			%		cm	kg/cm	
T1	26,91±3,0	10,34±1,2	10,0±1,3	38,31±0,9	37,30±1,2	63,1±1,7	35,0±2,1	0,16±0,01
T2	32,83±3,2	13,68±1,5	13,20±1,4	40,75±1,6	40,37±1,7	68,8±3,1	37,5±1,8	0,195±0,01
p-Valor	0.0027	0.0005	0.0004	0.0035	0.035	0.0035	0.023	0.0008

PS: peso al sacrificio en frigorífico; PCC: peso de la canal caliente; PCF: peso de la canal fría; RCC: rendimiento de la canal caliente; RCF: rendimiento de la canal fría; LC: longitud de la canal; PP: perímetro de la pierna; IC: índice de compacidad.

Respecto a los resultados del análisis económico, estos se presentan en la Tabla 4. Los datos permitieron ver diferencias en los costos totales, los cuales fueron superiores en USD \$79,6 para animales del T2 una vez que se implementó la tecnología de suplementación, la cual representó el mayor costo por concepto de alimentación y el manejo operativo de animales. Respecto al Ingreso Bruto, este fue superior en animales del T2 con relación al T1 (USD \$ 367,6 vs 297,9), lo que estaría relacionado con el mayor retorno económico que recibe el productor por concepto de venta de animales más pesados y con mayores ganancias de kg de carne producido en pie, en 54,4 kg superior al T1. La Rentabilidad encontrada en este estudio fue superior en el T1 en 9,1%, como una consecuencia directa del menor gasto relacionado con mano de obra para el manejo y alimentación de animales. Bajo las condiciones del estudio se obtuvo un ingreso neto positivo en ambos tratamientos, indicando que la producción de carne en corderos en pastoreo y suplementados con oleaginosas es rentable, ya que todos los indicadores resultaron positivos.

La tecnología de la suplementación implementada, a pesar de permitir incrementos en los coeficientes técnicos como mayor cantidad de kilos de carne producidos, incurrieron en una

adición del orden del 33% en los costos de producción, sin embargo, estos se ven compensados con incrementos en la producción física que generan mayores ingresos para el productor. Por ello, es posible que en la medida que el productor incorpore esta tecnología con un mayor número de animales y de área de pastoreo, se diluyan aún más los costos de producción y se logre un aumento de la rentabilidad para animales suplementados.

Al comparar la rentabilidad económica del estudio frente a lo reportado por otros autores, que, también han evaluado el uso de suplementación sobre la viabilidad económica de producción de carne ovina en condiciones de manejo semi intensivo, esta fue superior a lo indicado por González-Garduño et al (2013), quienes obtuvieron rentabilidades del 4%, y menos de 12,30% en corderos Katahdin x Pelibuey, alimentados con dos tipos de dietas; entre las que se incluyeron alimento Sachasorgo (compuesto de la mezcla de caña de azúcar, sorgo y soya) y concentrado comercial, respectivamente.

Tabla 4. Análisis comparativo de costos de producción (USD\$) e indicadores económicos del engorde de corderos de pelo sometidos a pastoreo y recibiendo o no suplementación.

	T1 (Pastoreo)	T2 (Pastoreo+suplementación)	Diferencia
Peso Final	29,1	35,9	6,8
Costo operacional <sup>1</sup>	123,02	210,5	87,5
kg carne producidos (animales vivos en pie)	232,8	287,2	54,4
Precio venta kg <sup>2</sup>	1,28	1,28	-
Costo total	239,6	319,2	79,6
Ingreso bruto <sup>3</sup>	297,9	367,6	70,0
Ingreso Neto	58,3	48,6	9,7
Rentabilidad (%)	24,3	15,2	9,1

1: Costos calculados en dólares de los Estados Unidos. costo operativo de mano de obra para la alimentación, el manejo de la rotación de animales, y el mantenimiento de potreros.

2: Precio de kilogramo en pie de animales en la planta de beneficio. Precio base de \$1,28 USD \$1 USD equivale a \$3188 COP (Tasa de cambio oficial 2018).

