



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“Efecto del complemento alimenticio con y sin zinc orgánico en la respuesta productiva y digestibilidad de ovinos en pastoreo de pradera *rye grass*”

TESIS

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

PRESENTA:

PMVZ. Daniel Márquez Hernández

ASESORES:

Dr. en C. Ignacio Arturo Domínguez Vara

Dr. en C. Daniel Trujillo Gutiérrez

Dr. en C. Juan Edrei Sánchez Torres



Toluca, Estado de México; Marzo de 2020.

RESUMEN

La producción ovina en el Estado de México es una actividad pecuaria económica importante, pero el sistema de producción con alimentación intensiva en corral, debido a sus altos costos, en ocasiones es económicamente poco viable. Sin embargo, algunas alternativas alimenticias como el pastoreo con complementación, permiten reducir costos de alimentación y mejorar la calidad de la carne de ovinos alimentados bajo este sistema. Además, la adición del complejo zinc-metionina (Zinc-Met) en corderos, ha demostrado beneficios en la calidad de la carne referentes al mayor depósito de grasa intramuscular y modulación del perfil lipídico de la grasa. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos dosis de zinc orgánico en combinación con dos regímenes de consumo voluntario de concentrado en corderos en pastoreo sobre el comportamiento productivo y la digestibilidad de la MS de ovinos en pastoreo. Se utilizaron 32 ovinos, machos enteros, con peso promedio de 25.89 kg, con cinco meses de edad, F1 cruzas de las razas Dorper x Katahdin, dispuestos en 4 tratamientos con 7 repeticiones cada uno, en un diseño Completo al Azar, con arreglo factorial 2 niveles de Zinc-Met (0 y 80 ppm) x 2 regímenes de concentrado (0.75 y 1.5% del PV). La engorda duró de junio a diciembre 2019, los ovinos pastaron 8 h d⁻¹ en una pradera de rye grass (*Lolium perenne*) establecida en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México; durante la tarde y noche, los ovinos se resguardaban en corrales individuales en la Unidad de Enseñanza e Investigación en Producción Animal, donde recibieron un complemento alimenticio (157 g de PC kg⁻¹ MS; 2.6 Mcal de EM/kg MS). Las variables evaluadas fueron: consumo de concentrado diario, ganancia diaria de peso (GDP), conversión (CA) y eficiencia (EA) de uso del alimento. La digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) de los corderos en pastoreo se estimó a través del marcador óxido de cromo y, finalmente, se calculó el consumo de materia seca (CMS) total. Durante el periodo de pastoreo se evaluó en la pradera la acumulación neta de forraje (ANF) cada 15 d, asimismo, se analizó la composición química del forraje y del concentrado en el Laboratorio

de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal. La ANF promedio de la pradera fue 754.25 kg de MS ha⁻¹, La composición química de *Lolium perenne* lo largo del periodo de pastoreo fue constante y similar en PC, MS, FDN y FDA. Se observó efecto (P<0.05) de tratamiento (T), período de medición (P) e interacción TxP en CMS total, CMS de concentrado y CMS de forraje. Asimismo, el tratamiento Zn-80 ppm con C-1.5% PV tuvo el mayor (P<0.05) peso vivo final, incremento de peso y GDP. Sin embargo, la CA, EA y DAMS fue similar (P>0.05) en todos los tratamientos. Se concluye que la restricción de concentrado en corderos en pastoreo promueve una mejor utilización de nutrientes disponibles, aumentando el consumo de alimento sin afectar la digestibilidad y eficiencia alimenticia.

Palabras clave: Zn-Met, pastoreo, *Lolium perenne*, ovinos, digestibilidad, crecimiento.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Dietas experimentales con dos niveles de zinc y dos niveles de consumo de concentrado.....	22
Cuadro 2. Composición química de la pradera de <i>Lolium perenne</i> pastoreada por los corderos durante el período julio-enero del experimento.	27
Cuadro 3. Consumo y digestibilidad de la materia seca de corderos en pastoreo de pradera rye grass complementados con zinc orgánico y concentrado.	28
Cuadro 4. Comportamiento productivo de ovinos alimentados en pastoreo y suplementados con distinto nivel de concentrado.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de materia seca total de ovinos alimentados en pastoreo y suplementados distintos niveles de concentrado.	30
Figura 2. Consumo (g) de suplemento concentrado por ovinos en pastoreo.....	40
Figura 3. Consumo (g) de <i>Lolium perenne</i> por ovinos en pastoreo suplementados con distinto nivel de concentrado y Zn orgánico.....	31
Figura 4. Incremento de peso (kg) en corderos alimentados con pradera de <i>Lolium perenne</i> y suplementados con distinto nivel de concentrado y Zn orgánico	33

CONTENIDO

RESUMEN	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
CONTENIDO	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.2. Sistemas de pastoreo	5
2.2.1. Sistema extensivo	7
2.2.2. Sistema de pastoreo nómada	8
2.2.3. Sistema de pastoreo trashumante	8
2.2.4. Sistema intensivo	8
2.2.5. Sistema de producción mixto	9
2.2.6. Pastoreo rotacional	9
2.2.6. Pastoreo continuo	9
2.3. Pastos de clima templado	10
2.3.1. Características del ryegrass (<i>Lolium perenne</i>)	10
2.4. Importancia de los forrajes en el ganado	11
2.5. Determinación de digestibilidad (marcadores)	12
2.6. Zinc	13
2.7. Metabolismo del zinc	15
2.7.1. Absorción	15
2.7.2. Transporte	16
2.7.3. Almacenamiento	16
2.7.4. Excreción	16
2.8. Fuentes de zinc	17

2.8.1. Necesidades de zinc.....	17
2.8.2. Desordenes de zinc	17
3. JUSTIFICACIÓN.....	19
4. HIPÓTESIS.....	20
5. OBJETIVOS.....	21
5.1 Objetivo general.....	21
5.2 Objetivos específicos	21
6. MATERIAL Y MÉTODOS.....	22
6.1. Animales y alimentación	22
6.2. Digestibilidad <i>in vivo</i> de la materia seca.....	23
6.3. Evaluación de la pradera	23
6.4. Análisis estadístico	24
7. LÍMITE DE ESPACIO.....	25
8. LÍMITE DE TIEMPO	26
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
9.1 Composición química de la pradera.....	27
9.2 Consumo de materia seca	28
9.3 Rendimiento y crecimiento.....	31
10. CONCLUSIONES	34
11. LITERATURA CITADA.....	35

1. INTRODUCCIÓN

Las principales fuentes de suministro de carne son las especies pecuarias como los vacunos, los cerdos y las aves de corral y, en menor medida, los búfalos, ovejas y cabras (FAO, 2014). Por lo general, la producción ovina en el mundo se desarrolla bajo sistemas de pastoreo. Esta situación constituye una gran ventaja económica por el ahorro en los costos de producción, pues esos sistemas generan la mejor relación costo/beneficio y además dan algunas ventajas comparativas a la calidad nutricional de la carne (FAO, 2010).

Las condiciones climatológicas y la amplia diversidad geográfica hacen que en nuestro país se presenten sistemas de producción ovina muy variados, con características propias de cada región y determinan la disponibilidad de recursos y por los hábitos o tradiciones en el consumo de productos ovinos (Partida *et al.*, 2013). 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 las especies pecuarias mayores como los bovinos, y que difícilmente podrían sostener un alto número de animales (Esqueda y Gutiérrez, 2009).

Es posible señalar que la producción ovina intensiva es una actividad relativamente nueva, basada en la introducción de razas especializadas como las de pelo, las cuales tienen características reproductivas y requerimientos alimenticios diferentes al ovino tradicional de lana (Bores y Vega, 2003), 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 la conservación de los recursos naturales (Esqueda y Gutiérrez, 2009).

La utilización eficiente de los pastos se fundamenta en dos aspectos, 1) el manejo de la pradera y 2) la complementación alimenticia estratégica a los animales (Fulkerson y Donaghy, 2001). Dentro de los componentes de la dieta, el forraje es el más variable en cuanto a su valor nutricional, ya que éste varía según

sea el estado de madurez (Hannaway *et al.*, 1999). Al respecto, el ryegrass (*Lolium perenne*), es un pasto de crecimiento erecto con gran producción de macollos, desarrollo rápido y fácil establecimiento, la planta mide de 25 a 40 cm de altura, los tallos son cilíndricos con abundantes hojas de color verde oscuro (INIFAP, 2015). El contenido de materia seca (MS) del pasto *Lolium perenne* tiene un comportamiento opuesto al del régimen de precipitación; mientras que, el contenido de proteína (PC) se mantiene relativamente constante a lo largo del año. Sin embargo, el período de recuperación de las praderas afecta el contenido de dicho nutrimento, por lo que, por medio del manejo, se debe buscar el período adecuado en cada finca para producir un forraje de alta calidad nutricional y acorde con el nivel productivo de los animales (Villalobos y Sánchez, 2010).

El rendimiento de las praderas comerciales de rye grass es de 60 a 70 t de forraje verde por Ha (equivalente a 12 a 14 t de MS) (INIFAP, 2015). El contenido de PC del *L. perenne* expresado en términos de MS, es superior al de muchos alimentos balanceados comerciales, por lo que es necesario ofrecer a los animales suplementos que permitan hacer un uso adecuado del N, el cual es probable que tenga una alta proporción de proteína degradable en rumen y aprovechable por los microorganismos del rumen (Villalobos y Sánchez, 2010). Castro *et al.* (2017) concluyeron que la calidad nutrimental del forraje ryegrass cultivado en el valle de Toluca, en términos de su composición química, digestibilidad y aporte de minerales, disminuyó con la madurez de la planta. El intervalo de corte aumentó el contenido de MS, FDN, FDA y LAD, y disminuyó la concentración de MO y PC. En la época de primavera y verano el forraje fue más digestible y tuvo mayor aporte de MO, PC y minerales. La madurez de la planta redujo la degradabilidad, la fermentación y digestibilidad del forraje en las tres épocas estudiadas (primavera, verano y otoño).

