



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“EFECTO DEL NIVEL DE SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA Y ZINC ORGÁNICO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE DE OVINOS DE PASTOREO”**

# **TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:**

PMVZ. Jessica Reyes Juárez

**ASESORES:**

Dr. en C. Ignacio Arturo Domínguez Vara

Dr. en C. Daniel Trujillo Gutiérrez

Dr. en C. Ernesto Morales Almaraz

Toluca, Estado de México, marzo de 2021.



## RESUMEN

Esta investigación se realizó en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicada en el Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México y tuvo como objetivo evaluar el efecto de suministrar un concentrado alimenticio a dos niveles (0.75 y 1.5% de PV), con y sin inclusión de una fuente de Zn orgánico (65 mg kg<sup>-1</sup> MS de Zn-metionina), a corderos en pastoreo continuo, sobre las características de la canal y calidad de la carne. Se utilizaron 24 ovinos en 4 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2 de tratamientos; los ovinos permanecieron diario 6 h (09:00 a 15:00 h) en una pradera de rye grass (*Lolium perenne*), posteriormente, fueron confinados en corrales individuales donde recibieron el concentrado. Se registró el peso vivo al inicio del estudio y cada 15 d. Al término de la fase de engorda (peso vivo final, 40kg) los ovinos fueron trasladados, 1.5 h, a un obrador para elaborar barbacoa, localizado en el municipio de Capulhuac, Estado de México, donde se sacrificaron siguiendo la normatividad vigente (NOM-051-ZOO-1995). Se registró el peso vivo a sacrificio (PVS), peso canal caliente (PCC), rendimiento en canal (RC), peso canal fría (PCF) y la relación de PVS con PCC. Las canales fueron evaluadas para morfometría, engrasamiento y conformación muscular. Además, fueron determinadas las características fisicoquímicas de la carne y contenido de ácidos grasos en el músculo *Longissimus dorsi*. Para variables de características de la canal, se observó efecto de la interacción de nivel de concentrado con nivel de Zn-met (P≤0.05) en PVS, longitud de pierna y peso de vísceras rojas. Las variables ancho de tórax y peso de vísceras verdes vacías fueron afectados (P≤0.05) por el nivel de inclusión de Zn-met en la dieta. Las variables conformación muscular, escala SEUROP (P=0.10), grado de engrasamiento (P=0.08) y grasa renal (P=0.03), mostraron diferencias en favor de los tratamientos con suministro de Zn-Met en ambos niveles de concentrado. En el resto de las variables estudiadas no se observó efecto (P>0.05) del nivel de concentrado o inclusión de Zn orgánico. Asimismo, las características fisicoquímicas de la carne no fueron afectadas (P>0.05) por el nivel de concentrado, nivel de Zn orgánico o su interacción. El nivel de concentrado (0.75 y 1.5% del PV) e inclusión de Zn orgánico

en la dieta de ovinos en pastoreo influyó en el contenido de los ácidos grasos miristoleico (C14:1), palmítico (C16:0), heptadecanoico (C17:0), linolenico (C18:3) y araquidónico (C20:4); así como en los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIS) de la grasa intramuscular del *Longissimus dorsi*. Se concluye que la interacción de Zn-met x concentrado en la dieta de ovinos en pastoreo beneficia la longitud de pierna, peso vivo a sacrificio y peso de vísceras rojas. Además, el nivel de concentrado en la dieta y la inclusión de Zn-met no afectó las características fisicoquímicas de la carne, pero si influyó en el perfil de los ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi* de ovinos en pastoreo continuo.

**Palabras clave:** Zn-met, ovinos, pastoreo, calidad de la carne, suplementación alimenticia, *Lolium perenne*.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIAS.....	¡Error! Marcador no definido.
CONTENIDO.....	1
ÍNDICE DE CUADROS.....	2
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Situación actual de la ovinocultura en México .....	5
2.2 Consumo de carne ovina en México .....	5
2.3 Importancia de la producción de carne ovina en pastoreo .....	6
2.3.1 Suplementación de ovinos en pastoreo.....	7
2.4 Uso de forrajes en el ganado.....	8
2.5 Pastos de clima templado .....	8
2.6 Características del pasto rye grass.....	9
2.7 Zinc.....	10
2.8 Metabolismo del zinc.....	10
2.8.1 Absorción .....	10
2.8.2 Transporte.....	11
2.8.3 Almacenamiento .....	11
2.8.4 Excreción .....	12
2.8.5 Necesidades de zinc .....	12
2.8.6 Fuentes de zinc.....	12
2.9 Uso de zinc en alimentación animal .....	13
2.10 La canal ovina .....	13
2.11 Características de la canal.....	14
2.12 La carne ovina.....	14
2.13 Calidad de la carne ovina.....	15
2.14 Caracteres fisicoquímicas de la carne .....	16
2.14.1 Color .....	16
2.14.2 Textura .....	16
2.14.3 pH.....	17
2.14.4 Contenido de ácidos grasos .....	17

2.14.5 Grasa subcutánea .....	18
2.14.6 Grasa intramuscular.....	18
3. JUSTIFICACIÓN .....	19
4. HIPÓTESIS .....	20
5. OBJETIVOS.....	21
6. MATERIAL Y MÉTODOS .....	22
6.1 Animales y alimentación .....	22
6.2 Medición de las características de la canal .....	23
6.3 Evaluación morfométrica de la canal. Mediciones lineales.....	29
6.4 Medición del área de la chuleta.....	30
6.5 Composición química de la chuleta .....	31
6.6 Medición de color y terneza de carne de ovino .....	31
6.7 Determinación de ácidos grasos .....	32
6.8 Análisis estadístico y diseño experimental .....	32
7. LÍMITE DE ESPACIO .....	34
8. LÍMITE DE TIEMPO .....	35
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	36
10. CONCLUSIONES .....	46
11. LITERATURA CITADA.....	476
12. ANEXOS.....	597

**ÍNDICE DE CUADROS**

	Página
Cuadro 1. Composición y aporte nutrimental del concentrado suministrado a ovinos en pastoreo continuo de pradera rye grass. ....	23
Cuadro 2. Claves de valoración de conformación de las canales de ovinos (SEUROP).....	24
Cuadro 3. Valoración de cobertura grasa de las canales de ovinos (SEUROP). ....	26
Cuadro 4. Cronograma de actividades 2019 - 2020. ....	35
Cuadro 5. Efecto de la inclusión de Zn-met en dietas de ovinos en pastoreo sobre características de canal.....	38
Cuadro 6. Efecto de la inclusión de zinc orgánico en dietas de ovinos en pastoreo sobre las características fisicoquímicas de la carne.....	41
Cuadro 7. Perfil de ácidos grasos de la carne de ovinos en pastoreo suplementados con zinc orgánico.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Patrón fotográfico de conformación de las canales de ovinos.....	25
Figura 2. Patrón fotográfico de la cobertura grasa en canales de ovinos.....	28
Figura 3. Esquematización de variables objetivas para la medición de las canales de ovinos.....	29
Figura 4. Esquematización de variables objetivas para la medición de cantidad de grasa de las canales de ovinos. ....	30
Figura 5. Medición de variables sobre la chuleta de ovinos. ....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de mercado en la industria de carnes rojas a nivel mundial ha generado la necesidad de diseñar estrategias para diferenciar y agregar valor al producto, a todos los niveles de la cadena cárnica, y así satisfacer las expectativas del consumidor (Montossi *et al.*, 2002). En México las principales fuentes de suministro de carne son los bovinos, cerdos, aves de corral, y en menor medida, ovejas y cabras (FAO, 2014). Por lo general, la producción ovina en México se desarrolla bajo sistemas de pastoreo a pequeña escala; esta situación constituye una gran ventaja económica por el ahorro en los costos de producción, pues esos sistemas generan la mejor relación costo/beneficio, además, dan algunas ventajas comparativas en calidad nutricional de carne (FAO, 2010). En México se tiene un inventario ovino de 8,902,451 de cabezas (SAGARPA, 2019). A pesar de que se ha avanzado en mejorar la productividad del rebaño ovino, sólo se produce 70% de la carne ovina que se consume, el resto se cubre con importaciones de canales congeladas y animales de desecho en pie (SIAP, 2017).

El propósito de la producción ovina propone una alternativa para todos aquellos productores que no cuentan con grandes extensiones de terreno para la cría de especies pecuarias mayores como bovinos, que difícilmente podrían sostener un alto número de animales. Por lo tanto, es necesario que el ganadero se involucre en la ovinocultura y aplique medidas que permitan la conservación y mejoramiento de sus praderas, con el fin de tener una producción intensiva que sea rentable y sustentable, desde el punto de vista de conservación de los recursos naturales (Esqueda y Gutiérrez, 2009).

Para evaluar la canal ovina se tienen características visibles y medibles, las cuales son utilizadas para determinar el valor de la carne; particularmente medidas post-mortem, como la deposición de grasa y musculatura, se usan como indicadores para determinar calidad de carne (Purchas, 2012). La fibra muscular es considerada la unidad estructural de todo el sistema músculo esquelético del animal; estudios relacionados con la calidad de la carne destacan que la composición fibrilar y el tamaño de los miocitos, son dos factores influyentes en los procesos bioquímicos

que ocurren en el músculo tras la muerte del animal, pudiendo ser modificadas por selección genética y/o la alimentación (Martínez, 2008).

Los minerales son esenciales en la nutrición de las especies pecuarias, ya que intervienen en numerosos procesos metabólicos (Underwood y Suttle, 2003). El consumo en exceso de algunos minerales puede alterar el balance homeostático y causar efectos tóxicos en el animal; por el contrario, las deficiencias minerales pueden alterar el balance de las funciones de otros elementos que promueven la salud (Soetan *et al.*, 2010).

El zinc (Zn), como micro mineral esencial, se considera un componente básico en la dieta de los rumiantes, está involucrado de manera directa en el metabolismo de carbohidratos, ácidos nucleicos, lípidos y proteínas (Vierboom *et al.*, 2003); además, estudios realizados en bovinos reportan que el Zn tiene efectos sobre la ganancia diaria de peso, rendimiento en canal y marmoleo de la carne (Spears y Kegley, 2002); no obstante, se desconoce el efecto de este mineral sobre la tipificación fibrilar. El organismo necesita ingerir cantidades adecuadas de cada micronutriente para formar una red homeostática de procesos que conlleve a la movilización, captación, distribución, almacenamiento y aprovechamiento de dichos nutrientes (Hänsch y Mendel, 2009). Por lo tanto, el Zn tiene una función biológica decisiva, siendo fundamental en la expresión génica, síntesis de ácidos nucleicos (ADN y ARN), metabolismo de ácidos grasos insaturados, sistema inmunológico, producción de la hormona de crecimiento (GH), somatomedina-C, fosfatasa alcalina, colágeno, osteocalcina, almacenamiento y liberación de insulina, así como testosterona, hormonas tiroideas y vitamina D. Además, participa en el crecimiento y desarrollo del organismo, debido a que regula el consumo de alimento, mejora las características reproductivas e interviene en los procesos de maduración sexual (Brzóska y Moniuszko, 2001; Camara, 2003). Está claro que se requiere más investigación acerca de los efectos de la adición de Zn en la dieta del ganado ovino. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar el efecto de suministrar un concentrado alimenticio a dos niveles (0.75 y 1.5% de PV), con y sin inclusión de una fuente de Zn orgánico (Zn-metionina), a corderos en pastoreo continuo sobre las características de la canal y calidad de la carne.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Situación actual de la ovinocultura en México

Según el programa ganadero de México, PROGAN (2010), hay registradas alrededor de 53,000 unidades de producción ovina, distribuidas aproximadamente de la siguiente forma: 53% en el centro, 24% en el sur-sureste y 23% en el norte. Generalmente, la carne de borrego es un producto de bajo consumo en México, pues durante los últimos 25 años el consumo nacional aparente ha variado entre 500 y 950 g/año/per cápita. Esa moderada participación de la carne ovina en la canasta alimenticia de los mexicanos se explica por varios factores, entre los que sobresalen: costo elevado con respecto a otras carnes (pollo y cerdo), el 90 % del consumo de carne de borrego se basa principalmente en un solo platillo típico “barbacoa”, que se consume en forma ocasional y fines de semana, la oferta de carne ovina es cíclica a través del año (con una mayor demanda durante el último trimestre) y la importación (de carne congelada o animales de desecho en pie) está sujeta a la paridad existente entre el peso y dólar (FAO, 2014). No obstante, en 2016, se estimó una disponibilidad limitada de 750 g/persona de carne ovina; además de la producción nacional (60,000 t), se importan más de 30,000 t de carne en canal, que significan la salida de divisas por una cantidad superior a los 3,000 millones de pesos (Partida, 2017).

### 2.2 Consumo de carne ovina en México

En nuestro país hay sistemas de producción ovina muy variados, determinado por la disponibilidad de recursos y por las tradiciones en su consumo; su producción tiene buenas posibilidades de desarrollo, porque cuenta con buenos precios al productor, y al comerciante le da un valor agregado (productos comestibles barbacoa, pancita, consomé) (SAGARPA, 2018). El rendimiento en canal es de gran utilidad porque indica la proporción del peso vivo que puede ser comercializada como producto final (carne, grasa y hueso), información que puede ser complementada con la evaluación de la composición tisular y la zoometría de la canal. Por otro lado, la diferencia entre el peso de la canal caliente y canal fría proporciona una idea de la merma que existe por oreo y enfriamiento de la canal (López *et al.*, 2016).

La ovinocultura se desarrolla bajo un esquema de tipo regional, en la zona central se producen carne y pieles con razas de lana como Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Dorset, y de pelo como Katahdin, Dorper y Pelibuey (Macías-Cruz *et al.*, 2010). Los Estados de México e Hidalgo cuentan con 29% del total de la población borreguera nacional, entidades que tradicionalmente concentran gran parte de la producción, comercio y transformación de carne ovina. En Capulhuac, Estado de México, se sacrifican entre 40 y 60 mil ovinos por mes (SIAP, 2015). La producción nacional de carne en canal durante el año 2016 fue de 60,300 t, con un precio estimado en poco más de 500 millones de pesos (SAGARPA, 2016). Esta producción satisfizo 70% del consumo nacional aparente, estimado en 80,780 t de carne en canal, el 30% restante fue cubierto con carne importada, principalmente de Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos.

El consumo de carne de ovino se localiza en el centro del país (Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Querétaro y Morelos), donde se concentra más o menos 85% del total de carne consumida, el resto se aprovecha en los demás estados de la república. Así mismo, se estima que, de la producción total, básicamente 90 % se consume en forma de barbacoa y sólo 10% se prepara de otra manera como cordero al pastor, cordero al ataúd, mixiotes, birria de borrego, cordero lechal y cordero como sustituto de cabrito, así como en cortes finos de cordero (Partida, 2017).

### **2.3 Importancia de la producción de carne ovina en pastoreo**

La alimentación de rumiantes en sistemas de pastoreo se define como sistemas pecuarios en los que más de 90% de la MS suministrada a los animales procede de tierras de pastos, pastizales, forrajes anuales y piensos comprados, y menos de 10% del valor de la producción total procede de actividades agrícolas no ganaderas (FAO, 2014). Por lo que se refiere a la producción total, los sistemas de pastoreo suponen solo 9% de la producción mundial de carne, sí bien representan la única fuente de ingresos para más de 20 millones de familias de pastores (FAO, 2014). La implementación de los diferentes sistemas de pastoreo va a depender de las condiciones propias de cada sistema de producción, considerando el clima del

lugar, la especie y la infraestructura existente (obras de irrigación, abrevaderos, potreros, etc.) (Bellido *et al.*, 2001). El manejo adecuado de los pastizales es de gran importancia en los países de clima tropical, donde se presentan dos épocas muy bien definidas; la lluviosa, con abundancia de pastos y forrajes y la poco lluviosa, con escasez de pastos, lo que obliga a trazar estrategias muy diferentes a la de los países templados y fríos, que solamente disponen de una época del año para producir los alimentos necesarios para el ganado, mediante la conservación de excedentes de pastos y forrajes, y la producción de cultivos especiales para la época en que las bajas temperaturas obligan a estabular a los animales (Senra, 2005).

