

Calidad intrínseca de la carne de llama (*Lama glama*) de la Puna Jujeña criada en pastizales con dos niveles de suplementación de granos

Fernando E. Labarta¹   Norma B. Farfán   Nicolas Chavarria³  
Marcelo Echenique²   Ana Laura Quintana   Gustavo E. Verrastro  
Mónica Daniela Godoy   María Zimmerman³   Gabriela Grigioni⁴  

Facultad de Ciencias Agrarias –Universidad Nacional de Jujuy. Alberdi 47. CP 4600, San Salvador de Jujuy, Argentina.

Intrinsic quality of llama meat (*Lama glama*) from the Puna of Jujuy raised on pasture with two levels of grain supplementation

Abstract. In the Argentine Puna Jujeña, agricultural producers have high-altitude livestock as their main activity. Traditionally, llamas are fed on natural pastures, being grain supplementation an alternative when there is low availability and quality of grass. The aim of this work was to evaluate the effect of two levels of grain supplementation on meat quality of llama (*Lama glama*) raised in natural pastures. Two fattening trials were carried out with eighteen intact male llamas in each one. In the first, a 1.5 % grain supplementation was used (S1.5 %) and in the second, a 2 % (S2 %) of the average live weight of the group on a dry basis. The evaluated trials were control (T) and supplemented (S), both composed of nine animals. The group of animals that did not receive grain supplementation was considered as a control treatment (T) and was assigned only direct grazing of the lots made up of natural grasslands. The supplementation consisted of ground corn grain (80 %) and soybean expeller (20 %). It was offered in a daily group delivery, in the morning. An experimental design in randomized complete blocks was used, considering the initial live weight as the block criteria. The first trial lasted 34 days, the second, 60 days, both with a previous 10-day adaptation period to the new diet. Regarding the sensory characteristics of meat, no differences were observed in S1.5 % trial, but in S2 % trial significant differences were found in initial and sustained tenderness, being higher in meat from supplemented animals. Meat can be characterized as lean and with low atherogenic and thrombogenic potential. Based on the results, the proposed feeding strategy could improve the meat supply, preserving the cultural and territorial identity in the Puna Jujeña region.

Key words: meat quality, supplementation, *Lama glama*, Jujuy puna.

Resumen. En Puna Jujeña argentina, los productores agropecuarios tienen como principal actividad la ganadería de altura. Tradicionalmente, las llamas (*Lama glama*) se alimentan de pastos naturales, siendo la suplementación con granos una alternativa cuando la disponibilidad y calidad de pasto es baja. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos niveles de suplementación con granos sobre la calidad de la carne de llama criada en pastos naturales. Se realizaron dos ensayos de engorde con 18 llamas machos enteros en cada uno. En el primero, se utilizó una suplementación del 1.5 % (S1.5 %) y en el segundo del 2 % (S2 %), del peso vivo promedio del grupo en base seca. Los tratamientos evaluados fueron el testigo (T) y suplementado (S), con nueve animales por tratamiento. Se consideró como tratamiento control (T) al grupo de animales que no recibió suplementación y se le asignó únicamente el pastoreo directo de los lotes, que estuvieron conformados por pastizales naturales. El suplemento estuvo constituido por grano de maíz molido (80 %) y expeller de soja (20 %). El mismo se ofreció en una entrega diaria en forma grupal, por la mañana. El primer ensayo tuvo una duración de 34 días, el segundo de 60 días, ambos, con 10 días previos de acostumbamiento a la nueva dieta. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos aleatorizados, considerando el peso vivo inicial como criterio de bloqueo. No se observaron diferencias en las características sensoriales de la carne en el ensayo S1.5 %, pero en el ensayo S2 % la carne procedente de animales suplementados resultó con una mayor terneza inicial y sostenida respecto del tratamiento control. Para

Recibido: 2022-10-17. Revisado: 2023-06-03. Aceptado: 2023-07-10

¹Autor para la correspondencia: fernandolabarta@fca.unju.edu.ar

²EEA Abra Pampa, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, Miraflores de la Candelaria s/n, CP4640, Dto. Cochinoca, Jujuy, Argentina.

³Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, INTA, Chañar Pozo s/n, CP 4113, Leales, Tucumán, Argentina.

⁴Instituto Tecnología de Alimentos – Instituto de Ciencia y Tecnología de Sistemas Alimentario Sustentables UEDD INTA CONICET, CC 25, CP 1712 Castelar, Buenos Aires, Argentina.

ambos niveles de suplementación la carne se puede caracterizar como magra y con bajo potencial aterogénico y trombogénico. En función de los resultados, la estrategia de alimentación propuesta podría mejorar el suministro de carne, preservando la cultura y la identidad territorial en la región Puna Jujeña.

Palabras clave: calidad de carne, suplementación, *Lama glama*, puna jujeña.

Qualidade intrínseca da carne de lhama (*Lama glama*) de Puna Jujeña criada em pastagens com dois níveis de suplementação de grãos.

Resumo. Na Puna Jujeña argentina, os produtores agrícolas têm como principal atividade a pecuária de altitude. Tradicionalmente, as lhamas (*Lama glama*) alimentam-se de pastagens naturais, sendo a suplementação com grãos uma alternativa quando a disponibilidade e qualidade da pastagem é baixa. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de dois níveis de suplementação com grãos na qualidade da carne de lhamas criadas em pastagens naturais. Foram realizados dois ensaios de engorda com 18 lhamas machos inteiros em cada um. No primeiro foi utilizada suplementação de 1,5 % (S1,5 %) e no segundo de 2 % (S2 %), do peso vivo médio do grupo em base seca. Os tratamentos avaliados foram o controle (T) e o suplementado (S), com nove animais por tratamento. O grupo de animais que não recebeu suplementação foi considerado como tratamento controle (T) e foi designado apenas pastejo direto dos lotes, que eram constituídos por pastagens naturais. O suplemento consistiu de grão de milho moído (80 %) e bagaço de soja (20 %). Foi oferecido em grupo de entrega diária, no período da manhã. A primeira tentativa durou 34 dias, a segunda 60 dias, ambas com 10 dias antes de se acostumar com a nova dieta. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, considerando o peso corporal inicial como critério de bloqueio. Não foram observadas diferenças nas características sensoriais da carne no ensaio S1,5 %, mas no ensaio S2 %, a carne dos animais suplementados resultou em maior maciez inicial e sustentada em relação ao tratamento controle. Para ambos os níveis de suplementação, a carne pode ser caracterizada como magra e com baixo potencial aterogênico e trombogênico. Com base nos resultados, a estratégia alimentar proposta pode melhorar a oferta de carne, preservando a cultura e a identidade territorial na região de Puna Jujeña.

Palavras-chave: qualidade da carne, suplementação, *Lama glama*, puna jujeña.

Introducción

En la Puna jujeña argentina, los productores agropecuarios tienen como principal actividad la ganadería de altura, caracterizada por la crianza de ovinos, camélidos, caprinos y bovinos, en grandes áreas de pastoreo, en su mayoría tierras comunitarias. Obtienen carne, lana, fibra de llama y cueros (Lamas, 2007) como productos primarios. La carne de llama tiene características nutricionales adecuadas debido a su bajo contenido de grasa y colesterol, bajo contenido de ácidos grasos saturados y alto contenido de ácidos grasos n-3 en comparación con la carne vacuna (Coates y Ayerza, 2004; Polidori *et al.*, 2007; Mamani-Linares y Gallo, 2013). Además de las características nutricionales, entre los atributos sobresalientes de la producción andina se encuentran su riqueza biológica, las técnicas de producción agrícola, su origen histórico y sagrado -que se refiere al consumo en la época prehispánica-, su asociación con los saberes tradicionales de producción, origen geográfico y su

valor patrimonial (Arzeno y Troncoso, 2012). El interés por el origen geográfico y el contexto cultural genera demanda por parte de los consumidores que valoran el vínculo entre comida, cultura y geografía. Este interés sustenta un consumo estrechamente ligado a procesos sociales más amplios de valorización a partir de las características naturales y culturales (Alcoba *et al.*, 2021). Tradicionalmente, las llamas se alimentan de pastos naturales. Sin embargo, la suplementación con granos se propone como una alternativa viable en épocas de baja disponibilidad y calidad de pasto. Diferentes estudios reportaron que la composición de ácidos grasos en la carne está influenciada por el sistema de alimentación animal (Hocquette *et al.*, 2010; Mamani-Linares y Gallo, 2014; Smith *et al.*, 2017). En este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con granos de maíz molido y expeller de soja sobre la calidad de la carne de llama criada en pastos naturales en la estación de primavera.

