

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLOGICO AGROPECUARIAS



EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE PESCADO ARTESANAL EN LA ALIMENTACIÓN DE OVINOS DE PELO EN FINALIZACIÓN, SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE

Presenta:

M. V. Z. ABEL DE JESÚS HERNÁNDEZ CERÓN

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:
Maestría en Ciencias en el Área de Ciencias Zootécnicas y Veterinarias

Directora:

DRA. YISSEL SACNCITE VALDÉS GARCÍA

Codirector:

DR. JOSÉ LENIN LOYA OLGUÍN

Asesores:

DR. FRANCISCO ESCALERA VALENTE

Xalisco, Nayarit, a 15 de enero de 2020.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Centro Nayarita de Innovación y Transferencia de Tecnología (CENIT2), a la Universidad Autónoma de Nayarit, al Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, y a la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit por el apoyo recibido durante el desarrollo de esta investigación.

No podían faltar mi Directora, la Dra. Yissel Sacnicté Valdés García, Co-Director, Dr. José Lenin Loya Olguín y asesor Dr. Francisco Escalera Valente, quienes en todo momento me ofrecieron su ayuda y consejos para que este proyecto fuera realizado exitosamente.

Agradezco también a los Doctores Javier German Rodríguez Carpena, Horacio Dávila y Juan Carlos Robles, por el apoyo y todos los conocimientos transmitidos durante la realización de este proyecto.

A quien haya olvidado mencionar, muchas gracias.

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, a mi familia entera, a mi país México y a mí.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Oficio de aprobación del Comité tutorial	ii
Oficio de autorización por el Coordinador de Posgrado	iii
Agradecimientos	iv
Dedicatoria	v
Índice de contenido	vi
Índice de cuadros	ix
Índice de figuras	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPOTESIS	2
3. OBJETIVOS	2
3.1. Objetivo general	2
3.2. Objetivos específicos	2
4. REVISIÓN DE LITERATURA	3
4.1 Proteína de sobrepaso en la alimentación de rumiantes	3
4.2 Harina de pescado utilizada en la alimentación de rumiantes	4
4.3 Influencia de la alimentación animal con subproducto de pescado sobre el sabor de su carne	6
4.4 Características comparativas entre harina de pescado y pasta de soya	8
4.5 Características de la canal y la carne de ovinos	11
4.5.1 pH	11
4.5.2 Color	12
4.5.3 Contenido de grasa	13
4.5.4 Perfil de ácidos grasos	14
4.6 Oxidación lipídica	15

5. MATERIALES Y METODOS	18
5.1. Ubicación	18
5.2. Obtención de la harina de pescado	19
5.3. Unidades experimentales	19
5.4. Tratamientos	20
5.5. Recolección, manejo y análisis de muestras	21
5.5.1. Evaluación de la canal	21
5.5.2. Obtención de la muestra del musculo <i>Longissimus dorsi</i>	22
5.5.2.1. pH de la carne	22
5.5.2.2. Color de la carne	22
5.5.2.3. Obtención de la fracción lipídica de la carne y prueba de cromatografía	22
5.5.2.4. Prueba de estabilidad oxidativa de la carne	23
5.5.2.5. Análisis sensorial	23
5.6. Análisis estadístico	25
5.6.1. Perfil de ácidos grasos de la carne	25
5.6.2. Oxidación lipídica	25
5.6.3. Análisis sensorial	25
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
6.1. Composición nutricional de la harina de pescado	26
6.2. Perfil de ácidos grasos de la harina de pescado	27
6.3. Perfil de aminoácidos en la harina de pescado	30
6.4. pH de la carne	31
6.5. Color de la carne	32
6.6. Perfil de ácidos grasos en la carne	33
6.7. Oxidación lipídica (TBAR's)	35
6.8. Análisis sensorial	36
7. CONCLUSIONES	39
8. LITERATURA CITADA	40

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1.- Aporte proteico de alimentos suministrados en animales.	4
Cuadro 2.- Características nutricionales comparativas entre harina de pescado y harina de soya.	8
Cuadro 3. Experimentos realizados con harina de pescado y pasta de soya en dietas de ovinos.	9
Cuadro 4. Ácidos grasos y composición química proximal de harina de pescado y la pasta de soya.	10
Cuadro 5.- Características de pH en la canal ovina.	11
Cuadro 6.- Valores de color en la canal ovina.	13
Cuadro 7.- Porcentaje de grasa en diferentes músculos de la canal ovina.	14
Cuadro 8.- Ácidos grasos en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> en ovinos de Sonora, México	15
Cuadro 9.- Ingredientes de las dietas experimentales.	21
Cuadro 10.- Análisis bromatológico de la harina de pescado artesanal.	26
Cuadro 11.- Perfil de ácidos grasos de la harina de pescado artesanal.	28
Cuadro 12.- Porcentajes de los ácidos grasos encontrados en diferentes harinas de pescado.	29
Cuadro 13.- Aminoácidos de la harina de pescado artesanal.	30
Cuadro 14.- pH final del musculo <i>Longissimus dorsi</i> .	32

Cuadro 15.- Color de la carne ovina.	33
Cuadro 16.- Comparación de medias del contenido de ácidos grasos entre tratamientos.	34
Cuadro 17.- Comparativo de contenido total de AGS, AGI y AGMI en carnes de borrego.	35
Cuadro 18.- Prueba de especies reactivas al ácido túiobarbiturico (TBARs).	36
Cuadro 19.- Análisis sensoriales de la carne de ovinos alimentados con diferentes niveles de harina de pescado.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.- Contenido de proteína de diferentes harinas de pescado	26
Figura 2.- Total de ácidos grasos encontrados en diferentes harinas de pescado	27
Figura 3.- Principales aminoácidos encontrados en diferentes harinas	31

	de pescado.	
Figura 4.-	Principales AGS y AGI.	35
Figura 5.-	Análisis sensorial de la carne de ovinos alimentados con diferentes niveles de harina de pescado.	37

RESUMEN

El objetivo del experimento fue evaluar el comportamiento productivo, características de la canal y calidad de la carne de borregos en finalización alimentados con harina de pescado artesanal (HPA), la cual fue elaborada con residuos de pescado del fileteado en la zona costera del estado de Nayarit. Se determinó la composición química y perfil de ácidos grasos de la HPA antes de incluirla como fuente proteica en dietas isocalóricas e isoproteicas que además contenían grano de maíz quebrado, pasto sudan, urea, pasta de soya, melaza y

mezcla mineral. Los tratamientos fueron: 0, 3.5 y 7% de inclusión de harina de pescado en las dietas. Se utilizaron 36 ovinos de pelo, machos enteros de 35 ± 6.65 kg, los cuales se distribuyeron al azar en los tres tratamientos. Se alojaron dos individuos por jaula y cada jaula fue tomada como unidad experimental. Se midió el peso a los días 0, 15 y 30, para obtener la ganancia total y diaria de peso, consumo y conversión alimenticia. Al sacrificio, se obtuvo el peso de la canal caliente. A las 24 horas se obtuvieron los pesos de la canal fría, rendimiento en frío y muestras del musculo *Longissimus dorsi*, con las cuales se realizaron pruebas de pH, color, contenido de grasa, perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases, estabilidad oxidativa y una prueba sensorial. La HPA presentó 57% de proteína cruda. No se observaron diferencias entre tratamientos en las ganancias de peso, rendimiento de canal, el color, el pH, estabilidad oxidativa y parámetros de la a prueba sensorial. El perfil de ácidos grasos de la carne únicamente reflejó diferencias en los ácidos C17, C21 y C22:6. Se concluye que la HPA contiene un similar porcentaje de proteína que harinas comerciales; además, puede ser incluida en la dieta hasta 7% sin afectar la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia del animal, rendimientos de la canal, las características de la canal y la calidad de la carne.

ABSTRACT

The objective of the experiment was to evaluate the productive performance, the carcass characteristics and the meat quality of finishing fed with craft fishmeal (HPA) elaborated with by-product form filleted fish waste from the coast area of Nayarit, México. The chemical composition and profile of fatty acids were determined before its as a protein source in isocaloric and isoproteic diets that contained cracked corn, Sudan grass, urea, soybean meal, sugarcane molasses and mineral mixture. The treatments were: 0, 3.5 and 7% of inclusion in the diets.

Thirty-six uncastrated hair lambs of 35 ± 6.65 kg were randomly distributed in three treatments. Two individuals were housed per pen and each was taken as an experimental unit. The weight was measured at 0, 15 and 30 d, to obtain the total and daily gain of weight, dry matter intake and feed conversion. At slaughter, the weight of the hot carcass was obtained. After 24 hours, the cold carcass weights, cold carcass yield and samples of the *Longissimus dorsi* muscle were obtained, which were tested for pH, color, fat content, fatty acid profile by gas chromatography, oxidative stability and a sensorial test. The HPA presented 57% of crude protein. No differences were found between treatments in the weight gains, carcass yield, color, pH, oxidative stability and parameters of the sensory test. The fatty acids C17, C21 and C22: 6 were different among treatments. In conclusion, HPA is similar to commercial fish meal in protein content; In addition, HPA up to 7% can be included in the diet without effect on the daily weight gain, feed conversion, carcass yields, carcass characteristics and meat quality.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la relación negativa que existe entre la mala alimentación y la productividad animal (Huq *et al.*, 1995); una parte del déficit en el abasto de carne ovina en el país puede ser causado por problemas nutricionales. Además, los costos de alimentación pueden alcanzar el 86% en la etapa de engorda establecida, sin considerar el costo de los corderos (Maceda *et al.*, 2014). Los alimentos proteicos, como la pasta de soya, presentan costos elevados y un déficit en el mercado. (Ružić-Muslić *et al.*, 2014; Church *et al.*, 2009).

Por lo tanto, es necesario encontrar alimentos accesibles que contengan los nutrientes adecuados para los animales y además influyan positivamente, o no afecten en las características de la canal (Ballin, 2010. Torrescano *et al.* 2009;), como la harina de pescado artesanal obtenida a partir de los residuos de la industria pesquera.

Nayarit en 2014 produjo el 2.29% del producto pesquero bruto del país, que equivale a 37, 561.92 toneladas (SIAP, 2016), de las cuales solamente del 50 al 60% es aprovechable (Mattos *et al.* 2003). Los residuos restantes, como esqueletos, colas, pescado no comestible o no comercial, favorecen la proliferación de microorganismos que contaminan el aire (olores nauseabundos), el suelo y el agua (superficial o subterráneo) cuando no son aprovechados.

Para reducir los problemas de desnutrición por falta de proteína de buena calidad y al mismo tiempo dar una alternativa ecológica para la utilización de los residuos de la industria pesquera, se ha propuesto utilizar harina de pescado (HP), en la alimentación de animales domésticos (Valdés-García *et al.* 2016). La harina pescado elaborada de forma artesanal tiene características nutricionales similares respecto a la comercial a un menor costo (Núñez, 2016).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto que tiene la harina de pescado artesanal en la alimentación de ovinos de pelo en finalización, sobre el comportamiento productivo, características de la canal y calidad de la carne.

2. HIPÓTESIS

La harina de pescado elaborada de manera artesanal puede ser incluida en la alimentación de ovinos en finalización sin afectar la respuesta productiva, las características de la canal y la calidad de la carne.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar la inclusión de harina de pescado elaborada de manera artesanal en el comportamiento productivo, características de la canal y calidad de la carne en ovinos.

3.2 Objetivos específicos

1. Elaborar harina de pescado artesanal (HPA) y determinar su composición química.
2. Determinar el perfil de ácidos grasos y aminoácidos de la harina de la HPA.
3. Evaluar el comportamiento productivo de ovinos alimentados con diferentes niveles de HPA.
4. Evaluar el efecto de la harina de pescado sobre las características de la canal y la calidad de la carne.
5. Determinar el perfil de ácidos grasos de la carne de ovinos alimentados con diferentes niveles de HPA.
6. Determinar la estabilidad oxidativa que presenta la carne de ovino obtenida en el experimento.
7. Realizar una prueba sensorial de consumidor con la carne de ovino obtenida en el experimento.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Proteína de sobrepaso en la alimentación de rumiantes

Las proteínas son compuestos orgánicos formados por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos.

Los aminoácidos que no se sintetizan en los tejidos animales de manera suficiente para satisfacer las necesidades metabólicas y deben ser agregados a la dieta se

denominan esenciales o indispensables, mientras que no se necesitan en la dieta, porque su síntesis en los tejidos, es adecuada se denominan no esenciales (Church *et al.*, 2009).