Los elementos minerales son esenciales para todos los animales ya que intervienen en numerosos procesos metabólicos. Su desbalance se manifiesta como deficiencia o toxicidad (Underwood y Suttle, 2003). El consumo en exceso de algunos elementos minerales puede alterar el balance homeostático y causar

efectos tóxicos en el animal; por el contrario, en un animal con deficiencias minerales se puede alterar el balance de las funciones de otros elementos que promueven la salud (Soetan *et al.*, 2010). Castro *et al.* (2017) observaron que en el forraje ryegrass cultivado en el valle de Toluca, en las épocas de primavera, verano y otoño, la concentración de minerales en el forraje disminuyó con la madurez de la planta; el mayor contenido mineral fue en primavera y verano, y para todos los macro minerales y el Cu fue en el corte inicial. Además, indicaron que los niveles de P, Ca, K, Mg y Zn en el forraje no cubren los requerimientos de una vaca en producción láctea moderada en las distintas épocas del año evaluadas.

Por otra parte, el zinc (Zn) es un elemento esencial, necesario para numerosos procesos biológicos. Abunda en muchos tipos de alimentos por lo que su déficit es difícil que se produzca si se consume una dieta equilibrada (Navarro *et al.*, 2016). Los efectos por una deficiencia son una reducción en el consumo de alimento y en las tasas de crecimiento, pérdida del rizado de la lana, alopecia, paraqueratosis y reducción en el comportamiento reproductivo (Martin *et al.*, 1994). Por lo tanto, en la alimentación de pequeños rumiantes, la inclusión de Zn en corderos alimentados en pastoreo más concentrado puede potenciar el crecimiento y rendimiento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En los países que tienen una fuerte tradición en la exportación de ovinos, como Australia y Nueva Zelanda (exportan el 90% del total mundial), cuentan con programas estandarizados que llevan a cabo evaluaciones sobre el potencial genético de los animales, esto permite tomar en cuenta características productivas de importancia económica, lo que con lleva a un rebaño más pequeño, pero con mayor productividad individual (Partida *et al.*, 2013).

La mayor producción ovina en el mundo se desarrolla bajo sistemas de pastoreo, esto constituye una gran ventaja económica en la relación costo/beneficio, además, dan algunas ventajas comparativas en la calidad nutricional de la carne con menor contenido graso (FAO, 2010); por otro lado, se presentan otros sistemas de producción ovina muy variados, que son determinados por la disponibilidad de recursos y por los hábitos en el consumo de su carne. Estos sistemas van desde los altamente tecnificados, que mantienen a los ovinos en completo confinamiento sobre pisos elevados, hasta los trashumantes que se mantienen en condiciones totalmente extensivas. Todo lo anterior ocasiona una irregularidad en la oferta de ganado y sus productos, y provoca marcadas diferencias en cuanto su condición corporal, en el peso que alcanzan al momento de la venta y en consecuencia en las características de la canal y calidad de su carne (Partida, 2009).

En México tiene un inventario de 8, 575, 908 cabezas (SAGARPA, 2012). A pesar de que se ha avanzado en mejorar la productividad del rebaño ovino, sólo se produce el 70% de la carne ovina que se consume, el resto se cubre con importaciones de canales congeladas y animales de desecho en pie (FAO, 2013). Lo anterior se debe en parte a que la gran mayoría de los rebaños ovinos presentan índices de producción deficientes, asociados a la falta de interés de los productores de crear y construir una empresa económicamente sostenible y sustentable.

El consumo de la carne de ovino en México se da principalmente en forma de barbacoa y mixiote, platillos típicos de la región centro del país por lo cual, la

producción de cordero no es constante (Rubio *et al.*, 2007; Vilaboa, 2006), del cual, el 80-95% es utilizada para preparar barbacoa, cuyo consumo *per cápita* se estima en 800 g (SAGARPA, 2005). Por ello, se llevan a cabo estrategias de alimentación, divulgación y uso de las nuevas tecnologías, para que los ovinocultores conozcan las distintas opciones disponibles para lograr mejores ganancias de peso, productividad, reducir periodos de engorda, y proporcionar productos de calidad (Partida *et al.*, 2013).

2.1. Situación actual de la ovinocultura en México

La ovinocultura en México tiene una gran influencia en las zonas rurales, ya que constituye una fuente de ahorro y capitalización de los campesinos dedicados a las labores del sector agropecuario. Este sector debe ser protegido y apoyado por el estado, como parte de las estrategias de producción (Cuellar, 2003). Sin embargo, la producción ovina, cada vez es más frecuente el flujo de capital financiero, dando origen a una producción pecuaria empresarial muy promisoría. La producción de carne ovina representó el 95% de la producción de carne nacional en el 2012 y el 1.8% de las carnes rojas (Arteaga, 2014). Se puede señalar que de los problemas que aquejan a la ovinocultura nacional desde hace muchos años, se destaca la pobre eficiencia productiva de los rebaños. Sin embargo, de acuerdo con el servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP, 2016), México produjo 117,862 t de ovinos en pie, obteniendo solo 60,362 t de carne en canal.

El consumo *per cápita* de carne ovina es bajo en comparación con otras carnes como el pollo, res y cerdo, el consumo en 1970 fue de 464 g y en 2011 de 602 g, siendo en 2004 cuando mayor consumo *per cápita* se presentó con 1 kg coincidiendo con los años de mayor importación carne de esta especie (Bobadilla y Perea, 2014).

2.2. Sistemas de pastoreo

Los sistemas de pastoreo se definen como sistemas pecuarios en los que más del 90% de la MS suministrada a los animales procede de tierras de pastos, pastizales, forrajes anuales y piensos comprados y menos del 10% del valor de la

producción total procede de actividades agrícolas no ganaderas. Por lo que se refiere a la producción total, los sistemas de pastoreo suponen solo el 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). Los sistemas productivos se caracterizan por su extensión, en ellos, los animales obtienen los nutrientes de praderas naturales, ya que sólo son suplementados eventualmente. La alimentación con base a praderas indica la necesidad de preocuparse de éstas, fundamentalmente de su calidad y disponibilidad, pues estas variables, junto a los requerimientos nutricionales y de sus fluctuaciones durante el año, definen la carga animal y la productividad del sistema (González y Tapia, 2017).

La utilización de un sistema de pastoreo tiene como objetivo principal mejorar la condición de la pradera y del animal (Echavarria *et al.*, 2006). La aplicación 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). En México alrededor de 128 millones de ha. Se encuentran localizadas en las zonas áridas y semiáridas, las que se distribuyen principalmente en el centro y norte del país, y en ellas vive aproximadamente el 50% de la población (Echavarria *et al.*, 2006).

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 los excedentes de los pastos y forrajes y la producción de cultivos especiales para la época en que las bajas temperaturas obligan a estabular los animales (Senra, 2005).

Coop y Devendra (1982) proponen una clasificación de los sistemas de producción ovina en extensivos e intensivos, con subdivisiones dentro de cada uno de ellos. Dentro del sistema extensivo se incluyen los sistemas trashumancia y nomadismo. Y por otro lado el sistema intensivo se puede subdividir en sistema

de pastoreo rotacional y continuo. Hay que tener en cuenta que los distintos sistemas se han desarrollado en base a la rentabilidad y está en función del número de animales y la productividad de los mismos. El grado de producción está íntimamente ligado a la disponibilidad del forraje en los sistemas extensivos y semi-intensivos, siendo menor su influencia en los sistemas intensivos. El sistema de pastoreo muy extensivo depende del manejo de la vegetación natural y está orientado fundamentalmente a la producción de lana, ya que la disponibilidad de forraje por ha. es muy escasa y se requieren de 1.2 ha por oveja (FAO, 2014).

2.2.1. Sistema extensivo

Los animales pastan directamente en un mismo lote durante un tiempo prolongado (más de 90 días), utilizando la producción existente de la pastura y sus rebrotes (Muller, 1995).

El sistema de pastoreo extensivo se refiere a una baja densidad de ganado por área. Según Reinoso (2000) el sistema tiene, en general, las siguientes características:

- a) El recurso pastoral primario es nativo y se asocian con una amplia proporción de pastos mejorados.
- b) La producción vegetal disponible para el animal por área y por año es baja por las características del suelo, clima y topografía.
- c) Se encuentran variaciones importantes en la producción y valor nutritivo del pasto a lo largo del ciclo productivo.
- d) La carga ganadera suele ser baja (0.5-2.5 ha. por oveja). En el sistema de pastoreo extensivo la producción se orienta a la venta de corderos, lana y recría (Reinoso, 2000).

El forraje ofrecido con este método de pastoreo es muy variable en su aprovechamiento, dependiendo de las características morfogénicas y de la frecuencia y severidad de las defoliaciones de las especies. Se puede llegar hasta un 50% de aprovechamiento si se trata de herbajes que permiten intensos cortes

(severidad) y sin descanso (frecuencia) en su defoliación, como puede ocurrir con pasturas compuestas por trébol blanco y rye grass.