Materiales y Métodos

El uso de animales en el presente estudio siguió las normas establecidas por el Comité de Ética del INTA (Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Experimentación), protocolo número 05/2018. El ensayo se llevó a cabo como parte de los procedimientos zootécnicos comunes y los animales no sufrieron ninguna intervención más allá de las típicas condiciones de crianza. Se recogieron muestras del músculo *Longissimus dorsi* con un peso promedio de 483 g para su análisis durante el procedimiento rutinario de despiece de la canal en la planta procesadora de carne. Las muestras se conservaron refrigeradas hasta llegar al laboratorio donde se conservaron congeladas a -18 ± 1 °C hasta análisis.

Este trabajo es la continuación del ya publicado en esta revista, Efecto de dos niveles de suplementación sobre la respuesta productiva de llamas (*Lama glama*) en pastoreo. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 2022. 30 (2): 109-120 Labarta, F. E. *et al.* (2022). <https://doi.org/10.53588/alpa.300205>

Condiciones experimentales

Se realizaron dos ensayos experimentales en la Estación Experimental Agropecuaria Abra Pampa (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina), ubicada en el Departamento de Cochínoca (altitud de 3.463 msnm, latitud: -22.799, longitud: -65.826). Este campo se encuentra dentro del área ecológica Puna seca, caracterizada por un clima árido, con una temperatura media anual de 8 °C, temperatura media mínima de 0.9 °C, temperatura media máxima de 18.9 °C y precipitación pluvial media anual de 248 mm (Entrocassi *et al.*, 2014). El primer ensayo (S1.5 %) se realizó en el año 2018 y el segundo (S2 %) en el año 2019. Ambos se realizaron en primavera. Se eligió esta época del año debido a la restringida oferta forrajera en cantidad y calidad (Echenique *et al.*, 2014) y a que la suplementación con granos en llamas en pastoreo permitiría cubrir los requerimientos nutricionales e incrementar en forma sostenible la oferta de carne durante el año.

En cada ensayo se utilizó dieciocho llamas, machos enteros de 18 ± 1 meses de edad en promedio, con un peso promedio para el ensayo S1.5 % de 79.9 ± 9.6 kg PV y de 73.5 ± 9.4 kg PV para las del ensayo S2 %, identificados individualmente a través de códigos numéricos (caravanas). En cada ensayo los animales fueron agrupados según PV en tres bloques de seis animales cada uno: livianos (L), medios (M) y pesados (P). Cada bloque se dividió aleatoriamente en dos

grupos de 3 animales cada uno, y a cada grupo se le asignó un tratamiento: testigo (T) y suplementado (S). En el ensayo S1.5 % los pesos vivos promedios y desvíos estándares al inicio para el tratamiento T fueron: L 66.09 ± 4.81 , M 81.37 ± 3.39 y P 90.6 ± 4.33 de kg PV. Para el tratamiento S del mismo ensayo: L 71.04 ± 1.63 , M 78.19 ± 2.80 y P 91.06 ± 5.69 de Kg PV. En el ensayo S2 %, para el tratamiento T: L 63.19 ± 3.36 , M 70.47 ± 1.92 y P 84.81 ± 2.15 de Kg PV; y para el tratamiento S: L 64.98 ± 3.12 , M 72.20 ± 3.45 y P 85.67 ± 3.24 de Kg PV. Se registró la condición corporal de los animales al inicio del ensayo y los valores promedios para los ensayos S1.5 % y S2 % fueron de 2.9 ± 0.19 y 2.45 ± 0.4 respectivamente. El tratamiento T, en ambos ensayos, consistió en pastoreo directo y continuo de los lotes sin que los animales reciban suplementación. El tratamiento S, para ambos ensayos, consistió en asignar a los animales iguales lotes de pastoreo que al tratamiento T, pero con una suplementación. Cada grupo de 3 animales se asignó a un potrero de 1.26 ha con predominio de *Festuca scirpifolia* y *Pennisetum chilensis* en pastoreo continuo, y se les otorgó un período de adaptación a las dietas evaluadas de 10 días. Los potreros utilizados en ambos ensayos estuvieron clausurados durante el verano, para asegurar disponibilidad de forraje en estado diferido al momento de realizarse los ensayos. El suplemento alimenticio consistió en 80 % de grano de maíz molido y 20 % de expeller de soja con valores nutricionales porcentuales en base seca de la mezcla: materia seca 91.1, proteína cruda 14.9, fibra detergente ácida 2.6, fibra detergente neutra 14.7 y digestibilidad *in vitro* 86.9. Todas estas determinaciones se realizaron según protocolo PROMEFA (Jaurena & Wawrzekiewicz, 2009) en el laboratorio INTA Cerrillos, Salta. En el primer ensayo (S1.5 %) se ofreció al 1.5 % y en el segundo (S2 %) al 2 % del peso vivo promedio del grupo en base seca. El suplemento alimenticio se ofreció una vez al día a las 08:30 h por potrero en comederos colectivos. Los ensayos duraron 34 días para el S1.5 % y 60 días para el S2 %. El parámetro productivo que se utilizó para determinar el momento de matanza y faena se fijó cuando el 80 % de los animales S alcanzaron una condición corporal de 3.5 de la escala de 1-5.

Las llamas fueron transportadas 90 km hasta un frigorífico comercial habilitado y fueron sacrificadas por desangrado después de aturdimiento eléctrico y suspendidas por el tendón de Aquiles. Las canales se almacenaron durante 24 h en refrigeración a una temperatura inferior a 10 °C. Se extrajo una porción del músculo *Longissimus dorsi* que abarcaba las costillas 9ª



a 13ª de cada lado izquierdo de la canal y se transportó refrigerada a 4 ± 1 °C hasta las instalaciones del laboratorio. Las muestras de carne se envasaron al vacío y se maduraron durante 7 días a 2 ± 1 °C en oscuridad. Luego, se almacenaron a -20 ± 1 °C hasta su análisis.

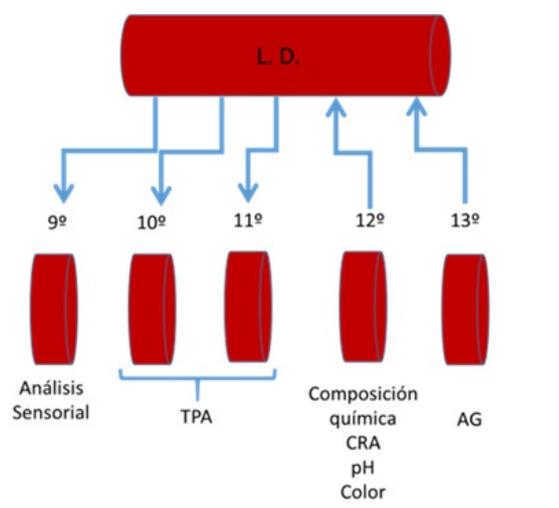


Figura 1. Secciones del músculo *Longissimus dorsi* entre la 9 y 13ª costilla para análisis físico, químico y sensorial.

Secciones del musculo L.D. (*Longissimus dorsi*) entre la 9 y 13ª costilla para análisis sensorial, TPA (análisis de perfil de textura instrumental), composición química, CRA (capacidad de retención de agua), pH, color y AG (ácidos grasos).

Color y pH

El color del músculo se evaluó mediante el sistema CIE-Lab, que proporciona los parámetros de color L^* (luminosidad, de negro a blanco), a^* (rojo, de verde a rojo) y b^* (amarillez, de azul a amarillo), con un colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Bergen, NJ, EE. UU.). El instrumento se calibró utilizando el disco de cerámica proporcionado por el fabricante. Las condiciones instrumentales utilizadas fueron iluminante artificial D65, tamaño de abertura de 8 mm y observador 2°. Cada muestra se expuso al aire por 40 min a 4 °C para un adecuado desarrollo del color. Cada medición resultó el promedio de tres lecturas en zonas no superpuestas para obtener una lectura representativa. El pH se midió por duplicado al momento de realizar la determinación de color con un equipo de mesada (Thermo Orion 420Aplus, EE. UU.).