3: Ingreso total por concepto de venta de animales en pie en la planta de beneficio.

## CONSIDERACIONES FINALES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que, bajo un sistema de pastoreo rotacional en corderos mestizos en fase de ceba, la suplementación al 2,0% del peso vivo con subproductos agroindustriales derivados de oleaginosas (SO) (torta de palmiste y algodón) impactaron de manera importante los parámetros de GDP e indicadores de la calidad de la canal, algo cada vez más buscado por los comercializadores de la región, con una rentabilidad positiva del 15,2% con la tecnología implementada. Por consiguiente, su uso es recomendable ya que beneficia al productor al sacar al mercado corderos de mayor peso y al comercializador al tener acceso a animales que le ofrecen mayor rendimiento de canal. No obstante, es necesario realizar más pruebas ya que son muchos factores los que pueden afectar el desarrollo de los corderos y la calidad de canal.

## AGRADECIMIENTOS

Al equipo del proyecto: Estrategias de alimentación para optimizar los sistemas de producción ovina y caprina con énfasis en el uso eficiente de los recursos alimenticios, la valoración de la calidad de la carne y su importancia económica, ejecutado y financiado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- AGROSAVIA y El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural mediante convenio TV17.

## LITERATURA CITADA

- Absalan, M., A., Afzalzade, S.D., Sharifi, M., Mirzaee, M., Khorvash y M., Kazemi-Benchenari. 2011. Feeding of whole cotton seed on performance, carcass characteristics and intestinal morphology of Zandi lambs. *South African Journal of Animal Science*, 41 (3): 309-317. Doi: 10.4314/sajas.v41i3.14
- Agreda, V. 1990. Metodología para análisis económico de sistemas de producción. San José, Costa Rica: RISPAL.

- Aguayo-Ulloa, L.A., C.V., Rúa-Bustamante, E.A., Suárez-Paternina y L., Ríos-de-Álvarez. 2021. Caracterización de la canal de ovinos sacrificados en una planta frigorífica de Córdoba, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 33 (1). Doi: 10.15517/am.v33i1.44572
- Almeida, T.R.V., J.R.O., Pérez, O.J., Paula, P.M., França, G.L., Macedo Júnior y R.M., Assis. 2009. Efeito do nível de energia metabolizável na composição dos tecidos da carcaça de cordeiros da raça Santa Inês. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61: 1364-1372.
- Ángel, S., y A., Ramírez. 2014. Estudio zoométrico del ovino de pelo criollo colombiano de la zona norte del departamento del Huila (Colombia), *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 4: 338-340. [http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo\\_110\\_lin\\_photo/articulos/2014/Trabajo05\\_8\\_AICA2014.pdf](http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2014/Trabajo05_8_AICA2014.pdf) (Consultado 27 jul. 2021).
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2011. *Official Methods of Analysis*, 18 ed. AOAC International USA.
- Ariza-Nieto, C., O.L., Mayorga, B., Mojica, D., Parra y G., Afanador-Tellez. 2018. Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 26 (1): 44-52. Doi: 10.1177%2F0967033517746900
- Cajas-Girón, Y. S., W.A., Barragán-Hernández, L.C., Arreaza-Tavera, J., Argüelles-Cárdenas, E., Amézquita-Collazos, Y., Abuabara-Pérez, B., Panza-Tapia y C., Lascano-Aguilar. 2012. Efecto sobre la producción de carne de la aplicación de tecnologías de renovación de praderas de *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus en la Costa Norte Colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13 (2): 213-218. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-87062012000200013&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062012000200013&lng=en&tlng=es). (Consultado 11 ago. 2021)
- Costa, A.H., H., M.C.P., Rogério, J.P., Muir, A.A., Alves, D.B., Galvani, R.C.F.F., Pompeu y W.É., Campos. 2013. Nutritional evaluation of lamb diets in a tropical setting formulated according to NRC (1985) and NRC (2007) specifications. *Small Ruminant Research*, 113 (1), 20-29. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2013.02.003