### **2.3.1 Suplementación de ovinos en pastoreo**

La suplementación es una herramienta que se puede utilizar para mejorar una situación nutricional determinada y se la emplea con el objetivo de agregar lo que le falta a la dieta que están consumiendo los ovinos (Claudio *et al.*, 2003). Se suministran alimentos de alta calidad en cantidades reducidas, para engorde de corderos en pasturas de alta calidad, se utilizan alimentos energéticos (granos de cereales o subproductos como salvados o “afrechillos”), en baja proporción en la dieta, 0.7 a 1.2 % del peso vivo. Este aporte está basado en experiencias originadas en animales que están destinados a producir fibra y carne, que son los dos productos principales de los rumiantes (Villar *et al.*, 2010).

La suplementación energética/proteica aporta a los rumiantes nutrientes de alto valor biológico que los benefician en forma directa (proteína sobrepasante), o indirecta (proteína microbiana) (Piaggio, 2009). Sin embargo, el beneficio de la suplementación es variable, depende del alimento utilizado, debido a que las tasas de fermentación de los ingredientes difieren por efecto de la acción de los microorganismos, lo cual condiciona la compatibilidad y, por ende, la digestibilidad de la dieta completa para incrementar la ganancia de peso y mejorar la conversión alimenticia de ovinos en crecimiento (Macario y Dayenoff, 2004). Esto permitirá, que se acorten los ciclos de engorda, y eso resulta económicamente atractivo (Giraudó *et al.*, 2004).

La suplementación con concentrados para el engorde de corderos constituye una alternativa alimenticia de creciente utilización, dada la fuerte reducción en pasturas de calidad que han sufrido los diferentes sistemas de producción como consecuencia de varios años de condiciones climáticas adversas. Sin embargo, esto ha sido una herramienta de poco uso (Cliffon *et al.*, 2003).

## **2.4 Uso de forrajes en el ganado**

La mayor parte del ganado ovino a nivel mundial es producida en pastoreo, lo que supone la utilización de recursos vegetales no utilizables directamente por el hombre para la obtención de productos animales (lana, piel, leche, carne, etc.) (Camacho y García, 2003). La producción de ganado ovino se desarrolla en condiciones extensivas de manejo; su alimentación depende del pastoreo de la vegetación presente en las zonas geográficas, así como de esquilmos de cultivos de riego y temporal, los cuales constituyen el recurso natural más importante para su alimentación (Echavarría, 2006). Los animales, debido a sus estados fisiológicos, tendrán diferentes requerimientos nutricionales a lo largo del año. Tanto el estado de preñez en su último tercio, como el período de lactancia, son períodos de mayores requerimientos nutritivos. Sin embargo, los requerimientos nutritivos de los animales no siempre coinciden con las mayores disponibilidades de forraje (Camacho y García, 2003).

Los factores limitantes de la producción en los sistemas de pastoreo son: la cantidad y calidad del forraje disponible, la proporción de forraje que el animal ingiere y la eficiencia de la utilización digestiva de los nutrientes, de forma que, cuando la calidad de los forrajes desciende, la máxima capacidad de ingestión no permite cubrir las necesidades nutritivas de los animales (Echavarría, 2006).

## **2.5 Pastos de clima templado**

Las praderas constituyen la fuente nutrimental más económica para alimentar a los rumiantes, ya que estos cosechan su propio alimento, y las deyecciones regresan directamente como abono. Esto evita los costos de corte, conservación y acarreo del forraje, limpieza constante de instalaciones y manejo de grandes cantidades de estiércol (Clark, 2005). Las praderas se pueden establecer con una

sola especie (simple o monófito), o bien por asociaciones dobles (bífito) o compuestas (polífita) [Carlier, 2010]. La selección de especies para una asociación simple o compuesta depende de las condiciones climáticas del lugar donde se establezcan las praderas (Camacho y García, 2003). En la actualidad, hay líneas mejoradas de algunas especies forrajeras, lo que amplía el margen de muchas de ellas para emplearse en diversas zonas geográficas del mundo (Dýrmundsson, 2006). En clima templado, las leguminosas más utilizadas son la alfalfa (*M. sativa*) y el trébol blanco (*T. repens*) (Timon y Hanrahan, 1986). Por parte de las gramíneas, las más empleadas son, el pasto ovillo (*D. glomerata*), ballico perenne (*L. perenne*), ballico anual (*L. multiflorum*) y festuca (*F. arundinacea*) (Castro *et al.*, 2011). Algunos cereales como el trigo común (*Triticum aestivum* L.) y el centeno (*Secale cereale* L.) son utilizados en praderas templadas para incrementar el forraje en épocas de escasas (Jaikumar *et al.*, 2012).

## 2.6 Características del pasto rye grass

El rye grass perenne (*L. perenne*) es un forraje de clima templado cuyo valor nutricional es superior al de los pastos tropicales; el rye grass crece bien a 2200 y hasta 3000 m de altitud sobre el nivel del mar, con buena adaptación a gran diversidad de suelos pesados, fértiles y húmedos (Estrada, 2002). El rye grass perenne tiene la mayor tolerancia al desgaste que cualquier forraje fresco de temporada, su aparición rápida ayuda a suprimir las malezas (Filippi, 2007). Tiene hojas largas, gruesas y un follaje de color verde de intenso a oscuro. Contiene una estrecha relación con la calidad, dado que posee una menor relación pared celular/contenido celular, y mayor contenido de carbohidratos, lípidos y proteínas, menor nivel de FDN y menor relación carbohidratos/proteína degradable, generando en el rumen una mayor producción de proteína bacteriana (Posada *et al.*, 2013). Este pasto es de crecimiento erecto, con gran producción de macollos, es de desarrollo rápido y fácil establecimiento; la planta mide de 25 a 40 centímetros de altura, los tallos son cilíndricos con abundantes hojas. El rendimiento de las praderas comerciales de rye grass es de 60 a 70 ton. de forraje verde por ha (equivalente de 12 a 14 t. de forraje seco), el valor nutrimental de este forraje es de 15 a 18% de

proteína cruda (PC) con 70 a 80% de PC digestible, y 2.96 Mcal de EM/kg MS (INIFAP, 2015).

## **2.7 Zinc**

El Zn es un microelemento esencial necesario para la salud animal. Su deficiencia genera problemas sanitarios asociados a fallas inmunitarias, reproductivas, de crecimiento y de integridad de la piel y pezuñas (Arelovich *et al.*, 2014). El Zn es requerido para una gran cantidad de funciones esenciales en el organismo, las cuales están relacionadas con unas 300 metaloenzimas dependientes de Zn; además, participa en la regulación de la expresión génica, señalización intracelular y estabilidad de membranas biológicas (Pechin, 2012). El Zn en la dieta tiene formas complejas inorgánicas (óxido, sulfato y, en menor medida, carbonato y cloruro de Zn) y orgánicas (proteínatos y aminoatos: metionina-Zn, lisina-Zn) (Pechin, 2012), es esencial para la función normal de la barrera intestinal y la regeneración del epitelio intestinal (Pearce *et al.*, 2015). El Zn desarrolla notables funciones y por eso es considerado esencial para la vida, ya que posee propiedades multifuncionales, interviniendo en gran número de rutas bioquímicas, por lo cual tiene una función biológica ya que se encuentra presente en el núcleo de la célula, nucleótido y cromosoma, del cual aporta la estabilidad a la estructura de ADN, ARN y los ribosomas (Brzóska y moniuszkójakoniuk, 2001).

## **2.8 Metabolismo del zinc**

### **2.8.1 Absorción**

El Zn se absorbe según la necesidad o el requerimiento en el organismo; en rumiantes, la absorción es llevada a cabo en el intestino delgado (NRC, 1996), principalmente el duodeno, en proporción de 75% máximo (Underwood y Suttle, 1999), en yeyuno e íleon, en una proporción de 10 y 30%; hay estudios donde se describe la posibilidad de absorción de Zn en el rumen, demostrando que el Zn es tomado por los epitelios ruminal y omasal, no parece existir un paso más allá de la serosa. Algunos estudios mencionan que, en cerdos y ratas, la absorción de Zn puede ser modificada por la presencia de polisacáridos no aminodales y por otros

elementos como el cobre y el cadmio, estos elementos aumentan la unión de Zn a la metalotioneína en la mucosa (Underwood, 2003).

El proceso de absorción del Zn puede ser dividido en dos fases; 1) captación de Zn desde el lumen intestinal hacia el interior del enterocito; 2) transporte desde la célula hacia la sangre (Cousins, 1989). La entrada de Zn a la célula ocurre a través de dos mecanismos, a) difusión facilitada y, b) por transporte activo (Cousins, 1989). Una pequeña porción de la captación y el transporte de Zn puede ser no saturable, a través de una difusión simple (Cousins, 1985) y un movimiento paracelular. La captación saturable involucra la unión con ligandos de bajo peso molecular, presentes en el lumen intestinal. El complejo Zn-ligando entra a la célula en forma intacta o dona el Zn a un receptor de membrana, el receptor libera el Zn hacia el interior de la célula. Dentro del enterocito, el transporte de Zn está a cargo de una proteína intestinal rica en cisteína (PIRC), la que incrementa la absorción de Zn, transportándolo desde la capa estriada (extremo apical) hasta la membrana basolateral (Hernández, 1994).

### **2.8.2 Transporte**

El Zn plasmático se encuentra distribuido en dos fracciones mayores. Cerca de 2/3 partes se encuentran laxamente unidos a la albúmina, ésta es la principal encargada del transporte de Zn de sangre hacia los tejidos. La mayor parte del 1/3 restante está unido firmemente a la alfa-2 macroglobulina, y en menor proporción a los aminoácidos (histidina y cisteína) [Giroux *et al.*, 1976]. Sólo un 20% del Zn de la sangre se encuentra en el plasma. La mayor parte está localizada en los eritrocitos y leucocitos (Cousins, 1985).

### **2.8.3 Almacenamiento**

Aproximadamente 40% de Zn que entra en el sistema es extraído por el hígado, para ser liberado a sangre (Hambidge *et al.*, 1986). La concentración intracelular de Zn es mantenida gracias a la acción concertada de varias hormonas. En el hepatocito, el Zn se encuentra a nivel de distintas fracciones sub celulares, principalmente a nivel de núcleo y citosol (Arelovich *et al.*, 2014). La administración oral o parenteral de Zn se asocia a una inducción del gen de la metalotioneína

hepática, y a una acumulación de Zn en hígado unido a esta proteína (Hambidge *et al.*, 1986).

#### **2.8.4 Excreción**

En rumiantes, la excreción de Zn se realiza a través de heces, y una muy pequeña parte a través de la orina. La secreción de Zn hacia el lumen intestinal se realiza vía secreciones pancreática, biliar e intestinal (Cousins, 1985).

#### **2.8.5 Necesidades de zinc**

El requerimiento de Zn varía de acuerdo con la especie, raza, edad y funciones productivas del animal. Los requerimientos de Zn en ovinos varían de 10 a 33 ppm para un buen funcionamiento fisiológico, crecimiento y producción de lana (Arelovich *et al.*, 2014), pero pueden ser mayores para las funciones reproductivas y adecuada salud (NRC, 2007).

#### **2.8.6 Fuentes de zinc**

El Zn se encuentra distribuido en alimentos y agua de bebida, los contenidos son variables y, en general, bajos (Rubio, 2007). Son los productos de origen marino, principalmente los mariscos (ostras y crustáceos) los alimentos más ricos en Zn, seguidos de carnes rojas, derivados lácteos y huevo, y los cereales integrales (Moyad, 2004). Las leguminosas presentan contenidos en Zn mayores. Por otro lado, las verduras, hortalizas y frutas, grasas, pescados y dulces, son fuentes deficientes de Zn (Rubio, 2007). En los alimentos el Zn se halla asociado particularmente a proteínas y ácidos nucleicos, lo que condiciona su biodisponibilidad (Underwood y Suttle, 2003).

Los forrajes poseen generalmente entre 25 y 50 ppm de Zn, con valores promedio de 34 ppm. Los henos son deficientes en Zn y los ensilados son ligeramente ricos (Underwood y Suttle, 2003). Los granos de cereales poseen valores muy variables de Zn, pero con altas concentraciones en las capas externas, lo cual aumenta su aporte en subproductos ricos en ellas. Tanto los forrajes como los granos de cereales poseen como principal condicionante de su concentración de Zn el aporte del suelo, por lo cual, suelos carentes establecerán zonas de carencia. La

leche aporta una concentración equivalente a la del alimento (30 a 40 ppm), siendo cuatro veces superior en el calostro (Suttle, 2010).

## **2.9 Uso de zinc en alimentación animal**

La inclusión de minerales en dietas para rumiantes permite mejorar la salud, bienestar y rendimiento productivo. El empleo de los minerales mejora las características morfométricas de la canal y atributos nutricionales de la carne, debido a su efecto sobre el metabolismo. Estudios de Greene *et al.* (1988) y Spears y Kegley (2002) mencionan que la adición de Zn a la dieta de bovinos en finalización favorece el depósito de grasa y grado de marmoleo de la carne. Los bovinos en engorda requieren 30 mg de Zn kg<sup>-1</sup> MS (NRC, 1996); sin embargo, para mejorar el crecimiento y la calidad de la carne se han empleado concentraciones de 49 a 93 mg de Zn kg<sup>-1</sup> MS (Vasconcelos y Galyean, 2007). Nunnery *et al.* (2007) mencionan, que la respuesta productiva en novillos de engorda es de 75 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS; por lo cual, adicionar Zn orgánico (Zn metionina) en la dieta de bovinos en engorda potencializa el crecimiento, mejora las características de la canal, grasa intramuscular y ternera de la carne.

Existe muy poca información sobre la inclusión de Zn orgánico en la alimentación de ovinos. Sin embargo, estudios realizados por Guerrero-Bárcena (2017) y Rodríguez-Maya *et al.* (2018), demostraron efectos del Zn sobre la calidad de la carne y el metabolismo de lípidos; por otro lado, observaron que la inclusión, en la alimentación de corderos, de ZnMet, ZnO y la combinación ZnMet+ZnO propicia mayores ganancias de peso (+ 7%) y eficiencia alimenticia (+ 5%). Spears y Kegley (2002), reportaron efectos similares en novillos en crecimiento con dos fuentes de Zn (ZnO y proteinato de Zn; 83 mg/kg MS), con efectos positivos sobre ganancia de peso (+ 10%).

## **2.10 La canal ovina**

La canal ovina se define como el cuerpo del animal sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, separada la cabeza a nivel de la articulación occipito-atloidea, y sin extremidades, que se cortan a nivel de las articulaciones carpometacarpianas y tarso-metatarsianas (Gallo, 2010). La canal podrá conservar o no los riñones y la

grasa de riñonada y pélvica; no presentará las vísceras torácicas ni abdominales, ni la ubre, ni grasa mamaria. Los científicos han desarrollado metodologías para medir los atributos de canales que afectan el rendimiento y palatabilidad de la carne, los cuales son relevantes para el consumidor, productores y transformadores de carne ovina. El valor de los animales debe ser distinto según las características de la canal y carne, que las hagan más deseables para el mercado (Rubio *et al.*, 2013).

### **2.11 Características de la canal**

La norma mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006 PRODUCTOS PECUARIOS - CARNE DE OVINO EN CANAL – CLASIFICACIÓN, se refiere a la forma y volumen general del cuerpo del animal ya sacrificado en su presentación como “canal caliente” o “canal fría”, tomando como base el contorno de la canal. Esta se determinará visualmente de acuerdo a un patrón fotográfico. La conformación se clasifica en tres tipos:

1. Excelente. Canales con músculos gruesos y amplios en comparación con la longitud de la misma; amplio llenado de las piernas y los cuartos delanteros.
2. Buena. Canales con músculos moderados en comparación con la longitud de la misma; piernas y cuartos delanteros moderadamente delgados.
3. Deficiente. Canales con músculos delgados en comparación con la longitud de la misma; piernas y cuartos delanteros delgados y cóncavos.