Determinación de pérdida por cocción y perfil de textura (TPA)

Las muestras se descongelaron durante 24 h a 4 °C y luego se cocinaron en una parrilla eléctrica precalentada (George Foreman, Spectrum Brands, EE. UU.) hasta que alcanzaron una temperatura interna final de 71 °C medida por termocupla tipo K en el cen-

tro geométrico de la muestra. Las muestras cocidas se pesaron después de ser enfriadas durante 20 minutos a 20 °C. La pérdida por cocción (CL, %) se expresó como el porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial de la muestra, que fue medido inmediatamente antes de la cocción. Para el análisis del perfil de textura (TPA), se extrajeron seis tarugos (1.25 cm de diámetro, 2.5 cm de altura) de cada muestra en dirección paralela a las fibras y se utilizó un analizador de textura TA-XT Plus (Stable Micro Systems LLC, Surrey, EE. Reino Unido). Cada tarugo se sometió a dos ciclos de compresión del 70 % (velocidad de test 10 m/s) utilizando una sonda P/35 de 35 mm de diámetro. Se utilizaron datos de fuerza por tiempo para calcular los parámetros: firmeza, masticabilidad y resiliencia (Ruiz De Huidobro *et al.*, 2005).

Análisis sensorial

Se trabajó con un panel sensorial conformado por seis panelistas entrenados. Se realizó un análisis cuantitativo-descriptivo (AMSA, 2015). Las muestras congeladas se descongelaron durante 24 h a 4 °C y luego se cocinaron en una parrilla eléctrica (George Foreman, Spectrum Brands, EE. UU.) hasta que la temperatura interna de la carne alcanzó los 71 °C. Las muestras se cortaron en rodajas de 15 mm de espesor y cada miembro del panel recibió dos piezas de cada muestra en contenedores térmicos aislados codificados con números aleatorios de tres dígitos. Se pidió a los panelistas que calificaran el sabor, el olor, la terneza inicial y sostenida, la jugosidad y la cantidad de tejido conectivo utilizando una escala no estructurada de 10 cm para cada descriptor, siendo 1 = extremadamente suave, duro, seco y nada y 10 = extremadamente intenso, tierno, jugoso y mucho, respectivamente. Además, se pidió a los panelistas que caracterizaran los olores y sabores extraños (si los encontraban) en una tabla adjunta.

Contenido de grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos

El contenido total de grasa intramuscular se determinó mediante el método Soxhlet (Soxtec System HT 1043 Extraction Unit) en dos muestras de 5 g, como se describe en García *et al.* (2008). Los resultados se expresan como porcentaje de tejido muscular.

Los ácidos grasos totales (AG) se extrajeron de 5 g de muestras de músculo siguiendo la técnica de Bligh & Dyer (1959). Los lípidos se transformaron en ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) utilizando la metodología descrita en la Norma Española UNE 55-

-037.73, AENOR. Posteriormente, los FAME fueron analizados por cromatografía de gases. Se utilizó Cromatógrafo HP 6890, con inyector automático AGILENT (Modelo 7683, USA), columna INNOWAX (longitud 30 m, diámetro interno 0.25 mm, espesor de película 0.25 μ m). Las condiciones de funcionamiento fueron: temperatura del inyector 240 °C, temperatura del horno: temperatura inicial 140 °C por 1 min, rampa de 3 °C/min por 12 min, temperatura final 220 °C y temperatura del detector 270 °C. El volumen de inyección fue de 0.5 μ L. Los picos de los cromatogramas se identificaron comparando los tiempos de retención obtenidos con los estándares de ácidos grasos FAME-Mix C4-C24 18919-1 (SUPELCO, EE. UU.).

Los ácidos grasos se expresaron como porcentaje de los ácidos grasos totales detectados y se agruparon en ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI). Estos valores se utilizaron para determinar los índices aterogénico (IA) y trombogénico (IT) mediante la fórmula propuesta por Gerasimenko y Logvinov (2016):

$$IA = C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0 / \sum AGMIs + \sum n-6 AGPIs + \sum n-3 AGPIs$$

$$IT = C14:0 + C16:0 + C18:0 / 0.5 \times \sum AGMIs + 0.5 \times \sum n-6 AGPIs + 3 \times \sum n-3 AGPIs + \sum n-3 / n-6$$

Resultados

Los resultados de los parámetros de calidad de la carne se muestran en las Tablas 1 y 2. No se encontró una interacción significativa entre tratamiento y bloque para ambos ensayos.

El perfil de textura de la carne se modificó con la suplementación de granos; por lo tanto, la carne de los animales suplementados (S1.5 % y S2 %) presentaron mayor firmeza y masticabilidad en comparación con la de los animales del tratamiento Testigo.

Se encontró una tendencia en el color del músculo para S1.5 % que mostró valores más altos de L^* y b^* ($P = 0.085$ y $p = 0.066$ respectivamente) en comparación con el grupo Testigo. En el ensayo S2 % no se encontraron diferencias significativas para el color.

No se observaron diferencias ($P > 0.05$) en pH y pérdidas por cocción entre tratamientos en ambos ensayos.

En la tabla 1 se presentan los valores promedios, desvío estándar (DE) y valores de p de los atributos de calidad de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y las criadas en pastizales con 1.5 % de suplemento de grano (S1.5 %).

Análisis estadístico

Se analizaron los resultados de cada ensayo (S1.5 % y S2 % en forma independiente). El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizado (DBCA) considerándose bloque al grupo conformado según PV inicial (livianos, medios, y pesados) y se consideró al animal como unidad experimental. Los tratamientos a contrastar fueron T y S. Los supuestos de normalidad y homogeneidad se analizaron para cada variable. Las medias de cada tratamiento se contrastaron a través de un ANOVA, considerándose diferencias estadísticas significativas con valor de $p \leq 0.05$ y tendencia con valor de $p > 0.05$ y < 0.10 . Se utilizó el software InfoStat versión 2017 (Di Rienzo *et al.*, 2017).

Para el análisis sensorial se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados donde cada evaluador constituye un bloque. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

Donde μ es la media, t es el efecto del tratamiento (T y S), b es el efecto del bloque y e es el error de la unidad experimental. Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza. Adicionalmente se les pidió a los evaluadores que caracterizaran los olores y sabores extraños (en caso de encontrarlos) en una tabla adjunta.

En la tabla 2 se presentan los valores promedios, desvío estándar (DE) y valores de p de los atributos de calidad de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y las criadas en pastizales con 2 % de suplemento de grano (S2 %).

El perfil sensorial se presenta en las Figuras 1 y 2. En el ensayo S1.5 % no se hallaron diferencias significativas en ninguno de los atributos evaluados. El panel caracterizó a las muestras como carne de olor "algo débil" a "algo intenso"; flavor "algo débil" a "algo intenso"; "secas" y con "prácticamente nada" de tejido conectivo. En las muestras procedentes de animales no suplementados fueron reportados los olores extraños "corral" y "ácido". En las muestras procedentes de animales suplementados se reportaron como sabores extraños a "hígado" y "rancio".

En el ensayo S2 % se hallaron diferencias únicamente en la terneza inicial ($p = 0.005$) y sostenida ($p = 0.004$), siendo mayor en la carne procedente de animales suplementados. El panel caracterizó a la carne como de olor "algo débil" a "débil"; flavor "algo débil" a "débil"; "algo secas" a "algo jugosas" y con "prácticamente nada" de tejido conectivo. En las muestras procedentes de animales no suplementados se reportaron como olor extraño a "salvaje". En las muestras procedentes de animales suplementados se reportaron como sabores extraños a "floral", "graso" y "ferroso".

Tabla 1: Valores medios, desviación estándar (DE) y valores de p de los atributos de calidad de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y las criadas en pastizales con 1.5 % del PV de suplemento de grano (S1.5 %).

Variable de respuesta	Tratamiento T ¹	Tratamiento S1.5 % ¹	P - valor
	Prom (DE) ²	Prom (DE) ²	
pH	5.48 ± 0.17	5.44 ± 0.11	0.061
Pérdida por cocción, %	22.53 ± 1.02	23.02 ± 0.98	0.725
Color de músculo (CIE-Lab) ³			
L*	38.65 ± 2.26	40.18 ± 1.96	0.085
a*	14.40 ± 2.12	13.40 ± 1.63	0.124
b*	9.78 ± 1.81	10.67 ± 0.90	0.066
Análisis del perfil de textura			
Firmeza, N	52.76 ± 9.56	62.09 ± 11.43	0.014
Masticabilidad, N	12.62 ± 3.09	15.93 ± 4.19	0.012
Resiliencia	0.16 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.440

¹Tratamiento dietario: T: pastoreo, S1.5 %: pastoreo suplementado con 1.5 % de suplemento de granos (80 % grano de maíz y 20 % expeller de soja).

²Promedio ± desvío estándar.

