



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Nivel de energía y proteína en parámetros
productivos y económicos en la engorda de
corderos**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PRESENTA:
MARTÍNEZ HERNÁNDEZ BRAYAN EDUARDO

ASESOR: M. en MVZ. Omar Salvador Flores
COASESOR: Dr. Luis Alberto Miranda Romero

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO.

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Nivel de energía y proteína en parámetros productivos y económicos en la engorda de corderos

Que presenta el pasante: BRAYAN EDUARDO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

Con número de cuenta: 30925230-8 para obtener el Título de la carrera: Medicina Veterinaria y Zootecnia

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de noviembre de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Deneb Camacho Morfin	
VOCAL	Dr. Jesús Alberto Guevara González	
SECRETARIO	M. en M.V.Z. Omar Salvador Flores	
1er. SUPLENTE	Dra. Ma de los Ángeles Ortíz Rubio	
2do. SUPLENTE	M.V.Z. Laura Castillo Hernández	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM, por ser mi segunda casa desde la preparatoria y darme la oportunidad de prepararme y desafiarme como persona.

A la FES Cuautitlán, por hacer mi estancia no solo una experiencia académica sino una experiencia de vida, permitirme conocer a personas importantes para mí y prepararme como Médico Veterinario Zootecnista.

Agradezco de manera especial al M en MVZ Omar Salvador Flores por su confianza, guía y apoyo incondicional para la realización y culminación de este trabajo. Muchas gracias por permitirme trabajar con usted, por las experiencias que he podido vivir con la especie ovina y por brindarme tanto de su tiempo.

Al Dr. Luis Alberto Miranda Romero, quien sin conocerme me brindo su confianza, su apoyo y su tiempo. Le agradezco por contribuir en mi formación profesional y recibirme como uno más en su equipo de trabajo.

Al Lic. Oscar Rodríguez y al Rancho “La finca” por proporcionar los animales, material y ayuda para que este trabajo se pudiera llevar a cabo. Gracias por recibirme en su rancho y permitir llevarme tantas buenas experiencias y conocimiento.

A mí jurado por su disponibilidad, amabilidad y la aportación de sus conocimientos durante la revisión de esta tesis.

Al Dr. Fernando Alba Hurtado por permitirme realizar el experimento en el área de posgrado e investigación, al M en C. Cesar Cuenca por su ayuda durante la preparación del espacio para realizar la parte experimental de este trabajo, al Dr. German Isauro Garrido por la ayuda y confianza que me brindo para trabajar en el laboratorio y al Dr. Jesús Jonathan Ramírez por sus consejos, observaciones y esclarecer algunas de mis dudas.

A los animales que formaron parte de este estudio y a la especie ovina.

Agradezco a todos, por ayudarme e impulsarme a ser mejor, gracias.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo con amor a mis padres la Sra. Angélica Fernanda Hernández Ramírez y el Sr. Ociel Martínez Butrón, por su apoyo incondicional, por sus enseñanzas y por ser ejemplos de trabajo, esfuerzo, paciencia y perseverancia, que me han servido para mi formación personal y profesional. Este logro no solo es mío, es de ustedes. Estoy orgulloso de ser su hijo.

A mi hermana Daniela Martínez Hernández y a mí tía la Sra. Martha Fabiola Hernández Ramírez por el apoyo desinteresado, por la paciencia hacia mi persona y por todos los momentos agradables que hemos compartido.

A toda mi familia y a mis amigos que de una u otra manera me han apoyado no solo en la realización de este trabajo, sino también en el desarrollo de mi vida personal y profesional, en especial a Verónica Monroy, Saúl Sosa, Luis Antonio Jaimes, Ruth Mayen y Mallory M Moguel.

Gracias a todos.

“Cualquier cosa es posible si esta se divide en segmentos pequeños”.