### **2.12 La carne ovina**

La carne se define como el tejido animal utilizado como alimento. Se compone de células de tejido o fibras musculares, grasa y tejido conectivo (Miller, 2002). El músculo se convierte en carne por una serie de cambios bioquímicos y biofísicos, que se inician tras la muerte del animal. La conversión del músculo a carne es un proceso de tres pasos: 1) incluye la fase de pre-rigor (de pocos hasta 30 minutos postmortem), en la cual el músculo permanece excitable y podría corresponder a la duración de la supervivencia del sistema nervioso, y es consecuencia del cese del suministro de oxígeno y nutrientes a las células, por lo que en este momento el músculo es flácido y extensible; 2) la fase de rigor mortis sucede después de pocas horas, se caracteriza porque el músculo se torna rígido e inextensible, lo cual es

provocado por la formación de puentes cruzados entre los filamentos de actina y miosina, que en ausencia de energía, esto es irreversible; durante este periodo, el pH desciende debido a la degradación del glucógeno por la vía anaerobia con el fin de obtener energía (ATP), como resultado, hay formación de ácido láctico, esto provoca el descenso de pH muscular, pasando de valores próximos a 7, hasta valores entre 5.4 y 5.8; 3) la última fase es el post rigor mortis, con maduración de la carne (Warris, 2003).

La carne de cordero es un alimento rico en proteínas, también denominadas proteínas de alto valor biológico, contiene en promedio 19.24% de PC por kg de MS, mientras que el contenido de grasa es de alrededor de 12.7%, respecto al contenido de humedad y cenizas, es de 68.25% y 1.05%, respectivamente (Hoffman *et al.*, 2002).

### **2.13 Calidad de la carne ovina**

La calidad es un término difícil de definir, varía en función del punto de vista de cada persona, se refiere al conjunto de características que le confieren máxima aceptación en el mercado y que se traduce en mayor precio o mayor demanda (Díaz *et al.*, 2009). Según Braña *et al.* (2011), la calidad de la canal se asocia básicamente con su engrasamiento, forma, tamaño y peso, pues estos elementos permiten estimar, de manera indirecta, las proporciones de músculo y grasa que son las que realmente se utilizan. La FAO (2015) define la calidad de la carne generalmente en función de su composición (proporción magro/graso), y de factores de palatabilidad como aspecto, olor, firmeza, jugosidad, terneza y sabor. La calidad nutritiva de la carne es objetiva, mientras que la calidad “como producto comestible”, tal y como es percibida por el consumidor, es altamente subjetiva. A nivel de consumidor, Smith (2000) describió las características más importantes al comprar un corte de carne fresca: calidad (sabor, terneza o blandura, apariencia y estabilidad en el almacenamiento), consistencia (igualdad en apariencia a la compra e igualdad en palatabilidad al consumo), inocuidad (seguridad bacteriológica y química) y, por último, la actitud del distribuidor (productores sobre el ambiente y bienestar animal).

## **2.14 Caracteres fisicoquímicas de la carne**

### **2.14.1 Color**

El color de la carne es uno de los atributos más importantes para el consumidor, es el primer elemento que se valora. Sí el producto que desea comprar tiene un color desagradable esto es suficiente para que no se interese por evaluar ninguna otra propiedad más (Partida *et al.*, 2011). La mioglobina es la principal proteína responsable del color de la carne, aunque otras hemoproteínas como la hemoglobina y el citocromo C también pueden desempeñar un rol en el color de la carne (Mancini *et al.*, 2005; Hunt *et al.*, 2005). En general, se asocia “carne oscura” con “animales viejos”, y si bien hay algo de cierto en esta suposición, la realidad es que, tanto animales de mayor peso, como razas adaptadas a condiciones ambientales extremas, tienden a presentar carnes más oscuras y con mayor índice de rojo. La alimentación del animal, en algunos casos, puede afectar el color de la carne, por ejemplo, es sabido que la carne de animales lactantes es más clara y presenta menor índice de rojo que la de aquellos que se encuentran en pastoreo. El agregado de ciertas sustancias, como los antioxidantes naturales a la dieta, permite que el color de la carne se mantenga estable durante un mayor período. El color puede ser medido instrumentalmente con colorímetros u espectrofotómetros, aunque también se pueden utilizar patrones fotográficos (Linares *et al.*, 2014).

### **2.14.2 Textura**

La terneza de la carne la determina la estructura miofibrilar, el tejido conjuntivo y las interacciones entre ambos. La terneza de la carne, además de factores como el contenido de grasa subcutánea o intramuscular, también tiene relación directa con la tasa de enfriamiento post mortem (Bianchi *et al.*, 2008). La terneza es un atributo muy importante que considera el consumidor en su decisión o preferencia por algún tipo o corte de carne, por lo tanto, es necesario conocer cuáles son los factores que afectan a este parámetro: 1) está asociada a “carne de animales viejos”, con “carne dura”; la explicación que tiene esta suposición se debe al entrecruzamiento de las fibras de colágeno, que ocurre en los músculos a medida que el animal se va desarrollando. El colágeno es el tejido conectivo que más contribuye a la reducción

de terneza de la carne. Aunque el colágeno constituye menos de 2% del músculo esquelético, está asociado con la dureza y puede ser muy resistente a la degradación física durante la cocción (Weston *et al.*, 2002). También hay otro factor: 2) la grasa, a mayor contenido de grasa intramuscular, es mayor la terneza y, esto podría modificarse con la alimentación que recibe el animal (Zimmerman, 2009).

### **2.14.3 pH**

La carne es el resultado de dos cambios que ocurren en el músculo durante el período post mortem: 1) el establecimiento del rigor mortis y 2) la maduración. El principal proceso que se lleva a cabo durante el establecimiento del rigor mortis es la acidificación muscular (Bianchi *et al.*, 2008). El pH baja de valores de 7.0 - 7.3 a valores de 5.5 y 5.7, en las primeras 6 a 12 horas luego del sacrificio. Esta condición levemente ácida resulta de gran importancia porque permite que la carne sea menos susceptible a contaminación microbiana, lo cual favorece su conservación (Latorre, 2007). El pH de la carne es una de las principales características que determinan la calidad del producto, está influido por muchos factores que pueden interactuar entre sí, afectando la velocidad de descenso de éste. Este rasgo es el factor principal en determinar las características organolépticas: color, olor y terneza de la carne, además de afectar la capacidad de retención de agua (jugosidad) de la misma (Sañudo, 1998).

### **2.14.4 Contenido de ácidos grasos**

En la actualidad, el estudio sobre el consumo de grasas y su relación con la salud humana constituye un tema de gran preocupación y dedicación. Existen ciertos ácidos grasos que son necesarios para desarrollar funciones vitales en el hombre y que no pueden ser sintetizados en el propio organismo, por lo tanto, deben ser aportados con la dieta. Se sabe que la relación entre los ácidos omega 6:omega-3 (ácidos grasos poli-insaturados), como también el CLA (ácido linoleico conjugado), previenen el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y presentan propiedades anticancerígenas. El tejido graso está constituido por adipocitos especializados en el almacenamiento de grasas, y por tejido conjuntivo de sostén (Díaz, 2001). La función se relaciona con una serie de procesos biológicos destinados a la nutrición de los

tejidos, y una de sus funciones más importantes es como reserva de energía para el animal (Ham, 1975; Lehninger, 1978; Díaz, 2001). La grasa, es el único tejido básico que no tiene límite de acumulación, excepto cuando el factor genético lo regule (Godoy *et al.*, 1986). Los factores que influyen en la cantidad de grasa son el peso vivo del animal, sexo, raza y alimentación (Partida, 2015).

#### **2.14.5 Grasa subcutánea**

La grasa externa protege a la canal y a los músculos de las pérdidas de agua durante la conservación en refrigeración o congelación; la grasa evita el oscurecimiento de la carne como consecuencia de la oxidación de la mioglobina, también evita el acortamiento por frío cuando la canal es congelada (Partida, 2015).

#### **2.14.6 Grasa intramuscular**

Es un depósito de grasa dentro de las fibras musculares (Rubio *et al.*, 2013), es muy importante en los atributos como aroma, jugosidad, ternura y vida de anaquel de la carne (Ruiz *et al.*, 2005; Oliván *et al.*, 2001; Chambaz *et al.*, 2003). El porcentaje mínimo de grasa necesaria para la palatabilidad de la carne es 3 % en base húmeda cruda; particularmente, en el ganado ovino, el depósito de grasa intramuscular ocurre después de la madurez (Cianzio *et al.*, 1985), a diferencia de otras especies, en los ovinos, el porcentaje de grasa intramuscular al sacrificio es menor a 5 % (McPhee *et al.*, 2008); sin embargo, las canales de ovinos, de edades avanzadas, pueden tener grandes cantidades de grasa subcutánea, pero, el mayor aumento proporcional de grasa intramuscular y resto de tejido adiposo ocurre en edades tempranas (Ponnampalam *et al.*, 2007).

### 3. JUSTIFICACIÓN

La inclusión de aditivos en dietas para rumiantes ha permitido mejorar la salud, bienestar y rendimiento productivo animal. Además, el empleo de estos puede mejorar las características morfométricas de la canal y los atributos nutricionales de la carne, debido a su efecto sobre distintas rutas metabólicas. El zinc está asociado con mecanismos estimulantes de lipogénesis y lipólisis. En bovinos y ovinos con alimentación intensiva, la suplementación con zinc puede mejorar la ganancia diaria de peso, rendimiento productivo y grado de marmoleo de la chuleta, así como la calidad de la canal, en gran medida por el aumento del depósito de grasa intramuscular y agregación de lípidos en la célula.

La producción de ovinos en pastoreo es una opción más económica de producción de carne, sin embargo, la menor ingestión de energía reduce la ganancia de peso y la acumulación de grasa en la canal por lo que puede requerirse suministrar concentrados complementarios para lograr canales y carne de mejor calidad.

Debido a que en la literatura revisada se identificó que hay poca información sobre el efecto de Zn-metionina sobre las características de la canal y calidad de la carne de ovinos en engorda alimentados en pastoreo de praderas templadas complementados con concentrado, en el presente estudio se postuló que la complementación de dos niveles de concentrado, 0.75 y 1.5% del peso vivo (PV), con y sin inclusión de Zn-metionina, puede mejorar el rendimiento, características morfométricas y nutrimentales de la canal, y la calidad de la carne de ovinos bajo condiciones de pastoreo intensivo de una pradera de rye grass en la época verano y otoño.

#### **4. HIPÓTESIS**

La complementación de un concentrado, suministrado a dos niveles (0.75 y 1.5% de PV), con y sin Zinc-metionina, a ovinos en engorda bajo pastoreo continuo influye positivamente en las características de la canal y calidad de la carne.

## 5. OBJETIVOS

### Objetivo general

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar el efecto de suministrar un concentrado alimenticio a dos niveles (0.75 y 1.5% de PV), con y sin inclusión de una fuente de Zn orgánico (0 y 65 mg/kg MS de Zn-metionina), a corderos en pastoreo continuo, sobre las características de la canal y calidad de la carne.

### Objetivos específicos

1. Evaluar la calidad de la canal en términos de rendimiento en caliente y frío, pH y características morfométricas.
2. Determinar la calidad de la carne en términos de su evaluación instrumental: composición nutrimental, fuerza de corte, capacidad de retención de agua, coloración y contenido de grasa en la chuleta.
3. Determinar el contenido de ácidos grasos en el músculo *Longissimus dorsi*.

## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

Para probar la hipótesis anterior, esta investigación se llevó a cabo en los meses de junio a diciembre 2019, en las instalaciones del Área de docencia e investigación en producción animal, y en los laboratorios de Tecnología de la carne y Metabolismo, del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México.

### 6.1 Animales y alimentación

Se utilizaron 24 ovinos en 4 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2 de tratamientos; los ovinos permanecieron diario 6 h (09:00 a 15:00 h) en una pradera de rye grass (*Lolium perenne*), posteriormente fueron confinados en corrales individuales donde recibieron un concentrado alimenticio [Cuadro 1] (0.75 y 1.5% PV) según los tratamientos establecidos. Se estimó, que el pastoreo y forraje aportaron 15 mg/kg MS de Zinc.

La dosis diaria de Zn (65 mg/kg MS) aportada por la premezcla Zn-metionina fue proporcionada de forma individual directamente en el comedero, mezclándolas con la parte superior del concentrado ofrecido. La cantidad total diaria estimada de zinc que consumieron los corderos fue de 80 mg/kg de Zn por kg MS (Cuadro 1).

Se registró el peso vivo al inicio del estudio y después cada 15 días durante la fase de engorda.

Los tratamientos establecidos fueron: T1= (0.75 % PV concentrado + 0 mg/kg MS), T2= (0.75 % PV concentrado + 65 mg Zn kg MS), T3= (1.5% PV concentrado+0 mg Zn kg MS y T4 = (1.5 % PV concentrado + 65 mg Zn kg MS).

**Cuadro 1. Composición y aporte nutrimental del concentrado suministrado a ovinos en pastoreo continuo de pradera rye grass.**

Ingredientes	g/kg MS
Grano de maíz molido	250
Pasta de soya	210
Subproducto de galletería	200
Rastrojo de maíz	200
Salvado de trigo	80
Premezcla de minerales	25
Bicarbonato de sodio	15
Aceite de soya	10
Carbonato de calcio	10
Composición química:	
Materia seca	956
Energía metabolizable, Mcal kg MS	2.7
Proteína cruda	157.8
Materia orgánica	895

Aporte estimado de zinc de la dieta compuesta por concentrado y forraje (15 mg/kg de Zn por kg MS). Premezcla: micro minerales (mg/kg) I=0.3; Se=0.3; Co=0.09; Cu=10; Mn=4.0; Fe=5.0. Macro minerales (%) S=0.09; P=0.10; Ca=0.45; Na=0.09; Cl=0.05.

## 6.2 Medición de las características de la canal

Una vez terminado el período de engorda (peso vivo final 40 kg), los ovinos fueron transportados en vehículo (54 km) a una planta obrador de sacrificio, cumpliendo lo establecido en los estándares (NOM-051-ZOO-1995).

Los ovinos fueron pesados antes del sacrificio (PVS) y las canales fueron pesadas inmediatamente después del sacrificio para obtener el peso de la canal caliente (PCC); el rendimiento en canal (RC) se obtuvo en relación al (PVS) y (PCC), posteriormente, las canales ovinas fueron refrigeradas a 4°C durante 24 h y se

obtuvo el peso de la canal fría (PCF), sobre estas canales fueron tomadas las medidas de longitud, ancho y espesor, empleando cinta métrica (Colomer *et al.*, 1988; European Community, 2008) y vernier, así como conformación muscular (sistema europeo) [Cuadro 2; Figura 1] y grado de engrasamiento (SEUROP) (Cuadro 3; Figura 2), las variables que se determinaron se detallan a continuación.