³Sistema CieLab: L* = luminosidad de 0 (negro) a 100 (blanco), a* = índice de verde (-) a rojo (+), b* = índice de azul (-) a amarillo (+).

Tabla 2: Valores medios, desviación estándar (DE) y valores de p de los atributos de calidad de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y las criadas en pastizales con 2 % del PV de suplemento de grano (S2 %).

Variable de respuesta	Tratamiento T ¹	Tratamiento S2 % ¹	P - valor
	Prom (DE) ²	Prom (DE) ²	
pH	5.61 ± 0.07	5.64 ± 0.08	0.46
Pérdida por cocción, %	25.81 ± 0.81	26.92 ± 3.18	0.32
Color de músculo (CIE-Lab) ³			
L*	43.23 ± 1.20	42.68 ± 1.86	0.49
a*	6.03 ± 1.01	6.65 ± 0.87	0.17
b*	8.52 ± 0.87	8.78 ± 1.00	0.57
Análisis del perfil de textura			
Firmeza, N	54.01 ± 10.56	64.14 ± 11.4	0.005
Masticabilidad, N	13.37 ± 3.8	16.71 ± 3.93	0.021
Resiliencia	0.17 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.804

¹Tratamiento dietario: T: pastoreo, S2 %: pastoreo suplementado con 2 % de suplemento de granos (80 % grano de maíz y 20 % expeller de soja).

²Promedio ± desvío estándar.

³Sistema CIE-Lab: L* = luminosidad de 0 (negro) a 100 (blanco), a* = índice de verde (-) a rojo (+), b* = índice de azul (-) a amarillo (+).

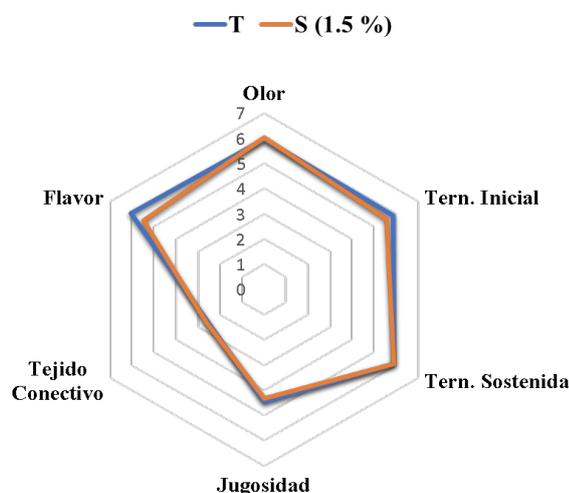


Figura 2. Atributos sensoriales evaluados en QDA para carne de llama corte *L. dors*. Ensayo S1.5 %.

Diagrama de estrella de los resultados del análisis cuantitativo-descriptivo de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y las criadas en pastizales con 1.5 % de suplemento de granos (S1.5 %).

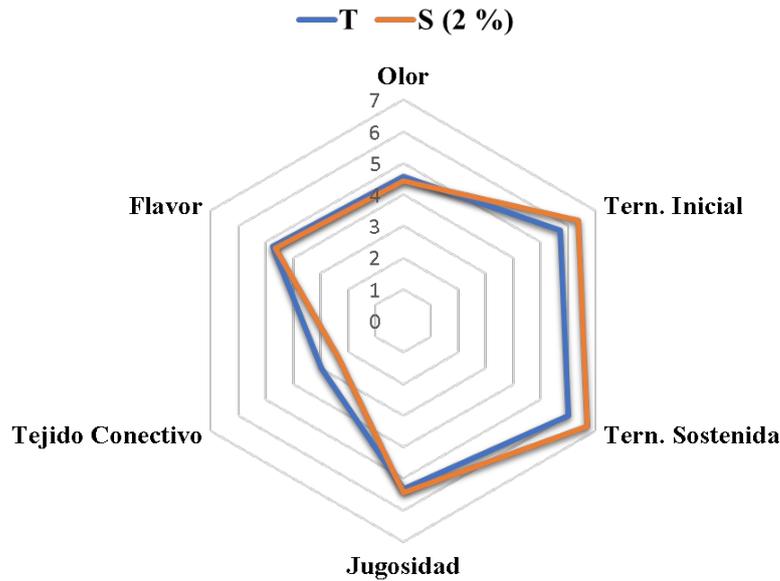


Figura 3. Atributos sensoriales evaluados en QDA para carne de llama corte *L. dorsi*. Ensayo S2 %.

Diagrama de estrella de los resultados del análisis cuantitativo-descriptivo de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y las criadas en pastizales con 2 % de suplemento de granos (S2 %).

Los resultados de contenido de grasa (CG), perfil de AG (AGS, AGMI y AGPI) e índices trombogénico, aterogénico y perfil individual de ácidos grasos de ambos ensayos se presentan en las Tablas 3-6.

Se encontró diferencia entre tratamientos ($P < 0.005$) para ambos ensayos en el contenido de grasa, siendo mayor para la carne procedente de los animales suplementados en 20 % para S1.5 % y 22 % para S2 % respecto del tratamiento T.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ambos ensayos en el contenido de AGS, siendo 42.38 % para S1.5 % y 45.80 % para S2 % en valor promedio.

El perfil de ácidos grasos presentó diferencias entre tratamientos en el ensayo S1.5 % ($P = 0.014$) para el contenido del ácido pentadecanoico (C15:0), el cual disminuyó en la carne de los animales suplementados (de 0.73 vs 0.56 %). El resto de los AGS no mostró diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$). Mientras que no se observaron diferencias entre tratamiento en el ensayo S2 %.

En el ensayo S1.5 %, el contenido de AGMI en la carne de llama del tratamiento S fue mayor ($P = 0.035$) que el del tratamiento control (47.83 % vs 43.38 %). En ambos ensayos, el principal constituyente de este grupo fue el ácido oleico (C18:1 n-9cis). En el ensayo S1.5%, dicho ácido graso se encontró en mayor cantidad ($P = 0.01$) en la carne de los animales

suplementados (37.30 vs 41.80 %). No se hallaron diferencias en las concentraciones de otros AGMI en los dos ensayos realizados ($P > 0.05$).

En el ensayo S1.5 %, el contenido de AGPI mostró una tendencia ($P = 0.082$) a ser menor en el grupo suplementado. El ácido graso linoleico (18:2 9c12c n6) fue el AGPI que se encontró en mayor concentración en ambos tratamientos. Los AGPI n6 fueron los principales constituyentes de los AGPI y se encontraron en contenido del 11.47 en el tratamiento control y del 8.24 % en el tratamiento suplementado. De los AGPI n3 solo se detectó el ácido linolénico (18:3 9c12c15c n3), presentando una disminución ($P = 0.003$) en la carne obtenida de los animales suplementados (0.67%) en comparación con el grupo control (1.18%). En el ensayo S2 % no se encontraron diferencias en estos ácidos grasos (Tablas 5 y 6).

La relación AGPI n6/n3 no se vio afectada por la alimentación de los animales. Se obtuvieron valores para el ensayo S1.5 % de 10.23 % para el tratamiento control y 11.48 % para el suplementado. En el caso del ensayo S2 %, fue de 9.65 % para el tratamiento control y 8.66 % para el suplementado. Asimismo, la suplementación en ambos ensayos no tuvo influencia significativa en los índices trombogénico y aterogénico, mostrando valores promedio de 1.355 y 0.865 en S1.5 %, y 1.52 y 0.725 en S2 %, respectivamente.

En la tabla 3 se presentan los valores promedios, desvío estándar (DE) y valores de p de los atributos

de calidad del contenido de grasa intramuscular, perfil de ácidos grasos e índices trombogénicos y aterogénicos de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y las criadas en pastizales con 1.5 % suplemento de granos (S1.5 %).

Tabla 3: Valores medios, desvío estándar (DE) y valores p de los atributos de calidad del contenido de grasa intramuscular, perfil de ácidos grasos e índices trombogénicos y aterogénicos de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y las criadas en pastizales con 1.5 % suplemento de granos (S1.5 %).