Habitualmente se obtiene una eficiencia de cosecha no mayor al 20%, ya que el animal selecciona y destruye por pisoteo y contaminación gran parte del forraje disponible (Castaldo, 2003).

2.2.2. Sistema de pastoreo nómada

El sistema nómada es el tipo más antiguo de migración y de manejo de ovejas y cabras, en el cual la familia se mueve con sus rebaños en busca constante de pastos y agua y la duración de una estancia, en una localización, está determinada por la disponibilidad de pasto y de agua (Murgueito, 2003). Este sistema se encuentra exclusivamente en áreas marginales, donde los recursos son escasos y la producción por animal es baja (Senra, 2003).

2.2.3. Sistema de pastoreo trashumante

El sistema de pastoreo en régimen de trashumancia es uno de los más importantes de manejo de las ovejas a nivel mundial, el cual se basa en garantizar el aporte de pasto a los animales a lo largo del año, mediante el movimiento de los rebaños de las áreas de pastoreo invernal a las áreas de pastoreo de verano ubicadas en zonas de montaña. La producción del rebaño es, generalmente, baja y los ingresos se obtienen de la venta de lana y corderos (Reyes *et al.*, 2000).

2.2.4. Sistema intensivo

El sistema de pastoreo intensivo se va a encuentra en aquellas regiones donde las condiciones ambientales van a favorecen el crecimiento de los pastos durante todo el año. A diferencia de los sistemas extensivos, la carga ganadera es alta (6-12 ovejas por ha). Los ingresos, en estos sistemas, se obtienen principalmente por la venta de corderos y en segundo lugar por la venta de lana. El manejo del pasto se puede realizar en forma de pastoreo rotacional o continuo (Leng y Preston, 2003). Otros sistemas de pastoreo intensivo tienen una menor relación con el pasto y se fundamentan en una combinación de pastoreo y

alimentación establecida ó solamente alimentación establecida. El fin productivo de estos sistemas es la producción de leche y/o carne (Senra, 2005).

2.2.5. Sistema de producción mixto

Es la combinación de los sistemas extensivo e intensivo. Los animales pastan durante el día y por la tarde reciben alimentación adicional en bateas, así como agua, sales minerales o algún suplemento alimenticio. Se denomina semi-intensivo por poseer fundamentalmente características compartidas entre los dos grandes sistemas de producción animal (Cruz, 2010).

2.2.6. Pastoreo rotacional

Se caracteriza por disponer de más de un potrero. Cuando el área del pastoreo se divide en dos, recibe el nombre de Pastoreo Alterno en comparación con el Pastoreo Continuo facilita la fertilización, el uso de herbicidas para el control de las malezas; pero son demasiado largos los períodos de consumo, e iguales a los tiempos de reposo, por lo que se presentan los mismos problemas de áreas sobre pastoreadas y sub pastoreadas que en el pastoreo continuo; pero en menor magnitud (Martínez, 2001).

En el pastoreo intermitente o rotativo, existen múltiples combinaciones entre períodos de aprovechamiento y descansos; la máxima eficiencia en el manejo se logra cuando se consume el herbaje y se procede a dejarlo inmediatamente en descanso para su rebrote. En la medida en que se demore el retiro de los animales, se afectarán los mecanismos de rebrote y, por ende, la recuperación de la planta para producir nuevamente forraje (Castaldo, 2003).

2.2.6. Pastoreo continuo

Es aquel en que los animales se mantienen pastando en un solo potrero. Se relaciona, generalmente, a condiciones extensivas de explotación. En este método el ganado tiende a consumir las plantas más tiernas, por las mayores posibilidades de selección, dejando en el pastizal las plantas maduras. Se caracteriza por su estabilidad en rendimiento y composición botánica, en las condiciones de praderas

naturales, ya que estas se fueron estableciendo, de acuerdo con las condiciones de suelo y manejo a que fueron sometidos (Leng y Preston, 2003).

2.3. Pastos de clima templado

Las praderas constituyen la fuente más económica para alimentar a los rumiantes, ya que los animales 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 las 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 (polífito) (Carlier, 2010). La selección de especies para una asociación simple o compuesta depende, de las condiciones climáticas del lugar donde se establezcan (Camacho y García, 2003). En la actualidad existen 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*) y el centeno (*Secale cereale*) también son utilizados en las praderas templadas para incrementar el forraje en épocas de escasos (Jaikumar *et al.*, 2012).

2.3.1. Características del ryegrass (*Lolium perenne*)

El ryegrass perenne es un forraje de clima templado cuyo valor nutricional es superior al de los pastos tropicales, el ryegrass posee condiciones para que se adapten bien a alturas entre 2.200 a 3.000 m d altitud con una adaptación a una gran variabilidad de suelos pesados, fértiles y húmedos (Estrada, 2002). El ryegrass perenne tiene la mayor tolerancia al desgaste que cualquier hierba fresca de temporada, y su aparición rápida ayuda a suprimir las malezas (Filippi, 2007).

Tienen hojas largas y gruesas y un follaje de color verde intenso/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 de los animales una mayor producción de proteína bacteriana (Posada *et al.*, 2013).

Este pasto es de crecimiento erecto con gran producción de macollos, 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 ryegrass es de 60 a 70 t de forraje verde por Ha (equivalente a 12 a 14 t de forraje seco), el valor nutrimental de este forraje es de 15 a 18% de proteína cruda, con 70 a 80% de PC digestible, y 2.96 Mcal kg⁻¹ MS de EM (INIFAP, 2015). La carga animal en praderas de ryegrass es de 10 a 15 becerros por Ha, el peso promedio de los animales debe ser de aproximadamente 200 kg; en pastoreo restringido la carga animal se puede incrementar al doble (20 a 25 becerros por ha); en el caso de ovinos y caprinos, la carga animal es de aproximadamente 40 animales adultos por ha (INIFAP, 2015).

2.4. Importancia de los forrajes en el ganado

La mayor parte del ganado ovino mundial es explotado con base a la utilización de zonas de 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 explotación del ganado ovino se desarrolla en condiciones extensivas de manejo; su alimentación dependerá del pastoreo de la vegetación presente en las zonas geográficas, así como de esquilmos de cultivos de riego y de temporal, los cuales constituyen el recurso natural más importante para su alimentación (Echavarría *et al.*, 2006). Los animales, debido a sus estados fisiológicos, tendrán diferentes requerimientos a lo largo del año. Tanto el estado de preñez en su último tercio, como el período de lactancia son los períodos de mayores requerimientos

nutritivos. Los requerimientos nutritivos de los animales no siempre coinciden con las mayores disponibilidades de forraje (Camacho y García, 2003).

El sobrepastoreo deteriora las praderas teniendo como consecuencia el hambre y baja producción animal, baja disponibilidad de materia seca y por ende baja condición de los animales. Sin embargo, es posible minimizar el problema que se produce cuando la demanda nutricional es más grande que la oferta de forraje. Mientras exista un mayor balance entre la oferta de forraje y demanda de éste, mayores serán los beneficios productivos que se obtienen, las producciones serán altas, constantes y permitirán una mejor disposición para enfrentar los períodos críticos por falta de precipitaciones (Martínez, 2001).

La producción de un animal dado, alimentado con una ración determinada, depende de la cantidad de alimento y de la eficiencia de utilización digestiva y metabólica de los nutrientes (Echavarría *et al.*, 2006). Los factores limitantes de la producción en los sistemas de pastoreo son: la cantidad y calidad de la hierba disponible, la proporción de hierba que el animal ingiere y la eficiencia de la utilización digestiva de los nutrientes" de forma que, cuando la calidad de los forrajes descende la máxima capacidad de ingestión no permite cubrir las necesidades nutritivas de los animales (Echavarría *et al.*, 2006).

Los forrajes proporcionan una importante fuente de minerales para los rumiantes. En algunas condiciones, los forrajes pueden proporcionar las cantidades adecuadas de todos los minerales esenciales requeridos por los rumiantes. Sin embargo, en otras situaciones, los forrajes son deficientes en uno o más minerales y se requiere dar un complemento para un óptimo mejoramiento animal y/o salud. (Ramírez, 2009)

2.5. Determinación de digestibilidad (marcadores)

El conocimiento del valor nutritivo de los alimentos es fundamental para la nutrición animal, no es suficiente con los análisis químicos, se tienen que considerar los efectos del metabolismo de los animales (Stein *et al.*, 2007).

Se han utilizado diversas estrategias a lo largo de los años para estimar el CMS voluntario en rumiantes. Se han realizado estudios conductuales (tiempo y tasa de ingesta, masa de mordida) antes y después de las mediciones de pastoreo y las ecuaciones de regresión múltiple que consideran diferentes variables que se cree que afectan la ingesta, han sido enfoques comúnmente utilizados (Velázquez *et al.*, 2018).

Las pruebas de digestibilidad permiten estimar la cantidad de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo, quedando disponibles para el animal (Stein *et al.*, 2007).

El uso de marcadores es actualmente la técnica más utilizada para estimar el CMS en rumiantes. Los marcadores son sustancias no digeribles que no son secretadas ni absorbidas por el animal, tienen tasas de paso similares a los alimentos, se pueden recuperar completamente después de la ingestión y permiten un análisis químico práctico y preciso. Los marcadores externos pueden ser utilizados para determinar la digestibilidad de la materia seca, producción fecal y otras medidas de ingesta cuando la recolección de muestras de heces no es una opción práctica. Debido a esto el Cr_2O_3 ha sido ampliamente estudiado para la estimación de producción fecal gracias a la facilidad de su inclusión en las dietas.