Índice

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. OVINOS EN EL MUNDO	3
2.2. OVINOS EN MÉXICO	3
2.3. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO	5
2.3.1. <i>Factores intrínsecos.</i>	5
2.3.2. <i>Factores extrínsecos.</i>	6
2.4. IMPORTANCIA DE LA ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN EN LA ENGORDA	7
2.5. NUTRIENTES	7
2.5.1. <i>Carbohidratos.</i>	8
2.5.2. <i>Proteína.</i>	9
2.5.3. <i>Lípidos.</i>	10
2.5.4. <i>Vitaminas.</i>	10
2.5.5. <i>Minerales.</i>	10
2.5.6. <i>Agua.</i>	11
2.6. DIETA BALANCEADA PARA ENGORDA	11
2.7. INDICADORES PRODUCTIVOS	12
2.7.1. <i>Consumo voluntario.</i>	13
2.7.2. <i>Consumo de materia seca.</i>	13
2.7.3. <i>Ganancia diaria de peso.</i>	14
2.7.4. <i>Conversión alimenticia.</i>	14
2.8. PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE ALIMENTOS, GANANCIA DIARIA DE PESO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA	15
2.9. COSTOS EN LA DIETA	17
2.10. SANIDAD	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. OBJETIVOS	19
4.1. OBJETIVO GENERAL	19
4.2. OBJETIVOS PARTICULARES	19
5. HIPÓTESIS	19

6. MATERIALES Y MÉTODOS	20
6.1. UBICACIÓN	20
6.2. ANIMALES Y MANEJO	20
6.3. TRATAMIENTOS	20
6.4. ANÁLISIS DE WEENDE	22
6.5. ENERGÍA METABOLIZABLE	22
6.6. CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO	23
6.7. GANANCIA DIARIA DE PESO	23
6.8. CONVERSIÓN ALIMENTICIA	24
6.9. CONSUMO DIARIO DE AGUA	24
6.10. COSTO DE PRODUCCIÓN DE UN KILOGRAMO DE CARNE	24
6.11. UTILIDAD Y RENTABILIDAD	25
6.12. SIMULACIÓN	25
6.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	26
7. RESULTADOS	28
7.1. ANÁLISIS DE WEENDE	28
7.2. ENERGÍA METABOLIZABLE	29
7.3. CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO	30
7.4. GANANCIA DIARIA DE PESO	31
7.5. CONVERSIÓN ALIMENTICIA	32
7.6. CONSUMO DIARIO DE AGUA	33
7.7. COSTO DE PRODUCCIÓN DE UN KILOGRAMO DE CARNE	34
7.8. UTILIDAD Y RENTABILIDAD	35
7.9. SIMULACIÓN	36
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
9. CONCLUSIONES	39
10. RECOMENDACIONES	40
11. BIBLIOGRAFÍA	41

Lista de abreviaciones

CDA	Consumo diario de alimento
GDP	Ganancia diaria de peso
CA	Conversión alimenticia
CMS	Consumo de materia seca
EM	Energía metabolizable
ED	Energía digestible
PC	Proteína cruda
ELN	Extracto libre de nitrógeno
TND	Total de nutrientes digestibles
MS	Materia seca
MH	Materia húmeda
TT	Tratamiento testigo
HSD	Diferencia honestamente significativa

Índice de cuadros

Cuadro	Título	Página
2.1	Requerimientos energéticos en ovinos de engorda.	8
2.2	Requerimientos de proteína en ovinos de engorda	9
6.1	Ingredientes de cinco dietas formuladas con diferentes niveles de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC)	21
7.1	Análisis de Weende de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) expresados en base seca	28
7.2	Energía metabolizable (EM) de cinco tratamientos con diferente nivel de energía y proteína cruda	29
7.3	Promedios de consumo diario y consumo total de alimento de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC)	30
7.4	Promedios de peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso y ganancia total de peso de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC)	31
7.5	Promedios de conversión alimenticia de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC)	32
7.6	R ² de la conversión alimenticia de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC)	33
7.7	Costo de producción de un kilogramo de carne de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC)	34
7.8	Comparación de la utilidad y rentabilidad de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC)	35
7.9	Simulación para aumentar 20 kg de peso vivo, sobre días a engorda, costo de alimentación, utilidad y rentabilidad de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC)	36

Índice de figuras

Figura	Título	Página
6.1	Esquema de los niveles de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) utilizados, así como las combinaciones obtenidas y su referencia con los niveles recomendados por NRC (2007)	19
7.1	Consumo diario de alimento (kg)	30
7.2	Ganancia diaria de peso acumulada	31
7.3	Conversión alimenticia	32
7.4	Consumo de agua (litros/ día) y temperatura ambiental (°C) máxima y mínima registradas	33