Variable de respuesta	Tratamiento T ¹	Tratamiento S1.5 % ¹	P - valor
	Prom (DE) ²	Prom (DE) ²	
Contenido de grasa, g/100g de músculo	2.87 ± 0.01	3.10 ± 0.34	0.001
Perfil de ácidos grasos, % (relativo a los AG totales detectados)			
AGS	42.67 ± 4.11	42.08 ± 2.27	0.712
AGMI	43.38 ± 4.34	47.83 ± 2.34	0.035
AGPI n6	11.47 ± 2.77	8.24 ± 4.97	0.108
AGPI n3	1.18 ± 0.30	0.67 ± 0.30	0.003
AGPI	12.52 ± 2.63	8.77 ± 5.68	0.082
n6/n3	10.23 ± 5.19	11.48 ± 1.34	0.367
Índices			
IT ³	1.34 ± 2.80	1.37 ± 3.11	0.768
IA ⁴	0.87 ± 3.44	0.86 ± 5.72	0.889

¹Tratamiento dietario: T: pastoreo, S1.5 %: pastoreo suplementado con 1.5 % de suplemento de granos (80 % grano de maíz y 20 % expeller de soja).

²Promedio ± desvío estándar.

AGS: ácidos grasos saturados, AGMI: ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: ácidos grasos poliinsaturados.

³IT: índices trombogénicos.

⁴IA: índices aterogénicos.

En la tabla 4 se presentan los valores promedios, desvío estándar (DE) y valores de p de los atributos de calidad del contenido de grasa intramuscular, perfil de ácidos

grasos e índices trombogénicos y aterogénicos de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y criadas en pastizales con 2 % suplemento de granos (S2 %).

Tabla 4: Valores medios, desvío estándar (DE) y valores p de los atributos de calidad del contenido de grasa intramuscular, perfil de ácidos grasos e índices trombogénicos y aterogénicos de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y las criadas en pastizales con 2 % suplemento de granos (S2 %).

Variable de respuesta	Tratamiento T1	Tratamiento S2 % ¹	P - valor
	Prom (DE) ²	Prom (DE) ²	
Contenido de grasa, g/100g de músculo	2.62 ± 0.34	3.20 ± 0.29	<0.005
Perfil de ácidos grasos, % (relativo a los AG totales detectados)			
AGS	44.46 ± 5.90	47.13 ± 1.95	0.572
AGMI	40.28 ± 3.01	41.31 ± 5.33	0.492
AGPI n6	11.02 ± 4.61	8.78 ± 2.44	0.454
AGPI n3	1.36 ± 0.87	1.03 ± 0.37	0.448
AGPI	14.20 ± 6.57	10.42 ± 2.71	0.431
n6/n3	9.20 ± 3.91	10.20 ± 0.71	0.782
Índices			
IT ²	1.45 ± 0.40	1.59 ± 0.06	0.639
IA ³	0.71 ± 0.25	0.74 ± 0.24	0.640

¹Tratamiento dietario: T: pastoreo, S2 %: pastoreo suplementado con 2 % de suplemento de granos (80 % grano de maíz y 20 % expeller de soja).

²Promedio ± desvío estándar.

AGS: ácidos grasos saturados, AGMI: ácidos grasos monoinsaturados, AGPI: ácidos grasos poliinsaturados.

³IT: índices trombogénicos.

⁴IA: índices aterogénicos.



En la tabla 5 se presentan los valores promedios, desvío estándar (DE) y valores de p de los perfiles de ácidos grasos de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y

aquellas criadas en pastizales con 1.5 % de suplemento de grano (S1.5 %).

Tabla 5. Valores medios, desvío estándar (DE) y valores de p de los perfiles de ácidos grasos de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y aquellas criadas en pastizales con 1.5 % de suplemento de grano (S1.5 %).

Variable de respuesta Ácidos grasos, % (g/100g músculo)	Tratamiento T ¹ Prom (DE) ²	Tratamiento S1.5 % ¹ Prom (DE) ²	P - valor
12:00	0.27 ± 0.04	0.26 ± 0.18	0.929
14:00	2.39 ± 0.50	2.50 ± 0.41	0.748
15:00	0.73 ± 0.12	0.56 ± 0.17	0.014
16:00	23.34 ± 2.67	21.39 ± 2.63	0.111
16:1 9t	0.58 ± 0.11	0.46 ± 0.19	0.102
16:1 9c	3.74 ± 1.24	3.86 ± 0.77	0.823
17:00	0.70 ± 0.45	0.84 ± 0.49	0.433
18:00	14.99 ± 1.70	16.34 ± 2.89	0.224
18:1 9c	37.30 ± 4.43	41.80 ± 4.07	0.010
18:1 11c	1.41 ± 0.28	1.50 ± 0.22	0.475
18:2 9c12c n6	8.76 ± 3.17	6.20 ± 2.03	0.095
18:3 9c12c15c n3	1.18 ± 0.46	0.67 ± 0.30	0.003
20:00	0.28 ± 0.28	0.30 ± 0.17	0.902
20:1 11c	0.38 ± 0.21	0.31 ± 0.20	0.345
20:2 11c14c	0.72 ± 0.47	0.81 ± 0.49	0.641
20:3 8c11c14c	0.69 ± 0.24	0.62 ± 0.245	0.620
20:4 5c8c11c14c	2.70 ± 0.99	2.04 ± 0.94	0.219

¹Tratamiento dietético: T: pastoreo, S1.5 %: pastoreo suplementado con 1.5 % de suplemento de cereales (80 % grano de maíz y 20 % expeller de soja)

²Promedio ± desvío estándar.

En la tabla 6 se presentan los valores promedios, desvío estándar (DE) y valores de p de los perfiles de ácidos grasos de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y

aquellas criadas en pastizales con 2 % de suplemento de grano (S2 %).

Tabla 6. Valores medios, desvío estándar (DE) y valores de p de los perfiles de ácidos grasos de la carne de llamas criadas en pastizales (T) y aquellas criadas en pastizales con 2 % de suplemento de grano (S2 %).

Variable de respuesta Ácidos grasos, % (g/100g músculo)	Tratamiento T ¹ Prom (DE) ²	Tratamiento S2 % ¹ Prom (DE) ²	P - valor
12:00	0.25 ± 0.16	0.30 ± 0.09	0.716
14:00	3.09 ± 1.57	3.25 ± 0.77	0.835
15:00	0.91 ± 0.29	1.00 ± 0.19	0.547
16:00	26.97 ± 3.59	27.78 ± 2.10	0.554
16:1 9t	3.81 ± 1.56	4.48 ± 0.04	0.371
16:1 9c	4.72 ± 1.00	3.23 ± 0.05	0.297
17:00	0.86 ± 0.03	0.87 ± 0.02	0.320
18:00	16.31 ± 2.46	14.28 ± 1.93	0.840
18:1 9c	34.87 ± 3.59	35.30 ± 2.92	0.442
18:1 11c	1.57 ± 0.08	1.68 ± 0.07	0.624
18:2 9c12c n6	6.37 ± 0.68	8.78 ± 0.83	0.482
18:3 9c12c15c n3	0.78 ± 0.50	1.11 ± 0.25	0.338
20:00	0.22 ± 0.04	0.19 ± 0.06	0.775
20:1 11c	0.32 ± 0.07	0.28 ± 0.07	0.499
20:2 11c14c	No detectado	No detectado	
20:3 8c11c14c	No detectado	No detectado	
20:4 5c8c11c14c	0.97 ± 0.34	0.87 ± 0.39	0.103

¹Tratamiento dietético: T: pastoreo, S2 %: pastoreo suplementado con 2 % de suplemento de cereales (80 % grano de maíz y 20 % expeller de soja)

²Promedio ± desvío estándar.



Discusión

Las características de calidad de la carne son críticas para la elección del consumidor y su decisión de continuar comprando. La terneza de la carne es uno de los atributos de calidad más importantes para el consumo de la misma. En el caso de la carne roja, se considera necesario un período de maduración de siete días para mejorar la terneza (Thompson, 2002).

En los ensayos presentes, no se observaron diferencias en el color del músculo de los animales suplementados. Estos resultados concuerdan con los reportados por Mamani-Linares y Gallo (2014), quienes no observaron diferencias en el color del músculo debido a la suplementación con heno de alfalfa y cebada o concentrado de grano de sorgo - salvado de trigo.

Los valores de pH encontrados en ambos ensayos son consistentes con los encontrados en estudios previos (Mamani-Linares y Gallo, 2013; 2014), mientras que en el caso de la pérdida por cocción los valores fueron mayores. Es importante tener en cuenta que, aunque estos autores consideraron la misma temperatura final de cocción, utilizaron un método de cocción diferente del presente estudio que podría conllevar a distintos resultados.