- De Moura, F. H., T., Correia Costa, A., Souza Trece, L., Prímola de Melo, M., Rocha Manso, M., Fonseca Paulino, L., Navajas Rennó, M., Alves Fonseca, E., Detmann, M., Pies Gionbelli y M.S., Duarte. 2020. Effects of energy-protein supplementation frequency on performance of primiparous grazing beef cows during pre and postpartum. *Asian-Australasian Journal Animal Sciences*, 33 (9): 1430–1443. Doi: 10.5713/ajas.19.0784.
- Di Rienzo, J.A., F., Casanoves, M.G., Balzarini, L., González, M.M., Tablada y C.W., Robledo. "InfoStat versión 2017". Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- El-Nomeary, Y.A.A., H.H.H., Abd El-Rahman, M.M., Shoukry, A.A., Abedo, F.M., Salman y M.I., Mohamed. 2021. Effect of different dietary protein sources on digestibility and growth performance parameters in lambs. *Bulletin of the National Research Center*, 45. Doi: 10.1186/s42269-021-00486-1
- FAOSTAT. 2017. Global statistical yearbook, FAO regional statistical yearbooks. FAO, Rome, ITA. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> (Consultado 16 sept. 2021).
- Fisher, A.V. y H., De Boer. 1994. The EAAP standard method sheep carcass assessment. Carcass measurements and dissection procedures. *Livestock Production Science*, 38 (3): 149 - 159. Doi: 10.1016/0301-6226(94)90166-X
- Franco, Q. L. H., D.Q., Calero y C.V.C., Durán. 2006. Manejo y utilización de forrajes tropicales multipropósitos. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, COL. <http://bdigital.unal.edu.co/5052/1/9789584411754.pdf> (Consultado 15 ago. 2021).
- Freitas, J. A. D., A.C.D., Queiroz, A. R., Dutra, R. A. M., Vieira, R. D. P., Lana, F. D. P., Leonel, J.C.D., Souza. 2006. Body composition and net energy requirements for maintenance of feedlot purebred and crossbred Nellore young bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35 (3): 878-885.
- Freitas, T. B., T.L., Felix, M.S., Pedreira, R.R., Silva, H. G. O., Silva y 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: 71-80. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.02.009

- Gómez, J. 2008. Rendimiento de la canal en cortes y su diferenciación según el mercado. *Tecnologías para Ovinocultores. Serie. Ciencias de la Carne.* p. 129-138.
- González-Garduño, R., K., Blardony-Ricardez, J.A., Ramos-Juárez, B., Ramírez-Hernández, R., Sosa y M., Gaona-Ponce. 2013. Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17 (1): 135-148.
- Grovum, W.L. 1993. *Apetito, sapidez y control del consumo de alimentos.* En: Church CD editor. *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición.* 1ra ed. Zaragoza, España: Acribia, SA: 225-241.
- ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). 2000. Norma Técnica Colombiana. NTC 4888. Alimentos para animales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil. ICONTEC, Bogotá, COL.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 2021. Censo Nacional Equinos-Caprinos-Ovinos-CENSOS-2021. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>. (Consultado 27 jul. 2021).
- Luna-Palomera, C., A.C., Berumen-Alatorre, J.A., Aguilar-Cabrales, J.P., Torres, N.F., Ojeda-Robertos, A.J., Chay-Canul y N.M., Maldonado-García. 2017. Desarrollo de corderas de pelo con diferentes niveles de inclusión de harina de Kernel de palma en sustitución de granos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20 (3): 353-361. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93953814006>. (Consultado 12 ago. 2021)
- Macome, F., O.R., Lopes, B.A., Regina, G., Garcia-Leal, L.B., Pires y M., Costa Alves Da S. 2011. Productive performance and carcass characteristics of lambs fed diets containing different levels of palm kernel cake. *Revista MVZ Córdoba*, 16(3): 2659-2667. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012202682011000300002&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012202682011000300002&lng=en&tlng=en) (Consultado 6 sept.2021)
- Makkar, H. P. S. 2011. Successes and failures with animal nutrition practices and technologies in developing countries. *Proceedings of the FAO Electronic Conference*, 11, 1-30 September 2010, Rome, Italy.