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del nivel de energía metabolizable y proteína cruda en la dieta sobre el consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, consumo diario de agua y costo de producción de un kilogramo de carne en la engorda de corderos a corral. La investigación se realizó en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Se utilizaron 30 corderos machos, con 26.5 ± 3.7 kg peso y 75 ± 5 días de edad. Se balancearon cinco dietas con diferentes proporciones de energía metabolizable y proteína cruda (EM: PC) obteniendo los siguientes tratamientos: TT (2.8:16), T1 (3:18), T2 (3:14), T3 (2.7:18) y T4 (2.7:14). Los animales fueron distribuidos en un diseño completamente al azar en los cinco tratamientos. La engorda tuvo una duración de 60 días y no se presentó ningún problema de tipo metabólico ni sanitario. El consumo de alimento y de agua fueron registrados diariamente y la GDP y CA fueron estimadas de manera individual cada 10 días y para toda la engorda.

Las medias se presentan para TT, T1, T2, T3 y T4 siempre en ese orden y con valores correspondientes a toda la engorda. El consumo diario de alimento (kg de MS) fue de 1.15, 1.16, 1.02, 1.03 y 1.05 y no mostro diferencia entre tratamientos ($P>0.05$). La ganancia diaria de peso (kg de PV) fue de 0.282ab, 0.330a, 0.254b, 0.240b y 0.266b. La conversión alimenticia (kg de MS/kg de PV) fue de 4.06b, 3.52a, 4.02ab, 4.29b y 3.95ab. El consumo diario de agua (litros) fue de 2.8, 2.7, 2.5, 2.8 y 2.6 y no mostró diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos. Los costos de producción por kilogramo de carne (MXN) se calcularon utilizando solo el costo de alimentación y fueron los siguientes: \$ 21.60ab, \$19.58a, \$ 20.69ab, \$ 24.31b y \$ 21.61ab.

Se concluye que la dieta con niveles altos de energía y proteína tiene el comportamiento productivo y económico más eficiente. Esta dieta reduce en al menos 10 días la engorda de corderos de 25 a 45 kg de peso vivo. Contrario a la dieta baja en energía y alta en proteína que muestra el comportamiento productivo y económico menos eficiente con las ganancias de peso más bajas y la conversión alimenticia y costos de producción por kilogramo de carne más altas.

1. Introducción

La revolución ganadera está conduciendo a un incremento en la demanda mundial de carne y leche de las especies rumiantes (Castelán *et al.*, 2014). Por lo tanto, existe la necesidad de satisfacer dicha demanda alimenticia con proteína de alto valor biológico. Ante esta necesidad se debe incrementar la producción de carne en México en cantidad y calidad adecuada, buscando una solución al problema económico que representa producir dicho alimento, debiendo encontrarse alternativas de bajos costos y que protejan el medio ambiente (Hernández *et al.*, 1986; Asevedo, 1990; Figueredo e Iser, 2005).

Una ventaja de los rumiantes es que se pueden alimentar con fuentes alternativas de energía y proteína, como subproductos agrícolas y de industrias relacionadas, evitando una competencia directa con la alimentación humana y ayudando con la obtención de recursos financieros para el desarrollo de la población rural (Asevedo, 1990; Figueredo e Iser, 2005; Bastida *et al.*, 2011). Sin embargo, la alimentación de los rumiantes en México está basado en sistemas de pastoreo nativo y menormente en pastos introducidos, generalmente con pobre valor nutritivo, bajo contenido de proteína cruda, alto contenido de fibra detergente neutro y baja digestibilidad, resultando en un bajo consumo de materia seca, una baja productividad (sobre todo en animales en crecimiento) y altas emisiones de metano (Castelán *et al.*, 2014). Una forma de incrementar la producción animal en corderos de engorda es alimentarlos con dietas a base de granos y concentrados (Hernández *et al.*, 1986).

La información disponible en México referente a las prácticas de nutrición y alimentación en ovinos se basa principalmente en las tablas de recomendaciones alimenticias del National Research Council (NRC), aunque también pueden usarse los modelos de recomendaciones británicas (ARC) o francesas (INRA). Sin embargo, estas recomendaciones no siempre han resultado confiables debido a que provienen de resultados experimentales realizados en ambientes diferentes a los que prevalecen en México, ya sea en nutrición, sanidad, raza, ambiente o manejo, en consecuencia, dichas recomendaciones deben validarse en las condiciones y el ambiente de México y hacer los ajustes necesarios para obtener los resultados deseados (Aguilar y Estrada, 1995; García y Chávez, 1996; Salah *et al.*, 2014; Ma *et al.*, 2015).