**Cuadro 2. Claves de valoración de conformación de las canales de ovinos (SEUROP).**

Clave de conformación	Disposiciones complementarias
S = Superior	Cuartos traseros: con doble musculatura. Perfiles extremadamente convexos Lomo: extremadamente convexo, extremadamente ancho y extremadamente grueso Paletilla: extremadamente convexa y extremadamente gruesa.
E = Excelente	Cuartos traseros: muy gruesos. Perfiles muy convexos Lomo: muy convexo, muy ancho y muy grueso hasta la paletilla Paletilla: muy convexa y muy gruesa.
U = Muy buena	Cuartos traseros: gruesos. Perfiles convexos Lomo: ancho y grueso hasta la paletilla Paletilla: gruesa y convexa.
R = Buena	Cuartos traseros: perfiles generalmente rectilíneos Lomo: grueso, pero menos ancho hasta la paletilla Paletilla: bien desarrollada, pero menos gruesa.
O = Menos buena	Cuartos traseros: perfiles con tendencia a ligeramente cóncavos Lomo: escasa anchura y grosor Paletilla: con tendencia a estrecha. Escaso grosor.
P = Inferior	Cuartos traseros: perfiles cóncavos a muy cóncavos Lomo: estrecho y cóncavo, con los huesos aparentes Paletilla: estrecha, plana y con los huesos aparentes

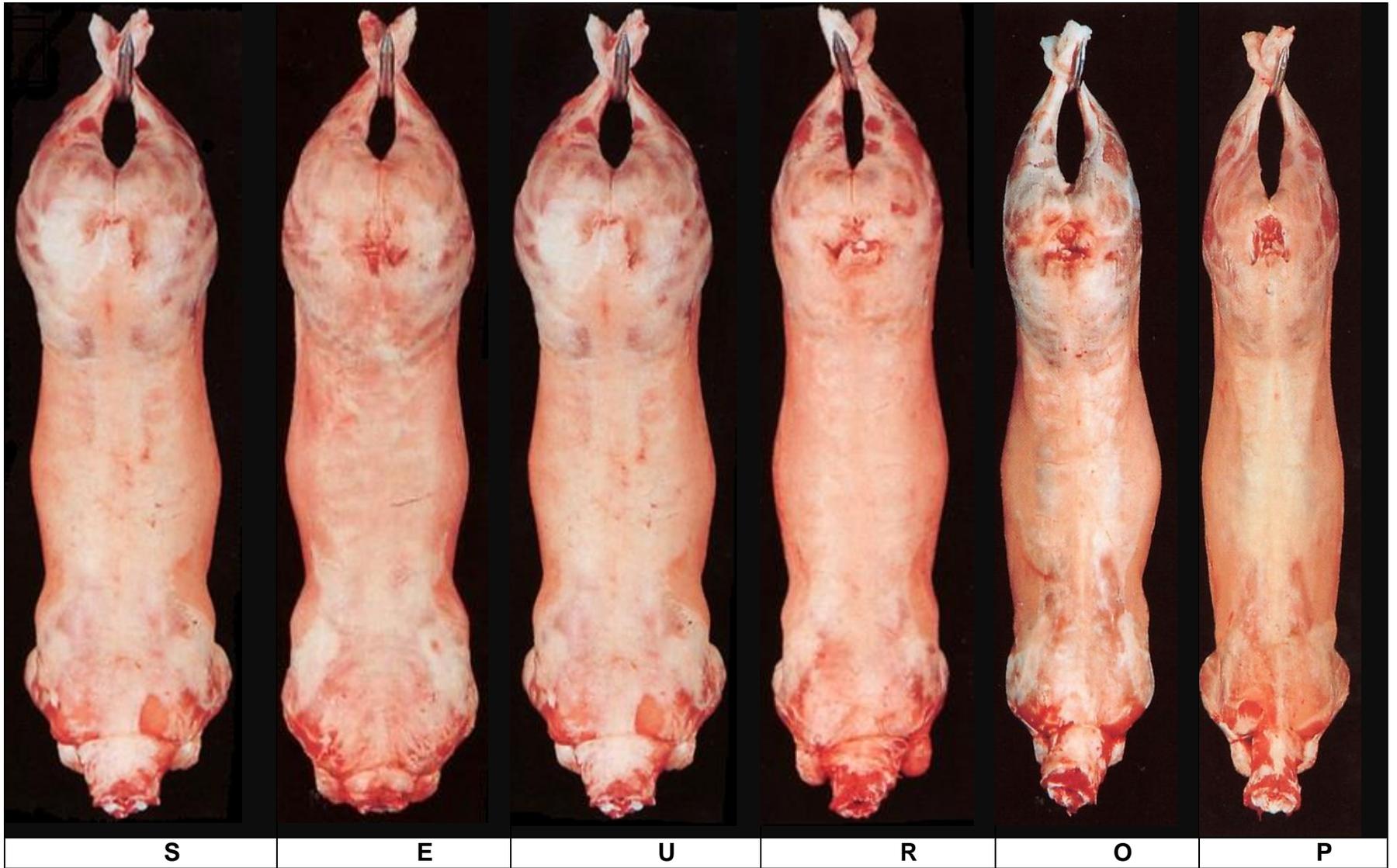


Figura 1. Patrón fotográfico de conformación de las canales de ovinos (SEUROP).

**Cuadro 3. Valoración de cobertura grasa de las canales de ovinos (SEUROP).**

Clase de cobertura grasa		Disposiciones complementarias (1)	
1.	Muy escasa	Externa	Presencia escasa o nula de grasa
		Interna	Abdominal Presencia escasa o nula de grasa en los riñones. Torácica Presencia escasa o nula de grasa entre las costillas.
2.	Escasa	Externa	Una capa muy fina de grasa cubre parte de la canal, aunque puede ser menos apreciable en los miembros.
		Interna	Abdominal Riñones con presencia escasa de grasa o cubiertos parcialmente por una capa muy fina de grasa. Torácica Músculos claramente visibles entre las costillas.
3.	Media	Externa	Una capa fina de grasa cubre toda la canal o la mayor parte de la misma. Zonas grasa ligeramente más espesa en la base del rabo.
		Interna	Abdominal Una capa fina de grasa cubre total o parcialmente los riñones. Torácica Músculos aún visibles entre las costillas.
4.	Importante	Externa	Una capa espesa de grasa cubre toda la canal o la mayor parte de la misma, aunque puede ser más delgada en los miembros y más espesa en las paletillas.
		Interna	Abdominal Riñones cubiertos de grasa. Torácica Los músculos entre las costillas presentan infiltraciones de grasa. Pueden apreciarse depósitos de grasa en las costillas.

5.	Muy importante	Externa	Cobertura grasa muy espesa. Pueden ser visibles acúmulos de grasa.				
		Interna	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="695 300 846 331">Abdominal</td> <td data-bbox="899 300 1382 388">Riñones cubiertos de una capa espesa de grasa.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="695 409 818 441">Torácica</td> <td data-bbox="899 409 1382 604">Los músculos entre las costillas presentan infiltraciones de grasa. Se aprecian depósitos de grasa en las costillas.</td> </tr> </table>	Abdominal	Riñones cubiertos de una capa espesa de grasa.	Torácica	Los músculos entre las costillas presentan infiltraciones de grasa. Se aprecian depósitos de grasa en las costillas.
Abdominal	Riñones cubiertos de una capa espesa de grasa.						
Torácica	Los músculos entre las costillas presentan infiltraciones de grasa. Se aprecian depósitos de grasa en las costillas.						
(1) Las disposiciones complementarias para la cavidad abdominal no se aplican a los efectos del anexo III del Reglamento (CEE) no 2137/92 (European Community, 2008).							



Figura 2. Patrón fotográfico de la cobertura grasa en canales de ovinos (SEUROP).

### 6.3 Evaluación morfométrica de la canal. Mediciones lineales

Las mediciones lineales realizadas en la canal ovina se detallan a continuación (Figura 3):

- Longitud de la canal intacta (K). Distancia desde la parte caudal de la última vértebra sacra a la parte anterior de la 1ª vértebra cervical (atlas).
- Longitud de la media canal (L). Distancia desde la parte craneal de la sínfisis pubiana a la parte craneal de la primera costilla en su punto medio.
- Longitud de la pierna (F). Distancia desde el centro de la tuberosidad proximal de la tibia a la parte distal del tarso.
- Profundidad de la canal (TH). Distancia máxima desde la cruz a la quilla Esternal.
- Perímetro de la pierna (B). Circunferencia, sobre la canal colgada, que pasa por la parte anterior de las rotulas.
- Anchura de la pierna (G). Máxima anchura de la grupa, medida en un plano horizontal.

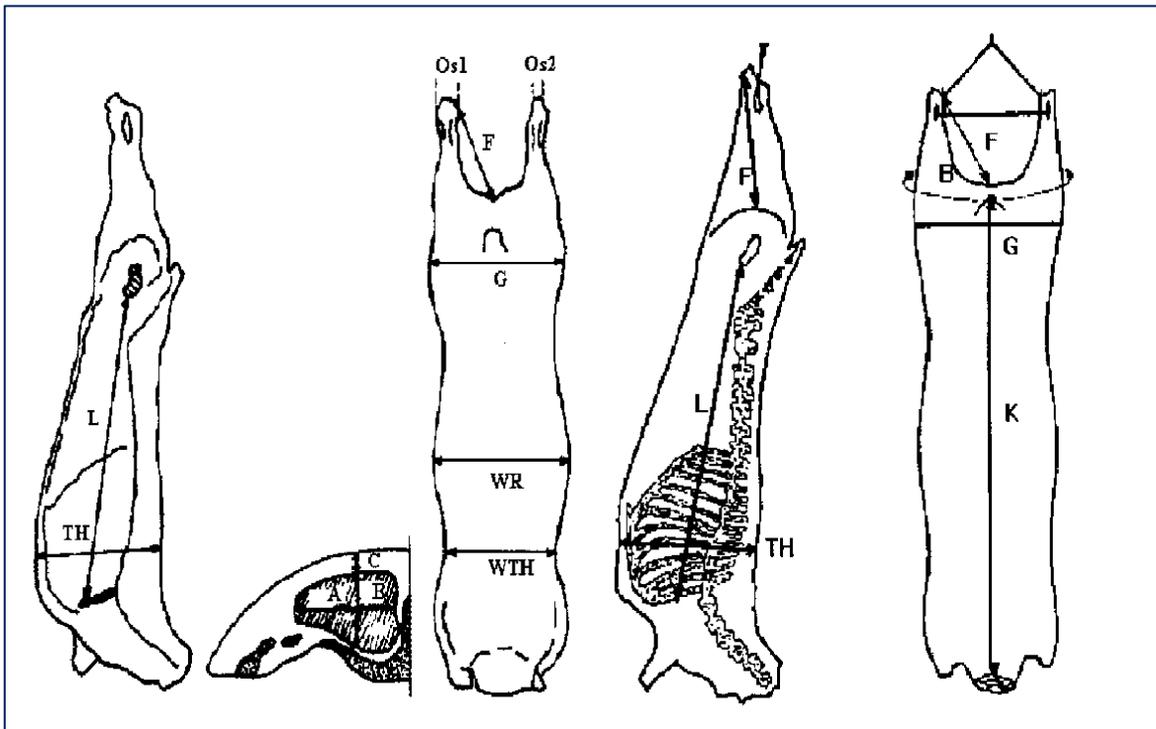
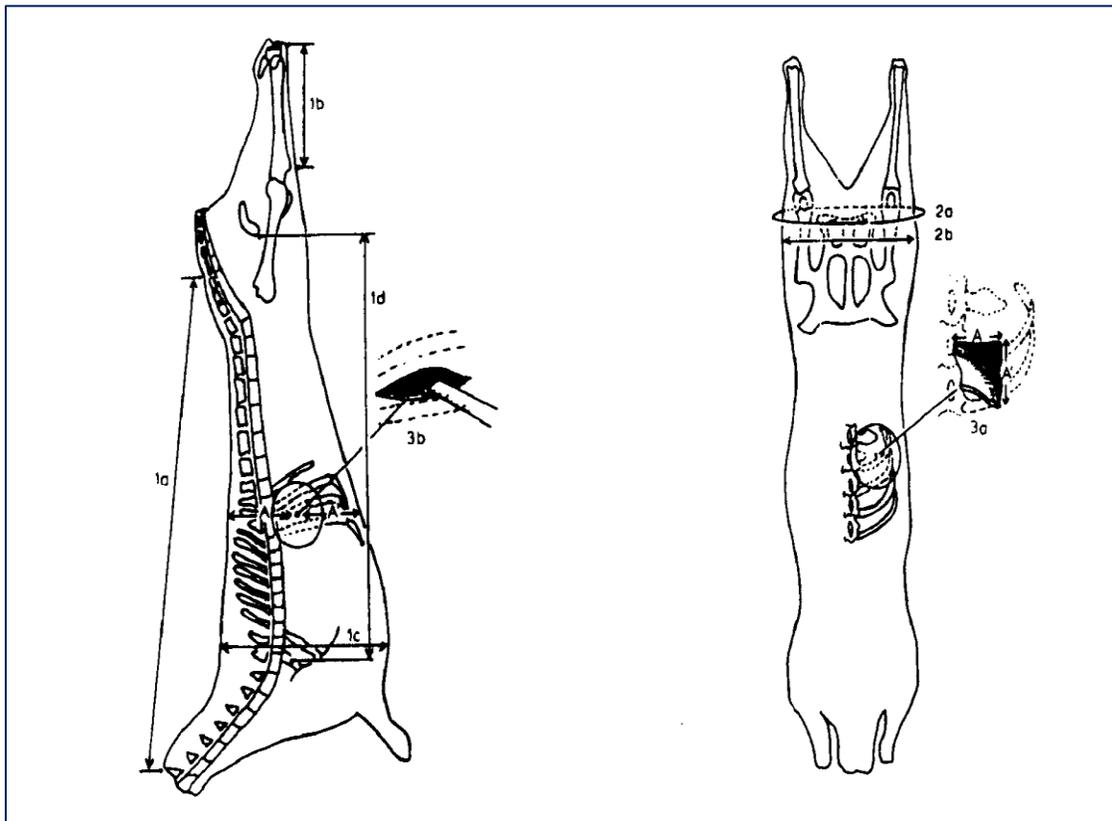


Figura 3. Esquematación de variables objetivas para la medición de las canales de ovinos.

Profundidad grasa subcutánea (3<sup>a</sup>). Para la determinación de esta variable se realizaron dos incisiones:

- una de 4 cm, perpendicular al eje vertebral, a nivel de la última costilla
- otra de 4 cm, a continuación de la anterior, hacia delante y paralela al eje vertebral.

Grosor de grasa torácica (3b). Se mide en una incisión realizada en el punto medio (dorso-ventralmente) situado entre las costillas 10<sup>a</sup> y 11<sup>a</sup> (Figura 4).

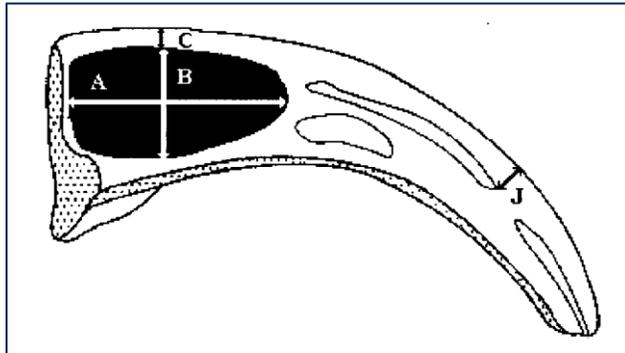


**Figura 4. Esquematización de variables objetivas para la medición de cantidad de grasa de las canales de ovinos.**

#### 6.4 Medición del área de la chuleta

Se determinó, el borde de la chuleta a nivel de la penúltima costilla considerando los diámetros de anchura y profundidad del m. *Longissimus dorsi* (A y B), finalmente la profundidad de la grasa de cobertura (C y J; Figura 5), se determinó a partir de un corte transversal en el musculo *Longissimus dorsi*, del

lado izquierdo de la canal, entre las costillas 12a y 13a para medir el espesor de la grasa dorsal (mm) con vernier y el área con un planímetro (Planix7 TAMAYA).



**Figura 5. Medición de variables sobre la chuleta de ovinos.**

### 6.5 Composición química de la chuleta

La composición química (g/kg MS) fue determinada siguiendo los protocolos de la AOAC (1997) para materia seca, cenizas, extracto etéreo y proteína cruda.

Posteriormente, las muestras de lomo fueron conservadas al vacío y en refrigeración por 2 h (4 °C), enseguida se congelaron a -20 °C. En estas muestras se midió la terneza mediante la prueba de resistencia al corte con cuchilla Warner Bratzler (SALTE R®, G-R Elec. Mfg. Co., Collins Lane, MA, USA).

La capacidad de retención de agua (CRA) por pérdida por cocción fue determinada por el método de presión en muestras por triplicado de *Longissimus dorsi* de cada tratamiento, en el cual las chuletas fueron cocinadas por 7 min a 70°C por lado y fueron colgadas en refrigeración a 4°C por tres días. Finalmente, se estimó la CRA considerando el peso inicial y final de la muestra.