En el rumen la mayor parte de la proteína del alimento ingerido se descompone en péptidos y aminoácidos, los cuales servirán como fuente de nitrógeno (N) para la síntesis de proteína por parte de los microorganismos ruminales, quienes degradarán todavía más estos compuestos hasta transformarlos en ácidos orgánicos, amoníaco y bióxido de carbono (Church *et al.*, 2009).

Algunas fuentes proteínicas se digieren de manera incompleta en el rumen y pasan al intestino delgado parcialmente intactas acompañadas por las proteínas microbianas, donde pueden ser hidrolizadas por enzimas proteolíticas del animal hospedante, esta clase de proteína se conoce como proteína de desviación, proteína no degradable en rumen (PNDR) o proteína “by-pass” y se ha sugerido que una cierta cantidad de esta proteína es necesaria para alcanzar los máximos rendimientos por el animal en cuanto a crecimiento y producción de leche (Ravi *et al.*, 2005).

Las proteínas pueden ser protegidas de la degradación en el rumen por encapsulación con lípidos; calor; presencia natural de algunos compuestos como taninos en los forrajes; conversión química en derivados, tratamiento con formaldehído o uso de inhibidores de la desaminación microbiana de aminoácidos (Soto y Reinoso, 2008; Curch *et al.*, 2009; Ram, 1998).

La suplementación con PNDR estimula la actividad microbiana ruminal, aumenta la digestión de la fibra, el consumo de forraje y la velocidad del vaciado ruminal, debido a que aporta directamente proteína metabolizable e indirectamente mejora la utilización de nitrógeno por parte de los microorganismos del rumen a través del reciclado de N desde la sangre y la saliva hacia el rumen (Wickersham *et al.*, 2004).

Los suplementos proteicos altos en PNDR comúnmente usados (Cuadro 1), son harina de pescado, harina de hueso y carne, harina de plumas, harina de sangre,

harina de gluten de maíz, granos secos de destilería con y sin solubles, y granos cervecedores secos o húmedos (Santos *et al.* 1998, Ružić-Muslić *et al.*, 2014; Ram, 1998).

Cuadro 1. Aporte proteico de alimentos suministrados en animales.

Origen vegetal				
Harinas/Fuente	PB ¹ (%MS)	PDR ² Kg MS	(g/ Kg MS)	PNDR ³ (g/Kg MS)
Soya	49,9	324		175
Girasol	25,9	207		52
Semilla de algodón	44,0	251		189
Gluten de maíz	46,8	178		290
Origen animal				
Pescado	67,9	272		407
Sangre	93,8	234		704
Carne	58,2	262		320
Plumas	85,8	257		601

PB¹: Proteína Bruta; PDR²: Proteína Degradable en Rumen; PNDR³: Proteína No Degradable en Rumen (NRC 1996).

4.2 Harina de pescado utilizada en la alimentación de rumiantes

La industria de la harina y aceite de pescado empezó en el norte de Europa a principios del siglo XIX, con el procesamiento de Arenque (*Culpea spp.*). A partir de este pez se producía principalmente aceite para elaborar jabones, glicerolés y productos para el curtimiento de pieles. Los residuos se usaban como fertilizantes. Posteriormente se procesó como harina para la alimentación animal (Martin y Flick, 1990; Stansby y Karrick, 1963).

En México la producción de harina de pescado (HP), se inició en 1938, cuando la empresa Pescaderías del Pacífico S. A. instaló la primera planta reductora de pescado, siendo la materia prima los desperdicios (viseras y espinas), del proceso del enlatado de atún, sardina y macarela (Corrales, 1988). Actualmente el 87% de la pesca mundial se destina para consumo humano y el 13% restante se utiliza en la elaboración de harina, extracción de aceite u otros usos (FAO, 2016). De cada 1000 kg de materia prima se obtienen 212 kg de HP, 108 kg de aceite y 680 kg son desperdicio, (Cabrera, 2002).

La harina de pescado (HP), es un alimento con alto valor biológico que puede tener entre 60 y 70% de proteína bruta (dependiendo del tipo de pescado que se utilice en su elaboración), y su digestibilidad es cercana al 90% (Graü *et al.*, 2007). Además, contiene vitaminas del complejo B, incluyendo la colina, la vitamina B₁₂ así como vitamina A y D. También contiene una alta proporción de aminoácidos esenciales altamente metabolizables, principalmente metionina, cisteína, lisina, treonina y triptófano (Ružić-Muslić *et al.*, 2014). Además, la HP mejora el balance entre nutrientes esenciales incluyendo fosfolípidos, ácidos grasos (DHA o ácido docosahexaenoico y EPA o ácido eicosapentaenoico), y minerales para un óptimo desarrollo, crecimiento y reproducción (Zaldivar, 2002).

La HP es una fuente de proteína de sobre paso porque en la cocción a altas temperaturas, durante su elaboración, la proteína se adhiere a las membranas celulares, reduciendo así el ataque de los microorganismos ruminales.

La HP ha sido utilizada en la alimentación de diversas especies rumiantes principalmente como sustituto de la pasta de soya, aumentando el porcentaje proteico de la leche en vacas (Abu-Ghazaleh *et al.* 2001), ovejas (Valdés-García *et al.* 2016), e incrementando la eficiencia alimenticia en corderos (Beerman *et al.* 1986; Ružić-Muslić, 2006), y renos (Finstad *et al.*, 2007).

4.3 Influencia de la alimentación animal con subproductos de pescado sobre el sabor de la carne

Los ácidos grasos de cadena larga omega 3 son favorables para el desarrollo del cerebro y muy eficaces en la prevención de problemas cardiovasculares por sus efectos anti aterogénicos y anti trombóticos, (Smesny *et al.*, 2015). Sin embargo, diversos autores reportan que la incorporación de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPCL) a la dieta de animales de abasto mediante suplementos ricos en ácidos omega-3 de origen marino, como el aceite y la harina de pescado, pueden deteriorar la calidad de este alimento al producir olores y sabores desagradables, y mayor fluidez de la grasa, lo cual causa rechazo por el

consumidor, (Tseng *et al.*, 2000; Calkins *et al.*, 2007). Por ejemplo, en pavos, el sabor de la carne fue afectado cuando se incluyó 0.4% de aceite de hígado de bacalao y 14% de harina de pescado (HP) en la dieta, (Marsden *et al.* 1952), al igual que en cuyos (Mattos *et al.* 2003), y pollos de engorda (Al-Marzooqi 2010) al exceder el 20% de ensilado de pescado en la ración. Sin embargo, en pollos de engorda usando solamente el 8% de HP por 42 días, se observó mayor cantidad de ácidos grasos insaturados en la carne sin afectar las características sensoriales (Eying *et al.*, 2013).

Por otra parte, en rumiantes como el reno, no se reportan sabores a pescado ni diferencias en los atributos sensoriales en la carne de animales alimentados con soya o harina de pescado (Finstad *et al.*, 2007). En corderos alimentados con una mezcla de aceite de pescado (7.5 g/kg MS), la carne presentó un incremento lineal de ácido vaccénico, EPA y DHA, mientras que la presencia de ácido esteárico disminuyó (Ferreira *et al.*, 2014), por lo cual, a pesar de no haber evaluado el sabor de la carne, podría significar un cambio en el sabor de esta. Sin embargo, en ovejas de la raza Omani alimentadas con 200 g/kg MS de ensilado de pescado; un panel sin entrenamiento no encontró diferencias entre carne de animales alimentados con soya y animales alimentados con ensilado de pescado (Al-Abri *et al.*, 2017).

De acuerdo con la fisiología del rumiante, la hidrólisis y biohidrogenación de los ácidos grasos presentes en el alimento es realizada por los microorganismos ruminales (Martinez *et al.* 2010), y únicamente de 10 a 15% de los AGPI de la dieta escapan la biohidrogenación por lo tanto la grasa que aparece en el intestino delgado poco parecido a la ingerida (Givens *et al.*, 2006), disminuyendo así las posibilidades de transmitir olores y sabores relacionados con el pescado.

4.4 Características comparativas entre harina de pescado y pasta de soya

Probablemente, de todas las deficiencias de nutrientes, la más común sea una cantidad inadecuada de proteínas (nitrógeno o aminoácidos), ya que la mayor

parte de las fuentes de energía son bajas en proteína y los complementos proteicos son caros (Ružić-Muslić *et al.*, 2014; Ram, 1998).

La pasta de soya (HS) se ha caracterizado como un ingrediente básico para la nutrición animal (el más usado a nivel mundial), principalmente por su contenido de proteína que fluctúa entre 44 y 49% (Cuca y Ávila, 1978).

La harina de pescado, por su parte, tiene cualidades como un buen balance de lisina (15%) y metionina (5%), (Schwab, 1994); y su contenido de proteína de alto valor biológico fluctúa entre 60 y 70% (dependiendo del tipo de pescado que se utilice en su elaboración), (Graü *et al.*, 2007).

En los cuadros 2, 3 y 4 se muestran los análisis proximales de HS comercial y HP comercial y artesanal, una comparativa entre diversos experimentos en los que ambos alimentos proteicos, han sido incorporados a las dietas de animales y se describen brevemente los efectos obtenidos a nivel productivo y cárnico. Y finalmente, encontramos una comparación entre los perfiles lipídicos de los ingredientes antes mencionados.

Cuadro 2. Características nutricionales comparativas entre harina de pescado y harina de soya.

Ingredientes utilizados	Parámetro	%	
		HS ¹	HP ²
HP de <i>Engraulis spp.</i> Comparada con HS comercial de Molinera Cherry-Cuba (Álvarez, 2007).	Proteína Cruda	44.2	62
	Extracto etéreo	2.8	6.5
	Fibra cruda	5.9	1.1
	Ceniza	16.2	21.8
	E. libre de nitrógeno	30.9	8.6
HP artesanal Comparada con HS comercial (Núñez, 2015).	Materia seca	91.7	97.5
	Proteína Cruda	49.3	50.8
	Extracto etéreo	2.8	9.4
	Ceniza	7.5	22.7

<i>Ingredientes</i>	SG ¹	SSGC ²	SSG ³	CPS ⁴	HPA ⁵	HPS ⁶
M. seca	90	90	89	92.5	92	92
Proteína	38	44	47.5	66.6	65.5	64.5
Grasa	18	1.1	0.9	-	7.6	9.6
Fibra	5	7.3	3.4	3.5	1	0.7
Cenizas	4.5	6.3	5.8	5.5	14.3	19
Calcio	3	4.2	2.5	2.2	37.3	51.9
Fosforo	6.5	9.4	5.9	7	24.3	21.88
Potasio	21.1	11.9	17	21	9	70
Magnesio	2.9	6.9	2.1	2.5	2.4	1.5
Cobre	0.023	0.004	0.016	0.016	0.009	0.001
Hierro	0.14	0.031	0.08	0.11	0.22	0.554
Manganeso	0.031	0.019	0.03	0.03	0.01	0.037
Zinc	0.052	0.098	0.54	0.061	0.103	0.144

SG¹: Harina de soya totalmente grasa; SSGC²: Harina de soya desgrasada (Con cascara); SSG³: Harina de soya desgrasada (Sin cascara); CPS⁴: Concentrado proteico de soya; HPA⁵: Harina de pescado (anchoveta); HPS⁶: Harina de pescado (sardina), Silva (2011).

Cuadro 3. Experimentos realizados con harina de pescado y pasta de soya en dietas de ovinos.

Características y tratamientos	Efecto logrado
Sustitución del 3% de PS* con HP* en dietas con 13% de proteína cruda en machos castrados y hembras raza Suffolk, con pesos entre 25 y 26 kg.	Mayor ganancia de peso para la dieta con HP, (Wals et al. 1998).
5 ovinos por tratamiento con pesos de 21 kg (+-2 kg)	Control (cebada, PS* y minerales) HP no mejoro la eficiencia de la dieta, ni tampoco afecto la composición de la canal incluidos los

HP* al 5% por 55 y 105 días

HP* al 10% por 55 y 105 días

depósitos grasos. (Atti et al. 2007).

Sustitución de PS* por HP* en dietas con 12.7% y 13.52% de proteína cruda en 13 borregas raza Pelibuey con un peso de 38±7 kg, y 114 días de gestación.

Aumento en el contenido de proteína de leche sin modificar la producción y contenido de los demás nutrientes (Valdés-García et al. 2016).

HP*.- Harina de pescado; HS*.- Pasta de soya

Cuadro 4. Ácidos grasos y composición química proximal de harina de pescado y la pasta de soya.