La investigación en México deber ser orientada para generar resultados acordes a la producción agropecuaria nacional, en tal sentido el presente trabajo se realizó con el objetivo general de evaluar diferentes niveles de energía metabolizable y proteína cruda en la dieta sobre parámetros productivos y económicos en la engorda de corderos a corral.

2. Marco teórico

2.1. Ovinos en el mundo

La ganadería, particularmente la producción de rumiantes, es una de las actividades socioeconómicas más importantes, sin embargo las lluvias irregulares y la estacionalidad de la producción forrajera hacen que la producción regular de piensos constituya el mayor reto para su producción (De Carvalho *et al.*, 2017). Los ovinos son una especie productiva de la cual el hombre, desde la prehistoria, ha obtenido alimento y vestido a partir de los productos que se obtienen de ellos, tales como: carne, lana, leche y pieles (Chávez y Martínez, 2014). La ovinocultura es una práctica importante de muchas familias rurales, sobre todo en los países tropicales en desarrollo, donde los sistemas de traspatio son muy frecuentes (Alpízar *et al.*, 2017).

El déficit de proteína animal se acentúa en el mundo y el ovino posee muchas ventajas en la producción de este rubro. Su carne llega a constituir una muy importante proporción de la dieta cárnica en diversas regiones del mundo. En muchos países el valor de esta producción supera por mucho a los de lana o leche y en otros, como generalmente acontece en las regiones tropicales de Asia o África, constituye casi el único objetivo de cría. Solamente en Australia y algunos países de Sudamérica, la producción de lana es más importante que la de carne y en Europa Mediterránea y algunos países de Asia, la leche también supera este rubro (Arbiza y De Lucas, 1996; SAGARPA, 2016).

2.2. Ovinos en México

De acuerdo con información del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la cantidad de cabezas de ganado ovino ha incrementado de forma continua. Desde el año 2004 al 2014 se ha observado un incremento cerca del 20%. En el año 2014 se tenía en inventario 8,575,908 cabezas (SAGARPA, 2016). La producción ovina en México es una actividad ganadera que se desarrolla prácticamente en todos los estados del territorio nacional, pero que se concentra en aquellos estados ubicados al centro del país como el Estado de México, Hidalgo, Puebla y San Luis Potosí (Tovar *et al.*, 2010). A pesar de que ocupa uno de los últimos lugares en la industria pecuaria nacional, es reconocida como una actividad importante por el alto valor que representa al construir un componente beneficioso para la economía del campesino de escasos recursos y por la gran demanda de sus productos, especialmente entre la población urbana de las grandes ciudades (Cuellar *et al.*, 2012).

La carne ovina en México se ha limitado a ser consumida en platillo de fiesta o fin de semana, guisada en la forma tradicional de barbacoa, esto ha hecho que su consumo per cápita sea bajo comparado con el de res, cerdo o aves (Morales *et al.*, 2004). No obstante, ante su aparente bajo consumo, la industria en México no satisface el mercado interno (Morales *et al.*, 2004; Galaviz *et al.*, 2014), pues la producción, en su mayoría, es insuficiente y de no muy buena calidad debido al sistema de producción extensivo y alimentación deficiente (Lara, 2007). Esto ha implicado que la demanda nacional de carne ovina haya sido objeto de importación durante los últimos 15 años (Galaviz *et al.*, 2014).

En México existen diversos sistemas de producción ovina, que se desarrollan en pastoreo, estabulación o en combinación de estos. Según su intensidad de producción se dividen en: intensivo, donde las ovejas son alimentadas con henos de buena calidad y los corderos engordados con dietas en base a granos, semi intensivo y extensivo basados en el pastoreo, con mínimo uso de suplementos y se lleva poco o nulo control zootécnico. Según su objetivo se dividen en comerciales y de autoconsumo. A su vez, los sistemas comerciales pueden ser intensivos, semi-intensivos o extensivos, y por lo general, los de autoconsumo son de traspatio y en algunos casos muy limitados de trashumancia (Mendoza *et al.*, 2006; Partida *et al.*, 2013).