### 6.6 Medición de color y terneza de carne de ovino

El color de la carne se determinó en chuletas con 24 h de oreo, mediante colorimetría instrumental (Minolta Chroma Meter CR-200). Posteriormente, fueron cortadas a la mitad para obtener una muestra para cocción y otra para análisis en crudo; además, una parte de los lomos se conservó en congelador a -80 °C, otro grupo de lomos se conservaron crudos y se mantuvieron durante 10 d en

refrigeración a 5 °C con luz para determinar la terneza de la carne. Al término de 10 d se realizó el mismo proceso de almacenamiento para estos tejidos. Las muestras que se reservaron para cocinar se pesaron antes y después de su cocimiento; la cocción se desarrolló midiendo la temperatura interna a 70 °C, durante 7 min por cada lado del lomo, posteriormente, se dejaron enfriar y se realizó el mismo procedimiento de empaquetado y almacenamiento durante 10 d a -80 °C.

### **6.7 Determinación de ácidos grasos**

Se pesaron 500 mg de carne seca por muestra y se depositaron en tubos de ensayo, a estos se adicionaron 2 mL de hexano más 3 mL de HCl metanólico al 5 %, y se agitaron cuidadosamente durante 1 min, las muestras fueron colocadas en baño de agua a 70 °C durante 45 min. Posteriormente, se dejaron enfriar a temperatura ambiente durante 20 min, y enseguida se adicionaron 5 mL de K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 6 % más 1 mL de hexano. Después se agitaron las muestras durante 1 min y se centrifugaron a 1500 rpm durante 5 min, enseguida se transfirió el sobrenadante a tubos de ensayo estériles con 1 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, este procedimiento se realizó por duplicado para finalmente extraer el sobrenadante con papel filtro Whatman (Grado 597). Las muestras fueron depositadas en viales Eppendorf y almacenados en congelación (-40 °C) hasta su análisis instrumental.

Las condiciones de trabajo del cromatógrafo (Perkin Elmer, modelo Clarus 500) fueron: columna capilar de 100 m x 0.25 mm x 0.2 μ (SUPELCO TM-2560), N<sub>2</sub> como gas acarreador, temperatura del horno de 140 °C por 5 min con incrementos de temperatura de 4 °C por min hasta 240 °C. El inyector y detector se mantuvieron a 260 °C. Los picos fueron identificados de acuerdo con los tiempos de retención de los estándares de ésteres metílicos (SUPELCO37, FAME MIX analytical SIGMA USA).

### **6.8 Análisis estadístico y diseño experimental**

Los resultados de evaluación de características de canal, calidad de carne y contenido de ácidos grasos en músculo *Longissimus dorsi* fueron analizados estadísticamente con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2 de

tratamientos, utilizando PROC GLM (SAS Institute Inc., 2004). La variable peso vivo a sacrificio fue considerada como covariable en el análisis de la información.

Las variables de conformación muscular de la canal, grado de engrasamiento y grasa renal, fueron analizadas mediante la prueba de Kruskal-Wallis, considerando la distribución de muestras independientes.

Las medias de tratamientos fueron comparadas usando la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## **7. LÍMITE DE ESPACIO**

La presente investigación se realizó en las Instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicada en el Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México.

Matanza y faenado de ovinos. La evaluación de canales se realizó en la planta obrador de sacrificio de ovinos “Calpulli”, localizada en el municipio de Capulhuac, Estado de México.

El análisis de calidad de carne se realizó en los laboratorios de Bromatología y de Tecnología de carne, del Departamento de Nutrición Animal de la FMVZ de la UAEMex.

## 8. LÍMITE DE TIEMPO

Para llevar a cabo el estudio, el cual comprendió el experimento en campo sobre prueba de alimentación, análisis de laboratorio, elaboración de bases de datos, análisis estadísticos y escritura de tesis final, se llevó a cabo el siguiente cronograma de actividades.

**Cuadro 4. Cronograma de actividades período Agosto-Diciembre 2019 a Enero-Julio 2020.**

Actividades / mes	2019			2020		
	Ago./ Sep.	Oct./ Nov.	Dic.	Ene./ Mar.	Abr./ Jul.	Nov./ Dic.
<b>Experimento de respuesta productiva en pastoreo con complementación de concentrado y zinc orgánico.</b>						
Colecta de información y elaboración de bases de datos.						
Elaboración y registro de protocolo de tesis.						
Sacrificio y faenado de ovinos en engorda.						
Evaluación morfométrica y rendimiento de canales ovinas en obrador Calpulli de Capulhuac, México.						
Obtención de muestras de músculo <i>Longissimus dorsi</i> , análisis de maduración de carne.						
<b>Análisis bromatológico de carne</b>						
Determinación de proteína cruda, materia seca, extracto etéreo y cenizas.						
<b>Análisis instrumental</b>						
Determinación de ácidos grasos, medición de terneza, pH, pérdida de agua y fuerza de corte.						
Análisis estadístico de resultados.						
Redacción de tesis y presentación de examen profesional.						

## 9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interacción de nivel de concentrado con nivel de Zn-met afectó ( $P \leq 0.05$ ) el peso vivo a sacrificio, longitud de pierna y peso de vísceras rojas (Cuadro 5). Además, el ancho de tórax y peso de vísceras verdes vacías fueron afectados ( $P \leq 0.05$ ) por el nivel de inclusión de Zn-met en la dieta. Asimismo, la inclusión de Zn-met, en ambos niveles de concentrado, mejoró la conformación muscular en la escala SEUROP ( $P = 0.10$ ), el grado de engrasamiento ( $P = 0.08$ ) y grasa renal ( $P = 0.03$ ). No obstante, en el resto de las variables estudiadas en este experimento no se observó efecto ( $P > 0.05$ ). El ancho de grupa fue afectado ( $P \leq 0.05$ ) por el nivel de inclusión del concentrado. En la investigación realizada por Edenburn *et al.* (2016), utilizando 210 novillos criollos dispuestos en 5 grupos, se evaluó la inclusión de propionato de zinc y se observaron resultados similares en rendimiento de canal. Se ha observado que corderos finalizados en sistemas de pastoreo producen canales con menor contenido de grasa, pero más carne a bajo costo, que los sistemas de engorda intensiva (Zervas *et al.*, 1999).

En corderos Ile-de-France finalizados en corral o pastoreo de *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Festuca Arundinacea*, *Taraxacum officinale* y *Trifolium repens*, se observó mayor efecto del sistema de producción en corral en rendimiento, conformación muscular, engrasamiento; mientras que el sistema de corderos finalizados en pastoreo mostró mayor efecto sobre el índice de color  $b^*$  y ángulo Hue en la canal (Priolo *et al.*, 2002), así mismo se observó efecto benéfico sobre la terneza del *Longissimus dorsi*. La suplementación de 3 mL de  $ZnSO_4$  a 10% (68 mg Zn) en corderos Merino-Polish, bajo tres sistemas de alimentación (estabulado sin suplemento de Zn, estabulado con suplemento de Zn y pastoreo sin suplemento) evidencio menores rendimientos para peso final, GDP, área de ojo de chuleta, grasa perirenal y de riñonada para el grupo con alimentación en pastoreo (Gabryszuk *et al.*, 2014). El tiempo de pastoreo es un factor que ocasiona cambios en la selección de la digesta del forraje, así lo describió Wang *et al.* (2015), quienes observaron que a medida que fue restringido de 12 hasta 2 h el

pastoreo, los animales mostraron mayor GDP y grasa intramuscular, producto de la suplementación de alimento concentrado en corral.

**Cuadro 5. Efecto de la inclusión de Zn-met en dietas de ovinos en pastoreo sobre características de canal.**

Variables	Zn-0 mg/kg		Zn-65 mg/kg		EEM <sup>1</sup>	P<		
	C-0.75%	C-1.5%	C-0.75%	C-1.5%		C	Zn	CxZn
Peso vivo a sacrificio, kg	42.54	41.27	40.80	43.15	0.74	0.941	0.558	0.050
Peso de canal fría, kg	18.97	18.73	19.47	20.41	0.47	0.042	0.495	0.253
Rendimiento comercial, %	44.77	45.48	47.92	47.64	0.91	0.006	0.807	0.580
pH final 24 h	6.23	6.27	6.29	6.30	0.03	0.264	0.548	0.734
Grasa dorsal 12 <sup>a</sup> costilla, mm	5.00	4.71	5.78	4.21	0.55	0.837	0.189	0.358
Longitud de canal, cm	68.48	69.00	68.41	69.35	1.04	0.907	0.555	0.861
Longitud de pierna, cm	36.07	35.40	33.64	36.00	0.50	0.209	0.246	0.043
Diámetro de pierna, cm	40.97	40.98	41.38	42.0	0.83	0.387	0.702	0.714
Perímetro de pierna, cm	63.42	63.38	64.51	64.92	0.38	0.015	0.715	0.654
Ancho de grupa, cm	22.21	21.91	22.67	23.71	0.40	0.021	0.425	0.156
Ancho de tórax, cm	22.90	22.67	22.78	25.28	0.69	0.102	0.138	0.074
Profundidad de tórax, cm	18.88	18.57	17.85	18.71	0.32	0.246	0.473	0.129
Peso vísceras verdes llenas, kg	9.78	9.39	8.53	9.50	0.34	0.204	0.521	0.137
Peso vísceras verdes vacías, kg	3.54	3.67	3.78	4.50	0.19	0.016	0.050	0.166
Peso vísceras rojas	1.85	1.77	1.80	2.08	0.06	0.075	0.158	0.021
					Sig. $\chi^2$			
Conformación muscular <sup>†2</sup>	O	O	R	R	0.10	-	-	-
Conformación muscular (NMX) <sup>†3</sup>	B	B	B	B	0.43	-	-	-
Grado de engrasamiento <sup>†4</sup>	1	1	2	2	0.08	-	-	-
Grasa interna (riñón) <sup>†5</sup>	1	1	2	2	0.03	-	-	-

<sup>1</sup>Error estándar de la media; <sup>†</sup>Mediana. Sig.  $\chi^2$  = Significancia  $P < 0.05$  para distribución de muestras independientes (Kruskal-Wallis). <sup>2</sup>E, excelente; U, muy buena; R, buena; O, normal; P, pobre. <sup>3</sup>Conformación muscular según NMX-FF-106-SCFI-2006 (E, excelente; B, buena; D, deficiente). <sup>4</sup>Grado de engrasamiento de cobertura (1, muy magra - 5, muy grasa). <sup>5</sup>Grasa interna (1, riñones descubiertos; 2, riñones con gran ventana; 3, riñones con pequeña ventana; 4, riñones cubiertos totalmente).

<sup>C</sup>efecto de nivel de concentrado. C= efecto del nivel de concentrado. Zn= efecto del nivel de zinc. CxZn= efecto de interacción de nivel de concentrado con nivel de zinc.

La alimentación de corderos Talaverana en sistema de pastura o alimentación en corral, mostró que, ambos grupos, tuvieron similar peso vivo a sacrificio, peso de canal caliente, peso de canal fría y rendimiento verdadero (Díaz *et al.*, 2002); sin embargo, hubo mayor grado de engrasamiento y grasa subcutánea para los ovinos finalizados en corral, debido a que en pastoreo movilizan lípidos de reserva muscular para obtener energía y consecuentemente se reducen los niveles de grasa corporal.

En esta investigación, la similitud en cobertura de grasa dorsal pudo deberse al efecto lipogénico del Zn, efecto que se acentuó en la valoración de la conformación muscular (buena), grado de engrasamiento (magra) y grasa interna de riñonada (riñones con ventana grande); en este sentido, la grasa dorsal en 12<sup>a</sup> costilla, para los cuatro tratamientos oscilo entre 4.21 y 5.78 mm, estos valores son superiores a los reportados por Carrasco *et al.* (2009) grasa subcutánea (1.7 mm) de corderos de raza Churra Tensina alimentados con pastura permanente más suplemento de concentrado. Anderson *et al.* (2015) evaluaron la suplementación de corderos (Hampshire Down, Ile De France, Poll Dorset, Southdown, Suffolk, Texel y White Suffolk) en sistema de pastoreo extensivo en dos épocas de bajo crecimiento de forraje y obtuvieron pesos de canal ( $23.3 \pm 4.39$  kg) superiores a los de esta investigación. No obstante, los ovinos utilizados en nuestra investigación obtuvieron valores muy similares a los reportados, probablemente por las condiciones de alimentación y suplementación del Zn orgánico, siendo estos animales de menor capacidad de conversión alimenticia. En la alimentación de 108 corderos

Landsheep en diferentes regímenes alimenticios, resultó que el tratamiento con mayor intensidad alimenticia y 91.7 mg Zn por d; la concentración de Zn en el músculo fue influenciada por el género, peso corporal e intensidad de alimentación. Además, se observó mayor depósito de Zn (13.7 mg/kg MS) en tejido graso, por efecto del peso corporal y género en corderos sacrificados a 45 kg de peso vivo (Bellof *et al.*, 2007).

La suplementación de 65 ppm de Zn-Met en la dieta de ovinos Katahdin x Dorper con alimentación intensiva afectó el perímetro de pierna y grado de engrasamiento de riñonada (Rodríguez-Maya *et al.*, 2019). Lo anterior, es similar a los hallazgos de la presente investigación, donde se observó el efecto de Zn sobre la lipogénesis; específicamente en los tratamientos con 65 mg/kg de Zn-Met, los cuales tuvieron canales con mayor grado de engrasamiento y grasa interna de riñón.

Referente a las características fisicoquímicas de la carne (Cuadro 6), estas no fueron afectadas ( $P>0.05$ ) por el nivel de concentrado, nivel de zinc orgánico o la interacción de ambos. Lo anterior, es evidencia de un aporte suficiente y uso eficiente de nutrientes de los corderos con distinto nivel de concentrado en la dieta y consumo de forraje. No obstante, estos resultados son similares a lo reportado por Rodríguez-Maya *et al.* (2019) al suplementar con 65 mg de Zn/kg MS a corderos en engorda intensiva. Los resultados de color obtenidos son similares a los encontrados por Partida (2016) con valores de 37.8 y 13.8 ( $L^*$  y  $a^*$ , respectivamente) para animales engordados en pastoreo. Las luminosidades de la carne de los corderos en esta investigación mostraron similitud (36.5  $L^*$ ) con los reportados por Khaleel *et al.* (2019) en ovinos Awassi x Rambouillet. En corderos Talaverana alimentados en sistema de pastura y sistema intensivo, se observó mayor luminosidad (69.56  $L^*$ ) e índice  $b^*$  para la carne de corderos finalizados con forraje. Se ha demostrado que el sistema de alimentación tiene efecto sobre la composición muscular y la calidad de la carne, por ejemplo, el color de la carne de animales finalizados en pastoreo tiende a oscurecerse más que animales alimentados con concentrado (Priolo *et al.*, 2002).

**Cuadro 6. Efecto de la inclusión de zinc orgánico en dietas de ovinos en pastoreo sobre las características fisicoquímicas de la carne.**

Variables	Zn-0 mg/kg		Zn-65 mg/kg		EEM <sup>1</sup>	P<		
	C-0.75%	C-1.5%	C-0.75%	C-1.5%		C	Zn	CxZn
Materia seca, g/kg	265.01	264.88	272.13	271.13	5.14	0.206	0.913	0.932
Proteína cruda, g/kg MS	196.50	206.00	207.12	210.40	5.10	0.195	0.269	0.584
Extracto etéreo, %	6.85	7.93	6.77	6.45	1.26	0.726	0.580	0.619
Pérdida de agua, %	30.14	32.10	29.90	31.37	1.38	0.718	0.207	0.855
pH final 24 h	6.49	6.52	6.51	6.52	0.01	0.622	0.256	0.547
Materia orgánica, g/kg MS	950.52	953.06	944.62	954.17	4.27	0.912	0.212	0.967
Área de chuleta, cm <sup>2</sup>	17.32	16.95	18.15	18.43	0.99	0.256	0.964	0.748
Fuerza de corte, kg <sub>f</sub>	3.10	3.75	3.94	3.85	0.28	0.138	0.381	0.219
Color								
<i>L</i> *	37.23	37.21	35.59	36.83	1.03	0.353	0.574	0.559
<i>a</i> *	18.86	19.24	20.02	19.76	0.68	0.260	0.933	0.665
<i>b</i> *	6.36	6.27	6.60	6.99	0.58	0.404	0.785	0.675
<i>c</i> *	19.96	20.27	21.10	20.96	0.81	0.286	0.918	0.796
Hue*	18.20	17.95	18.12	19.44	1.11	0.528	0.632	0.481

<sup>1</sup>EEM= error estándar de la media. C= efecto del nivel de concentrado. Zn= efecto del nivel de zinc. CxZn= efecto de interacción de nivel de concentrado con nivel de zinc. kg<sub>f</sub>, = kilogramos fuerza.