Como alternativa al uso de Cr_2O_3 , el TiO_2 fue aprobado legalmente como un marcador externo al ser un aditivo colorante.

Otros marcadores como el Litio, Iterbio, LIPE (lignina aislada, purificada y enriquecida de *Eucalyptus grandis*) y recientemente alcanos, han sido objeto de estudio (Velázquez *et al.*, 2018).

2.6. Zinc

Los elementos minerales son nutrientes esenciales para todos los animales, e influyen en la eficiencia de la producción del ganado; de hecho, aproximadamente un 5% del peso del animal consiste en minerales (Ramírez, 2009).

El Zn es un microelemento necesario para la salud animal. Su carencia 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, relacionadas con unas 300 metaloenzimas zinc dependientes y, además, con su rol en la regulación de la expresión génica, la señalización intracelular, la estabilidad de membranas biológicas, etc. (Pechin, 2012). El zinc en la dieta (formas complejas inorgánicas y orgánicas de zinc) es esencial para la función normal de la barrera intestinal y la regeneración del epitelio intestinal (Pearce *et al.*, 2015). El zinc desarrolla notables funciones y por eso es considerado esencial para la vida, ya que posee propiedades multifuncionales, interviniendo en un 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 del ADN, ARN y los ribosomas (Brzóska y Moniuszko-Jakoniuk, 2001).

El zinc está involucrado en la regulación del apetito, lo que puede implicar la expresión genética. Además, se ha descrito que actúa como un agente antimicrobiano o entéricamente en la microflora intestinal al reducir el recambio de las células intestinales y dejar más nutrientes disponibles para la absorción.

El zinc está relacionado con el aumento de peso, y se le ha identificado como un compuesto lipogénico, pues se ha aceptado que coadyuva en algunas acciones de la insulina para aumentar la utilización de la glucosa y promover la lipogénesis; además hay un efecto del Zn en la GDP, el rendimiento en la canal y el marmoleo en la carne.

Por lo tanto, el uso de Zn puede influir en el depósito de la grasa intramuscular, en el grado de ternura de la carne y en las características de la canal (Rodríguez, 2018).

2.7. Metabolismo del zinc

2.7.1. Absorción

El zinc se absorbe según la necesidad o el requerimiento en el organismo; en rumiantes, la absorción es llevada a cabo en el intestino delgado (Miller *et al.*, 1965), principalmente el duodeno, en proporción de 75% máximo (Underwood y Suttle, 1999), en yeyuno e íleon una proporción de 10 y 30%; hay estudios donde se describe la posibilidad de la absorción del 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 (Wright *et al.*, 2008). Algunos estudios mencionan que en cerdos y ratas la absorción del 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 del zinc a la metalotioneína en la mucosa (Underwood y Suttle, 2003).

La distribución del zinc en el organismo es bastante homogénea; las mayores concentraciones se encuentran en los huesos, hígado, riñón, piel, pelo y lana y, en especial, en algunos tejidos del ojo y órganos sexuales de los machos (Bondi, 1989).

El proceso de absorción puede ser dividido en dos fases; primera), la captación del Zn desde el lumen intestinal hacia el interior del enterocito; segunda), el transporte desde la célula hacia la sangre (Cousins, 1989). La entrada del 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 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 del Zn, transportándolo desde la capa estriada (extremo apical) hasta la membrana vasolateral.

2.7.2. Transporte

El Zn plasmático se encuentra distribuido en dos fracciones mayores. Cerca de 2/3 se encuentran laxamente unidos a la albúmina y ésta es la principal encargada del transporte del Zn de la sangre a los tejidos. La mayor parte del 1/3 restante está unido firmemente a la alfa-2 macroglobulina y en menor proporción en aminoácidos (histidina y cisteína) (Giroux *et al.*, 1976; Cousins, 1985). Sólo del 10 al 20% del Zn de la sangre se encuentra en el plasma. La mayor parte está localizada en los eritrocitos y leucocitos (Cousins, 1985).

2.7.3. Almacenamiento

Aproximadamente un 40 % del Zn que entra en el sistema es extraído por el hígado, para ser liberado a la sangre (Hambidge *et al.*, 1986). La concentración intracelular del 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).

2.7.4. Excreción

En rumiantes, la excreción del Zn se realiza a través de las heces y una muy pequeña parte a través de la orina. La secreción de Zn hacia el lumen intestinal se realiza vía las secreciones pancreática, biliar e intestinal (Cousins, 1985). Con consumos normales del mineral, el Zn que se recoge en heces es primariamente Zn no absorbido (Miller, 1975).

2.8. Fuentes de zinc

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

Los forrajes poseen entre 25 y 50 ppm de Zn, con promedio de 34 ppm. Los henos son pobres en Zn y los ensilados ligeramente ricos (Underwood y Suttle, 2003). Los cereales tienen valores de Zn variables, pero son ricos en las capas externas, lo cual aumenta su aporte en subproductos ricos en ellas. Los forrajes y granos tienen como principal condicionante de su contenido de Zn el aporte del suelo, suelos carentes establecerán zonas de carencia. La leche aporta cantidades de Zn equivalentes a las del alimento (30 a 40 ppm), siendo cuatro veces superior en el calostro (Underwood y Suttle, 2003).

2.8.1. Necesidades de zinc

El requerimiento de zinc varía de acuerdo con la especie, raza, edad y las funciones productivas del animal. Los requerimientos de Zn en ovejas están entre 10 y 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).

2.8.2. Desordenes de zinc

Los desbalances de minerales (deficiencias o excesos) en suelos y forrajes se han considerado como responsables de la baja producción y de los problemas reproductivos entre los rumiantes en pastoreo (Ramírez, 2009).

El estado carencial del zinc puede estar causado por diferentes factores como: ingesta insuficiente, problemas en la absorción intestinal o pérdidas corporales excesivamente elevadas, así como el padecimiento de determinadas enfermedades (Levenson, 2005).

Los signos clínicos de la deficiencia de Zn son: disminución en el consumo de alimentos, retardo o cese del crecimiento, piel engrosada, escamosa y agrietada, pérdida de pelo y lana, fallas reproductivas en machos y hembras, anomalías esqueléticas, dificultad en la reparación de heridas, etc. (Underwood, 2003). En las lesiones características de la piel, a nivel histológico, se encuentra una hiperqueratosis y dermatitis, en patas, morro, orejas y alrededor de los ojos, ausencia de linfocitos T en timo, linfonódulos y bazo (Miller, 1975). En general, los tejidos u órganos con mayores contenidos de Zn son aquellos con división celular más acelerada o con un activo metabolismo, y posiblemente sean los que sufran más tempranamente la deficiencia del mineral. La disminución o cese del crecimiento causada por la deficiencia de Zn es debida a un menor consumo de alimento, pero también, en parte, a una menor eficiencia de la conversión alimenticia (Underwood y Suttle, 2003).

La glándula tiroides también se ve afectada en una deficiencia de Zn, hallándose cambios atróficos y degenerativos en los folículos y disminución de los niveles circulantes de las hormonas tiroxina y triyodotironina (T3 y T4) (Miller, 1975).

3. JUSTIFICACIÓN

La inclusión de diversas fuentes nutricionales en dietas para rumiantes ha permitido mejorar la salud, bienestar y rendimiento productivo. Además, el empleo de estos permite mejorar las características morfométricas de la canal y los atributos nutricionales de la carne, debido a su efecto sobre distintas rutas metabólicas. El zinc suplementario está asociado con mecanismos estimulantes de lipogénesis y lipólisis. En bovinos y ovinos con alimentación intensiva, el zinc mejora 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. Por lo tanto, la suplementación de Zn puede alterar el rendimiento y la calidad de la carne. En animales cuya alimentación se basa en alto grado al pastoreo, son modulados tanto los depósitos de grasa como el perfil de ácidos grasos. Sin embargo, se desconoce el efecto de Zn-metionina sobre el crecimiento y rendimiento productivo de ovinos en engorda alimentados en pastoreo.

4. HIPÓTESIS

El zinc orgánico en su integración como complemento alimenticio en la dieta de los ovinos en pastoreo favorece al efecto benéfico producido en el crecimiento, respuesta productiva y digestibilidad de la materia seca.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de dos dosis de zinc orgánico en combinación con dos regímenes de consumo voluntario de concentrado en corderos en pastoreo sobre el comportamiento productivo y la digestibilidad de la materia seca de ovinos en pastoreo.

5.2 Objetivos específicos

- a) Medir el consumo voluntario de alimento y la digestibilidad aparente de la materia seca.

- b) Evaluar el rendimiento y crecimiento de corderos alimentados en pastoreo suplementados con niveles distintos (0.75 y 1.5 % del peso vivo) de concentrado.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

Para probar la hipótesis, esta investigación se llevó a cabo durante los meses de junio a diciembre 2019, en las instalaciones del Área de Enseñanza e Investigación en Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México.

6.1. Animales y alimentación

Se utilizaron 32 ovinos, machos enteros, con peso promedio de 25.89 kg, cinco meses de edad, de raza Dorper x Katahdin, dispuestos en 4 tratamientos con 7 repeticiones cada uno, en un diseño Completo al Azar, con arreglo factorial 2x2 de tratamientos (concentrado 0.75 y 1.5 %PV; Zn 0.0 y 80 ppm).

Cuadro 1. Composición y aporte nutrimental (g kg^{-1} MS) del concentrado alimenticio suministrado en dos proporciones (0.75 y 1.5% del peso vivo) de ovinos en pastoreo continuo de pradera rye grass.