En los dos ensayos realizados, la carne de los animales del grupo suplementado fue más firme que la del grupo control frente a un esfuerzo de compresión realizado por TPA (en el ensayo S1.5 %, $S = 56.99$ y $T = 48.44$ N; en el ensayo S2 %, $S = 64.14$ y $T = 54.01$ N). Dado que no se dispone de bibliografía en donde se haya evaluado la dureza instrumental con la metodología de TPA, se consideró como referencia ensayos realizados con la metodología de cizalla de Warner Bratzler (WBSF). Mamani-Linares y Gallo (2014) no observaron cambios en la dureza de la carne madurada debido a la suplementación siendo los valores reportados inferiores (21.57 N/cm²) a los del presente ensayo. Polidori *et al.* (2007) reportaron valores de WBSF similares (46.84 N) a los del presente estudio para carne de llama madurada por 7 días procedente de animales de 25 meses. La falta de concordancia con los trabajos citados puede asociarse a la multiplicidad de factores que inciden sobre la firmeza de la carne: factores productivos, de manejo y hasta formas de cocción (temperatura y tiempo de cocción). Es necesario profundizar los estudios para poder comprender la diferencia observada entre los tratamientos evaluados. Por ejemplo, Coria y col. (2019) observaron un aumento en la dureza de la carne

de novillos Bradford suplementados y asociaron estas diferencias a una correlación entre la estrategia de alimentación, la dureza y la expresión de genes.

En la revisión bibliográfica realizada no se encontraron publicaciones que reportaran datos sobre evaluación sensorial de carne de llama suplementada. Para el ensayo S2 % se hallaron diferencias en la terneza inicial y sostenida, siendo mayor en la carne procedente de animales suplementados.

Se observa un bajo contenido de grasa intramuscular en la carne de llama evaluada en estos ensayos. Los valores de grasa intramuscular en carne de llamas se consideran bajos si los comparamos con otras especies de mayor consumo. Latimori *et al.* (2013) reportaron valores promedios de 4.25 % de grasa intramuscular en novillos engordados en base pastoril suplementados con grano de maíz partido al 1 % del PV. A su vez, Gil *et al.* (1999) encontraron valores de 5.93 % de grasa intramuscular en corderos pesados de 44 ± 1 Kg de PV engordados en base pastoril sin suplementación. En el presente estudio los valores encontrados de grasa intramuscular para los tratamientos control y suplementados (2.59 % y 3.11 % en S1.5 %, y 2.62 % y 3.20 % en S2 %, respectivamente). Estos valores fueron similares a los publicados por otros autores en estudios realizados en llamas alimentadas bajo un sistema de pastoreo con pastos nativos en Ecuador, Perú y Bolivia (Polidori *et al.*, 2007; Condori *et al.*, 2018; Mancheno, Tello y Herrera, 2021). Por otro lado, los valores de grasa determinados en estos estudios fueron relativamente superiores a los presentados por Mamani-Linares y Gallo (2013, 2014) y Cristofanelli *et al.* (2004), quienes reportaron porcentajes de grasa de 1.56 % y 0.51 %, respectivamente, en llamas criadas bajo sistema extensivo. La variación entre los resultados puede explicarse por una combinación de calidad nutricional e ingesta dietética de los animales, especies, diferencias genéticas, sexo y estado del animal, castrado o entero.

El tratamiento con suplementación incrementó el porcentaje de grasa en la carne, lo que podría estar asociado al aumento de energía debido a la incorporación de maíz molido y expeller de soja en la dieta. Mamani-Linares *et al.* (2014) obtuvieron resultados similares en llamas criadas en pastoreo más un suplemento de concentrado de sorgo y salvado de trigo. Por otro lado, los experimentos realizados en alpacas sometidas a una dieta de pastoreo suplementada con una mezcla comercial de granos, al 2% del PV en base seca por día, que contenía avena integral, cebada arrollada, chocho quebrado, maíz

quebrado, semillas de girasol negras más aceite y premezcla mineral, no mostraron aumentos significativos en contenido de grasa intramuscular (Smith *et al.*, 2017).

Según Valsta *et al.* (2005), el contenido de grasa total de las carnes y productos cárnicos varía entre 3 y 25 g/100 g, siendo mayor en la piel de pollo (alrededor de 48 g grasa/100 g). Aunque el contenido de grasa en la carne de los animales con dieta suplementada es mayor, la misma puede considerarse magra. El consumo de carnes con alto contenido en grasas, especialmente en ácidos grasos saturados, se asocia frecuentemente con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Una ingesta excesiva de AGS podría promover la expansión e hipertrofia del tejido adiposo blanco que conduce a la apoptosis. Esto estimula la liberación de proteínas inflamatorias como citocinas y quimiocinas, que inducen inflamación y resistencia a la insulina y, en consecuencia, aumentan el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y síndrome metabólico (McNeill y Van Elswyk, 2012; Pereira y Vicente, 2013; Ference *et al.*, 2018). En la actualidad, existe una creciente preocupación por el consumo de carnes magras para mantenerse saludable. La Guía Alimentaria Argentina recomienda diversificar el consumo de carnes rojas incluyendo carnes magras; por ello, la carne de llama es recomendada para lograr una dieta balanceada por su bajo contenido en grasas (Ministerio de Salud de la República Argentina, 2020).

En cuanto al perfil de ácidos grasos, se determinó que la carne de llama en ambos ensayos y tratamientos presentó niveles moderados de AGS, altos niveles de AGMI y bajos niveles de AGPI. Debido a la intensa lipólisis y biohidrogenación que ocurre en el rumen, las grasas de los animales rumiantes son generalmente más altas en AGS y más bajas en AGPI en comparación con las grasas de los animales monogástricos (Popova *et al.*, 2020). Estos resultados concuerdan con los de Polidori *et al.* (2007), quienes estudiaron carne de llamas criadas en la sierra peruana y encontraron niveles de 50.34, 42.48 y 7.18 % para AGS, AGMI y AGPI, respectivamente. De igual forma, Coates y Ayerza (2004) realizaron estudios en zonas pampeanas y patagónicas de Argentina con llamas en pastoreo y encontraron niveles de 46, 34.08 y 4.51 %, y 47.74, 37 y 4.25 %, respectivamente. Se encontró que los AGS en la carne de llama están constituidos principalmente por C16:0 y C18:0. Se ha demostrado que estos ácidos grasos son hipercolesterolémicos y aumentan la coagulación, la inflamación y la resistencia a la insulina en humanos (Calder, 2015; Nettleton *et al.*, 2017; Ference *et al.*, 2018). El contenido de C16:0 y C18:0 en carne de llama en el presente

estudio está por debajo del reportado por otros autores (Coates y Ayerza, 2004; Polidori *et al.*, 2007; Mamani-Linares, Cayo y Gallo, 2014; Popova *et al.*, 2020) y carne de alpaca (Salvá *et al.*, 2009). La Guía Alimentaria Argentina (2020) recomienda que el consumo de AGS no supere el 10 % de la ingesta energética total. Por tanto, una ración (130 g) de esta carne de llama, con moderado contenido en AGS, aportará el 0.77 % del aporte calórico recomendado (200 kcal), valor que se encuentra por debajo del límite máximo establecido.

El AGMI 18:1 9c es el componente principal de los ácidos grasos totales en la mayoría de las carnes. Se determinó que la suplementación incrementó el contenido de este AG en la carne de llama. Algunos estudios indican que el ácido graso 18:1 9c está asociado con efectos beneficiosos para la salud, como la prevención de enfermedades autoinmunes e inflamatorias (Sales-Campos *et al.*, 2013; Joris y Mensink, 2016). El contenido de 18:1 9c en animales suplementados es superior al reportado por otros autores en carne de llama (Coates y Ayerza, 2004; Polidori *et al.*, 2007; Mamani-Linares, Cayo y Gallo, 2014; Popova *et al.*, 2020) y en la carne de alpaca (Salvá *et al.*, 2009), y su aporte se considera saludable.