En ovinos alimentados con forraje este efecto se acentúa por el bajo contenido de glucógeno y pH alto en el tejido muscular *post mortem* (Young *et al.*, 1997). Referente a área de chuleta, López *et al.* (2016) reportaron que en cruza ovinas de Charollais, Dorset y Texel se obtuvieron áreas de *Longissimus dorsi* de 20.1 cm<sup>2</sup>, 18.6 cm<sup>2</sup> y 17.6 cm<sup>2</sup>, respectivamente. Lo anterior es similar a lo hallado en esta investigación. En este estudio el contenido de grasa intramuscular de *Longissimus dorsi* oscilo entre 6.45 y 7.93 %, valores inferiores (8.40 a 8.63%) a lo reportado por Rodríguez-Maya *et al.* (2019) en corderos alimentados en corral con suplementación de 80 ppm de Zn-met.

El contenido de los AG miristoleico, (C14:1; P=0.06) y palmítico (C16:0; P=0.07) en la grasa intramuscular disminuyó por efecto de la interacción de nivel de concentrado con Zn-Met en la dieta; asimismo, el contenido del AG heptadecanoico (C17:0) aumentó (P=0.01) por efecto de la interacción de nivel de concentrado (C-0.75%) con Zn-Met (65 mg/kg MS); en contraste, el contenido del AG linolenico (C18:3) en la grasa intramuscular mostró tendencia a disminuir (P=0.10) por efecto de la suplementación de Zn-Met en la dieta, y el AG araquidónico (C20:4; P=0.01) disminuyó por efecto de la interacción nivel de concentrado con Zn-Met (Cuadro 7). Además, el contenido de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIS) tendió a aumentar (P=0.11) por efecto de la interacción del nivel de concentrado con Zn-Met suplementados a los corderos en engorda.

En la suplementación de Zn-met (65 ppm) y ZnO (65 pmm) a corderos con alimentación intensiva, se observó efecto sobre el contenido (g/100 g) de ácido palimitoleico (0.77 – 2.78), ácido araquidónico (0.05 – 0.08) y ácido mirístico (1.55 – 2.67) [Rodríguez-Maya *et al.*, 2019]; sin embargo, estos valores fueron inferiores a los reportados en esta investigación, probablemente porque en el presente estudio, los corderos consumieron forraje verde. Al respecto, corderos alimentados en pastoreo pueden producir carne con mayores cantidades de ácidos grasos omega-3, como los ácidos eicosapentanoico y docosahexanoico (De Brito *et al.*, 2016), además, la carne de borrego es una excelente fuente de proteína y zinc (Williams, 2007). Díaz *et al.* (2002) observaron que en corderos Talaverana alimentados en sistema de pastura o alimentación en corral, la grasa intramuscular de la chuleta

presentó diferencias en el perfil de ácidos grasos C16:0 (26.00% vs 27.69%), C18:0 (16.42% vs 15.03%), C18:3 (1.76% vs 1.35%), y C20:0 (1.65% vs 1.43%), respectivamente. Pero, en ese mismo estudio, cuando se evaluó el efecto de peso a sacrificio, se observó mayor contenido de C17:0 (1.52 vs 1.82%, respectivamente) en grasa intramuscular de la pierna con ovinos más pesados (28 kg).

**Cuadro 7. Perfil de ácidos grasos de la carne de ovinos en pastoreo suplementados con zinc orgánico.**

Ácidos grasos, g/100 g AG	Zn-0 ppm		Zn-65 ppm		EEM <sup>1</sup>	P<		
	C-0.75%	C-1.5%	C-0.75%	C-1.5%		C	Zn	CxZn
Laurico, C12:0	0.07	0.08	0.07	0.08	0.01	0.650	0.224	0.845
Mirístico, C14:0	2.23	2.16	2.19	2.21	0.11	0.984	0.795	0.691
Miristoleico, C14:1	0.26	0.19	0.20	0.17	0.06	0.858	0.958	0.064
Palmitico, C16:0	25.39	24.84	24.06	23.99	0.68	0.185	0.334	0.075
Palmitoleico, C16:1	0.68	0.64	0.57	0.53	0.10	0.295	0.734	0.967
Heptadecanoico, C17:0	0.42	0.60	0.75	0.44	0.09	0.382	0.488	0.015
Estéarico, C18:0	18.26	18.43	17.88	17.83	0.54	0.381	0.913	0.850
Oleico, C18:1	44.53	44.45	44.28	44.69	0.59	0.990	0.781	0.685
Linoleico, C18:2	5.47	5.85	5.81	5.11	0.53	0.711	0.761	0.318
Linolenico, C18:3	0.20	0.17	0.26	0.12	0.05	0.910	0.105	0.326
Araquidónico, C20:4	0.09	0.14	0.26	0.11	0.06	0.297	0.466	0.108
Behénico, C22:0	0.54	0.41	0.45	0.34	0.12	0.522	0.323	0.936
Otros	1.99	2.03	2.17	1.43	0.22	0.375	0.140	0.099
Ácidos grasos saturados, AGS	47.67	47.04	47.14	48.40	0.73	0.573	0.671	0.208
Ácidos grasos monoinsaturados, AGMIS	45.85	45.84	45.82	45.80	0.62	0.949	0.980	0.994
Ácidos grasos poliinsaturados, AGPIS	6.47	7.11	7.03	6.79	0.63	0.552	0.643	0.110
Ácidos grasos insaturados, AGI	52.32	52.96	52.85	51.59	0.73	0.570	0.673	0.206

<sup>1</sup>EEM= error estándar de la media. C= efecto del nivel de concentrado. Zn= efecto del nivel de zinc. CxZn= efecto de interacción de nivel de concentrado x nivel de zinc. AGS = $\sum$  C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0. AGMIS = $\sum$  C16:1, C18:1, C18:1n-7. AGPIS =  $\sum$  C18:2, C20:4. AGI = ( $\sum$  C16:1, C18:1, C18:1n-7) + ( $\sum$  C18:2, C20:4).

La cantidad y distribución de grasa en la canal tiene efecto sobre la calidad de la carne; la grasa intramuscular beneficia los atributos sensoriales como: sabor (Hocquette *et al.*, 2010), palatabilidad, textura, y jugosidad (Mahgoub *et al.*, 2000). Se ha reportado que, la carne de corderos finalizados en pastoreo es más apreciada por su sabor, debido al incremento en la concentración de C18:3  $\omega$ -3 (Wood *et al.*, 1999), mientras que en carne proveniente de sistemas de finalización en corral sucede lo contrario (Sañudo *et al.*, 2000). El ácido graso omega-3 y el ácido linoleico conjugado han demostrado tener efectos positivos anticancerígenos, anti diabetes y anti adipogénicos (Bas *et al.*, 2007). La alimentación de corderos en pastoreo aumenta la concentración de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (AGPIS) con la consecuente disminución de ácidos grasos saturados (AGS), lo que mejora la relación AGPIS:AGS y disminuye la relación omega-6:omega-3 (Noci *et al.*, 2007). En este estudio la relación AGPIS:AGS oscilo entre 0.12 hasta 0.15, valores superiores a 0.10 reportado por Popova (2007) en *Longissimus lumborum* de corderos alimentados con pastura natural más suplemento de concentrado. Wang *et al.* (2015) evaluaron el tiempo de pastoreo en niveles decrecientes de 12 hasta 2 h y observaron incrementos significativos en el contenido de AGPIS en *Longissimus dorsi* a medida que los ovinos permanecían más tiempo en pastoreo; del mismo modo, la relación omega-6:omega-3 (0.23-0.05) experimentó el mismo comportamiento; lo anterior es deseable en la carne de cordero por los beneficios a la salud donde están implicados. El mayor contenido de AGPIS en este estudio respecto a la referencia anterior puede beneficiar la estabilidad oxidativa de la carne de todos los tratamientos probados.

## 10. CONCLUSIONES

La inclusión de zinc orgánico y el nivel de concentrado complementado a ovinos en pastoreo tuvo efecto en longitud de pierna, peso vivo a sacrificio, ancho de tórax y peso de vísceras rojas.

El nivel de concentrado en la dieta y zinc orgánico en ovinos en pastoreo no afectó las características fisicoquímicas de la carne de *Longissimus dorsi*.

La conformación muscular, grado de engrasamiento y grasa renal tuvieron mayor calificación en los tratamientos con Zn-Met en ambos niveles de concentrado suplementado.

El nivel de concentrado complementado y la inclusión de Zn orgánico en la dieta de ovinos en pastoreo influyó en el contenido de los ácidos grasos miristoleico (C14:1), palmítico (C16:0), heptadecanoico (C17:0), linolenico (C18:3) y araquidónico (C20:4); así como en contenido de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPIS) en la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi*.

## 11. LITERATURA CITADA

- Anderson, F., Williams, A., Pannier, L., Pethick, D.W., Gardner, G.E. 2015. Sire carcass breeding values affect body composition in lambs – 1. Effects on lean weight and its distribution within the carcass as measured by computed tomography. *Australian Meat Science*, 108:145-154.
- AOAC. 1997. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA. 771 p.
- Arelovich, H.M., Amela, M.I., Martínez, M.F., Bravo, R.D., Torrea, M.B. 2014. Influence of different sources of zinc and protein supplementation on digestion and rumen fermentation parameters in sheep consuming low-quality. *Small Ruminant Research*, 121:175-182.
- Bas, P., Berthelot, V., Pottier, E., Normand, J. 2007. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. *Meat Science*, 77:678-88.
- Bellido, M.M., Escribano, S.M., Mesías, D.F.J., Rodríguez L.V.A., Pulido G.F. 2001. Sistemas extensivos de producción animal. *Archivos de Zootecnia*, 50:465-489.
- Bellof, G., Most, E., Pallauf, J. 2007. Concentration of copper, iron, manganese and zinc in muscle, fat and bone tissue of lambs of the breed German Merino Landsheep in the course of the growing period and different feeding intensities. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91:100-108.
- Bianchi, G., Garibotto, G., Franco, J., Ballesteros, F., Bentancur, O., Feed, O. 2008. Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena. Seminario Técnico Internacional: “Enfoques sobre la calidad de carne y grasa en rumiantes: el consumidor como prioridad”, Montevideo.
- Braña V.D., Ramírez R.E., Rubio L.M.S., Sánchez E.A., Torrescano U.G., Arenas, M.L., Partida, P.J.A., Ríos R.G. 2011. *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 11. 89 p.

- Brzóška, M.M., Moniuszko J.J. 2001. Interactions between cadmium and zinc in the organism. *Food and Chemical Toxicology*. Bialystok, Poland, 39:967–980.
- Camacho, G.J., García, L.M. 2003. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovillo. *Veterinaria México*, 34:149-177.
- Camara, F., Amaro, C.A. 2003. Nutritional aspects of zinc availability. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54:143-152.
- Carlier, L. 2010. Grassland for ruminants. Role of grassland in Belgian agriculture. *Romanian Journal of Grassland and Forage Crops*, 1:7-16.
- Carrasco, S., Ripoll, G., Sanz, A., Álvarez-Rodríguez, J., Panea, B., Revilla, R., Joy, M. 2009. Effect of feeding system on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livest Science*, 121:56-63.
- Chambaz, A., Scheeder, M., Kreuzer, M., Dufey, P. 2003. Meat quality of Angus, Simmental Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Science*, 63:491-500.
- Cianzio, D.S., Topel, D.G., Whitehurst, G.B., Benitez, D.C., Self H.L. 1985. Adipose tissue growth and cellularity: Changes in bovine adipocyte size and number. *Journal of Animal Science*, 60:970-976
- Clark, D.A. 2005. Challenges and opportunities for animal production from temperate pastures. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. 119-130 pp.
- Claudio, R., S. Hazard, C. Hewstone. 2003. Comparación de grano de maíz y trigo brotado como componentes de raciones de engorda invernal de novillos. *Agricultura Técnica (Chile)*, 63:375-379.
- Cliffon, G., Larrosa, J., Barría, D., Culúm, V. 2003. Alimentación estratégica de ovejas en invierno. INTA EEA Santa Cruz. Producción animal 1.
- Colomer, R.F., Morand, F.P., A. Delfa, A.H., Sierra A.I. 1988. Métodos normalizados para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales caprinas y ovinas. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. INIA. Madrid, España. 32 p.

- Cousins, R.J. 1985. Absorption, transport, and hepatic metabolism of copper and zinc: Special reference to metallothionein and ceruloplasmin. *Physiological Review*, 65:238-309.
- Cousins, R.J. 1989. Theoretical and practical aspects of zinc uptake and absorption. In: Mineral absorption in the monogastric GI tract. F.R. Dintzis and I.A. Laszlo, Eds. Plenum Press. New York. 3-12 pp.
- Díaz, M. 2001. Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Memoria para optar al grado de Doctor en Veterinaria. Madrid, España. p. 295
- Díaz, M.T., Velasco, S., Pérez, C., Lauzurica, S., Ruiz de Huidobro, F., Cañeque, V. 2009. Physical-chemical characteristics of carcass and meat Manchego breed suckling lambs slaughtered at different weights. *Meat Science*, 65:1085-1093.
- Dýrmundsson, O.R. 2006. Sustainability of sheep and goat production in North European countries-from the Arctic to the Alps. *Small Ruminant Research*, 62:151-157.
- Edenburn, B.M., Kneeskern, S.G., Bohrer, B.M., Boler, D.D., Dilger, A.C., y Felix T.L. 2016. Effects of supplementing zinc or chromium to finishing steers fed ractopamine hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. *Journal of Animal Science*, 94:771-779.
- Echavarría, C.F.G., Gutiérrez, L.R., Ledesma, R.R.I., Bañuelos, V.R., Aguilera, S. J.I., Serna, P. A. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Vegetación nativa. *Técnica Pecuaria*, 44:163-169.
- Esqueda, C.M., Gutiérrez, R.E. 2009. Producción de ovinos de pelo bajo condiciones de pastoreo extensivo en el norte de México. México DF. Libro técnico No. 3.
- Estrada, J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Universidad de Caldas. 297-298 pp.
- European Community. 2008. Commission Regulation (CE) no 1249/2008 of 10 December 2008 laying down detailed rules on the implementation of the

- Community scales for the classification of beef, pig and sheep carcasses and the reporting of prices thereof. Off. J. Eur. Union, L 337/3. <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?qid=1473400865387&uri=CELEX:32008R1249>. (Consultado enero 2020).
- FAO. 2010. [http://www.3tres3.com/buscando/fao-evolucion-mundial-delconsumo-de-carne\\_30869/](http://www.3tres3.com/buscando/fao-evolucion-mundial-delconsumo-de-carne_30869/). (Consultado: 15/02/2020).
- FAO. 2014. [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr\\_sources.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_sources.html). (Consultado junio 2020).
- FAO. 2015. <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/425187/>. (consultado junio 2020).
- Filippi, R.D. 2007. *Ballicas perenne* en pasturas para producción de leche. [http://lacteos.watts.cl/images/img\\_editor/docadjuntos/ballica%20perenne%200en%20pasturas%20para%20produccion%20de%20leche.pdf](http://lacteos.watts.cl/images/img_editor/docadjuntos/ballica%20perenne%200en%20pasturas%20para%20produccion%20de%20leche.pdf) (Consultado: febrero 2020).
- Gallo, C. 2010. Crecimiento y composición de canales. En: Tadich, N. Ed. Salud y producción ovina. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 165-188 pp.
- Gabryszuk, M., Kuźnicka, E., Horbańczuk, K., Oprządek, J. 2014. Effects of housing systems and the diet supplements on the slaughter value and concentration of mineral elements in the loin muscle of lambs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 27:726-732.
- De Brito, G.F., Ponnampalam, E.N., Hopkins, D.L. 2016. The Effect of Extensive Feeding Systems on Growth Rate, Carcass Traits, and Meat Quality of Finishing Lambs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16: 23-38.
- Díaz, M.T., Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Ruiz de Huidobro, F., Pérez, C., González, J., Manzanares, C. 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small Ruminant Research*, 43:257-268.
- Giraudó, C., Bidinost, F., Villagra, S., Abad, M., Garramuño, J. 2004. Engorde de corderos a corral. IDIA XXI. Ovinos. Ediciones INTA pag. 151-155.