Ingredientes	g kg^{-1} Materia Seca
Grano de 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
Carbonato de calcio	10
Composición química:	
Materia seca	956
Proteína cruda	157.8
Cenizas	105
Materia orgánica	895

Los ovinos permanecieron en las instalaciones, donde fueron adaptados a la fase experimental, pastando durante 8 h día (08:00 a 16:00 h) en una pradera de rye grass (*Lolium perenne*), posteriormente fueron confinados en corrales individuales donde recibieron el complemento alimenticio balanceado (Cuadro 1) a razón de 0.75 y 1.5% PV), adicionado con y sin zinc orgánico (Zn Metionina); los tratamientos aplicados fueron: 1) Zn-0 ppm con C-0.75%, 2) Zn-0 ppm con C-1.5%, 3) Zn-80 ppm con C-0.75% y 4) Zn-80 ppm con C-1.5%.

Se midió el consumo de alimento diario, la ganancia diaria de peso, la conversión y eficiencia de uso del alimento. Las dosis diarias de zinc metionina se proporcionó de forma individual directamente en el comedero, mezclándose con la parte superior del concentrado alimenticio ofrecido. Se registró el peso vivo inicial (PVI) y peso vivo final (PVF); el incremento de peso se midió cada 15 días.

6.2. Digestibilidad *in vivo* de la materia seca

La digestibilidad aparente de la materia seca del forraje rye grass consumido por los corderos en pastoreo, se estimó a través de la técnica de marcador con óxido de cromo (Cr_2O_2). Se colocaron arneses colectores de heces a 4 animales por tratamiento, y recibieron un gramo del marcador por 5 días de adaptación y 5 días de colección de heces. Cada día de muestreo se colectaron 100 g de excretas y se congelaron a $-4\text{ }^\circ\text{C}$. Al término de ese período se hizo un pool de muestra por cordero; y se determinó la MS en una estufa de aire forzado a $60\text{ }^\circ\text{C}$ por 24 h, se utilizó molino Thomas Willey utilizando malla de 1mm para reducir el tamaño de partícula. Finalmente, el Cr_2O_3 en heces se determinó por espectrofotometría (modelo GENESYS 10S UV-VIS, Thermo scientific) a 430 nm, tras la calcinación de la muestra a $450\text{ }^\circ\text{C}$ por 12 h (Fenton y Fenton, 1979); enseguida se determinó el consumo y digestibilidad de materia seca del forraje y concentrado consumidos.

6.3. Evaluación de la pradera

La pradera fue evaluada durante el verano y otoño del año 2019; cada 20 d, se colocaron seis jaulas de exclusión para medir la acumulación neta de forraje

verde y materia seca disponible para los corderos; las muestras colectadas fueron secadas, molidas y analizadas en su composición química: MS, cenizas, materia orgánica, proteína (AOAC, 1997); fibra detergente neutro y fibra detergente ácido (Van Soest *et al.*, 1991).

6.4. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2x2 de tratamientos, utilizando PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2004) con estructura de covarianza AR(1) y evaluación de efectos de tratamiento, periodo de medición e interacción de tratamiento con periodo de medición.

$$Y_{ijk} = \mu + Zn_j + C_k + Zn \times C_{(jk)} + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = variable de respuesta para la unidad experimental i bajo la combinación del j -ésimo nivel de zinc y el k -ésimo nivel de concentrado.

μ : media general

Zn_j = efecto del j -ésimo nivel de zinc (0 y 80 ppm)

C_k = efecto del k -ésimo nivel de concentrado (0.75 y 1.5% de concentrado del PV)

$Zn \times C_{(jk)}$ = efecto de la interacción del j -ésimo nivel de zinc y el k -ésimo nivel de concentrado

e_{ijk} = el error experimental

El análisis de variables de una vía se realizó con PROC GLM y los estimadores de efectos aleatorios fueron comparados con la macro PDMIX800.SAS con ajuste de Tukey ($P \leq 0.05$).

7. LÍMITE DE ESPACIO

La 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.

Los ovinos experimentales fueron alojados con confinación nocturna en la Unidad de Enseñanza e Investigación en Producción Animal, y pastoreados en praderas establecidas en el Posta Zootécnica de la misma Facultad. El análisis químico bromatológico del forraje y concentrado se realizó en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal de la FMVZ de la UAEM.

8. LÍMITE DE TIEMPO

Cronograma de actividades																												
Mes	M1				M2				M3				M4				M5				M6							
Semana	S1	S2	S3	S4																								
Actividad																												
Pastoreo																												
Alimentación (concentrado)																												
Tratamiento (zinc)																												
Rotación de praderas																												
Elaboración del concentrado																												
Medición del rechazo																												
Manejo Médico preventivo																												
Pesaje de Zinc																												
Inclusión de cromo																												
Pesaje de los corderos																												
Recolección de heces fecales																												
Recolección de muestras de pasto																												
Investigación																												
Análisis en el laboratorio de bromatología																												

Los estudios experimentales y análisis de laboratorio que comprendieron esta investigación se realizaron durante los meses de junio a diciembre de 2019.

La redacción del documento de tesis final y su aprobación se realizaron de diciembre de 2019 a febrero de 2020.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Composición química de la pradera

La composición química de la pradera a lo largo del periodo de pastoreo fue constante (Cuadro 2), asimismo, fue similar en el contenido de PC, MS y componentes estructurales de la pared celular de *Lolium perenne*. Este contenido químico fue similar en MS (129 - 139 g kg⁻¹), PC (183 - 189 g kg⁻¹ MS), FDN (408 - 415 g kg MS) y FDA (267 - 270 g kg⁻¹ MS) a lo reportado por Posada *et al.* (2013) en *Lolium perenne* con 35 d de edad al corte. Castro-Hernández *et al.* (2017) reportaron contenidos similares en *Lolium perenne* con 28 d de rebrote para PC (145.3 g kg⁻¹ MS), FDN (489.2 g kg⁻¹ MS) y FDA (304.1 g kg⁻¹ MS).

Cuadro 2. Composición química de la pradera de *Lolium perenne* pastoreada por los corderos durante el período julio-enero del experimento.

Mes de muestreo	Variable, g kg ⁻¹ MS					
	MS, g kg ⁻¹	MO	Cenizas	PC	FDN	FDA
Junio	145.27	870.35	129.65	162.76	521.64	267.84
Julio	118.40	824.20	175.80	167.98	402.31	186.19
Agosto	163.06	900.83	99.17	171.89	539.38	273.69
Septiembre	144.28	853.86	146.14	164.34	482.85	221.70
Octubre	152.92	861.43	138.57	150.54	525.50	260.00
Noviembre	152.67	872.40	127.60	132.44	490.00	229.62
Diciembre	165.57	880.10	119.90	174.98	458.76	220.36
Promedio	148.88	866.17	133.83	160.70	488.63	237.06
Desviación estándar, ±	15.67	23.76	23.76	14.73	47.26	31.55

MS, materia seca; MO, materia orgánica; PC, proteína cruda; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido.

En promedio la Acumulación Neta de Forraje por período durante la fase experimental fue 754.25 kg de MS ha⁻¹, suficiente para soportar el número de corderos pastoreados. Sin embargo, Posada *et al.* (2013) reportaron una producción promedio desde 800 hasta 1600 kg MS ha⁻¹ en *Lolium perenne* con 35 d de edad al corte. El contenido de la pradera de FDA y FDN fue constante a lo

largo del experimento; este último fue menor a 630 g kg MS de fibra detergente neutro (Morán, 1996), lo que propicio una mayor digestibilidad de los nutrientes.

9.2 Consumo de materia seca

La digestibilidad del alimento permitió estimar el consumo de materia seca total. Los coeficientes de digestibilidad de esta investigación fueron similares a la digestibilidad de *Lolium perenne* (710.3 g kg⁻¹ MS) con 28 d de rebrote (Castro-Hernández *et al.*, 2017), probablemente por el similar contenido de celulosa y hemicelulosa en el forraje. Se encontró que en consumo de materia seca total (Cuadro 3), el tratamiento Zn-80 ppm con C-0.75% fue menor al resto (P<0.05). Además, el tratamiento con Zn-80 ppm con C-1.5% presentó mayor (P<0.05) consumo. Asimismo, los ovinos del tratamiento Zn-0 ppm con C-0.75% consumieron más forraje (P<0.05). En corderos de la raza Ujumuqin en pastoreo de *Stipa krylovi*, el CMS total (1420 g MS d⁻¹) y CMS de forraje (890 g MS d⁻¹) (Zhang *et al.*, 2014) fueron similares a lo encontrado en esta investigación. No obstante, se confirmó (Figura 2 y 3) que a medida que aumenta el nivel de concentrado en la dieta, disminuye el nivel de forraje sobre el CMS total (Zhang *et al.*, 2014).

Cuadro 3. Consumo y digestibilidad de la materia seca de corderos en pastoreo de pradera rye grass complementados con zinc orgánico y concentrado.

Variable, g kg ⁻¹ MS	Zn-0 ppm		Zn-80 ppm		EEM ¹
	C-0.75%	C-1.5%	C-0.75%	C-1.5%	
Digestibilidad alimento, g kg ⁻¹ MS	690.0 ^a	705.0 ^a	685.0 ^a	715.0 ^a	35.0
CMS Total ^{T, P, TxP}	1481.0 ^a	1558.1 ^a	1234.0 ^b	1563.6 ^a	51.1
CMS Concentrado ^{T, P, TxP}	325.4 ^c	588.7 ^b	337.3 ^c	667.1 ^a	18.2
CMS Forraje ^{T, P, TxP}	1155.6 ^a	969.4 ^b	896.7 ^b	896.5 ^b	32.2

¹EEM, error estándar de la media; C, Concentrado (%PV); CMS, consumo de materia seca. T, efecto de tratamiento (P<0.05); P, efecto de periodo de medición (P<0.05); TxP, efecto de interacción de tratamiento por periodo de medición. Literales distintas en la misma hilera son estadísticamente (P<0.05) diferentes.