Parámetro	Harina de pescado	Pasta de soya
Proteína cruda	66.71	46.17
Grasa cruda	6.68	1.08
Fibra cruda	0.4	3.9
Materia seca	89.42	86.84
Cenizas	15.41	6.86
E. libre de nitrógeno	0.2	28.82
Composición de ácidos grasos		
14:00	4.48	1.53
15:00	0.35	-
16:00	27.48	23.14
17:00	0.58	-

18:00	7.28	7.12
16:1n-7	4.41	1.04
18:1n-7	4.86	2.56
18:1n-9	9.28	16.04
18:2n-6	0.91	40.14
18:3n-6	0.4	5.41
18:3n-3	1.05	0.77
20:4n-6	1.34	-
20:5n-3	16.02	-
22:5n-3	0.95	-
22:6n-3	18.52	-
AGS*	40.17	32.2
AGMI*	18.55	19.64
AGPI*	39.19	46.32
n-3 PUFA	36.54	0.77
n-6 PUFA	2.65	45.55
n-3/n-6	13.78	0.14

AGS: Ácidos grasos saturados; AGPI: ácidos grasos poliinsaturados; AGI: ácidos grasos insaturados; AGMI: ácidos grasos mono insaturados. Gümüş, (2011).

4.5 Características de la canal y la carne de ovinos

Diferentes factores como la raza, el peso al sacrificio, la alimentación, entre otros, afectan la composición y calidad de la canal ovina (Hopkins *et al.* 2011; D'Alessandro *et al.* 2015; Santos *et al.* 2015; Camacho *et al.* 2016; Torrescano *et al.* 2009; Costa *et al.* 2010).

4.5.1 pH

El sacrificio del animal ocasiona la disminución de oxígeno muscular, un metabolismo anaerobio y acumulación de ácido láctico que provoca la reducción del pH, desde valores próximos a 7 en el animal vivo, hasta valor entre 5.3 y 5.7 a

las 24 horas post-mortem. (Pérez y Ponce, 2013). Las características de color, jugosidad y textura, además de otras propiedades como la capacidad de retención de agua (CRA) y la capacidad de emulsión (CE), dependen en gran medida del pH en la carne (Pérez y Ponce 2013; Braña *et al.* 2011).

Algunos valores de pH obtenidos en canales ovinas son:

Cuadro 5. Características de pH en la canal ovina

Razas utilizadas	Tiempo post mortem.	Peso	Valores
Canaria de lana (Camacho et al, 2016).	45 minutos	10 kg	6.9
		25 kg	6.66
	24 horas	10 kg	5.97
		25 kg	5.58
Canaria de pelo (Camacho et al, 2016).	45 minutos	10 kg	6.73
		25 kg	6.71
	24 horas	10 kg	5.77
		25 kg	5.61
Dorper x katahdin	24 horas	51.3 kg	5.7
Dorper x katahdin (con clorhidrato de zilpaterol 0.2mg/kg) (Leyva, 2015).	24 horas	53.6 kg	5.8

4.5.2 Color

El color de la carne fresca es el principal atributo que influye en la decisión de compra (Calnan *et al.* 2016), dado que el consumidor asocia el color con el grado de frescura y calidad (Brewer *et al.*, 2002).

Esta característica de la carne depende principalmente del contenido de mioglobina (Mb) y de la proporción de las diversas formas en que se encuentra este pigmento (oximioglobina y metahemoglobina principalmente).

El contenido de Mb varía entre especies animales (bovinos 0.3-1%, porcinos 0.04-0.06 %, ovinos 0.2-0.6 %) por factores como la raza, género, edad, tipo de

músculo y alimentación (Pérez y Ponce, 2013). Por ejemplo, Juárez *et al.* (2009), mencionó que ovejas de razas lecheras poseen carne más roja que ovejas de razas cárnicas.

Para medir el color de forma objetiva se utiliza comúnmente la metodología AMSA (1992), la cual consiste en cortar un trozo de carne perpendicular a las fibras musculares preferentemente de 2 cm de grosor y utilizar un colorímetro para determinar el rango de longitud de onda y absorbancia de la muestra, el cual se expresa como L, a y b o L*, a* y b* (esquema de vectores que se representan de forma tridimensional, y que están basados en la teoría de los colores opuestos).

El valor de L* (Luminosidad), tiene relación con la humedad de la carne (Carraspiso y García 2005) y en ovinos este valor disminuye conforme aumenta el peso del sacrificio (Majdoub-Mathlouthi *et al.* 2013), mientras que el valor de a* (rojo), aumenta (Calnan *et al.* 2016).

Cuadro 6. Valores de color en la canal ovina.

Raza	Tiempo post mortem	Peso al sacrificio	Valores		
			L*	a*	b*
Canaria de lana (Camacho <i>et al.</i> , 2016).	45 minutos	10 kg	43	17.4	5.13
		16 kg	40.2	18.3	2.26
		25 kg	39.2	19.3	2.16
	24 horas	10 kg	48.1	18.7	8.31
		16 kg	45.3	16.7	7.44
		25 kg	43.9	19.6	6.08
Canaria de pelo (Camacho <i>et al.</i> , 2016).	45 minutos	10 kg	43	16.4	2.69
		16 kg	39	16.7	2.17
		25 kg	37.1	17.1	2.13

	24 horas	10 kg	49.2	16	7.25
		16 kg	45	17.7	8.34
		25 kg	43.7	18	6.06
Dorper x katahdin (Leyva, 2015).	24 horas	51.3 kg	28.9	16.5	16.4
Dorper x katahdin con clorhidrato de zilpaterol 0.2mg/kg (Leyva, 2015).	24 horas	53.6 kg	29.5	14.1	13.5

L*, a* y b* (esquema de vectores que se representan de forma tridimensional, y que están basados en la teoría de los colores opuestos).

4.5.3 Contenido de grasa

Los lípidos de la carne se encuentran principalmente en el tejido adiposo y en la grasa intramuscular. Su importancia radica en que la cantidad y calidad de estos pueden afectar la salud humana que los consume (D'Alessandro *et al.* 2013).

El contenido de lípidos en la carne fresca en México varía en función de especie, raza, edad y sistema de alimentación, se puede considerar que un valor cercano al 2.5% corresponde a la mayoría de las carnes magras, aunque los valores pueden variar entre 1 y 13% (USDA, 2008), tomando en cuenta que existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de lípidos y el contenido de agua (Callow, 1984).

La carne de ovino presenta poca grasa intramuscular. La mayoría de la grasa en esta especie se encuentra de forma externa, sobre el musculo, lo que facilita su retiro antes de ser consumida (Scerra *et al.*, 2011).

Comúnmente, para la extracción de grasa en muestras de carne, se utilizan mezclas de cloroformo-metanol (método de extracción en frio), el cual se caracteriza por ser una combinación de un solvente no polar (cloroformo) y uno polar (metanol), lo que permite la extracción de grasas tanto no polares como de aquellas polares (principalmente fosfolípidos asociados a membranas celulares) (Mariezcurrena *et al.*, 2010).

En el Cuadro 7 se enlistan los porcentajes de grasa obtenidos en diferentes músculos de la canal ovina:

Cuadro 7. Porcentaje de grasa en diferentes músculos de la canal ovina

Corte	Porcentaje de grasa
Pierna	16.2%
Lomo	24.8%
Chuletas torácicas	30.4%
Paletilla	23.9%

(Price, 1994)

4.5.4 Perfil de ácidos grasos

La proporción de grasa en la dieta es importante en la salud de los consumidores debido a que un desequilibrio entre ácidos grasos saturados e insaturados puede aumentar el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, coronarias y cardiovasculares (Cañeque *et al.* 2005).

Se ha observado que cerca de 36% de la grasa de los ovinos es saturada y el resto es poli o mono insaturada (Tshabalala *et al.* 2003), aunque este resultado puede variar de acuerdo a la raza, lugar de procedencia o al peso al sacrificio; por ejemplo, en ovinos de Sonora, México, 52.6% de los ácidos grasos son insaturados, teniendo a los ácidos oleico y linoleico en mayor cantidad con una proporción de 34.29 y 10.54% respectivamente Cruz-Gonzales *et al.* (2014) han reportado que conforme aumenta el peso al sacrificio de 10 a 25 kg, el porcentaje de ácidos grasos saturados disminuyen 2.83 y 4.76% (raza canaria de lana y pelo respectivamente), mientras que el porcentaje de ácidos grasos poli insaturados aumenta en las mismas proporciones Camacho *et al.* (2016). La importancia de estos últimos radica en su función como protectores de enfermedades cardiovasculares y sus propiedades anticancerígenas (Santos-Silva *et al.* 2002).

Cuadro 8. Ácidos grasos en el músculo *Longissimus dorsi* en ovinos de Sonora, México

Acido grasos	Nombre	Concentración porcentual
C10:0	Cáprico	0.427±0.118

C12:0	Láurico	1.487±0.794
C14:0	Mirístico	2.451±1.07
C15:0	Misristoleico	0.449±0.14
C16:0	Palmítico	30.31±2.92
C16:1n7	Palmitoleico	2.116±0.34
C17:0	Metil- palmítico	0.980±0.19
C18:0	Esteárico	13.207±1.53
C18:1n9 trans	Elaídico	1.529±1.05
C18:1n9 cis	Oleico	34.295±4.15
C18:2n6	Linoléico	10.549±3.16
C18:3n3	Linolénico	0.614±0.50
C20:4n6	Araquidónico	3.533±1.46

Cruz-Gonzales *et al.* (2014)

4.6 Oxidación lipídica

Después del contenido de agua y proteínas, el porcentaje de grasa es el tercer componente mayoritario en la carne (Farmer, 1994; Wood *et al.*, 2003).

La carne de ovino contiene grasa con elevado porcentaje de ácidos grasos insaturados (Cruz-Gonzales *et al.* 2014), lo cual, aunque resulta de interés desde el punto de vista de la salud humana, puede acarrear problemas tales como la oxidación lipídica, lo cual afecta negativamente a la calidad y vida útil de la carne. Este hecho es de gran importancia si tenemos en cuenta que autores como Church, (1993) y Martínez *et al.* (2010), mencionan que dietas con un alto contenido de ácidos grasos insaturados podrían escapar a la degradación ruminal y fijarse en el tejido adiposo de los rumiantes aumentando el porcentaje de grasa insaturada.

En la carne, los lípidos se encuentran localizados en el tejido adiposo y en el tejido muscular. La grasa intramuscular, es la fracción lipídica que se localiza entre las fibras musculares dando un aspecto de vetado (marmoleo). Su composición es similar al del tejido adiposo, pero es más susceptible a alteraciones oxidativas por estar en contacto con sustancias del músculo (Onega, 2003; Galián, 2007).

La oxidación de los lípidos es uno de los principales factores que limita la calidad y aceptabilidad de la carne y productos cárnicos, junto con el crecimiento microbiano

(Botsoglou *et al.*, 1994; Ruiz *et al.*, 2001; Carreras *et al.*, 2004). Este fenómeno puede provocar la pérdida de capacidad de retención de agua, alteraciones en el color de la carne, generación de aromas anómalos o la producción de compuestos tóxicos (Min y Ahn, 2005).

La oxidación de lípidos es un proceso que implica, principalmente, la participación de los ácidos grasos insaturados (AGI) y el oxígeno, formándose hidroperóxidos a partir de los ácidos grasos, en especial, de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI). En su fase de iniciación, se extrae un átomo de hidrógeno de una molécula de ácido graso y se forma un radical alquilo debido a la actuación de un agente iniciador de la oxidación lipídica. Estos agentes iniciadores pueden ser: la exposición a la luz, el calor, otros ácidos grasos oxidados, sistemas enzimáticos o químicos productores de especies reactivas de oxígeno (ROS), metales de transición, oxígeno molecular, hierro hemo (mioglobina y hemoglobina) o no hemo en estado oxidativo (Kanner, 1993, Rodríguez, 2011).

Con la liberación de peróxidos lipídicos se inicia la fase de propagación, que consiste en la reacción del radical libre (R^*) con el oxígeno molecular para formar el radical peróxido (ROO^*). Este radical puede sustraer un átomo de hidrógeno de otro ácido graso insaturado y propagar la reacción de cadena. Los hidroperóxidos ($ROOH$) formados pueden sufrir una separación homolítica para formar radicales hidróxilos (OH^*) y alcoxilo (RO^*) que serán los encargados de propagar las posteriores oxidaciones y llevar a cabo la cadena de ramificación (Hamilton *et al.*, 1997; Morrissey *et al.*, 1998).

Finalmente, la reacción de auto-oxidación termina con la neutralización de moléculas radicales entre sí, dando lugar a moléculas no radicales, o por descomposición de los peróxidos en otros compuestos como aldehídos, cetonas y alcoholes (Frank *et al.*, 1982).