- Makkar, H. P.S. 2016. Smart livestock feeding strategies for harvesting triple gain—the desired outcomes in planet, people, and profit dimensions: a developing country perspective. *Animal Production Science*, 56 (3): 519-534. Doi: 10.1071/AN15557
- Malafaia, P. A. M., F.S.D., Valadares, R.A.M., Vieira, J.D., Silva y J. C., Pereira. 1998. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e da cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27 (4): 790-796.
- Maza-Angulo, L., S., Villa-Arrieta, H., Vergara-Rodríguez, M., Bustamante-Yanez, J., Simanca-Sotelo, A., Alemán-Romero y O., Vergara Garay. 2016. Ganancia de peso y rendimiento en canal en ovinos suplementados con bloques multinutricionales en el periodo de transición sequía-lluvia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 8 (1): 65-71.
- Maza, L., M., Bustamante, J., Simanca, M., Ruiz, G., Montaña y O., Vergara. 2015. Efecto de la suplementación sobre la ganancia de peso y rendimiento en canal de corderos Sudan. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 18 (1): 283-286. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/1629/Art%C3%ADculo.pdf?sequence=1> (Consultado 5 sept. 2021)
- Mejía, S., H., Cuadrado y T., Rivero. 2013. Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe colombiana. Manual Técnico. 2 ed. Cereté, Colombia. CORPOICA. P. 77.
- Mestra-Vargas, L.I., A.M., Martínez-Reina y M.O., Santana-Rodríguez. 2019. Caracterización técnica y económica de la producción de carne ovina en Córdoba, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 30 (3): 871-884. Doi: 10.15517/am.v30i3.36931
- Mestra-Vargas, L.I., M.O., Santana-Rodríguez, L., Ríos-de Álvarez, J., Mejía-Luquez, R.E., Ortiz-Cuadrado y E.A., Suarez-Paternina. 2020. Caracterización de sistemas de alimentación de ovinos en el departamento de Córdoba, Colombia. *Archivos de Zootecnia*, 69 (268): 432-443. Doi: 10.21071/az.v69i268.5391
- Ministerio de Protección Social. 2007. Decreto 1500 de 2007. Reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos y los requisitos sanitarios y de inocuidad.

- Ministerio de Ambiente, Bogotá, Colombia.  
[https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1500\\_2007.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1500_2007.pdf) (Consultado 5 sept. 2021).
- Moreno, M.J., D., Montes Vergara, J., Ucros, A., Fernández-Quintero y J., Cardona-Álvarez. 2013. Variabilidad morfoestructural de la hembra ovina de pelo criollo colombiana. *Livestock Research for Rural Development*. 25 (5).  
<http://www.lrrd.org/lrrd25/5/more25083.htm> (Consultado 7 sep. 2021).
- NRC (National Research Council). 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids*. Washington, D.C.USA. National Academic Press. p. 362.
- Obeidat, B. S., H. S., Subih y M., Ata. 2020. Protein supplementation improves performance of lambs fed low-quality forage. *Animals*, 10 (1). Doi: 10.3390/ani10010051
- Oliveira, R.L., A.G., Leão, L.L., Abreu, S., Teixeira y T.M., Silva. 2013. Alimentos alternativos na dieta de ruminantes. *Revista Científica de Produção Animal*, 15 (2): 141-160. Doi: 10.15528/2176-4158/rcpa.v15n2
- PECTIA (Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano 2017-20127). 2016.  
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12759> (Consultado 17 ago. 2021).
- Rahman, M. M., R.B., Abdullah, W.K.W., Embong, T., Nakagawa y R., Akashi. 2013. Effect of palm kernel cake as protein source in a concentrate diet on intake, digestibility and live weight gain of goats fed Napier grass. *Tropical Animal Health and Production*, 45 (3): 873-878. Doi: 10.1007/s11250-012-0300-4
- Rennó, F. P., N.R.B., Cônsolo, R. V., Barletta, B., Venturelli, C.S., Gardinal, J.R., Takiya, J.R., Gandra y A.S.C., Pereira. 2015. Grão de soja cru e inteiro na alimentação de bovinos: Excreção de grão de soja nas fezes. *Archivos de Zootecnia*, 64: 331-338. Doi:10.21071/az.v64i248.417
- Ribeiro, R.D.X., R.L., Oliveira, F.M., Macome, A.R., Bagaldo, M.C.A., Silva, C.V.D.M., Ribeiro, G.G.P., Carvalho y D.P.D., Lana. 2011. Meat quality of lambs fed on palm kernel meal, a by-product of biodiesel production. *Asian-Australas Journal Animal Science*, 24: 1399-