La restricción del consumo en corderos en pastoreo (4-8 h de pastoreo) puede propiciar cambios a corto plazo en CMS y suministro de nutrientes, específicamente en la tasa de consumo (Pérez-Ramírez *et al.*, 2008). Así quedó de manifiesto en este experimento donde el tratamiento con nivel bajo de concentrado igualó el CMS total con los tratamientos con C-1.5%, asimismo, obtuvo GDP similar al tratamiento Zn-0 ppm con C-1.5%.

Sin embargo, es de resaltar que estas tres variables experimentaron efecto ($P < 0.05$) de tratamiento, periodo de medición e interacción de tratamiento con periodo de medición. Esta interacción fue evidente ($P < 0.05$) en los tratamientos Zn-0 ppm con C-0.75% o C-1.5% y Zn-80 ppm con C-0.75% para consumo total de materia seca (Figura 1). No obstante, el efecto de tratamiento es producto del factor de nivel de concentrado, dado que se ha demostrado que la inclusión de una fuente de zinc en la dieta no tiene efectos significativos sobre el CMS de ovinos en confinamiento con alimentación intensiva (Rodríguez-Maya *et al.*, 2018).

En la Figura 3 se observa que los corderos con nivel bajo de consumo de concentrado sin suplementación de Zn orgánico igualaron el consumo de los tratamientos con mayor cantidad de concentrado, en teoría por el efecto de mayor consumo de forraje (Figura 3). Lo anterior, posiblemente debido a la digestibilidad de la FDN y la eventual liberación de energía en forma ácidos grasos volátiles producto de la fermentación de carbohidratos. Del mismo modo, la limitación de concentrado propicia mayor retención del alimento en el tubo digestivo lo cual mejora la eficiencia de utilización de los nutrientes (Demment y Greenwood *et al.*, 1988) y la eficiencia alimenticia (Cuadro 4).

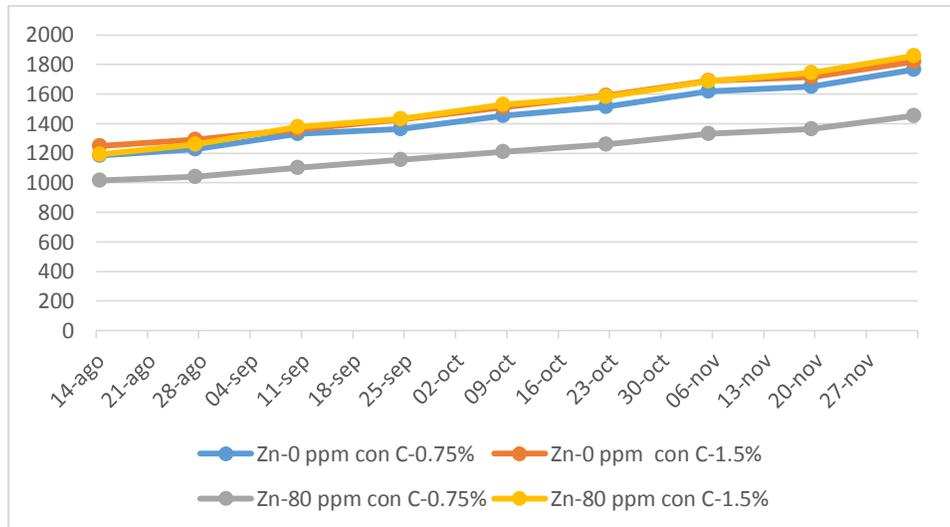


Figura 1. Consumo de materia seca total de ovinos alimentados en pastoreo y suplementados distintos niveles de concentrado.

En la Figura 2 se muestra que los tratamientos con C-0.75% de concentrado hubo efecto de la interacción ($P < 0.05$) en el consumo durante todo el periodo de engorda de los corderos. Sin embargo, en el tratamiento Zn-80 ppm con C-1.5% el consumo fue mayor ($P < 0.05$) al resto durante todo el periodo de engorda. Lo anterior, pudo deberse a que los tratamientos con C-0.75% dependieron del aporte y variación de nutrientes de la pradera de *Lolium perenne* durante toda la fase experimental.

Los corderos sometidos al tratamiento Zn-0 ppm con C-0.75% consumieron mayor cantidad de forraje (Figura 3). Sin embargo, el resto de los tratamientos presentaron interacciones a lo largo de todo el período de engorda. El peso vivo inicial de los corderos fue similar ($P > 0.05$) al inicio del experimento. El tratamiento Zn-80 ppm con C-1.5% fue mayor en peso vivo final, incremento total de peso y ganancia diaria de peso, producto del efecto de tratamiento y periodo de engorda. Sin embargo, todos los tratamientos fueron similares en eficiencia y conversión alimenticia. El incremento de peso de los corderos en este experimento fue similar al incremento de peso (11.50 - 13.66 kg) y GDP (122 - 145 g d⁻¹) en ovinos de pelo alimentados con pasto *Panicum maximum* Jacq. cultivar Tanzania (Santos *et al.*, 2017).

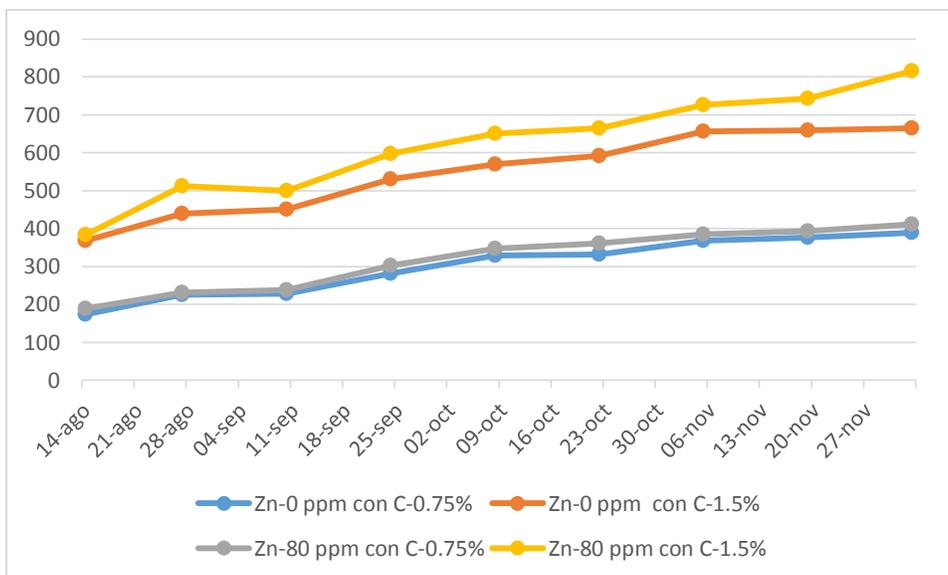


Figura 2. Consumo (g) de suplemento concentrado por ovinos en pastoreo.

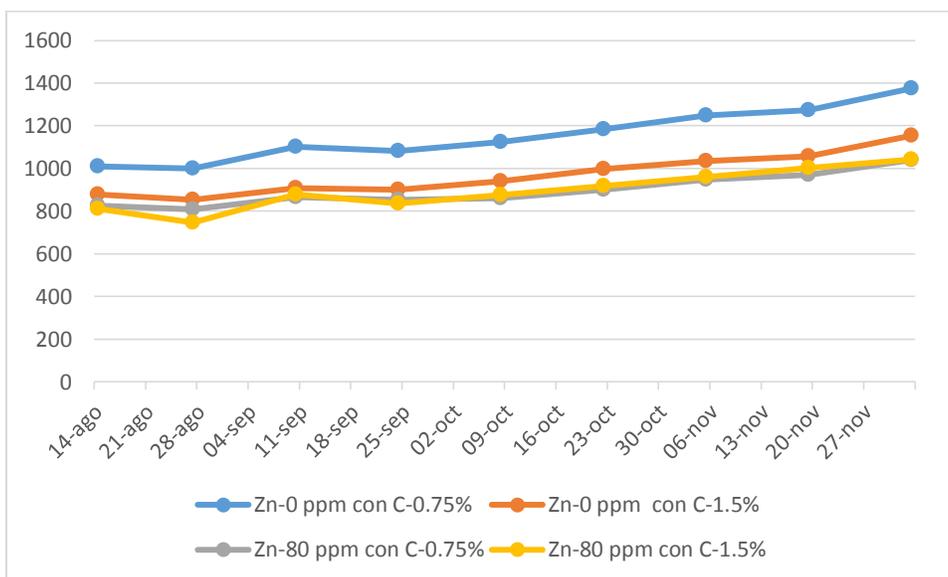


Figura 3. Consumo (g) de *Lolium perenne* por ovinos en pastoreo suplementados con distinto nivel de consumo y Zn orgánico.

9.3 Rendimiento y crecimiento

En corderos de la raza Ujumuqin en pastoreo de hierbas (*Stipa krylovi*) con suministro de concentrado se reportaron GDP desde 136 hasta 150 g d, valores muy similares a lo encontrado en esta investigación (Zhang *et al.*, 2014). En este

sentido se ha demostrado que el Zn tiene efecto sobre la GDP (Rojas *et al.*, 1995; Rodríguez-Maya *et al.*, 2018); además mejora la salud en general de los animales (Hatfield *et al.*, 2001), el engrasamiento de la canal y el perímetro de la pierna (Rodríguez-Maya *et al.*, 2018). Fraser *et al.* (2004) reportaron que corderos en pastoreo de *Lolium perenne* obtuvieron 184 g de GDP.