- Giroux, E.L., Durieux, M., Schechter, P.J. 1976. A study of zinc distribution in human serum. *Bioinorganic Chemistry*, 5:211-218.
- Godoy, F.M., Gomez, R. L., Morales, M.M., Ibarra, M.L., Bulnes, R.R. 1986. Rendimiento de las grasas viscerales en novillos de raza de doble propósito. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 1:93-96.
- Greene, L.W., Lunt, D.K., Byers, F.M., Chirase, N.K., Richmond, C.E., Knutson, R.E., Schelling, G.T. 1988. Performance and carcass quality of steers supplemented with zinc oxide or zinc methionine. *Journal of Animal Science*, 66:1818-1823.
- Guerrero-Barcena. 2017. Efecto de la suplementación de clorhidrato de zilpaterol y zinc orgánico en la respuesta productiva, metabólica y calidad de la carne de ovinos en engorda intensiva. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. 95 p.
- Ham, A.W. 1975. *Tratado de Histología*. 7 ed. Editorial interamericana. México. 935 p.
- Hambidge, K., Casey, C.E., Krebs, N.F. 1986. Zinc. In: *Trace elements in human and animal nutrition*, Vol. 2. W. Mertz, Ed. Academic Press, New York. p. 1-37.
- Hänsch, R., and Mendel, R.R. 2009. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*, 12:259-266.
- Hernández, B. 1994. Estudio del color en carnes: Caracterización y control de calidad. Ph.D Thesis. Universidad de Zaragoza. España.
- Hocquette, J.F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., Pethick, D.W. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4:303-319.
- Hoffman, C.A., Block, R.C., Thevenet, M.K., Van W.E. 2002. Associations between omega-3 poly-unsaturated fatty acids from fish consumption and severity of depressive symptoms: An analysis of the 2005–2008 National Health and

- Nutrition Exam Survey. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids. 86:155-160.
- Huerta, B.M. 1997. Nutrición mineral de rumiantes en pastoreo. In: Memoria del curso "Alternativas de Manejo de Bovinos para Carne en Pastoreo". 21 y 23 de mayo, Chapingo, México.
- Hunt, M.C., Neill, S., Unruh, J.A., Marston, T.T., Jaeger, J.R. 2005. Effects of implanting and feeding zilpaterol hydrochloride on performance, carcass characteristics, and subprimal beef yields of fed cows. *Journal of Animal Science*, 87:704–710.
- INIFAP. 2015. Cultive pasto ryegrass para la alimentación del ganado en la época invernal en el norte y centro de Tamaulipas. Boletín electrónico, año 1, No 15.
- Jaikumar, N.S., Snapp, S.S., Murphy, K., Jones, S.S. 2012. Agronomic Assessment of Perennial Wheat and Perennial Rye as Cereal Crops. *Agronomy Journal*, 104:1716-1726.
- Khaleel I. Z. 2019. Growth performance and meat characteristics of the first filial Awassi-Rambouillet callipyge ram lambs. *Veterinary World*, 12:783-788.
- Latorre, E. 2007. Carne de cordero magallánico. Sus ventajas nutricionales. INIA.
- Lehninger, A.L. 1978. Bioquímica. Omega. Barcelona. 285-289 pp.
- Linares, M., Lindon, W., Gallo, C. 2014. Perfil de ácidos grasos de carne de ovino y caballo criados bajo un sistema de producción extensiva. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24:257-263.
- López, C.M.A., Ramírez, R.G., Aguilera, S.J., Aréchiga, C.F., Méndez, L.F., Rodríguez, H., Silva J.M. 2016. Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *Livestock Science*, 131:23-30.
- Macario, J., Dayenoff, P. J. 2004. Incidencia de la suplementación materna sobre el peso de destete del cabrito Malargüino. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol.24. Sup.1
- Macías-Cruz, U., Álvare-Valenzuela, F.D., Rodríguez-García, J., Correa-Calderón, A., Torrentera-Olivera, N.G., Molina-Ramírez, L., Avendaño-Reyes, L. 2010.

- Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 42:147-154.
- Mahgoub, O., Lu, C.D., Early, R.J. 2000. Effects of dietary density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani lambs. *Small Ruminant Research*, 37:35-42.
- Mancini, R., Faustman, C., Sun, Q., Suman S.P. 2005. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86:86-94.
- Martínez, M. A. 2008. Nutrition and quality of meat from ruminant animals. *REDVET*. 10:1695-7504.
- McPhee, M.J., Hopkins, D.L., Pethick, D.W. 2008. Intramuscular fat levels in sheep muscle during growth. *Aust. J. Exp. Agric.* 48:904-909.
- Miller, W.J. 1975. New concepts and developments in metabolism and homeostasis of inorganic elements in dairy cattle. A review. *Journal of Dairy Science*, 58:1549-1560.
- Miller, R.K. 2002. Factors affecting the quality of raw meat. In: *Meat Processing: Improving Quality*. J. Kerry, J. Kerry, D. Ledward. Eds. CRC Press LLC. USA. 464 p.
- Montossi, F., Brito, G., Julián, R. 2002. Predicting lamb tenderness among carcasses produced under commercial conditions in Uruguay. In: 48th ICoMST. Rome, 25-30 pp.
- Moyad, M.A. 2004. Zinc for prostate disease and other conditions: a little evidence, a lot of hype, and a significant potential problem. *Urologic Nursing*, 24:49-57.
- NMX-FF-106-SCFI-2006. *Productos Pecuarios. Clasificación de Carne Ovina en Canal*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de julio de 2006.
- Noci, F., French, P., Monahan, F., Moloney, A. 2007. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates. *Journal of Animal Science*, 85:1062-73.

- NOM-051-ZOO-1995. [3 de julio 1995]. NOM-051-ZOO-1995. Norma Oficial Mexicana Trato humanitario en la movilización de animales. DF, México: Diario Oficial de la Federación.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th ed. National Academic Press, Washington, D.C. 248 p.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants (Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids). Washington, DC: National Academy Press. 362 p.
- Nunnery, G.A., Vasconcelos, J.T., Parsons, C.H., Salyer, G.B., Defoor, P.J., Valdez, F.R., Galyean, M.L. 2007. Effects of source of supplemental zinc on performance and humoral immunity in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 85:2304-2313.
- Oliván, M., Martínez, C.S., Panea, B., Osoro, K. 2001. Determinación de la composición química de la carne: humedad, cenizas, grasa, proteína y colágeno. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes España: INIA. 259-273 pp.
- Partida, P.J.A., Rubio, L.M.S., Méndez, M.R.D. 2011. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*, 2:247-258.
- Partida, P.J.A., Casaya, R.T.A., Rubio, M.S., Méndez, M.D. 2015. Effect of breed sire on carcass traits and meat quality of Katahdin lambs. *Journal of Food Research*, 1:141-149.
- Partida, P.J.A., Rios, R.F.G., Colin, C.L., Dominguez, V.I.A. 2017. Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*, 8:269-277.
- Pearce, S.C., Sanz, F.M.V., Torrison, J., Wilson, M.E., Baumgard, L.H., Gabler, N.K. 2015. Dietary organic zinc attenuates heat stress-induced changes in pig intestinal integrity and metabolism. *Journal of Animal Science*, 93:4702-4713.
- Pechin, G.H. 2012 Absorción, metabolismo y homeostasis del zinc en los animales y el hombre. *Ciencia Veterinaria*, 14:93-125.

- Piaggio, L. 2009. Suplementación en ovinos. Secretariado Uruguayo de la Lana, Área de Economía y Difusión, Hoja Coleccionable N° 18. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina/57-suplementacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/57-suplementacion.pdf) (Consultado enero 2020).
- Ponnampalam, E.N., Hopkins, D.L., Butler, K.L., Dunshea, F.R., Warne, R.D. 2007. Genotype and age effects on sheep meat production, Carcass quality traits. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47:1147-1154.
- Popova, T. 2007. Effect of the rearing system on the fatty acid composition and oxidative stability of the *M. longissimus lumborum* and *M. semimembranosus* in lambs. *Small Ruminant Research*, 71:150-7.
- Posada, O.S., Cerón, J.M., Arenas, J., Hamedt, J.F., Álvarez, A. 2013. Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium sp.*) en potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) usando la metodología de cero labranza. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8:23-32.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S., Dransfield, E. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*, 62:179-85.
- PROGAN 2010. Programa Nacional Ganadero. SAGARPA. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas/Paginas/PROGRAM.aspx> (Consultado marzo 2019).
- Purchas, R.W. 2012. Carcass evaluation In: Y.H. Hui (Ed.). *Handbook of meat and meat processing* (2nd ed.) Boca Raton: CRC Press. 333-356 pp.
- Rodríguez, M.M.A., Domínguez, V.I.A., Trujillo, G.D., Morales, A.E., Sánchez, J.J.E., Bórquez, G.J.L., Acosta, D.J., Grageola, N.F., Rodríguez, C.J.G. 2019. Growth performance parameters, carcass traits and meat quality of lambs supplemented with zinc methionine or/and zinc oxide in feedlot system. *Canadian Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.1139/CJAS-2018-0153>.
- Rubio, C.G., Weller, D., Martín, I.C., Hardisson, A. 2007. El zinc: oligoelemento esencial. *Nutrición Hospitalaria*, 22:101-107.

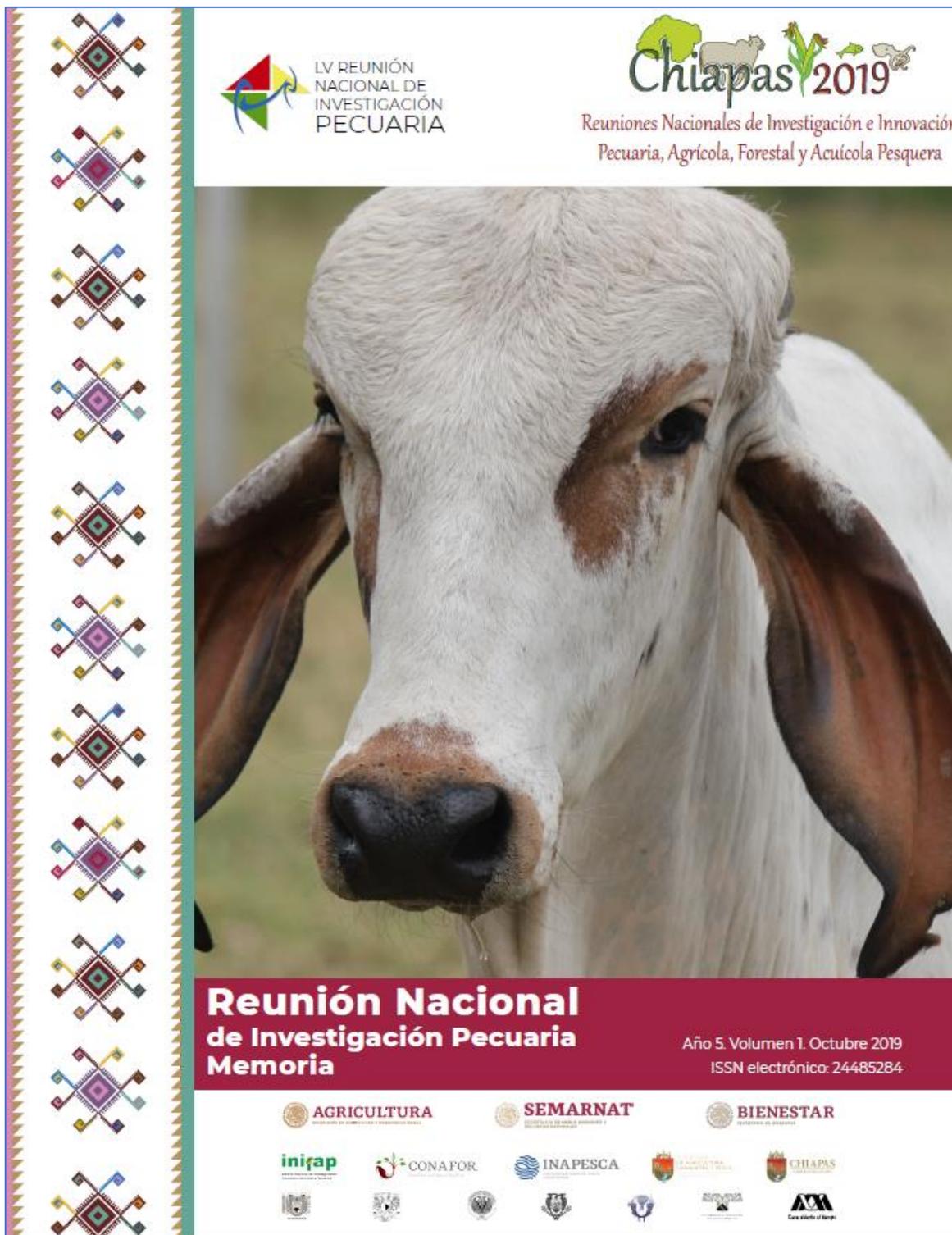
- Rubio, L.M., Braña, V.D., Méndez, M.D., Torrescano, U.G., Sánchez, E.A., Figueroa, S.F. y Delgado, S.E. 2013. Guía práctica para la estandarización y evaluación de canales bovinas mexicanas. Folleto Técnico N°. 23.
- Ruiz, H.F., Cañeque, V., Velasco, S. 2005. Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal ovina. 1ª ed. España. Monografías INIA: Serie Ganadera. 3:143-169.
- SAGARPA. 2016. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-ovinocultura-una-actividad-muy-arropadora> (consultado enero 2020)
- SAGARPA. 2018. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-70-por-ciento-la-produccion-en-el-sector-ovino-nacional-con-alta-calidad-genetica-sagarpa-182461> (Consultado enero 2020)
- SAGARPA. 2019. Avance acumulado de la producción pecuaria Disponible en: [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios\\_economicos/escenariobase/perspectivalp\\_11-20.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/perspectivalp_11-20.pdf) (consultado diciembre 2019).
- Sañudo, C., Enser, M., Campo, M.M., Nute, G.R., Maria, G., Sierra, I., Wood, J.D. 2000. Fatty acid composition and fatty acid characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science*, 54:339-346.
- Sañudo, A.C. 2008. Calidad de la canal y de la carne en los ovinos. Factores que la determinan. *Revista Argentina de Producción Animal*, 26:155-167.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 5427 p.
- Senra, A.F. 2005. Principales sistemas de pastoreo para la producción de leche y su adecuación a las condiciones de Cuba. Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 39, Número Especial. San José de las Lajas. La Habana.
- SIAP. 2015. Resumen Nacional Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario\\_siapx\\_gobmx/ResumenNacional.do](http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/ResumenNacional.do) (Consultado marzo 2020).
- SIAP. 2017. Ovino – Población ganadera. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762>. (Consultado febrero 2020).