Uno de los propósitos de la cría ovina es la producción de carne destinada al consumo humano (Arbiza y De Lucas, 1996). El objetivo es convertir un cordero destetado en un cordero finalizado listo para su comercialización, generando utilidades al productor, las cuales sólo se pueden obtener ofreciéndole al cordero lo necesario para que desarrolle todo su potencial genético, sin afectar la calidad del producto, al mejor costo posible, no se entienda que necesariamente es al menor costo (Pavón, 2006). La engorda de corderos requiere de un programa integral de manejo del rebaño que inicia con las ovejas de cría, desde la cubrición hasta el destete y de los corderos desde su nacimiento hasta la venta (Lara, 2007).

La engorda de corderos es en la actualidad, la parte que genera la mayor proporción de utilidad para el productor (Pavón, 2006). En México se han incrementado las engordas a corral, las cuales han tenido bastante éxito debido a la oferta, el precio y la calidad que adquieren los animales para el consumo (Ramírez, 2000). En gran parte esto se debe al incremento en la utilización de dietas basadas en granos y alimentos concentrados, que se pueden encontrar en presentaciones comerciales o como alimentos que elaboran los productores utilizando ingredientes disponibles en cada región del país. Sin embargo, este tipo de alimentación aumenta el riesgo de que se presenten problemas metabólicos como la acidosis y la presencia de cálculos urinarios (Candanosa *et al.*, 2005; Mendoza *et al.*, 2006; Chavira *et al.*, 2011).

2.3. Principales factores que afectan el crecimiento

El crecimiento, en términos prácticos, se mide por el aumento de tamaño y peso. Está compuesto por factores intrínsecos y extrínsecos. Los intrínsecos están relacionados con la información genética del animal y los extrínsecos se conforman de las condiciones en que se desarrolla, siendo la alimentación la más importante (Arbiza y De Lucas, 1996; Martínez, 2007a). El crecimiento de un animal puede ser limitado por el consumo de alimento o por la reducción de algún principio nutritivo, principalmente energía o proteína (Bavera *et al.*, 2005).

2.3.1. Factores intrínsecos.

Sexo: El crecimiento de los machos es mayor al de las hembras y éstas empiezan a engrasarse a un peso menor. Además, por cada kilogramo de peso aumentado los machos requieren menos alimento, la diferencia llega a ser hasta de un kilogramo, por lo que tiene implicaciones económicas importantes (Martínez, 2007a). Algunas granjas pueden clasificar sus animales en machos y hembras con diferentes requerimientos nutricionales, sin embargo, esto puede dificultar la administración de los alimentos (Bello *et al.*, 2016).

Raza: Los genotipos especializados para producción de carne (*Suffolk, Hampshire y Dorset*), expresan una mayor ganancia de peso durante la etapa inicial de crecimiento (Cantón *et al.*, 2005). En la mayoría de los casos, la pureza racial de los animales es inferior al considerado en las recomendaciones del NRC (Huerta, 2008).

Cruzas: Los sistemas industrializados de producción de carne en el mundo se basan en cruzamientos, de manera que se combinen características de dos o más razas en un mismo individuo y se aproveche el fenómeno conocido como heterosis o vigor híbrido. En los últimos años las razas sintéticas han tomado auge, pues poseen características que las hacen interesantes para la producción de carne, debido a su rápido crecimiento postdestete y buen rendimiento de canal (Cantón *et al.*, 2005).

Edad: A medida que el animal aumenta de tamaño con la edad, aumenta el contenido de energía de cada unidad de ganancia (Martínez, 2007a). La edad a sacrificio afecta la ganancia diaria de peso, ya que esta se ve reducida en corderos de mayor edad, además de contener significativamente más grasa en la canal. Por otro lado el color del musculo es significativamente más claro en corderos jóvenes que en corderos de mayor edad (Della Malva *et al.*, 2016; Polidori *et al.*, 2017).

Crecimiento compensatorio: El termino se refiere a aquellos animales nutridos deficientemente dentro de ciertos límites en algunos momentos de su vida y sometidos luego a un régimen alimentario abundante, llegando a tener aumentos de peso superiores si se comparan con sus contemporáneos que siempre tuvieron una alimentación adecuada (Bavera *et al.*, 2005).

2.3.2. Factores extrínsecos.

Espacio: Los animales se agrupan por su edad y condición dentro de los corrales. Por lo tanto, los espacios necesarios por animal en cada corral varían (Durán *et al.*, 2008). Sin embargo, se ha demostrado que no hay diferencias en la ganancia de peso ni en la conversión alimenticia en espacios por cordero de 0.5, 1 y 1.5 m². No obstante, conforme disminuye el espacio aumentan las agresiones entre los animales, por lo que se recomiendan espacios de 1 m², cuando las canales sean destinadas a cortes de alto valor (Hernández, 2017).