En sistemas de pastoreo restringido con niveles apropiados de suplementación de concentrado, es posible modificar el comportamiento ingestivo, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y rendimiento de canal, sin detrimento en la producción de carne de corderos (Xu *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2013).

Cuadro 4. Comportamiento productivo de ovinos alimentados en pastoreo y suplementados con distinto nivel de concentrado.

Variables	Zn-0 ppm		Zn-80 ppm		EEM ¹
	C-0.75%	C-1.5%	C-0.75%	C-1.5%	
Peso vivo inicial, kg	24.41 ^a	25.80 ^a	26.34 ^a	27.04 ^a	1.10
Peso vivo final, kg ^{T, P}	36.41 ^c	37.64 ^{bc}	37.72 ^{bc}	42.11 ^a	1.13
Incremento total de peso, kg	12.00 ^{bc}	11.84 ^{bc}	11.38 ^c	15.07 ^a	0.30
Ganancia diaria de peso, g d ^{-1 T, P}	131.9 ^b	125.1 ^b	124.9 ^b	155.5 ^a	8.04
Conversión alimenticia ^P	11.23 ^a	12.45 ^a	9.88 ^a	10.05 ^a	0.72
Eficiencia alimenticia ^P	0.089 ^a	0.080 ^a	0.101 ^a	0.099 ^a	0.01

¹EEM, error estándar de la media. T, efecto de tratamiento (P<0.05); P, efecto de periodo de medición (P<0.05); TxP, efecto de interacción de tratamiento por periodo de medición. Literales distintas en la misma hilera son estadísticamente (P<0.05) diferentes.

La Figura 4, muestra evidencia que el tratamiento Zn-80 ppm con C-1.5% fue mayor (P<0.05) en incremento de peso respecto al resto de los tratamientos, durante toda la fase de engorda.

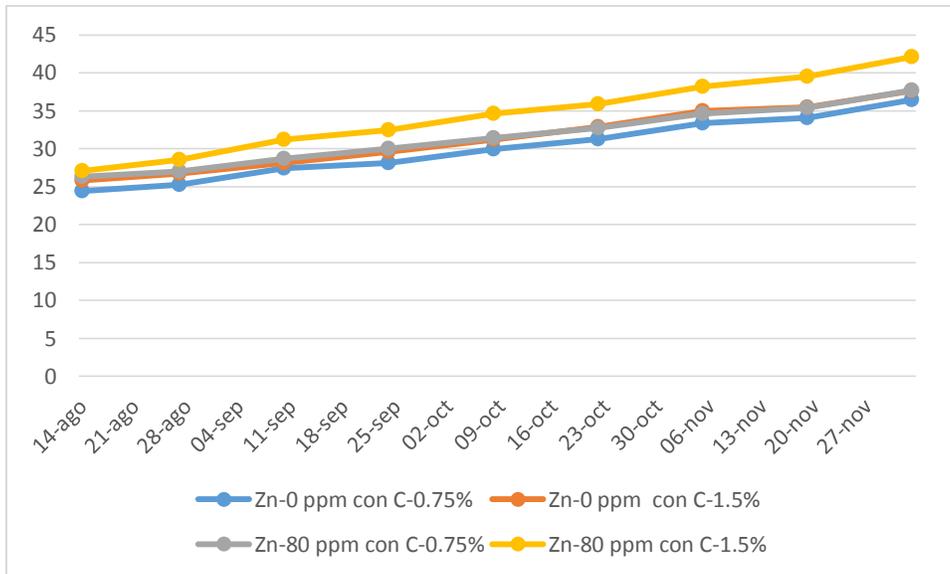


Figura 4. Incremento de peso (kg) en corderos alimentados con pradera de *Lolium perenne* y suplementados con distinto nivel de consumo de concentrado y Zn orgánico.

10. CONCLUSIONES

El suministro de menor cantidad de concentrado a los corderos en pastoreo promueve una mejor utilización de nutrientes disponibles, aumentando el consumo total de alimento sin afectar la digestibilidad del alimento ni la eficiencia alimenticia.

El efecto del zinc orgánico en animales alimentados en pastoreo y suplementados con dos niveles de concentrado en la respuesta productiva y crecimiento no es evidente; sin embargo, se espera que su efecto este reflejado en la calidad de la carne y las características de la canal.

11. LITERATURA CITADA

- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA. Vol. 1. 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 hay. *Small Ruminant Research*. 121:175-182.
- Arteaga, C.J.D. 2014. Situación actual del mercado de los productos ovinos. Unión nacional de ovinocultores. Hermosillo, Sonora.
- Bellido, M.M, Escribano, S.M, Mesías, D.F.J, A. Rodríguez, L.V.A, Pulido, G.F. 2001. Sistemas extensivos de producción animal extensive systems in animal production. Dirección General de Producción, Investigación y Formación Agrarias de la Junta de Extremadura. Carretera de San Vicente. 06071 Badajoz. España. Escuela de Ingenierías Agrarias de la Universidad de Extremadura. Ctra. de Cáceres, s/n. 06071 Badajoz. España
- Bobadilla, S.E.E. y Perea, P.M. 2014. La producción e importaciones de ovinos antes y después del Tratado del Libre Comercio con América del Norte. En: Cavallotti V.B.A., Ramírez V.B., Cesín V.A., Ramírez J.J. (Coordinadores). La ganadería mexicana a 20 años del Tratado del Libre Comercio con América del Norte. UACH-CP. 143-156
- Bondi, A. 1989. Nutrición animal. Traducción por Rafael Sanz. Zaragoza, Acribia.
- Bores, Q.R.F., Vega C.A. 2003. La investigación pecuaria ante los retos y desafíos de la ovinocultura en México. Memorias del Premier Simposium Internacional de Ovinos de Carne. Desafíos y oportunidades para la ovinocultura en México ante los nuevos esquemas de mercado abierto. 17-19 noviembre. Pachuca de Soto, Hgo; 80-95.
- Brzóska, M.M. y Moniuszko-Jakoniuk, J. 2001. Interactions between cadmium and zinc in the organism. *Food and Chemical Toxicology*. 39:967–980.

- Camacho, G.J.L. y García, M. 2003. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovilla. *Veterinaria, México*. 34(2):149-177.
- Carlier, L. 2010. Grassland for ruminants. Role of grassland in Belgian agriculture. *Romanian Journal of Grassland and Forage Crops*. 1:7-16.
- Castalda, A.O. 2003. Caracterización de los sistemas de producción bovina (invernada) en el nordeste de la provincia de la pampa (Argentina). modelos de gestión. Tesis de doctorado. Argentina, Departamento de producción animal, Universidad de Córdoba - Facultad de Veterinaria.
- Castro, R.R., Hernández, G.A., Aguilar, B.G., Ramírez, R.O. 2011. Comparación de métodos para estimar rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Naturaleza y Desarrollo*. 9(1):38-46.
- Castro-Hernández, H., Domínguez-Vara, I.A., Morales-Almaráz, E., Huerta-Bravo, M. 2017. Composición química, contenido mineral y digestibilidad *in vitro* de raigrás (*Lolium perenne*) según intervalo de corte y época de crecimiento. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8(2):201-210.
- Chen, Y., Luo H., Liu X., Wang Z., Zhang Y., Liu K., Jiao L., Chang Y., y. Zuo Z. 2013. Effect of restricted grazing time on the foraging behavior and movement of tan sheep grazed on desert steppe. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 26:711-715.
- Clark, D.A. 2005. Challenges and opportunities for animal production from temperate pastures. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. 119-130 pp.
- Coop, I.E. y Devendra, C. 1982. Systems biological and economic efficiencies. In'. *Sheep and Goat Production*. Ed: LE. Coop. Elsevier Amsterdam. 297-307 pp.
- Cousins, R.J. 1985. Absorption, transport, and hepatic metabolism of copper and zinc: Special reference to metallothionein and ceruloplasmin. *Physiology 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. p. 3-12.
- Cruz, R., 2010. Manual de producción ovina. Organización Panamericana de la Salud, Paraguay.
- Cuéllar, O.J.A. 2003. Perspectivas de la ovinocultura en México. Memoria del Segundo Seminario sobre Producción Intensiva de Ovinos. Villahermosa, Tabasco.
- Demment, M.W. y Greenwood, G.B. 1988. Forage ingestion: effects of sward characteristics and body size. *Journal of Animal Science*. 66:2380–2392.
- Dýrmundsson, O.R. 2006. Sustainability of sheep and goat production in North European countries-From the Arctic to the Alps. *Small Ruminant Research*. 62 (3):151-157.
- 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. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Zacatecas. 44(2):203-217
- Esqueda, C.M., y 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. En Álvarez, J.E. (Ed). Pastos y forrajes para el trópico colombiano (págs. 297-298). Manizales: Universidad de Caldas.
- FAO. 2010. http://www.3tres3.com/buscando/fao-evolucion-mundial-delconsumo-de-carne_30869/. (Consultado: 15/02/2019).
- FAO. 2013. <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>. (Consultado 09/02/2019).