1406. Doi:10.5713/ajas.2011.11110

Rodríguez, D. I., G., Anríquez y J.L., Riveros. 2016. Food security and livestock: The case of Latin America and the Caribbean. *Ciencia e Investigación Agraria*, 43 (1): 5-15. Doi: 10.4067/S0718-16202016000100001

Romero, O. 2015. Herramientas de manejo animal. Evaluación de la condición corporal y edad de los ovinos. Instituto de investigaciones agropecuarias. Ministerio de Agricultura, Temuco, Chile. Informativo N 79. Disponible en: <https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/5cc0843a1bfd0.pdf>

Santos, V. C., J.M.B., Ezequiel, E.S., Morgado, A.C., Homem Junior, V.R., Fávoro, A.P., D`Áurea, S.F., Souza y J.C., Barbosa. 2012. Influência de subprodutos de oleaginosas sobre parâmetros ruminais e a degradação da matéria seca e da proteína bruta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64 (5): 1284-1291. Doi: 10.1590/S0102-09352012000500028

Schauer, C.S., M.L., Van Emon, M.M., Thompson, D.W., Bohnert, J.S., Caton y K.K., Sedivec. 2010. Protein supplementation of low-quality forage: Influence of frequency of supplementation on ewe performance and lamb nutrient utilization. *Sheep Goat Research Journal*. 25, 66–73. [https://www.researchgate.net/publication/285863085 Protein supplementation of lowquality forage Influence of frequency of supplementation on ewe performance and lamb nutrient utilization](https://www.researchgate.net/publication/285863085_Protein_supplementation_of_lowquality_forage_Influence_of_frequency_of_supplementation_on_ewe_performance_and_lamb_nutrient_utilization) - (Consultado 17 ago. 2021).

Silva, H. G. O., A. J. V., Pires, F. F., Silva, C. M., Veloso, G. G. P., Carvalho, A.S., Cezário, y C.C., Santos. 2006. Características físico-químicas e custo do leite de cabras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58: 116-123.

Suárez-Paternina, E., L., Maza-Angulo, L., Aguayo-Ulloa, O., Vergara-Garay, W., Barragán-Hernández y M., Bustamante-Yáñez. 2020. Efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz en el desempeño productivo y calidad de la carne de ovinos. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 23 (2). Doi: 10.31910/rudca.v23.n2.2020.1604

- Tedeschi, L. O., A., Cannas y D.G., Fox. 2010. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. *Small Ruminant Research*, 89: 174–184. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.12.041
- Uddin, M. J., Z.H., Khandaker, M.J., Khan y M.M.H., Khan. 2015. Dynamics of microbial protein synthesis in the rumen - A Review. *Annals of Veterinary and Animal Science* 2 (5): 116-131. <http://naturepub.org/index.php/journal/navas> (Consultado 17 ago. 2021).
- Wong, J. T., J, de Bruyn, B., Bagnol, H., Grieve, M., Li, R., Pym y R.G., Alders. 2017. Small-scale poultry and food security in resource-poor settings: A review, *Global Food Security*, 15: 43-52. Doi: org/10.1016/j.gfs.2017.04.003