El método más utilizado para determinar la oxidación de lípidos en alimentos, y en particular en la carne, es el índice de TBARS, que mide la cantidad de malondialdehído (MDA) que se produce como resultado de la peroxidación de las

grasas y que generalmente está altamente correlacionado con la calidad sensorial. Gray *et al.* (1996) sugirieron un valor umbral de 1 mg MDA/ kg carne para la detección organoléptica de la rancidez.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Ubicación

La harina de pescado se elaboró en la localidad “El Ahuacate” (980 msnm), ubicada en el municipio de Tepic, Nayarit a 980 msnm, con una precipitación anual de 2331.3 mm anuales en los meses de mayo a noviembre y con una temperatura máxima promedio anual de 35°C (Mapas Diarios de Temperaturas y Lluvia, 2016; PueblosAmerica, 2016).

Los contenidos de materia seca, ceniza y energía de la harina de pescado fueron determinados en el laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Unidad

Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), localizada en el kilómetro 3.5 de la carretera de cuota Compostela-Chapalilla y ubicada geográficamente entre los 21° 17' 46'' de latitud norte y los 104° 54' de longitud oeste, a 880 metros de altura, con clima caracterizado como semi-cálido, húmedo con una temperatura media anual de 22°C y una precipitación pluvial de 1,000 mm (UAMVZ-UAN, 2016). El perfil de aminoácidos de la HPA se midió por medio de un equipo con Infrarrojo Cercano (NIR), realizado por la empresa EVONIK.

Los contenidos de proteína, porcentaje de grasa, fibra cruda y perfil de ácidos grasos de la harina de pescado y de la carne de los borregos utilizados en el experimento se realizaron en el Centro Nayarita de Innovación y Transferencia Tecnológica (CENIT2) de la UAN, en Tepic, Nayarit, México.

La prueba de comportamiento, la obtención de muestras del musculo *Longissimus dorsi* y mediciones de la canal se realizaron en la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa (FMVZ-UAS) en Culiacán, Sinaloa. El sacrificio de los animales se realizó en el rastro municipal “Costa Rica” de Culiacán de Rosales, Sinaloa.

5.2 Obtención de la harina de pescado

La HP se elaboró con subproductos derivados del fileteado de pescado (pescados enteros sin valor comercial, cabezas, colas, espinazos y vísceras), en su mayoría pescado bagre (orden *siluriforme*), anguila (*Anguilla anguilla*), pez lisa (*Liza spp.*), pez luna (*Selene peruviana*), pez berrugata (*Umbrina roncadorensis*), entre otros; procedentes de una cooperativa de pescadores del municipio de San Blas, Nayarit.

La HP se obtuvo siguiendo los siguientes pasos:

Cocción: El subproducto de pescado se colocó en un recipiente con agua a 100°C, durante 25 minutos. Este proceso se lleva a cabo con el fin de eliminar gérmenes patógenos y separar la grasa (Orozco y García, 1981).

Prensado: Una vez cocido se exprimió de manera manual con ayuda de un recipiente de 70 litros (aproximadamente) con pequeñas perforaciones para la eliminación de agua mediante el prensado.

Secado: Se efectuó en un secador solar fabricado con plástico transparente. Esto para reducir el porcentaje de agua y evitar su contaminación durante el almacenamiento.

Molido: Se realizó con un molino de martillos (MAQUINOVA, MMB10, Iztacalco, México) con criba de un centímetro de diámetro, con el fin de homogeneizar el tamaño de partícula del producto, facilitar su consumo, manejo y almacenamiento (Paltrinieri, 1981).

5.3 Unidades experimentales

Se utilizaron 36 ovinos machos de pelo con un peso promedio de 35 ± 6.65 kg, en una prueba de comportamiento durante 30 días. Los ovinos se identificaron con arete numerado, se pesaron (báscula ganadera tipo individual NORAC, con indicador digital: Rice Lake Weighing System, Modelo IQ+335-2A), y se colocaron en parejas en 18 corrales de 6 m² cada uno, con comedero y bebedero de llenado manual. Cada corral se consideró como una unidad experimental, dando como resultado 6 repeticiones para cada tratamiento.

Antes de iniciar el periodo de adaptación de 4 semanas, los ovinos se trataron contra parásitos con Triclabendazol 10% y febendazol 10% (Saguaymic plus ®; 10mg/kg de peso vivo (PV), vía oral), se le aplicó vitamina A (5000 U. I. por kg/PV, vía intramuscular) como tratamiento preventivo contra Piroplasmosis y anaplasmosis (Ganaplus® Novartis), y se vacunaron contra Pasteurellosis neumónica vía subcutánea (Inmunovac 11 vías).

Todos los procedimientos con animales vivos se realizaron dentro de los lineamientos oficiales aprobados para el cuidado de los animales. NOM-051-ZOO-1995: Cuidado Humanitario de los animales durante la movilización de animales. NOM-062-ZOO-1995: Especificaciones técnicas para el cuidado y uso de animales de laboratorio, explotaciones ganaderas, granjas, centros de producción, reproducción y cría. NOM-024-ZOO-1995: cumplimiento de las estipulaciones de sanidad animal y las condiciones durante el transporte de los animales.

5.4 Tratamientos

Los ovinos fueron asignados aleatoriamente a tres tratamientos, los cuales se diferenciaron por el nivel de inclusión de la HP en las dietas experimentales. Los tratamientos fueron los siguientes:

1. 0% de Harina de pescado.
2. 3.5% de Harina de pescado.
3. 7% de Harina de pescado.

Los ingredientes y su porcentaje de inclusión en la dietas se muestran en el Cuadro 9. Las raciones fueron preparadas semanalmente en la planta de alimentos de la FMVZ-UAS con una mezcladora de alimentos horizontal con capacidad para 200 kg.

Cuadro 9.- Ingredientes de las dietas experimentales.

Ingrediente	Porcentaje de inclusión		
	T1	T2	T3
Heno de sudan	13.5	13.5	13.5
Maíz quebrado	63.5	63.25	63
Pasta de soya	12	9	6
Harina de pescado	0	3.5	7
Urea	0.5	0.25	0
Melaza de caña	8	8	8
Mezcla mineral	2.5	2.5	2.5

Todas las dietas experimentales se formularon para contener las mismas concentraciones de proteína y energía, para cubrir los requerimientos nutricionales en etapas de finalización (PM 15.43% y ENg 1.34 Mcal/kg/MS) de acuerdo al NRC (2007).

Durante el experimento, los borregos se alimentaron dos veces por día (09:00 y 16:00 h), en una proporción 30:70% aproximadamente, ajustando la ración para obtener el mínimo de rechazo (<5%). Para evaluar los sobrantes, los comederos se revisaron visualmente cada día de las 8:40 a las 8:50 horas, la ración vespertina de ese mismo día.

5.5 Recolección, manejo y análisis de muestras

5.5.1 Evaluación de la canal

Transcurridos los 30 días de la prueba los ovinos se transportaron al rastro municipal “Costa Rica” de Culiacán, Sinaloa, donde se registró el peso vivo al sacrificio del animal (PV), con un ayuno previo de 24 horas. Posterior al sacrificio se registró el peso de la canal caliente (PCC) y se calculó el rendimiento de la canal (RC) ($RC = PCC/PV$). Las canales se enfriaron a 2°C durante 24 horas y se pesaron las canales frías (PCF), para después trasportarlas a la sala de cortes y calidad de la carne de FMVZ-UAS, donde las canales fueron divididas longitudinalmente a la columna vertebral.

5.5.2 Obtención de la muestra del musculo *Longissimus dorsi*

De la media canal izquierda se obtuvo una porción del musculo *Longissimus dorsi* entre la 12va y 13va costilla hasta la 7ma vértebra lumbar.

5.5.2.1 pH de la carne

El pH se midió sobre el musculo *Longissimus dorsi* en 2 puntos con un potenciómetro previamente calibrado. El primer punto a los 45 minutos y el segundo a las 24 horas por la metodología propuesta por Honikel (1998).

5.5.2.2 Color de la carne

La determinación del color se llevó a cabo sobre la superficie del corte de filetes de lomo empacado al alto vacío, madurado durante 7 días a 4°C, congelado a -20°C por 14 días y descongelado para su evaluación exponiendo la superficie cortada durante 10-15 minutos con el fin de permitir la captación de oxígeno.

La valoración objetiva del color se realizó con un colorímetro portátil (Minolta modelo CR-410). Las mediciones se realizaron sobre tres puntos distintos del corte, expresándose los resultados medios a través del sistema de coordenadas CIELab (CIE, 1978). La coordenada L* varía de 0 (negro) a 100 (blanco), el valor de a* puede ser positivo (rojo) o negativo (verde) y el valor de b* también puede variar de positivo (amarillo) a negativo (azul).

5.5.2.3 Obtención de la fracción lipídica de la carne y prueba de cromatografía

Para la obtención de la grasa se utilizaron 5 g del músculo *Longissimus dorsi* obtenido entre la 12va y 13va costilla, sobre las cuales se realizó la prueba propuesta por Folch *et al.* (1957), que describe la obtención de la fracción lipídica de la carne por un método en frío, lo cual permitió el posterior análisis para determinar el perfil de ácidos grasos por medio de cromatografía de gases (Cromatografo de gases Bruker, modelo SCION TQ/SQ, columna capilar de polietilenglicol (BR-Swax) (30 m de longitud por 0.25 mm de diámetro interno por 0.25mm de grosor). El gas portador fue helio a una presión constante de 10 psi.

5.5.2.4 Prueba de estabilidad oxidativa de la carne

La valoración del grado de oxidación lipídica en carne fresca y carne cocida se realizó mediante el método del índice de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARs) (mg malondialdehído (MDA/ kg) por espectrofotometría. Se pesaron 5 g de muestra picada en tubos "falcon", los cuales se homogeneizaron con 15 ml de ácido perclórico (3.86%) durante 1 min aproximadamente en un homogenizador "homnimixer". Se añadieron 500µL de solución de BHT

(butilhidroxitolueno) (4.2%) en etanol. Los tubos se centrifugaron durante 4 min a 3000 r.p.m., retirando el extracto ácido en un matraz de vidrio graduado y aforado a 25 ml con ácido perclórico. El extracto se centrifugó nuevamente bajo las condiciones antes mencionadas. Se tomaron alícuotas de 2 ml del extracto por duplicado y se introdujeron en tubos de ensayo de vidrio con tapón de rosca. Se añadieron 2 ml de solución de TBA (ácido tiobarbitúrico) y se introdujeron los tubos en un baño de agua a 100°C durante 45 min. Transcurrido el periodo de incubación, las muestras fueron rápidamente enfriadas en un baño de agua fría durante 5 min. La cuantificación se realizó mediante la lectura espectrofotométrica a una longitud de onda de 532 nanómetros (nm) y los resultados fueron expresados en mg MDA/kg de muestra.

La cantidad de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico (TBARs) se calculó a través de una recta de calibrado, la cual se construyó utilizando la disolución del estándar TEP (tetra-etoxipropano).

5.5.2.5 Análisis sensorial

Con el fin de evaluar el efecto de la harina de pescado artesanal sobre los atributos sensoriales de la carne, se realizó un análisis sensorial comparando entre sí, carne de los tres tratamientos.

Las sesiones se realizaron durante la mañana (antes de las 14:00 h), con la participación de 70 catadores no entrenados; y se llevaron a cabo a través de una prueba sensorial de consumidores para preferencia-aceptación/hedónicas de categorías, la cual establece una escala ascendente o descendente en orden de preferencia o gusto con siete puntos.

Me gusta mucho	7
Me gusta moderadamente	6
Me gusta poco	5
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta poco	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta mucho	1

Los catadores no entrenados fueron estudiantes y personal de diferentes carreras de la Universidad Autónoma de Nayarit. La carne evaluada fue obtenida de los cortes del musculo *Longissimus dorsi*. Se seleccionaron 18 lomos de diferentes individuos, 6 por cada tratamiento, de los cuales se obtuvieron cortes de 1.5 cm de grosor salados con el 1% de su peso con sal común, cocidos en una parrilla eléctrica hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C y divididos en 4 porciones previo retiro perimetral de la porción grasa. Cada porción fue colocada en el espacio de un plato de plástico con tres divisiones y se le asignó un número de tres dígitos no consecutivos a cada espacio. En los otros dos espacios del plato fueron colocados de igual forma carne de los otros dos tratamientos para que el catador comparara la apariencia, el olor, el color y el sabor entre ellos y emitiera su evaluación marcando el enunciado que mejor correspondiera a su opinión.

Todas las pruebas sensoriales se llevaron a cabo en aulas de la Facultad de Alimentos y de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit, con espacios individuales, pero no aislados para cada catador y manteniendo las mismas condiciones de temperatura, luz, humedad ambiental.