- FAO. 2014. http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_sources.html. (Consultado 10/03/2019).
- Fenton, T.W. y Fenton, M. 1979. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian Journal of Animal Science* 59: 631-634.
- Filippi, R.D. 2007. Ballicas perenne en pasturas para producción de leche. recuperado el 22 de 08 de 2012, de ballicas perenne en pasturas para producción de leche: http://lacteos.watts.cl/images/img_editor/docadjuntos/ballica%20perenne%20en%20pasturas%20para%20produccion%20de%20leche.pdf (Consultado: 15/02/2019).
- Fraser, M.D., Speijers, M.H.M, Theobald, V.J, Fychan, R, Jones, R. 2004. Production performance and meat quality of grazing lambs finished on red clover, lucerne or perennial ryegrass swards. *Plant, Animal and Microbial Science*. 59: 345-356.
- Fulkerson, W.J., y Donaghy, D.J. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41:261-275.
- Giroux, E.L., Durieux, M., Schechter, P.J. 1976. A study of zinc distribution in human serum. *Bioinorg. Chem*. 5:211-218.
- Gonzalez, M.V, y Tapia, M.M. 2017. Manual de manejo ovino. INIA. Santiago, Chile. Boletín No. 3
- 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.
- Hannaway, D., Fransen, S., y Cropper, J. 1999. Annual ryegrass. Oregon State University, USA Consultado el 11/05/2005. En:

<http://eesc.orst.edu/AgComWebFile/EdMat/PNW501.html>. (consultada 15/02/2019).

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(6):1716-1726.

Leng, R.A. y Preston, T.R. 2003. Diagnóstico general y tendencias en relación con la ganadería y el medio ambiente. En: Memorias del curso I Taller Internacional "Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente". Ciudad de La Habana, Cuba. p.10.

Levenson, C.W. 2005. Zinc supplementation: neuroprotective or neurotoxic. *Nutrition Reviews*. 63(4):122-125.

Martin, G.B., White, C.L., Markey, C.M., Blackberry, M.A. 1994. Effects of dietary zinc deficiency on the reproductive system of young male sheep: testicular growth and the secretion of inhibin and testosterone. *Journal of Reproduction and Fertility*. 101:87-96.

Martínez, R.O. 2001. Banco de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical. En: Estrategias de la alimentación para el ganado bovino en el trópico. Banco de México. FIRA, pp. 125.

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, W.J., Pitts, W.J., Clifton, E.M., Morton, J.D. 1965. Effects of zinc deficiency per se on feed efficiency, serum alkaline phosphatase, zinc in skin, behavior, greying, and other measurements in the Holstein calf. *Journal of Dairy Science*. 48:1329-1334.

- Morán, J. 1996. Consumo y valor nutritivo de los pastos. Pasturas Tropicales, Memorias del curso. CORPOICA, Medellín. 87-96 p.
- 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(1):49-57.
- Muller, H. 1995. Guía del productor agropecuario. Editorial Hemisferio Sur. Argentina.
- Murgueito, E. 2003. Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia. En: Memorias del curso I Taller Internacional “Ganadería, Desarrollo Sostenible y medio Ambiente”. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 144
- Navarro, M.L, Falcón, R.R, Hernández, G.M, Reyes, S.P, Jiménez, C.I, Martínez, M.D, Martin, G.C, Romero, A.R, González, R.E. 2016. Intoxicación por zinc. Universidad de Laguna. España. 12: 36-40.
- NRC, 2007. Mineral tolerance of animals: Second revised edition. Academy of Sciences National Research Council, Washington, D.C. O'Dell, L.B., y A.R. Sunde. 1997. Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements. Marcel Dekker. INC. New York, E.U.
- Partida, P.J.A, Braña, V.D., Jiménez, S.H., Rios, R.F.G., Buendia, R.G. 2013. Producción de carne ovina. Querétaro, Qro. México: Libro Técnico No. 5 ISBN: 978-607-37-0036-8.
- Partida, P.J.A. 2009. Uso del cruzamiento en ovinos para la producción de carne de alta calidad. Querétaro, Qro. México: Folleto Técnico No. 3 INIFAP. ISBN: 978-607-425-157-9.
- 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(10):4702–4713.

- Pechin, G.H. 2012 Absorción, metabolismo y homeostasis del zinc en los animales y el hombre. Universidad Nacional de la Pampa. Argentina. Volumen 14, No. 1.
- Pérez-Ramírez, E., Delagarde, R., Delaby, L. 2008. Herbage intake and behavioral adaptation of grazing dairy cows by restricting time at pasture under two feeding regimes. *Animal*. 2:1384–1392.
- 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 labranzas. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. (8):23-32.
- Ramírez, R. 2009. Nutrición de rumiantes: sistemas extensivos. Segunda edición. México, Trillas.
- Reinoso, M. 2000. Contribución del potencial lechero y reproductivo de sistemas de pastoreo arborizados empleando vacas Siboney de Cuba. Tesis de Dr. Ciencias, Univ. Central “Marta Abreu”, Santa Clara, Cuba, p. 99
- Reyes, J., Vidal, I., Gonzáles, M. Fonte, D. 2000. Tres intensidades de pastoreo en el comportamiento del pasto estrella. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 32:353.
- Rodríguez, M. 2018. Efecto del zinc orgánico (zn-metionina) y zinc inorgánico (zno) en la respuesta productiva, características de la canal y calidad de carne de ovinos en engorda con alimentación intensiva. Tesis de maestría. Toluca, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México.
- 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-Nuñez, F., Rodríguez-Carpena, 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>.

Rojas, L.X., McDowell, L.R., Cousins, R.J.C., Martint, F.G., Wilkinson, N.S., Johnsonsa, A.B., Velásquez, J.B. 1995. Relative bioavailability of two organic and two inorganic Zinc sources fed to sheep. *Animal Science*. 73:1202-1207.

Rubio, C.G., Weller, D. Martín, I.C., Hardisson, A. 2007. El zinc: oligoelemento esencial. Madrid, España: *Nutrición Hospitalaria*, vol. 22, núm. 1, pp. 101-107.

SAGARPA. 2005. Producción pecuaria. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/prod001.htm>. (Consultado 08/03/2019).

SAGARPA. 2012. Crece ovinocultura en México; busca incursionar en nuevos mercados. Comunicado de prensa de la Secretaria de Agricultura Ganadería desarrollo Rural Pesca y Alimentación 073.

Santos, V.R.V., McManus, C., Peripolli, V., Tanure, C.B., Lima, P.T., Corrêa, P.S., Brito, D.L., Torres, S.E.F. Louvandini, H. 2017. Dry matter intake, performance and carcass characteristics of hair sheep reared under different grazing systems. *Scientia Agricola*. 74(6); 436-442.

SAS Institute Inc. 2004. *SAS/STAT® 9.1 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc. 5136 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

Senra, A. 2003. Principales métodos de pastoreo. En: Manejo de los pastizales y suplementación. Conferencias. Curso de Diplomado, "La Noria", San Luis de Potosí, México.

- SIAP.2016.http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/ResumenNacional.do (consultado 14/03/19)
- 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(5): 200-222.
- Stein, H., Sève, B., Fuller, M., Moughan, P., de Lange, C. 2007. Revisión invitada: biodisponibilidad y digestibilidad de aminoácidos en ingredientes de alimentación de cerdos: terminología y aplicación. *Journal of Animal Science* [En Línea] enero 2007, University of Illinois, disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17179553> (consultado el 29/07/19)
- 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. http://www.producción-animal.com.ar/producción_y_manejo_pasturas (consultada el 25/06/2019).
- Underwood, E.J., Suttle. N.F. 1999. *The mineral nutrition of livestock*. 3rd ed. Ed. CABI, Midlothian, UK.
- Underwood, E.J., y Suttle, N.F. 2003. *Los minerales en la nutrición del ganado* 3° ed. Zaragoza, España: Acribia. 637 p.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Animal Science*. 74:3583-3597.
- Velázquez, A.V., da Silva, G., Sousa, D., Oliveira, C.A., Martins, dos Santos, C., Balieiro, P., Rennó, J.C., Fukushima, R.S. 2018. Evaluación de marcadores internos y externos frente a interacciones del procedimiento de muestreo fecal al estimar la ingesta en vacas lecheras que consumen una dieta a base de ensilaje de maíz. *American Dairy Science Association*. [En Línea] julio 2018, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, University of São Paulo, disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29680654> (Consultado el 02/09/19)

- Vilaloba, A.J. 2006. Proyecto: Comercialización de carne de ovino – primera parte. [https://www. engormix.com/MA-ovinos/articulos/proyecto-comercializacion-carne-ovino-t870/ p0.htm](https://www.engormix.com/MA-ovinos/articulos/proyecto-comercializacion-carne-ovino-t870/p0.htm). (Consultado 09/03/2019).
- Villalobos, L. y Sánchez J.M.I. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*). Universidad de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 4:43-52.
- Wright, C.L. y Spears, J.W. 2008. Uptake of zinc from zinc sulfate and zinc proteinate by ovine ruminal and omasal epithelia. *Journal of Animal Science*. 86:1357- 1363.
- Xu X., Luo H.L., Ge S.Y., Yuan F., Zhang Y.J., Liu K., Jin X. X., Yan L. Y. 2011. Effects of time-limited grazing on growth performance and viscera measurement of Sunit lambs. *Chin. Journal Animal Science*. 47:65-68.
- Zhang X.Q., Luo H.L., Hou X.Y., Badgery W.B., Zhang Y.J., y Jiang C. 2014. Effect of restricted time at pasture and indoor supplementation on ingestive behaviour, dry matter intake and weight gain of growing lambs. *Livestock Science*. 167:137-143.