El ácido graso 18:2 9c12c n6 fue el principal AGPI encontrado en la grasa de la carne de ambos ensayos y tratamientos. Este es un AG clave para el funcionamiento del organismo; sin embargo, el cuerpo humano no puede sintetizarlo y debe obtenerse exclusivamente a través de la dieta. En este estudio, el nivel de ácido graso 18:2 9c12c n6 no se vio afectado por el tratamiento y se encontró en cantidades similares a las reportadas por Mamani-Linares y Gallo (2014). Por otro lado, otros autores reportaron valores más bajos de 18:2 9c12c n6 (Coates y Ayerza, 2004; Polidori *et al.*, 2007; Popova *et al.*, 2020). El ácido graso 18:3 9c12c15c n3 también es un AG esencial y su ingesta se asocia con beneficios para la salud ya que es el precursor de una serie de ácidos grasos necesarios en la prevención y tratamiento de enfermedades coronarias, hipertensión, diabetes, artritis, inflamación, enfermedades autoinmunes y cáncer (Siriwardhana, Kalupahana y Moustaid-Moussa, 2012; Feliu, Fernández y Slobodianik, 2021). El contenido de 18:3 9c12c15c n3 encontrado en la grasa de la carne de llama en el presente estudio es similar a los informados por Polidori *et al.* (2007), Mamani-Linares y Gallo (2014) y Popova *et al.* (2020). El cociente n6/n3 se utiliza como parámetro de la calidad de las grasas en una dieta saludable, y debe ser inferior a 4 para prevenir enfermedades cardiovasculares. La relación n6/n3 en estos estudios fue de 10.23 para el

tratamiento T y de 11.48 para el S1.5 % y de 9.2 para T y 10.2 para S del ensayo S2 %. Estos valores fueron superiores a los encontrados en carne de alpaca y cordero (Mamani-Linares y Gallo, 2014; Cadavez *et al.*, 2020).

Los índices aterogénico (IA) y trombogénico (IT) son índices de salud asociados con la composición de ácidos grasos de la carne y se utilizan para evaluar el valor nutricional de las grasas. Según Ulbricht y Southgate (1991), estos índices podrían caracterizar mejor las propiedades saludables de la carne en comparación con un enfoque basado únicamente en los ácidos grasos saturados totales. Consideran que sólo los ácidos grasos de 12 a 18 carbonos tienen potencial aterogénico. Por ejemplo, el ácido graso mirístico (C14:0) tiene un potencial aterogénico cuatro veces mayor que cualquier otro ácido. Por el contrario,

los ácidos grasos insaturados (independientemente del número de insaturaciones, posición o configuración), disminuyen el índice de aterogenicidad. En los presentes estudios, IA y IT mostraron valores similares en ambos tratamientos para los dos ensayos, siendo respectivamente 0.865 y 1.35 en S1.5 % y 0.725 y 1.52 en S2 %, en promedio; en consecuencia, la carne de llama se clasifica como carne de bajo potencial aterogénico y trombogénico. Estos valores fueron similares a los obtenidos por Popova *et al.* (2020) en carne de llama comprada en mercados locales de Bolivia. Dichos autores informaron valores de IA que variaron entre 0.43 y 0.68 y IT entre 0.75 y 1.29. Por otro lado, Cadavez *et al.* (2020) compararon la composición y el perfil de ácidos grasos de la carne de cordero de cinco razas ibéricas, criadas en sus sistemas típicos de producción, y determinaron que los IA oscilaban entre 0.49 y 0.87 y los IT entre 0.83 y 1.38.

Conclusiones

Las llamas fueron evaluadas siguiendo las prácticas de producción características de la región Puna. El presente estudio realizado en condiciones experimentales mostró que los animales suplementados al 1.5 y 2 % del PV promedio, con 80 % grano de maíz y 20 % expeller de soja, y criados en pastizal conservaron las características intrínsecas de la carne. Los resultados obtenidos de estos ensayos podrían extrapolarse a sistemas de producción reales. Por lo tanto, incorporar la suplementación con granos en los sistemas de pastoreo de llamas constituye una

oportunidad para valorizar la genética local adaptada a los recursos forrajeros nativos y al medio ambiente, preservando la calidad propia de la carne de llama. Desde un punto de vista nutricional, la carne se puede caracterizar como magra y con bajo potencial aterogénico y trombogénico. Estas características son relevantes para promover su consumo. Además, la estrategia de alimentación evaluada mejoraría el suministro de carne, preservaría la cultura y la identidad territorial en la región Puna Jujeña.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.

Aprobación del Comité de Experimentación Animal

El Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación del Centro Regional Salta - Jujuy del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, CICUAE INTA, aprobó el trabajo científico "Alteración de la dieta usual de llamas, incorporando un suplemento energético proteico para evaluar la respuesta animal al mismo", luego de haber

observado el cumplimiento de las normativas establecidas por dicho comité para el uso de animales de experimentación. Acta de aprobación N°5/18, Salta, Argentina, 4 de octubre de 2018. El trabajo de investigación presentado en este manuscrito se circunscribe dentro del acta de aprobación citada.

Contribuciones de los autores

Marcelo Echenique y **Nicolás Chavarría** estuvieron a cargo de la tarea experimental de campo, toma de datos y colaboraron en la faena. **Ana Laura Quintana** y **Gustavo E. Verrastro** colaboraron en la faena, en la toma de datos durante la misma y en el análisis estadístico de los resultados obtenidos. **Norma B. Farfán** y **Mónica Daniela Godoy** colaboraron en la faena, realizaron análisis de laboratorio y participaron en la revisión de bibliografía. **Gabriela Grigioni** y

María Zimerman participaron en el análisis estadístico de datos, en las revisiones de redacción de las versiones presentadas y en la revisión de bibliografía. **Fernando E. Labarta** fue el autor de la idea inicial del artículo, del diseño y descripción de su metodología, partícipe y responsable de la coordinación del conjunto de actividades desarrolladas por el grupo de autores, de la revisión de la bibliografía, de la redacción y de la correspondencia.

Agradecimientos

Los autores agradecen la asistencia técnica y profesional en evaluación sensorial y determinación de ácidos grasos al Instituto de Tecnología de Alimentos

del INTA y a la Universidad Nacional de Jujuy. Gabriela Grigioni es miembro de la red Carne Saludable financiada por CYTED (ref.119RT0568).

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales de la

Universidad Nacional de Jujuy y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA PEI#517).

Literatura Citada

- Alcoba, L. N., Chavez, M. F. y Vittar, M. C. 2021. Las carniceras intermediarias: sujetos clave en la trama socioproductiva y comercial de la carne de llama, cordero y cabra de la Puna y Quebrada Jujeña. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Available at: <https://repositorio.inta.gov.ar/handle/20.500.12123/9737> (Accessed: 29 March 2022).
- AMSA. 2015. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat, American Meat Science Association Educational Foundation. Available at: <http://www.meatscience.org>.
- Arzeno, M. y Troncoso, C. A. 2012. Alimentos tradicionales andinos, turismo y lugar: definiendo la nueva geografía de la Quebrada de Humahuaca (Argentina), Revista de geografía Norte Grande. Pontificia Universidad Católica de Chile, 52(52), pp. 71-90. doi: 10.4067/S0718-34022012000200005.
- Bligh, E.G. and Dyer, W. J. 1959. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 37(8).
- Cadavez, V. A. P., Popova T., Bermúdez R., Osoro K., Purriños L., Bodas R., Lorenzo J. M. and Gonzales-Barron U. 2020. Compositional attributes and fatty acid profile of lamb meat from Iberian local breeds, Small Ruminant Research, 193 (July). doi: 10.1016/j.smallrumres.2020.106244.
- Calder, P. C. 2015. Functional Roles of Fatty Acids and Their Effects on Human Health, Journal of Parenteral and Enteral Nutrition. John Wiley & Sons, Ltd, 39, pp. 18S-32S. doi: 10.1177/0148607115595980.
- Coates, W. and Ayerza, R. 2004. Fatty acid composition of llama muscle and internal fat in two Argentinian herds, Small Ruminant Research, 52, pp. 231-238. doi: 10.1016/j.smallrumres.2003.07.002.
- Condori, G., Gerken M., Ayala C. y Renieri C. 2018. Sistema de clasificación de carcasas de llama, Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 5(ESPECIAL), pp. 107-115. Available at: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182018000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Coria, M.S., Reineri, P.S., Tonhati, H. y Palma, G.A. 2019. Análisis de Asociación Genómica para Terneza y Marmóreo en Novillos Braford. Comunicación. Revista Argentina de Producción Animal VOL 39 (1): 9-19. Disponible en: <https://www.aapa.org.ar/rapa/39/1/02-GM-Coria%20-%20comunicacion.pdf>
- Cristofanelli, S., Antonini, M., Torres D., Polidori, P. and Renieri, C. 2004. Meat and carcass quality from Peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*), Meat Science. Elsevier, 66(3), pp. 589-593. doi: 10.1016/S0309-1740(03)00174-8.
- Echenique, M., Chavez, M. F., Vittar, M. C. y Longoni, A. 2014. La Producción y Comercialización de Carne de la Agricultura Familiar en la Puna Jujeña: Análisis de Sistemas Ganaderos, Tramas Comerciales Y Marcos Normativos para el Diseño de Estrategias de Desarrollo. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/Llamas/33-inta_carnes.pdf
- Entrocassi, G. S., Hormigo, D.F., Gavilán, R.G. and Sánchez-Mata, D. 2014. Bioclimatic typology of Jujuy Province (Argentina), Lazaroa. Universidad Complutense de Madrid (UCM), 35(0). doi: 10.5209/REV_LAZA.2014. V35.42366.
- Feliu, M. S., Fernández, I. and Slobodianik, N. 2021. Importancia de los ácidos grasos omega 3 en la salud, Actualización en Nutrición, 22(1), pp. 25-32. doi: 10.48061/san.2021.22.1.25.
- Ference, B. A., Ian Graham, I., Tokgozoglul, L., and Alberico L. Catapano. 2018. Impact of Lipids on Cardiovascular Health: JACC Health Promotion Series, Journal of the American College of Cardiology. American College of Cardiology Foundation Washington, D.C., 72(10), pp. 1141-1156. doi: 10.1016/J.JACC.2018.06.046.