5.6 Análisis estadístico

5.6.1 Perfil de ácidos grasos de la carne

Los resultados del perfil lipídico de la carne de ovino se analizaron con un modelo de comparación de medias (ANOVA), de un factor (tratamiento). Contrastando los resultados entre sí por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), cuando la diferencia entre tratamientos fue significativa (SPSS 20.0.0).

5.6.2 Oxidación lipídica

Para los valores obtenidos de oxidación lipídica de la carne, se utilizó un modelo de comparación de medias (ANOVA), de un factor (tratamiento). Contrastando los

resultados entre sí por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), cuando la diferencia entre tratamientos fue significativa (SPSS 20.0.0).

5.6.3 Análisis sensorial

Para valores obtenidos del análisis sensorial en cuanto a sabor, olor, dureza en la boca y apariencia de la carne, se utilizó un modelo de comparación de medias (ANOVA), de un factor (tratamiento). Contrastando los resultados entre sí por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), cuando la diferencia entre tratamientos fue significativa (SPSS 20.0.0).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Composición nutricional de la harina de pescado

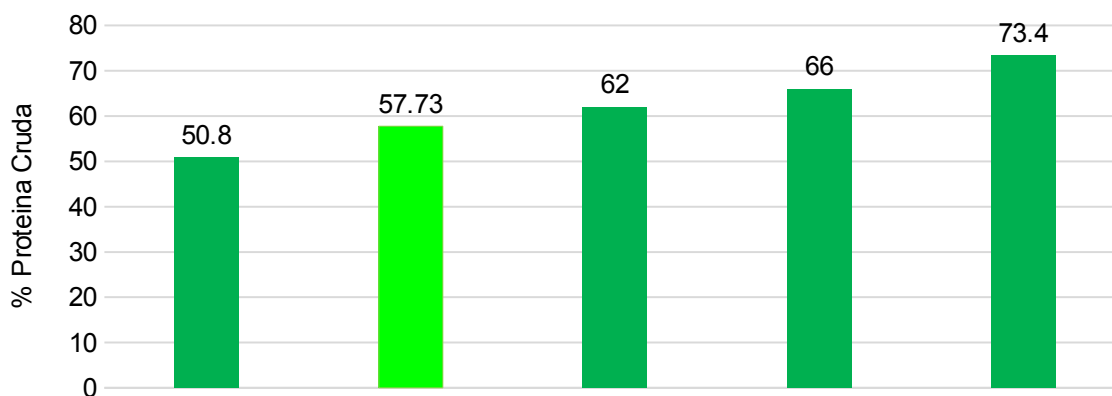
Las características nutricionales de la HPA se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 10.- Análisis bromatológico de la harina de pescado artesanal

Concepto	Contenido
Materia seca, %	93.99
Cenizas, %	24.12 %
Proteína, %	57.73 %
Extracto etéreo, %	19.53 %
Fibra Cruda, %	0.151 %
Energía metabolizable, Mcal/Kg	2.93

El contenido de proteína y extracto etéreo de la HP en este trabajo fue superior a lo reportado por Nuñez (2015) para HP artesanal, en un 6.9 y 10.13% respectivamente. Sin embargo, al compararla con lo reportado para harina comercial de arenque (Abdo de la Parra, 1994), de anchoveta, sardina (Silva, 2011) y *Engraulis spp* (Álvarez, 2007) la harina de este trabajo resulto ser inferior en contenido proteico con una diferencia de 4.2 a 15.6%. Por otra parte, el extracto etéreo resulto ser mayor en este trabajo en un 8.23-18.83% comparado con los mismos autores (Figura 1).

Figura 1.- Contenido de proteína de diferentes harinas de pescado



Estas diferencias pueden atribuirse a la especie de pescado o partes del pescado utilizado (Pike y Hardy, 1992).

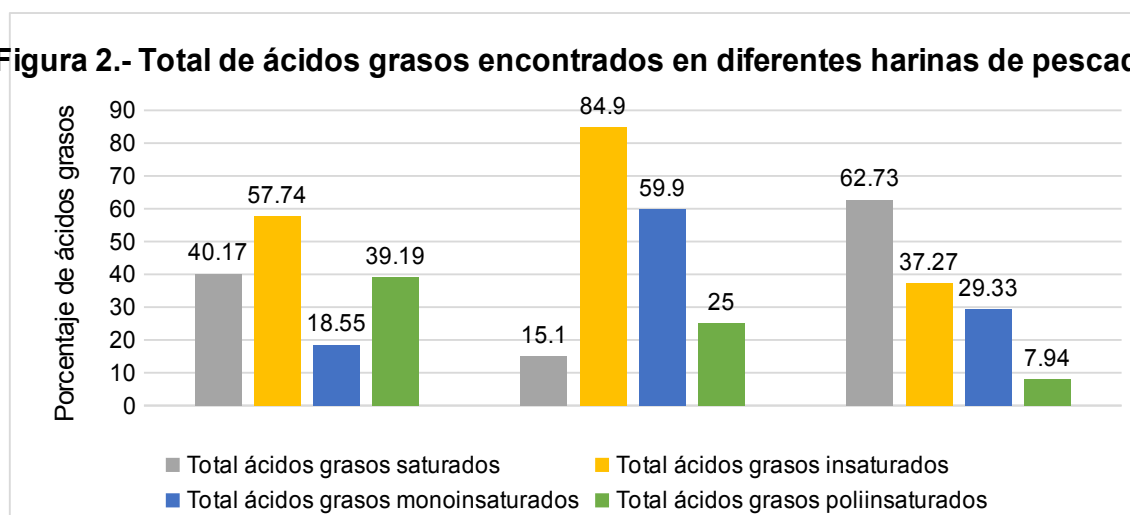
En la cantidad de grasa de la HP pudo influir el método para exprimir el pescado una vez cocido, ya que para la obtención de este producto de manera industrial la materia prima pasa un proceso de prensado y centrifugado cuyo fin es la extracción de la mayor cantidad posible de grasa del pescado (Cabello *et al*, 2013), mientras que de forma artesanal, el prensado no suele ser tan efectivo para la extracción lipídica, por lo que la harina artesanal conservara gran parte de la grasa del producto original.

6.2 Perfil de ácidos grasos de la harina de pescado

El contenido de ácidos grasos saturados e insaturados (62.73 y 37.26%, respectivamente) estuvo fuera del rango de la literatura como se muestra en la

Grafica 2 (Belen *et al.* 2006; Gümüş 2011). Estas discrepancias, pueden ser atribuidas a la materia prima, ya que la mayor parte de ella estaba desprovista de gran parte de musculo, imperando huesos, colas y escamas, lo que agrega mayor cantidad de ceniza y disminuye el contenido de proteína y grasa insaturada en el producto final (Cabello *et al.*, 2013).

Figura 2.- Total de ácidos grasos encontrados en diferentes harinas de pescado



Cuadro 11.- Perfil de ácidos grasos de la harina de pescado artesanal

Tipo	Ácido Graso	Porcentaje
AGS	C12	0.0973

AGS	C13	0.0873	
AGS	C14	6.3673	
AGMI	C14:1	0.1217	
AGS	C15	3.7610	
AGMI	C15:1	0.0265	
AGS	C16	35.245	
AGMI	C16:1	8.3980	
AGS	C17	2.3105	
AGMI	C17:1	1.6957	
AGS	C18	10.000	
AGMI	C18:1 (trans-9)	0.5383	
AGMI	C18:1 (cis-9)	15.168	
AGPI	C18:2 (cis)	0.8919	
AGS	C20	0.7260	
AGPI	C18:3 (n-6)	0.3165	
AGMI	C20:1	1.2939	
AGPI	C18:3 (n-3)	0.0991	
AGS	C21	0.3513	
AGPI	C20:2	0.1438	
AGS	C22	0.3838	
AGPI	C20:3 (n-6)	0.8525	
AGMI	C22:1	0.8525	
AGPI	C20:3 (n-3)	0.2004	
AGPI	C20:4	0.1903	
AGS	C23	3.0418	
AGPI	C22:2	0.0605	
AGS	C24	0.3580	
AGPI	C20:5 (EPA) (n-3)	0.4803	
AGMI	C24:1	1.2312	
AGPI	C22:6 (n-3)	4.7065	
		<hr/>	
		%AGS	62.7304
		%AGMI	29.3271
		%AGPI	7.9423
		%AGI	37.2695

AGS: Ácidos grasos saturados; AGPI: ácidos grasos poli insaturados; AGI: ácidos grasos insaturados; AGMI: ácidos grasos mono insaturados.

Los principales ácidos grasos saturados encontrados en este experimento fueron el palmítico (C16) con 35.24%, esteárico (C18) con 10%, y mirístico (C14) con 6.36%; mientras que los ácidos grasos insaturados más abundantes fueron oleico (C18:1, cis-9), con 15.16%; palmitoleico (C16:1), con 8.39%; y docosahexaenoico

C22:6 (n-3) con 4.70%; Cuadro 11. Aunque no coinciden en cantidad con otros autores (Belen *et al.*, 2006; Gümüş 2011), se asemejan en cuanto a los principales ácidos grasos encontrados (Cuadro 12).

Cuadro 12. Porcentajes de ácidos grasos en diferentes harinas de pescado

Ácido Graso	Autor		
	Gümüş, (2011)	Belén <i>et al.</i> (2006)	Harina artesanal
C16:0	27.48	30.8	35.25
C:18:0	7.28	11.5	10
C14:00	4.48	2.4	6.37
C18:1 (cis-9)	9.28	28.9	15.17
C16:1	4.41	0	8.4
22:6n-3	18.52	2.9	4.71
20:5n-3	16.02	0.7	0.48
18:2 ω' 6	0.91	7.6	0.89
18:4 ω' 3	0	4.1	0

6.3 Perfil de aminoácidos de la harina de pescado

Cuadro 13.- Aminoácidos de la harina de pescado artesanal.

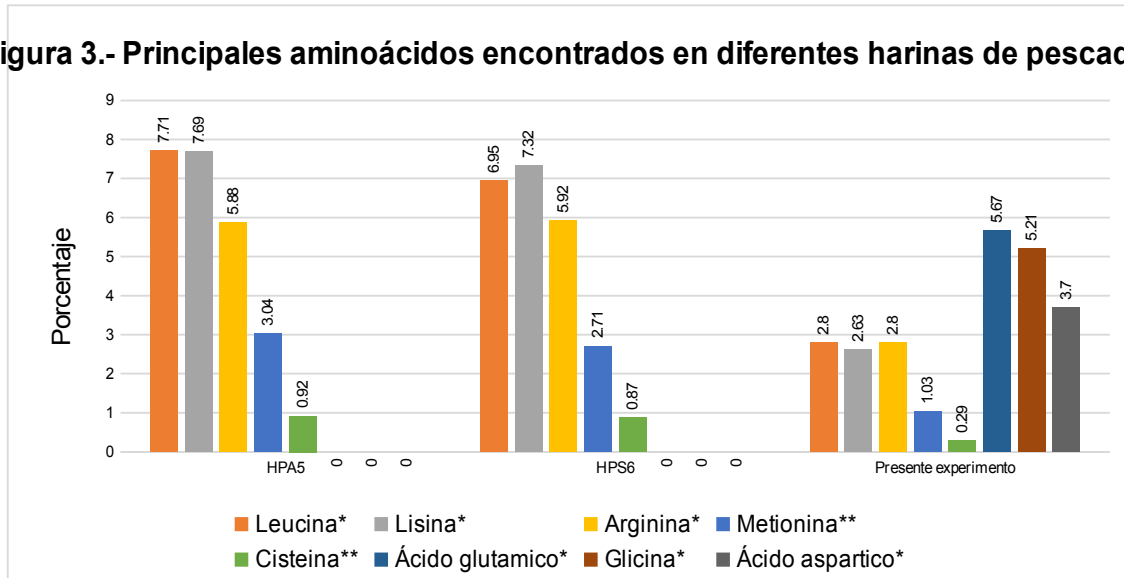
Parámetro	%
Metionina	1.033

Cistina	0.294
Metionina+Cisitina	1.293
Lisina	2.627
Treonina	1.68
Triptófano	0.316
Arginina	2.795
Isoleusina	1.428
Leucina	2.797
Valina	1.893
Histidina	0.857
Fenilalanina	1.555
Glicina	5.212
Serina	1.721
Prolina	2.822
Alanina	3.242
Ácido aspártico	3.7
Ácido glutámico	5.672

Los aminoácidos observados en mayor cantidad fueron el ácido glutámico (5.7%), glicina (5.2%), y el ácido aspártico (3.7%). Existen diferencias en cuanto a los principales aminoácidos encontrados y su porcentaje respecto a lo reportado por otros autores.