Temperatura: Las temperaturas ambientales por encima o por debajo de las cuales los animales no son capaces de controlar su temperatura corporal se presentan como críticas. La temperatura óptima es aquella en la que el animal realiza un gasto mínimo de energía y su conversión es mejor (Durán *et al.*, 2008). La temperatura aconsejable para corderos de engorda es de 10 a 15°C (Ahumada, 1999). La humedad influye igualmente en la temperatura que puede soportar el animal (Durán *et al.*, 2008).

Alimentación y nutrición: De los factores ambientales que afectan el crecimiento, sin duda los nutricionales ocupan un papel total. El crecimiento está en función de los niveles de alimentación del animal y la eficiencia con que este convierte este alimento en peso vivo. Corderos desnutridos desarrollan lentamente sus huesos y músculos. La diferencia de peso es muy notoria entre corderos bien y mal alimentados (Arbiza y De Lucas, 1996).

2.4. Importancia de la alimentación y nutrición en la engorda

Para que verdaderamente funcione un corral de engorda y sea más eficiente debemos considerar todas las variables nutricionales: energía, proteína, fibra, promotores del crecimiento, vitaminas y minerales, entre otros (Ramírez, 2000). Se requieren fuentes de alimento de menos costo y buen aporte de nutrientes, para obtener una mayor eficiencia de utilización del alimento, y reducir el periodo de engorda permitiendo una rápida recuperación monetaria (Machuca *et al.*, 1990).

2.5. Nutrientes

El contenido nutrimental es la concentración de los cinco principales grupos de nutrimentos: carbohidratos (solubles y estructurales), proteína, lípidos, vitaminas y minerales (Huerta, 2010; Bello *et al.*, 2016). Los nutrientes contenidos en la dieta se usan en primer lugar para el mantenimiento del animal y el resto lo emplea para sus funciones productivas (Durán *et al.*, 2008). Un entendimiento preciso de los requerimientos de nutrientes en la engorda no solo es valioso para asegurar la rentabilidad, sino que también puede ayudar para reducir los efectos de la ecodegradación y el cambio climático provocado por estas actividades antropogénicas (Ma *et al.*, 2015).

2.5.1. Carbohidratos.

Los carbohidratos están compuestos por carbono, hidrogeno y oxígeno en la fórmula general $(CH_2O)_n$ y comprenden azúcares simples (monosacáridos y disacáridos), oligosacáridos y polisacáridos. Entre los polisacáridos se encuentran: almidones, hemicelulosa, celulosa, pectinas, entre otros (Hand, 2010 citado por Barrera, 2011). Los carbohidratos constituyen la parte más importante de las necesidades nutricionales del ovino, a tal grado que no pueden asimilar proteínas, vitaminas o minerales, si no tiene cubiertas sus necesidades calóricas. La cantidad de carbohidratos que un animal necesita depende de su tamaño y estado fisiológico (Durán *et al.*, 2008). El objetivo principal de los carbohidratos es suministrar energía (Barrera, 2011).

El término energía, cuando se usa para describir los atributos de la dieta, se refiere al producto final más que a las características de los compuestos presentes en los ingredientes. La energía resulta de la utilización de los nutrientes absorbidos durante los procesos metabólicos como la oxidación y la síntesis. Las unidades de energía más comunes son la caloría y joule. Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar un gramo de agua de 16.5° a 17.5° C. A nivel internacional, el joule se utiliza con frecuencia (1 caloría = 4.184 joules). (NRC, 2007).

El funcionamiento del organismo ocasiona gasto de energía, de ahí que esta sea el factor limitante de mayor importancia en la ración, especialmente en ovinos de alto valor genético (Durán *et al.*, 2008). Conocer el contenido de energía de los ingredientes es importante tanto para la formulación de dietas como para la comparación económica entre ellas (Weiss, 2011). El animal obtiene la energía de los carbohidratos, grasas y proteínas, pero su fuente principal son los ácidos grasos volátiles. Los rumiantes obtienen la mayor parte de su energía de la celulosa contenida en la fibra de los pastos y forrajes que comen, por lo que la adición de otros alimentos ricos en carbohidratos, como los granos, debe hacerse como complemento, en pequeñas cantidades, para evitar trastornos digestivos (Durán *et al.*, 2008). Los requerimientos de energía (Cuadro 2.1) para la deposición de tejido reflejan las proporciones de lípidos, proteínas y agua depositadas (NRC, 1985).