- García, P. T., Casal, J.J., Fianuchi, S., Magaldi, J.J., Rodríguez, F.J. and Nancuqueo, J.A. 2008. Conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids in muscle lipids of lambs from the Patagonian area of Argentina, *Meat Science*, 79(3), pp. 541-548. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.12.009.
- Gerasimenko, N. and Logvinov, S. 2016. Seasonal Composition of Lipids, Fatty Acids Pigments in the Brown Alga *Sargassum pallidum*: The Potential for Health. G.B. Elakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, *Open Journal of Marine Science*. Available at: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/journal/paperinformation.aspx?paperid=71279](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/journal/paperinformation.aspx?paperid=71279)
- Gil, A., Huertas, S.I., Castro, L.Y., Kremer R. y Urrestarazu V. 1999. Composición de la Carne Ovina de Animales de Raza Corriedale Producida en Uruguay, XXVII Jornadas Uruguayas de Buiatria. Pp. 22-24. Disponible en: https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/612/JB1999_P22-24.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hocquette, J. F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C. and Pethicket, D. W. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers, *Animal: an international journal of animal bioscience*. *Animal*, 4(2), pp. 303-319. doi: 10.1017/S1751731109991091.
- InfoStat .2008. InfoStat Software Estadístico, versión 2008. Manual del Usuario, FCA Universidad Nacional de Córdoba, (November 2015), p. 334. Available at: https://www.researchgate.net/publication/283491340_Infostat_manual_del_usuario.
- Jaurena, G. y Wawrzkiwicz, M. 2009. "Protocolo determinación de Materia Seca". PROMEFA Disponible en: https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/cisna/promefa_procedimientos_2009.pdf
- Joris, P. J. and Mensink, R. P. 2016. Role of cis-Monounsaturated Fatty Acids in the Prevention of Coronary Heart Disease, *Current Atherosclerosis Reports*. *Current Atherosclerosis Reports*, 18(7). doi: 10.1007/s11883-016-0597-y.
- Labarta, F. E. Farfán, N.B., Chavarria, N., Echenique, M., Perea, A.R., Quintana, A. L., Zimerman, M. y Grigioni, G. 2022. Efecto de dos niveles de suplementación sobre la respuesta productiva de llamas (*Lama glama*) en pastoreo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 30(2), pp. 109-120. doi: 10.53588/ALPA.300205.
- LLamas, H. (2007) Desarrollo del Encadenamiento Productivo de la Llama en la Provincia de Jujuy, República Argentina. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_de_camelidos/Llamas/29-CEPAL.pdf
- Latimori, N. J., Kloster, A.M., García, P.T., Carduza, F.J., Grigioni, G. y Pensel, N.A. 2013. Efecto de la dieta y del genotipo sobre indicadores de calidad de carne bovina producida en la Región Pampeana Argentina. *Avances en la calidad de carnes bovinas*. Programas carne INTA. Sitios Argentino de Producción Animal. Pp 27-35. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286211678_Grasa_intramuscular_y_perfil_de_acidos_grasos_de_la_carne_de_novillos_con_diferentes_estrategias_de_recria_o_terminacion
- Mamani-Linares, L. W. and Gallo, C. 2013. Effects of supplementary feeding on carcass and meat quality traits of young llamas (*Lama glama*), *Small Ruminant Research*. Elsevier, 114(2-3), pp. 233-239. doi: 10.1016/J.SMALLRUMRES.2013.06.011.
- Mamani-Linares, L. W., Cayo, F. y Gallo, C. 2014. Efecto de la estación del año sobre la composición proximal y perfil de ácidos grasos de carne de llamas en crianza extensiva, *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Vicerectorado de Investigación, 24(4). doi: 10.15381/RIVEP.V24I4.2727.
- Mancheno, C. F., Tello, I. S. and Herrera, T. S. 2021. Proximal, Microbiological and Color Evaluation and Comparison of the Meat of Llamas (*Lama glama*) and Alpacas (*Vicugna pacos*), *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 1(5), pp. 1413-1424. doi: 10.18502/epoch.v1i5.9585.
- McNeill, S. and Van Elswyk, M. E. 2012. Red meat in global nutrition, *Meat Science*. Elsevier Ltd, 92(3), pp. 166-173. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.03.014.
- Ministerio de Salud de la República Argentina (2020) Guías alimentarias para la población argentina. Available at: <https://bancos.salud.gob.ar/recurso/guias-alimentarias-para-la-poblacion-argentina> (Accessed: 1 March 2022).
- Nettleton, J. A., Brouwer, I. A., Geleijnse, J. M. and Hornstraet, G. 2017. Saturated Fat Consumption and Risk of Coronary Heart Disease and Ischemic Stroke: A Science Update, *Annals of Nutrition and Metabolism*, 70(1), pp. 26-33. doi: 10.1159/000455681.

- Pereira, P. M. de C. C. and Vicente, A. F. dos R. B. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet, *Meat Science*. Elsevier Ltd, 93(3), pp. 586–592. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.09.018.
- Polidori, P., Renieri, C., Antonini, M., Passamonti, P. and Pucciarelli, F. 2007 Meat fatty acid composition of llama (*Lama glama*) reared in the Andean highlands, *Meat Science*, 75(2), pp. 356–358. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.07.010.
- Popova, T., Limachi, J., Tejada, L., Mollinedo, M. y Peñarrieta, M. J. 2020. Composición De Ácidos Grasos En Carne De Llama De Mercados Bolivianos, Observación De Tres Mercados Diferentes, *Revista Boliviana de Química*, 37(2), pp. 64–73. doi: <https://www.redalyc.org/journal/4263/426364517001/html/>
- Ruiz De Huidobro, F., Miguel, E., Blázquez, B. and Onegaet, E. 2005. A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat', *Meat Science*. Elsevier, 69(3), pp. 527–536. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2004.09.008.
- Sales-Campos, H., Reis de Souza, P., Peghini, B. C., Santana da Silva, J. and Ribeiro Cardoso, C. 2013. An Overview of the Modulatory Effects of Oleic Acid in Health and Disease, *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*. Bentham Science Publishers Ltd., 13(2), pp. 201–210. doi: 10.2174/138955713804805193.
- Salvá, B. K., Zumalacárregui, J. M., Figueira, A. C., Osorio, M. T. and Mateo, J. 2009 Nutrient composition and technological quality of meat from alpacas reared in Peru, *Meat Science*. Elsevier Ltd, 82(4), pp. 450–455. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.02.015.
- Siriwardhana, N., Kalupahana, N. S. and Moustaid-Moussa, N. 2012. Health Benefits of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids. Eicosapentaenoic Acid and Docosahexaenoic Acid. 1st edn, *Advances in Food and Nutrition Research*. 1st edn. Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-0-12-416003-3.00013-5.
- Smith, M. A., Bush, R. D., van de Ven, R. J. and Hopkinset, L. D. 2017. The effect of grain supplementation on alpaca (*Vicugna pacos*) production and meat quality, *Small Ruminant Research*. Elsevier B.V., 147, pp. 25–31. doi: 10.1016/J.SMALLRUMRES.2016.11.024.
- Thompson, J. 2002. Managing meat tenderness, *Meat Science*. Elsevier, 62(3), pp. 295–308. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00126-2.
- Ulbricht, T.L. and Southgate, D.A. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, 338, 985–992. doi:10.1016/0140-6736(91)91846-M.
- Valsta, L. M., Tapanainen, H. and Männistö, S. 2005. Meat fats in nutrition, *Meat Science*. Elsevier, 70(3), pp. 525–530. doi: 10.1016/J.MEATSCI.2004.12.016.