Estas diferencias se pueden explicar, por factores como la alimentación de los peces que dan origen a la harina, edad, ubicación geográfica, temperatura del agua, estación del año, frescura de la materia prima y la temperatura de secado (Pike y Hardy, 1992; Aberoumand, 2010; Carrizo, 1999). Se han reportado diferencias entre 30 y 65% de composición de aminoácidos al comparar la composición química de varias especies de peces que se utilizan en la elaboración de harinas (Kinh *et al.*, 2011).

Figura 3.- Principales aminoácidos encontrados en diferentes harinas de pescado.



HPA5* (Perkins, 1995) y HPS6* (NRC 1993 y1998)

6.4 pH de la carne

En el Cuadro 15 se observan las medias de los pH obtenidos a las 24 horas *post mortem* de la carne de los borregos de los diferentes tratamientos.

No se observan diferencias estadísticas entre tratamientos, y todos los valores obtenidos demuestran un descenso adecuado de pH; lo que significa que el animal fue sacrificado sin previo sometimiento a estrés. Se presentan múltiples cambios bioquímicos que culminan con la transformación del tejido muscular en carne, por el metabolismo anaerobio y acumulación de ácido láctico que provoca una reducción del pH, desde valores próximos a 7 en el animal vivo, hasta alcanzar un pH entre 5.3-5.8 a las 24 horas post-mortem (Pérez y Ponce, 2013; Rodríguez *et al.*, 2008).

Los valores de pH en el presente experimento también coinciden con los reportados por diversos autores, no solo para carne de ovino, (Camacho *et al.* 2016; Leyva, 2015), sino también para carne en general (Pérez y Ponce, 2013; Rodríguez *et al.* 2008).

Cuadro 14.- pH final del musculo *Longissimus dorsi*

Tratamientos	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Sig.***
0% HPA**	5.6733	.08959	5.55	5.82	.088
3.5% HPA	5.5833	.08335	5.50	5.73	
7% HPA	5.5783	.05456	5.49	5.66	

HPA: Harina de pescado artesanal; *Sig: Nivel de significancia.

6.5 Color de la carne

El color de la carne de borrego no fue modificado por la inclusión de HPA a la dieta (Cuadro 16). Los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a los de Camacho *et al.* (2016) con ovinos de raza canaria de lana y pelo con un peso al sacrificio entre 10 y 25 kg. Sin embargo, no coinciden con los reportados por Leyva (2015), para ovinos de pelo de 51 a 53 kg, en los cuales el valor de L* es menor, el valor de a* es ligeramente mayor y el valor de b* es tres veces mayor. Esta diferencia puede ser debida a que el valor de L* (Luminosidad), tiene relación con la humedad de la carne (Carraspiso y García 2005) y en ovinos este valor disminuye conforme aumenta el peso del sacrificio (Majdoub-Mathlouthi *et al.* 2013), así mismo, estudios previos, reportan que el valor de a* (rojo), aumenta con el peso al sacrificio en borregos (Calnan *et al.* 2016). Pigmentos como la mioglobina (Mb) y factores como la raza, género, edad, tipo de músculo y alimentación también influyen en el color de la carne (Pérez y Ponce 2013; Juárez *et al.* 2009).

Cuadro 15.- Color de la carne ovina

Parámetro	Tratamiento	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Sig.**
L*	***T1	41.6867	2.71094	37.30	44.43	0.42
	T2	40.2700	3.00509	38.13	46.16	
	T3	39.7667	1.67736	36.73	41.37	
a*	T1	20.7133	1.16204	19.63	22.77	0.97
	T2	20.7233	.60566	20.15	21.72	
	T3	20.6167	.82885	19.57	21.88	
b*	T1	4.7250	1.56273	3.38	7.78	0.58
	T2	4.2550	.54147	3.52	4.85	
	T3	4.8400	.55408	4.00	5.44	

*Escala CIELab para medición de color; **Nivel de significancia; *** Tratamiento.

6.6 Perfil de ácidos grasos en la carne

La cantidad de los ácidos grasos C21 (Ácido heneicosanoico), C17 (Ácido margárico) y C22:6 (Ácido docosahexaenoico) fue mayor ($p < 0.05$) en la carne de borregos alimentados con HP. La importancia de los dos primeros radica en que son ácidos grasos saturados, mientras que el tercero, ácido docosahexaenoico (C22:6), es un ácido graso insaturado esencial para el ser humano (Valenzuela y Sanhueza ,2009).

La mayor proporción de C22:6 puede deberse a que 50% de los aceites de pescado se degradan en el rumen Church (1993), lo que permite que parte de ellos lleguen íntegros al intestino, se absorban y sean fijados al tejido adiposo del animal.

No obstante, al contabilizar el total de ácidos grasos saturados (AGS) y ácidos grasos insaturados (AGI), los AGI resultan en mayor proporción en la carne de borrego alimentado con HPA comparado con la carne del tratamiento control, lo que resulta en un beneficio para salud del consumidor.

Cuadro 16.-Comparación de medias del contenido de ácidos grasos entre tratamientos

Ácido graso	0%HPA**	3.5%HPA	7%HPA	Sig.***
C12	0.08178	0.05052	0.06382	0.164
C14	2.0495	1.9928	1.9293	0.739
C14:1	0.1758	0.18074	0.18058	0.933
C15	0.35778	0.30895	0.38739	0.141
C15:1	0.02502	0.03859	0.0502	0.428
C16	25.2471	25.493	25.0335	0.829
C16:1	1.9916	2.3357	2.1325	0.168
C17	1.1752 ab	1.0610 b	1.3855 a	0.049
C17:1	0.0848	0.96	0.9735	0.408
C18	14.843	12.289	13.443	0.156
C18:1	46.167	47.08	47.418	0.496
C18:2	3.9945	4.6406	4.1027	0.464
C20	0.0949	0.08053	0.10481	0.237
C18:3	0.31807	0.34217	0.28863	0.770
C20:1	0.14694	0.14269	0.16573	0.329
C21	0.01666 b	0.02656 ab	0.05502 a	0.031
C20:2	0.18046	0.21415	0.18439	0.338
C20:3	1.8079	2.1171	1.5722	0.081
C23	0.3054	0.4581	0.3301	0.281
C24:1	0.07972	0.03447	0.01782	0.334
C22:6	0.09413 b	0.15339 ab	0.18142 a	0.049
AGS*	44.17132	41.76046	42.73244	
AGMI*	48.67088	50.77219	50.93833	
AGI*	55.06594	58.2396	57.26767	

*T: Tratamiento; **HPA: Harina de pescado artesanal; ***Sig: Nivel de significancia; AGS*: Ácidos grasos saturados; AGMI*: Ácidos grasos mono insaturados; AGI*: Ácidos grasos insaturados.

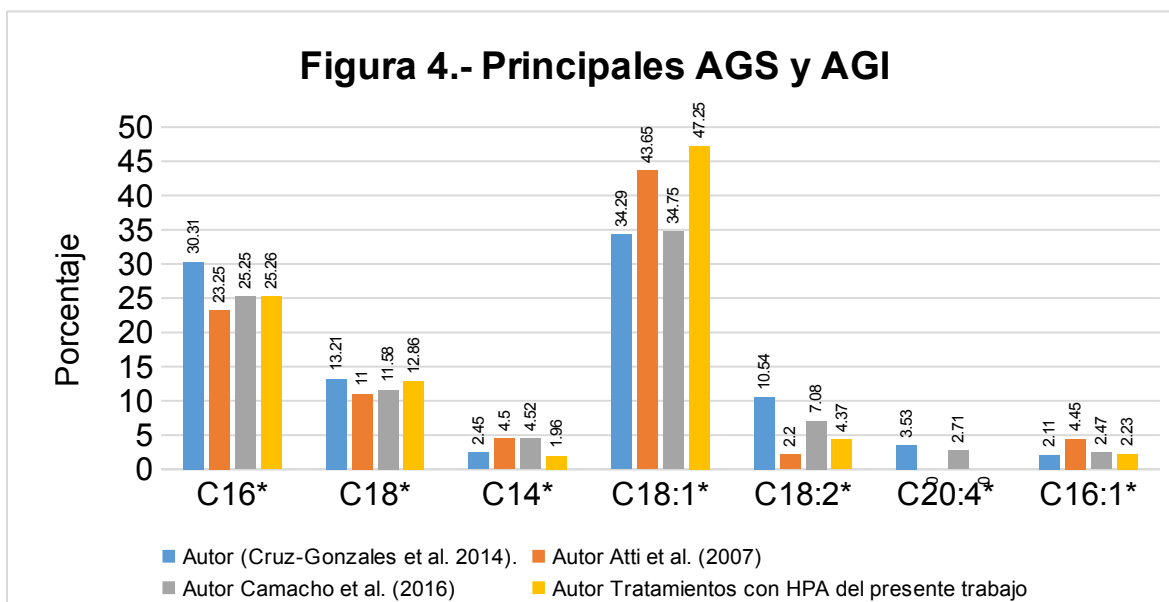
El contenido total de ácidos grasos saturados (AGS), suele ser menor entre 1 y 11% comparado con los ácidos grasos insaturados (AGI) (Cuadro 18 y Figura 4) (Cruz-Gonzales *et al*, 2014; Atti *et al*, 2007; Camacho *et al*, 2016). En este experimento, los AGI totales son 17% mayores respecto a los AGS, lo cual podría ser justificado por la inclusión de HP en la dieta. Sin embargo, por el bajo contenido de AGI en la HP no han encontrado cambios en el perfil lipídico de la

carne de borrego alimentado con HP (Atti *et al.*, 2007), lo que se puede atribuir a que, la actividad de la enzima delta 9-desaturasa se incrementa con la edad del animal (Church, 1993), por lo cual es posible tener carne más rica en AGI a mayor edad de sacrificio.

Cuadro 17.- Comparativo de contenido total de AGS, AGI y AGMI en carnes de borrego

Concepto	Autor			
	(Cruz-Gonzales <i>et al.</i> 2014).	Atti <i>et al.</i> (2007)	Camacho <i>et al.</i> (2016)	Tratamientos con HPA del presente trabajo
AGS	49.31%	42.9 a 43.9%	44.78 a 47.61%	40.67 a 40.96%
AGMI	37.94%	50.8 a 50.9%	34.99 a 43.89%	50.77 a 50.93%
AGI	52.64%	53.7 a 53.5%	55.21 a 54%	57.56 a 58.23%

AGS: Ácidos grasos saturados; AGPI: ácidos grasos poli insaturados; AGI: ácidos grasos insaturados; AGMI: ácidos grasos mono insaturados.



6.7 Oxidación lipídica (TBAR's)

El mayor contenido de ácidos grasos insaturados, entre 2.2 y 3.17% en la carne de borrego alimentado con HPA comparado con el grupo control, podría provocar un proceso más rápido y más constante de oxidación lipídica (Kanner, 1993;

Rodríguez 2011), sin embargo, la cantidad de MDA (malonaldehído) encontrada en la carne de borrego del presente experimento no presenta diferencias estadísticas entre tratamientos (cuadro 19).

Cuadro 18.- Prueba de especies reactivas al ácido túiobarbiturico (TBARs)

Parámetro	Tratamiento	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Sig.***
mg MDA*/Kg COCINADO	0% HPA**	.264860	.0451741	.2081	.3352	.797
	3.5% HPA	.269521	.0767828	.1518	.3695	
	7% HPA	.286941	.0513985	.2218	.3429	
mg MDA*/Kg CRUDO	0% HPA**	.197854	.0205755	.1605	.2181	.308
	3.5% HPA	.226711	.0491992	.1546	.2852	
	7% HPA	.244209	.0698891	.1635	.3215	

mg MDA*: miligramos de malondialdehído; **HPA: Harina de pescado artesanal; ***Sig: Nivel de significancia.

Es un aspecto positivo que la carne de borrego alimentados con HPA no presentó mayor oxidación que la del grupo control ya que problemas como la modificación del sabor u olor, pérdida del valor nutricional, daño biológico y contaminación medioambiental son relacionados con la oxidación lipídica (Resconi *et al.*, 2007).

La ausencia de diferencias entre tratamientos puede deberse a la presencia de α -tocoferoles contenidos de forma natural en los forrajes de la dieta, algunos de los cuales llegan a fijarse en el tejido muscular (Geay *et al.*, 2002). Por otra parte, las carnes contienen enzimas antioxidantes endógenas como la catalasa y la glutatión peróxidasa, que pudieron haber contribuido a la limitación de procesos de oxidación, ya que controlan las fuentes endógenas de peróxidos lipídicos y peróxidos de hidrógeno (Pradhan *et al.*, 2000).