- SIAP. 2017. Avance de la producción pecuaria [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecResumen.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp)
- Smith, G.C. 2000. Meat science. Laboratory manual. 7<sup>th</sup> ed. American Press, Boston, USA. 212 p.
- Soetan, K.O., Olaiya, C.O., Oyewole, O.E. 2010. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. African Journal of Food Science, 4: 200-222.
- Spears, J.W., Kegley, E.B. 2002. Effect of zinc source (zinc oxide vs. zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. Journal of Animal Science, 80: 2747-2752.
- Suttle, N.F. 2010. Mineral nutrition of livestock. 4th ed. CABI. United Kingdom. 608 p.
- Timon, V.M., Hanrahan, J.P. 1986. Small ruminant production in the developing countries. FAO. 58 Paper. 130 pp. de invierno. Agromercado. 149:4-7. Disponible en: <http://www.producción-animal.com.ar/producciónymanejopasturas>. (Consultado junio 2019).
- Underwood, E.J., Suttle. N.F. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd ed. Ed. CABI, Midlothian, UK. 587 p.
- Underwood, E.J., y Suttle, N.F. 2003. Los minerales en la nutrición del ganado 3<sup>o</sup> ed. Zaragoza, España: Acribia. 637 p.
- Vasconcelos, J.T., Rathmann, R.J., Reuter, R.R., Leibovich, J., McMeniman, J.P., Hales, K.E., Covey, T.L., Miller, M.F., Nichols, W.T., Galyean, M.L. 2008. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride feeding and days on the finishing diet on feedlot cattle performance and carcass traits. Journal of Animal Science, 86:2005-2015.
- Vierboom, M., Engle, T.E., Kimberling, C.V. 2003. Effects of gestational status on apparent absorption and retention of copper and zinc in mature Angus cows and Suffolk ewes. Asian-Australasian Journal of Animal Science, 16:515-518.

- Villar, L., Giraudó, C., Cueto, M., Lois, C., Cohen, L. 2010. Suplementación de ovejas merino durante la gestación y su efecto sobre el comportamiento madre-cría. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol.30. Sup.1.
- Wang, Z., Chen, Y., Luo, H., Liu, X., Liu, K. 2015. Influence of restricted grazing time systems on productive performance and fatty acid composition of *Longissimus dorsi* in growing lambs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 28:1105-1115.
- Warris, P.D. 2003. *Ciencia de la carne*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 309 p.
- Weston, A.R., Rogers, R.W., Althen, T.G. 2002. Review: The role of collagen in meat tenderness. *The Professional Animal Scientist*, 18:107-111.
- Williams P. 2007. Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64:113-19. Doi: 10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Richardson, R.I., Sheard, P.R. 1999. Manipulating meat quality and composition. In: *Proc Nutr Soci*, 58:363-70.
- Young, O.A., Daly, G.C., Graafhuis, A.E., Moorhead, S.M. 1997. Effect of cattle diet on some aspects of meat quality. *Proc Int Meat Sci Technol Cong*, 43:630-1.
- Zervas, G., Hadjigeorgiou, I., Zabeli, G., Koutsotolis, K., Tsiala, C. 1999. Comparison of a grazing-with an indoor-system of lamb fattening in Greece. *Livestock Production*, 61:245-51.
- Zimerman, M. 2009. Calidad de carne en pequeños rumiantes. *Presencia*. N°53:9-12.

## 12. ANEXOS

1. Presentación de ponencia oral corta en la LV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria 2019.



## EFFECTO DEL NIVEL DE ZINC ORGANICO EN CORDEROS EN PASTOREO SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LA CANAL Y CARNE.

### EFFECT OF THE LEVEL OF ORGANIC ZINC IN LAMBS GRAZING ON CHARACTERISTICS OF THE CARCASS AND MEAT.

Reyes-Juárez J<sup>1</sup>, Márquez-Hernández D<sup>1</sup>, Domínguez-Vara IA<sup>1</sup>, Trujillo-Gutiérrez D<sup>1\*</sup>, Sánchez-Torres JE<sup>1</sup>, Morales-Almaráz E<sup>1</sup> y Bórquez-Gastélum JL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. danieltg.dan@gmail.com

**Palabras clave:** zinc-orgánico, corderos en pastoreo, características de la canal

#### INTRODUCCIÓN

La inclusión de minerales y aditivos en dietas para rumiantes ha permitido mejorar la salud, bienestar y rendimiento productivo. Además, el empleo de estos elementos mejora las características morfológicas de la canal y atributos nutricionales de la carne, debido a su efecto sobre distintas rutas metabólicas. Se ha demostrado que la adición de Zn en la dieta de bovinos en finalización en corral favorece el depósito de grasa y grado de marmoleo. Además, se ha indicado que el Zn orgánico es más efectivo que las fuentes inorgánicas (Nunnery et al., 2007). Pero, la inclusión de Zn orgánico e inorgánico en la alimentación de pequeños rumiantes no ha sido explorada del todo. Sin embargo, hallazgos recientes (Rodríguez-Maya et al., 2018) han demostrado efectos sobre la calidad de la carne y el metabolismo de lípidos. En ovinos en pastoreo, la cantidad de grasa y el perfil de ácidos grasos pueden ser modulados por el forraje. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de zinc orgánico en la dieta de corderos en pastoreo sobre las características de la canal y calidad de la carne.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 28 ovinos en 4 tratamientos con 7 repeticiones en un diseño completo al azar con arreglo factorial 2x2 de tratamientos, compuestos por dos niveles de consumo de concentrado (0.75 y 1.5% del peso vivo) y dos niveles de inclusión de Zn-metionina (0 y 80 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS) con pastoreo de *Lolium perenne*: T1= (0.75% PV de concentrado+0 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS), T2= (0.75% PV concentrado+80 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS), T3= (1.5 % PV de concentrado+0 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS) y T4= (1.5 % PV de concentrado+80 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS). El aporte estimado de nutrientes de la dieta (pastoreo + concentrado) fue 16.8 PC kg<sup>-1</sup> MS y 2.67 Mcal kg<sup>-1</sup> MS (NRC, 2007). La composición (g kg<sup>-1</sup> MS) del concentrado fue: maíz molido (250), pasta de soya (210), subproducto de galletería (200), rastrojo de maíz (200), salvado de trigo (80), premezcla de vitaminas y minerales (25), bicarbonato de sodio (15), aceite de soya (10) y carbonato de calcio (10). Asimismo, los corderos pastorearon una pradera de *Lolium perenne* 6 h diarias (09:00 a 15:00 h) y por la tarde fueron alojados en corraletas individuales donde recibieron el concentrado individualmente. Se midió diariamente consumo de materia seca, y se estimó cada 15 d la ganancia de peso. Las dosis diarias de Zinc-metionina (Availa Zinc 120, Zinpro Corporation®, Eden Prairie, MN, USAS) se proporcionaron directamente en comedero.

Los resultados reportados en este manuscrito son la segunda parte del experimento de respuesta productiva. En donde, una vez terminado el período de engorda, los ovinos fueron transportados en vehículo (54 km) a una planta obrador de sacrificio, cumpliendo lo establecido la NOM-051-ZOO-1995. Los animales fueron pesados antes del sacrificio (PVS) y posterior al sacrificio (peso de la canal caliente; PCC) y se estimó rendimiento en canal (RC). Posteriormente, las canales ovinas fueron refrigeradas a 4°C durante 24 h y se obtuvo el peso de la canal fría (PCF), sobre estas canales fueron tomadas pH y medidas lineales zoométricas según la European Community (2008), así como, conformación muscular (sistema de clasificación europeo y conformación de canales ovinas por NMX) y grado de engrasamiento. El análisis químico de materia seca, proteína cruda y cenizas se realizó según la AOAC (1997). El

color de la carne fue determinado en chuletas con 24 h de oreo, mediante colorimetría instrumental (Minolta Chroma Meter CR-200) y el pH con un potenciómetro ORION.

El análisis estadístico de las variables fue realizado con PROC GLM y la comparación de medias se realizó con Tukey con  $P < 0.05$  (SAS Institute Inc., 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontró diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) en la mayoría de las variables estudiadas en este experimento. Sin embargo, el peso vivo al sacrificio hubo interacción ( $P < 0.05$ ) de nivel de consumo de concentrado y nivel de inclusión de zinc metionina siendo mayor para T4 (Cuadro 1). Para ancho de tórax y peso de vísceras vacías hubo efecto ( $P < 0.05$ ) de la inclusión de zinc metionina en la dieta de corderos en pastoreo. Interesantemente, en la variable longitud de pierna hubo efecto de la inclusión de zinc metionina, e interacción del nivel de consumo de concentrado y nivel de zinc metionina resultando mayor para T4. Estos hallazgos son inferiores (36.50-37.50 cm) a lo reportado por Rodríguez-Maya et al. (2019) al suplementar con 80 mg kg<sup>-1</sup> MS a corderos en engorda intensiva. La conformación muscular de las canales fue calificada buena para los tratamientos con mayor consumo de concentrado, así como mayor engrasamiento de cobertura y renal.

Cuadro 1. Efecto de la inclusión de zinc orgánico en dietas de ovinos en pastoreo sobre las características de la canal.

Variables	Tratamientos				EEM <sup>1</sup>
	T1	T2	T3	T4	
Peso vivo al sacrificio, kg <sup>CxZn</sup>	42.54	41.27	40.80	43.15	0.74
Peso de la canal fría, kg	18.97	18.73	19.47	20.41	0.47
Rendimiento comercial, %	44.77	45.48	47.92	47.64	0.91
pH 24 h	6.23	6.27	6.29	6.30	0.03
Grasa dorsal 12 <sup>o</sup> costilla, mm	5.00	4.71	5.78	4.21	0.55
Longitud de la canal, cm	68.48	69.00	68.41	69.35	1.04
Longitud de pierna, cm <sup>C, Zn, CxZn</sup>	36.07	35.40	33.64	36.00	0.50
Diámetro de pierna, cm	40.97	40.98	41.38	42.0	0.83
Perímetro de pierna, cm	63.42	63.38	64.51	64.92	0.38
Ancho de grupa, cm	22.21	21.91	22.67	23.71	0.40
Ancho de tórax, cm <sup>Zn</sup>	22.90	22.67	22.78	25.28	0.69
Profundidad de tórax, cm	18.88	18.57	17.85	18.71	0.32
Peso vísceras verdes llenas, kg	9.78	9.39	8.53	9.50	0.34
Peso vísceras verdes vacías, kg <sup>Zn</sup>	3.54	3.67	3.78	4.50	0.19
Peso vísceras rojas <sup>Zn, CxZn</sup>	1.85	1.77	1.80	2.08	0.06
Conformación muscular <sup>§2</sup>	O	O	R	R	-
Conformación muscular (NMX) <sup>§3</sup>	B	B	B	B	-
Grado de engrasamiento <sup>†4</sup>	1	1	2	2	-
Grasa interna (riñón) <sup>‡5</sup>	1	1	2	2	-

T1= (0.75% PV de concentrado+0 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS), T2= (0.75% PV concentrado+80 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS), T3= (1.5 % PV de concentrado+0 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS) y T4= (1.5 % PV de concentrado+80 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS). EEM= error estándar de la media. <sup>§</sup>Moda; <sup>†</sup>Mediana. <sup>2</sup>E, excelente; U, muy buena; R, buena; O, normal; P, pobre. <sup>3</sup>Conformación muscular según NMX-FF-106-SCFI-2006 (E, excelente; B, buena; D, deficiente). <sup>4</sup>Grado de engrasamiento de cobertura (1, muy magra - 5, muy grasa). <sup>5</sup>Grasa interna (1, riñones descubiertos; 2, riñones con gran ventana; 3, riñones con pequeña ventana; 4, riñones cubiertos totalmente). <sup>C</sup> efecto del nivel de concentrado. <sup>Zn</sup> efecto del nivel de zinc. <sup>CxZn</sup> efecto de interacción de nivel de concentrado x nivel de zinc.

Referente a las características fisicoquímicas de la carne (Cuadro 2), estas no fueron afectadas ( $P>0.05$ ) por el nivel de concentrado, nivel de zinc orgánico o la interacción de ambos. Los resultados de color obtenidos son similares a los encontrados por Partida (2016) con valores de 37.8 y 13.8 ( $L^*$  y  $a^*$  respectivamente) para animales engordados en pastoreo. No obstante, estos resultados son similares a lo reportado por Rodríguez-Maya et al. (2019) al suplementar con 80  $\text{mg kg}^{-1}$  MS a corderos en engorda intensiva.

Cuadro 2. Efecto de la inclusión de zinc orgánico en dietas de ovinos en pastoreo sobre las características fisicoquímicas de la carne.

Variables	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	EEM <sup>1</sup>
Materia seca de carne, g kg <sup>-1</sup> MS	264.94	264.84	272.08	271.07	4.77
Proteína cruda, g kg <sup>-1</sup> MS	196.50	206.00	207.12	210.40	5.10
Pérdida de agua, %	30.14	32.10	29.90	31.37	1.38
pH carne	6.49	6.52	6.51	6.52	0.01
Cenizas, g kg <sup>-1</sup> MS	49.32	46.79	55.22	45.71	4.27
Materia orgánica	950.52	953.06	944.62	954.17	4.27
Color					
L	37.23	37.21	35.59	36.83	1.03
a	18.86	19.24	20.02	19.76	0.68
b	6.36	6.27	6.60	6.99	0.58
c	19.96	20.27	21.10	20.96	0.81
h	18.20	17.95	18.12	19.44	1.11

T1= (0.75% PV de concentrado+0 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS), T2= (0.75% PV concentrado+80 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS), T3= (1.5 % PV de concentrado+0 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS) y T4= (1.5 % PV de concentrado+80 mg Zn kg<sup>-1</sup> MS). EEM= error estándar de la media. <sup>1</sup> efecto del nivel de concentrado. <sup>2n</sup> efecto del nivel de zinc. <sup>3</sup> efecto de interacción de nivel de concentrado x nivel de zinc.

### CONCLUSIONES

La inclusión de zinc orgánico y el nivel de concentrado en la dieta de ovinos en pastoreo afecta positivamente longitud de pierna, peso vivo al sacrificio, ancho de tórax y peso de vísceras rojas. Las características de la canal de ovinos en pastoreo no fueron afectadas negativamente por el nivel bajo de concentrado en la dieta.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. Official Methods of Analysis (16th ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA. 1997. 771 p.
- European Community. 2008. Commission Regulation (CE) no 1249/2008 of 10 December 2008 laying down detailed rules on the implementation of the Community scales for the classification of beef, pig and sheep carcasses and the reporting of prices thereof. Off. J. Eur. Union, L 337/3. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1473400865387&uri=CELEX:32008R1249>. (Accessed: Jul 2019).
- NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants (Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids). National Academy Press. Washington DC. 2007. 362 p.
- Partida P. J. A. 2016. Producción y calidad de la carne ovina en México. Domínguez V. I. A. (editor) Avances de investigación en tecnología y ciencia de la carne. Primera edición. Ediciones y gráficos Eón S. A. de C. V. México. pp. 27-40.
- Rodríguez-Maya, M.A. Domínguez-Vara, I.A., Trujillo-Gutiérrez, D., Morales-Almaráz, E., Sánchez-Torres, J.E., Bórquez-Gastelum J.L., Acosta-Dibarrat, J., Grageola-Núñez F., and Rodríguez-Carpena, J.G. 2018. Growth performance parameters, carcass traits and meat quality of lambs supplemented with zinc methionine or/and zinc oxide in feedlot system. Canadian Journal of Animal Science. <https://doi.org/10.1139/CJAS-2018-0153>.
- SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.; 2004.



# El Comité Organizador

otorga la presente

## CONSTANCIA A

Reyes-Juárez J, Márquez-Hernández D, Domínguez-Vara IA, Trujillo-Gutiérrez D, Sánchez-Torres JE, Morales-Almaráz E y Bórquez-Gastélum JL.

Por su trabajo titulado:

“EFECTO DEL NIVEL DE ZINC ORGANICO EN CORDEROS EN PASTOREO SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LA CANAL Y CARNE.”

Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación  
Pecuaría, Agrícola, Forestal y Acuícola Pesquera



Dr. José Fernando De La Torre Sánchez  
Vicepresidente del Comité Organizador  
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, a 26 de octubre 2019



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**inifap**  
Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pesquera



SECRETARÍA  
DE AGRICULTURA  
GANADERÍA Y PESCA  
GOBIERNO DE CHIAPAS



CONAFOR