6.8 Análisis sensorial

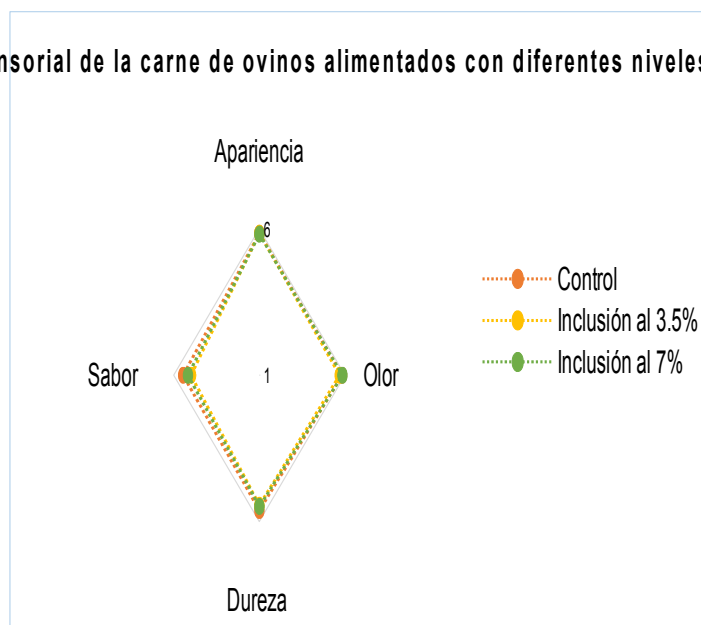
En el presente experimento la dieta no influyo sobre las características sensoriales de la carne. A diferencia de lo reportado para carne de animales no rumiantes, como el cerdo alimentado con aceite de cártamo rico en omega-3 y ensilado de pescado (Juárez *et al.*, 2011), pavos con aceite de hígado de bacalao y harina de

pescado, (Marsden *et al.* 1952), cuyos (Mattos *et al.* 2003), y pollos de engorda (Al-Marzooqi 2010) con ensilado de pescado. Sin embargo, también existen reportes donde se utilizan ácidos omega-3 de origen marino, como el aceite, harina o ensilado de pescado y no se han reportado sabores desagradables en la carne (Al-Marzooqi *et al.* 2010), lo cual conlleva a pensar en algunos límites para la utilización de estos productos para beneficiarse en los rendimientos sin perjudicar las características sensoriales de la carne.

Cuadro 19.- Comparación de medias obtenidas del análisis sensorial con diferentes niveles de harina de pescado

Tratamiento	Apariencia	Olor	Dureza	Sabor
Control	5.85	5.83	5.62	5.45
Inclusión al 3.5%	5.85	5.69	5.44	4.99
Inclusión al 7%	5.82	5.85	5.48	5.17

Figura 5.- Análisis sensorial de la carne de ovinos alimentados con diferentes niveles de harina de pescado.



Cuadro 27.- Análisis sensorial de la carne de borrego

Parámetro	Tratamiento	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Sig.***
Apariencia	0% HPA**	5.85	.980	3	7	.983
	3.5% HPA	5.85	1.104	1	7	
	7% HPA	5.82	1.032	1	7	
Olor	0% HPA**	5.83	1.069	3	7	.717
	3.5% HPA	5.69	1.379	1	7	
	7% HPA	5.85	1.283	1	7	
Dureza en boca	0% HPA**	5.62	1.356	1	7	.735
	3.5% HPA	5.44	1.471	1	7	
	7% HPA	5.48	1.529	1	7	
Sabor	0% HPA**	5.45	1.500	1	7	.195
	3.5% HPA	4.99	1.634	1	7	
	7% HPA	5.17	1.473	1	7	

HPA: Harina de pescado artesanal; *Sig: Nivel de significancia.

La ausencia de sabores y olores asociados al pescado en la carne de ovinos de este experimento puede ser causada por el funcionamiento ruminal, ya que al contrario de lo que sucede con la mayoría de los animales no rumiantes, en los que la grasa llega a la región intestinal esencialmente sin alterar y según la forma en la que fue ingerida, en los rumiantes, los microbios del rumen modifican amplia y rápidamente los lípidos de la dieta durante su permanencia en el éste compartimento gastrointestinal, (principalmente ácidos grasos insaturados de cadena larga como DHA y EPA a los cuales se les atribuye la conferencia de olor y sabor en la carne (Romans *et al.*, 1995; Tseng *et al.*, 2000), y en condiciones típicas muy poca grasa escapa intacta (Martinez *et al.*, 2010).

7.- CONCLUSIONES

La harina de pescado artesanal elaborada con residuos de pesca es una buena fuente de proteína para la alimentación animal que puede ser generada a bajo costo con productos de la región.

En borregos de pelo en finalización es posible incluir harina artesanal de pescado hasta en un 7% sin afectar la calidad de la carne, aunque aumento la cantidad de tres ácidos grasos entre ellos el DHA que es esencial para el consumidor.

8.- LITERATURA CITADA

- Abdo de la Parra M. I. (1994). Estudio de algunos parámetros de calidad de harinas de pescado utilizadas en la nutrición de camarón blanco (*Penaeus vannamei*). Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León UANL, México.
- Al-Abri Abdullah S., O. Mahgoub, I., Kadim T., Al-Marzooqi W. y Stephen R. (2017) Effects of feeding fish–wheat bran meal on performance and meat quality of Omani sheep, *Journal of Applied Animal Research*, 45:1, 234-238, DOI: 10.1080/09712119.2016.1150843.
- Aberoumand, A. (2010). A research work on chemical composition and quality of some fishes meals in Iran. *World Journal of Fisheries and Marine Sciences*. 2, 505-507.
- Abu-Ghazaleh A. A., Schingoethe D. J., y Hippen A. R. (2001). Blood Amino Acids and Milk Composition from Cows Fed Soybean Meal, Fish Meal, or Both. *J. Dairy Sci.* 84:1174–1181.
- Al-Marzooqi, W., Al-Farsi, M. A., Kadim, I. T., Mahgoub, O. y Goddard, J. S. (2010). The Effect of Feeding Different Levels of Sardine Fish Silage on Broiler Performance, Meat Quality and Sensory Characteristics under Closed and Open-sided Housing Systems. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23:12, 1614 – 1625.
- Álvarez C. J. S. (2007). Sustitución de harina de pescado por harina de soya e inclusión de aditivos en alimentos a fin de mejorar la engorda del camarón blanco *Litopenaus schmitti*. Tesis de doctorado. CIB noreste. La Paz Baja California Sur, México.
- Atti, N., Mahouachi, M. y Roussi, H. (2007). Effects of fish meal in lambs diets on growth performance, carcass characteristics and subcutaneous fatty acid composition. *Options Méditerranéenes*. 74, 57-61.
- Ballin N.Z. (2010). Review: Authentication of meat and meat products. *Meat Science* 86: 577-587.
- Beermann D.H., Hogue D.E., Fishell V. K., Dalrymple R.H., Rich A.C. (1986). Effects of cimaterol and fishmeal on performance, carcass

characteristics and skeletal muscle growth in lambs. *J. Anim. Science.* 62, 370-380.

- Belen D.R., García D., Moreno M. J., Medina C., Granados A. (2006). Composición proximal, ácidos grasos y características fisicoquímicas de aceite de harina de pescado artesanal de caribe (*Serrasalmus rhombeus* Pisces: Characidae), proveniente de Caicaria del Orinoco – Venezuela. *Grasa y aceites.* 57:4, 382-386.
- Botsoglou, N. A., Fletouris, D. J., Papageorgiu, G. E., Vassilopoulus, V. N., Mantis, A. J., y Trakatellis, A. G. (1994). Rapid, sensitive and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedstuff samples. *J Agri Food Chem.* 42, 1931 -1937.
- Braña, D., Ramírez, E., Rubio, M., Sánchez, A., Torrescano, G., Arenas, M. L., Partida, J. A., Ponce, E., Ríos, F. G. (2011). Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Folleto Técnico No. 11.
- Brewer, S.J., Wilson, J.E., McKeith, F. (2002). The effect of pig genetics and palatability, colorant physical characteristics of fresh loin chops. *Meat Sci.* 61,249-256.
- Cabello A., García A., Figuera B., Higuera Y., Vallenilla O., (2013) calidad físico-química de la harina de pescado venezolana saber. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente.* 25, 414-422.
- Cabrera C. (2002), Estudio de la contaminación de las aguas costeras de la bahía de Chancay, propuesta de recuperación. Tesis. Lima. Univ. Nal. Mayor de San Marcos.
- Calkins C. R., Hodgen J. M. (2007). A fresh look at meat flavor. *Meat Science.* 77:1, 63-80.
- Callow, E.H., (1984). Comparative studies of meat II. Changes in the carcass during growth and fattening and their relation to the chemical composition of the fatty and muscular tissues. *J Agr Sci.* 38, 174.

- Calnan H., Jacob R. H., Pethick D. W., Gardner G. E. (2016). Production factors influence fresh lamb longissimus colour more than muscle traits such as myoglobin concentration and pH. *Meat Sci.* 119:41 –50.
- Camacho A., Torres A., Capote J., Mata J., Viera J., Bermejo L. A., Argüello A. (2016): Meat quality of lambs (hair and wool) slaughtered at different live weights. *Journal of Applied Animal Research.* Volume 45:1, 1-9.
- Cañeque V., Díaz M. T., Álvarez I., Lausurica S., Pérez C., Fuente J. D. L., (2005). The influences of carcass weigh and deppot on the fatty acid composition of fats of suckling Manchego lambs. *Meat science.* 70, 373-379.
- Carraspiso, A. I. y García, C. (2005). Instrumental colour of Iberian ham subcutaneous fat and lean (biceps femoris): influence of crossbreeding and rearing system. *Meat Sci.* 71, 284–290.
- Carreras, I., Guerrero, L., Guardia, M.D., Esteve-García, E., García Regueiro, J. A., Sárraga, C. (2004). Vitamin E levels, thiobarbituric acid test and sensory evaluation of breast muscles from broilers fed α -tocopheryl acetate- and β - carotene-supplemented diets. *J Sci Food Agric.* 84, 313-317.
- Carrizo, J. C. (1999). El aceite de pescado: sus propiedades. *A & G.* 36, 407-408.
- Church D.C., (1993). El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Edición en lengua española., Ed. Acriba, Zaragoza, España.
- Church D.C., Pond W.G., Pond K.R. (2009). Fundamentos de nutrición y alimentación animales. 2 ed., Limusa, México.
- Corrales R. (1988). Elaboración de Harinas de Pescado. Memorias del Seminario Nacional de Nutrición y Alimentación Acuícola. F.C.B. de la U.A.N.L. Monterrey, N.L. Méx. Pp: 112 -132.
- Costa R., Araujo J., Sousa W., Gonzaga S., Suely M., Bossi A. (2010). Effect of the diet and genotype on carcass characteristics of feedlot hair sheep. *R. Bras. Zootec.* 39:12, 2763-2768.

- Cruz-González, M. I., Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., Munguia-Xochihua, J. A., Molina-Barrios, R. M., Rivera-Acuña, F., Hernández-Chávez, J.F., (2014). Caracterización del perfil de ácidos grasos en carne de borrego de engorda utilizando cromatografía de gases. *Nacameh*. 8:1, 39-49.
- Cuca, G., Avila, G. (1978). Fuentes de energía y proteína para la alimentación de las aves. *Ciencia Veterinaria*. 326-352.
- D'Alessandro, A. G., Maiorano, G., Ragni, M., Casamassima, D., Marsicoa, G., Martemucci, G. (2013). Effects of age and season of slaughter on meat production of light lambs: carcass characteristics and meat quality of Leccese breed. *Small Ruminant Res*. 114, 97–104.
- D'Alessandro, A. G., Palazzo, M., Petrotos, K., Goulas, P., Martemucci, G. (2015). Fatty acid composition of light lamb meat from Leccese and Comisana dairy breeds as affected by slaughter age. *Small Ruminant Res*. 127, 36–43.
- El Ahuacate, PueblosAmerica.com. Consultado el 10 de septiembre de 2016. Disponible en <http://mexico.pueblosamerica.com/i/el-ahuacate/>
- Eyng C., Vianna R., Pozza P., Murakami A., Scherer C., Schone R., (2013). Carcass yield and sensorial analysis of meat from broiler chicken fed with tilapia byproducts meal. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 37:5, 451-456.
- FAO, ONU, (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura.
- Farmer, L.J. (1994). The role of nutrients in meat flavour formation. *Proceedings of the Nutrition Society*. Vol. 53. Pp 327-333.
- Ferreira E., Pires A., Susin I., Gentil R., Parente M., Nolli C., Meneghini R., Mendes C., Riveiro C., (2014). Grow, feed intake, carcass characteristics and meat fatty acids profile of lambs fed soybean oil partially replaced by fish oil blend. *Animal feed science and technology*. 187, 9-18.

- Finstad G., Wiklund E., Long K., Rincker P., Oliveira A. Bechtel P., (2007). Feeding soy or fish meal to Alaskan reindeers (*Rangifer tarandus tarandus*)-effects of animal performance and meat quality. *Rangifer*. 27:1, 59-77.
- Folch J., Lee M. y Sloane Stanley G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues". *J. Biol. Chem.* 226:1, 497-509.
- Frank, J., Geil, J.V., freaso, R. (1982). Automatic determination of oxidation stability of oil and fat products. *Food Technology*. 6, 71 -76.
- Galián, M. (2007). Características de la canal y de la calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con el Ibérico. Efecto del sistema de manejo. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España.
- Geay Y, Bauchart D, Hocquette JF, Culioli J (2002). Valeur dietetique et qualites sensorielles des viands de ruminantes. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Prod Anim*, 15: 37-52.
- Givens, D.I., Kliem, K.E., Gibbs, R.A. (2006). The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Sci*. 74, 209-218.
- Graü de Marín C., Marval, H., Zerpa de Marcano, A. (2007). Utilización de la harina de pescado en la formulación de alimentos para crecimiento y engorde animal. *Sitio Argentino de Producción Animal*. 93-96.
- Gray, J.I., Gomaa, E.A., Buckley, D.J. (1996). Oxidative quality and shelf life on meats products. *Trends in food Science and Technology*. 3, 315-319.
- Gümüş E. (2011). Fatty acid composición of Fry Mirror Carp (*Cyprinus carpio*), fed graded levels of sand smelt (*Atherina boyeri*) Meal. *Asian - Aust. J. Animal Sci*. 24:2, 264-271.
- Hamilton, R.J., Kalu, C., Prisk, E., Padley, F.B. Pierce, H. (1997). Chemistry of free radical in lipids. *Food Chemistry*. 60, 193-199.
- Honikel K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci*; 49, 447-457.
- Hopkins D. L., Fogarty N. M., Mortimer S. I. (2011) . Genetic related effects on sheep meet quality. *Small Ruminant Res*. 101, 160–172.

- Huq M. A., Akhter S., Hashem M. A., Howlider M. A. R., Sadullah M., Hossain M. M., (1995). Growth and feed utilization in black bengal goats on road side grass based diets supplements with fish meal and urea molasses block. *Asian-Australas J Anim Sci.* Volume 9:2, 155-158.
- Hussein, H.S. y Jordan, R.M. (1991). Fish meal as a protein supplement in finishing lamb diets. *J. Anim. Sci.* 69, 2115-2122.
- Juárez, M., Horcada, A., Alcalde, M. J., Valera, M., Polvillo, O., Molina, A. (2009). Meat and fat quality of unweaned lambs as affected by slaughter weight and breed. *Meat Sci.* 83, 308–313.
- Juárez, M., Dugan M. E., Aldai N., Aalhus J. L., Patience J. F., Zijlstrac R. T., y Beaulieu A. D.. (2011). Increasing omega-3 levels through dietary co-extruded flaxseed supplementation negatively affects pork palatability. *Food Chem.* 126: 1716-1723.
- Kanner, J. (1993). Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Science.* 36, 169-189.
- Leyva, K. H. (2015). Método de suministro de clorhidrato de zilpaterol en ovinos: crecimiento, retención de energía, características de la canal y calidad de la carne. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Maceda, R. y Castellanos, Y. (2014). Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovino en el Trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria*, Universidad de Colima, Colima, México. 8:3, 1-9.
- Majdoub-Mathlouthi, L., Saïd, B., Say, A., Kraiem, K. (2013). Effect of concéntrate level and slaughter body weight on growth performances, carcass traits and meat quality of Barbarine lambs fed oat hay based diet. *Meat Sci.* 93, 557–563.
- Mariezcurrena, M.A., Braña, D., Partida, J.A., Ramírez, E., Domínguez, I. (2010). Estandarización de la metodología para la determinación de grasa en la carne de cerdo. *Rev Mex CiencPecu.* 1:3, 269-275.
- Marsden, S. J., Alexander, L. M., Schopmeyer, G. E. y Lamb, J. C., (1952). Starting diet as a factor in edible quality of turkey. *Poultry Sci.* 31, 451-458.

- Martin R. E. y Flick G. J. (1990). *The Seafood Industry*. Van Nostrand Reinhold N.Y., U. S.A. 445.
- Martínez, A. L., Pérez, M., Pérez, L., Gómez, G., Carrión, D. (2010). Metabolismo de lípidos en los rumiantes. *Revista Electrónica Veterinaria*. Vol. 11:8, 1695-7504.
- Mattos, C. J., Chauca F. L., San Martín, H. F., Carcelén, C. F. y Arbaiza, F. T. (2003). Uso Del Ensilado Biológico De Pescado En La Alimentación De Cuyes Mejorados. *Rev Inv Vet Perú*. 14:2, 89-96.
- Min, B. y Ahn, D.U. (2005). Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products. Artículo de revisión. *Food Science and Biotechnology*. 14, 1 -12.
- Morrissey, P.A., Sheedy, P.J.A., Galvin, K., Kerry, J.P. Morrissey, P.A. (1998). Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*. 49, 73-86.
- NRC (1996): Nutrient requirements of beef cattle. 7th Revised Edition, National Academy Press, 242.
- Núñez L. E., (2016). Efecto del reemplazo de pasta de soya con harina de pescado elaborada artesanalmente sobre el comportamiento productivo de ovejas Pelibuey en gestación y lactación. Tesis de maestría. Universidad Autónoma De Nayarit.
- Onega, M.E. (2003). Evaluación de la calidad de carnes frescas. Aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Orozco M. y Garcia M.G.A., 1981. Consideraciones técnicas en la producción de harina de pescado. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Paltrinieri G., 1981. Manuales para educación agropecuaria: subproductos animales. 3 ed. México Trillas S.A.
- Pérez, M.L. y Ponce, E. (2013). Manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes (Primera edición). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D. F.

- Pike I. H. y Hardy, R. (1992). Shrimp Feed Ingredient Quality Standards. I.A.F.M.M. (Boletín Técnico. Análisis de Nutrientes de Harina de Pescado).
- Pradhan, A. A., Rhee, K. S., Hernández, P. (2000). Stability of catalase and its potential role in lipid oxidation in meta. *Meat Sci.* 54: 385-390
- Price, (1994). Ciencia de la carne y los productos cárnicos. Editorial Acribia. 78-80.
- Ram M. (1998). Role Of Bypass Protein In Feeding Ruminants On Crop Residue Based Diet. Artículo De Revisión. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 11:2, 107-116.
- Ravi M., Tiwari D. P. y Kumar A. (2005). Effect of Undegradable Dietary Protein Level and Plane of Nutrition on Lactation Performance in Crossbred Cattle. Department of Animal Nutrition, College of Veterinary and Animal Sciences G. B. Pant University of Agriculture and Technology. 11:2, 263 145.
- Resconi, V. C., Campo, M. M., Richardson R. I. (2007). Relación entre el contenido en vitamina E y la oxidación lipídica en carne de vacuno de diferentes sistemas de producción. 28:2, 789-791.
- Rodríguez, A.B., Landa, R., Bodas, R., Prieto, N., Mantecón, A.R., Giráldez, F.J. (2008). Carcass and meat quality of Assaf milk fed lambs: effect of rearing system and sex. *Meat Sci.* 80, 225–230.
- Rodríguez, J.G. (2011). Utilización de subproductos de aguacate para la mejora de las características nutricionales y la estabilidad oxidativa de hamburguesas de cerdo. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura. España.
- Ruiz, J.A., Guerrero, L., Arnau, J., Guardia, M.D., Esteve-García, E. (2001). Descriptive sensory análisis of meat from broilers fed diets containing vitamin E or β -carotene as antioxidants and different supplemental fats. *Poultry Sci.* 80, 976-982.
- Ružić-Muslić D., Petrović M.P., Petrović M.M., Bijelić Z., CaroPetrović V., Maksimović N., Mandić V., (2014). Protein source in diets for ruminant nutrition. *Biotechnology in Animal Husbandry* 30:2, 175-184.

- Santos F.A.P., Santos J.E.P., Theurer C. B. Y Huber J. T. (1998). Effects of Rumen-Undegradable Protein on Dairy Cow Performance: A 12-Year Literature Review. Department of Animal Sciences, University of Arizona, Tucson. 81:12, 3182–3213.
- Santos, V. A. C., Cabo, A., Raposo, P., Silva, J. A., Azevedo, J. M. T., Silva, S. R. (2015). The effect of carcass weight and sex on carcass composition and meat quality of 'Cordeiro Mirandês'-Protected designation of origin lambs. *Small Ruminant Res.* 130, 136–140.
- Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science.* 77:2–3, 187-194.
- Scerra, M., Caparra, P., Foti, F., Cilione, C., Zappia, G., Motta, C., Scerra, V. (2011). Intramuscular fatty acid composition of lambs fed diets containing alternative protein sources. *Meat Science.* 87, 229-233.
- Schwab, C. G. (1994). Optimizing amino acid nutrition for optimum yields of milk and milk protein. Proc. Southwest Nutr. Manage. Conf., Phoenix, AZ. Dep. Anim. Sci., Univ. Arizona, Tucson. 114–129.
- SIAP, Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (Consultado en junio de 2016). Población Ganadera. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/poblacion-ganadera/>.
- Silva, Y. (2011); Sustitución de la harina de pescado con harina de soya, en dietas practicas para juveniles de pargo flamenco. Tesis de Maestria. Universidad Autonoma de Nayarit.
- Smesny S., Milleit B., Schaefer M. R., Hipler U. C., Milleit C., Wiegand C., Hesse J., (2015). Effectsof omega 3 PUFA on the vitamin E and glutathione antioxidant defense system in individuals at ultra-high risk of psychosis. *Protag Leukotr.* 101. 15-21.
- Soto C. y Reinoso V. (2008). Suplementación con proteína no degradable en rumen en ganado de carne. Sitio Argentino de Producción Animal.
- Stansby M.E. y Karrick N.L. (1963). Fish Meal Quality. *Industrial Fishery Technology.* Robert E. Krieger Publishing Company. 245 - 253.

- Torrescano G. R., Sanchez A., Peñuñuri F. J., Velazquez J., Sierra T. (2009). Características de la canal y calidad de la carne en ovinos pelibuey engordados en Hermosillo, Sonora. *Biotecnia*, 11:1, 41-51.
- Tseng, Y. Y., C. J. Cheng, and R. C. Weng. 2000. Effects of dietary fish oil supplement on fatty acid composition and stability of pork meat and meat products. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 13, 126-129.
- Tshabalala, P.A., Strydom, P.E., Webb, E.C., Kocka, H.L.D. (2003). Meat quality of designated South African indigenous goat and sheep breeds. *Meat Science*. 65:1, 563-570.
- UAMVZ-UAN Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit. Consultado el 10 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.uamvz.uan.edu.mx/>
- USDA, (2008). National Nutrient Database for Standard Reference, Release 21. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Valdés-García Y.S., Núñez-González L. E., Escalera-Valentea F., Plascencia-Jorquerac A., Barreras-Serranoc A., Corona-Gochid L., Gómez-Danés A. A., Loya-Olguina J. L. (2016). Efecto del reemplazo de pasta soya por harina de pescado elaborada manualmente sobre comportamiento productivo de ovejas Pelibuey lactando y sus crías. *Arch Med Vet* 48, 159-166.
- Valenzuela B. A. y Sanhueza C. J. (2009). Aceites De Origen Marino; Su Importancia En La Nutrición Y En La Ciencia De Alimentos. *Rev. Chil. Nutr.* Vol. 36:3, 246-257.
- Wals L. S., White T. W., Fernández J. M., Gentry L. R., Bloun D. C., Froetschel M. A., Bown T. F., Lupton C. J., Chapa A. M. (1998). Effects of fishmeal and sodium bentonite on daily gain, wool growth, carcass characteristics and ruminal and blood characteristics of lamb, fed concéntrate diets. *J. Animal Science*. 76: 2025-2031.
- Wickersham T., Cochran R., Titgemeyer E., Farmer C., Klevesahl E., Arroquy J., Johnson D., Gnad D. (2004). Effect of postruminal protein supply on the response to ruminal protein supplementation in beef steers fed a low-

quality

grass hay. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 115:19–36.

- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*. 66, 21 -32.
- Zaldivar F. J. (2002). Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. In: *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*, 3-6 – Septiembre - 2002, Cancún, Quintana Roo, México, 516- 526.