Cuadro 2.1. Requerimientos energéticos en ovinos de engorda.

Peso vivo (kg)	Energía Metabolizable (Mcal / kg de MS)
20	2.9
30	2.8
40-60	2.7

National Research Council, Nutrient Requirements of Small Ruminants, 2007.

2.5.2. Proteína.

Las proteínas son macromoléculas complejas compuestas por cientos a miles de aminoácidos y son los principales componentes estructurales de los órganos y tejidos corporales, además de actuar como enzimas, hormonas y anticuerpos (Barrera, 2011). Los ovinos requieren proteínas para remplazar las células de sus tejidos y producir crías, carne, leche, lana o pelo (Durán *et al.*, 2008).

Niveles altos de proteína cruda en la dieta mejoran la ingesta de piensos, las ganancias diarias de peso, la conversión alimenticia y el rendimiento económico en estabulación (Xu *et al.*, 2017). Sin embargo, es importante tomar en consideración que si bien todos los nutrientes requeridos por los animales en la industria ganadera intensiva representan un costo significativo, la proteína es comúnmente el componente de la alimentación más caro, en consecuencia requiere especial atención y es necesario conocer la cantidad exacta de las necesidades del ganado para no ofrecer una cantidad más alta de la que se requiere, lo cual resulta en costos elevados sin realmente observar un mejor comportamiento productivo y en el aumento de emisión de nitrógeno al medio ambiente (Ma *et al.*, 2017; Tovar *et al.*, 2010).

El mejor comportamiento productivo se obtiene cuando se combinan diferentes fuentes de proteína en comparación con la utilización de sola una (Chávez y Martínez, 2014). Las necesidades proteicas (Cuadro 2.2) de los rumiantes son un reflejo de los requerimientos por parte del animal más los requerimientos de los microorganismos de rumen. Los requerimientos también dependen de su nivel productivo, edad y peso, sexo, entre otros (Church, 1984).

Cuadro 2.2 Requerimientos de proteína en ovinos de engorda.

Peso vivo (kg)	Proteína cruda (% / kg de MS)
20	16.9
30	15.1
40-60	14.5

National Research Council, Nutrient Requirements of Small Ruminants, 2007.

2.5.3. Lípidos.

Los lípidos son sustancias orgánicas e hidrofóbicas que son solubles en solventes orgánicos, e incluyen tanto los compuestos a base de glicerol como los que no. Los lípidos de mayor importancia en la nutrición animal son los ácidos grasos. Los tejidos animales se componen de lípidos simples (acilglicerol), lípidos compuestos (fosfolípidos, glicolípidos y lipoproteínas) y lípidos derivados (esteroles y ácidos grasos). Los lípidos simples son grasas verdaderas y son la principal forma de almacenamiento de los lípidos corporales. La función principal de los lípidos compuestos implica estructura y función, y los ácidos grasos contenidos dentro de los lípidos compuestos contribuyen a la composición de ácidos grasos de un tejido específico. Los lípidos tienen tres funciones básicas en el cuerpo del animal: estructural, regulatorio y nutricional (NRC, 2007).

2.5.4. Vitaminas.

Las vitaminas son compuestos requeridos por el cuerpo en pequeñas cantidades para procesos bioquímicos, ya que actúan como enzimas, coenzimas o precursores enzimáticos. No se utilizan como fuente de energía ni son compuestos estructurales. Se clasifican en liposolubles (A, D, E y K) e hidrosolubles (Complejo B y C) (Hand, 2010 citado por Barrera, 2011). Los ovinos las obtienen de los pastos, forrajes y granos que comen (Durán *et al.*, 2008).

2.5.5. Minerales.

Son elementos inorgánicos esenciales que juegan un rol muy importante en cuatro tipos de funciones: estructurales, fisiológicas, catalíticas y regulatorias (Costa *et al.*, 2015). Además de estas funciones, cada mineral esencial cumple uno o más papeles específicos (Reyes y Mendieta, 2005). Cerca del 50% de las enzimas corporales requieren algún mineral para su funcionamiento. Por esta razón, afectan el metabolismo de proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales y sus derivados, perjudicando la producción, reproducción, crecimiento e inmunidad (Huerta, 2010). Las necesidades minerales varían de acuerdo a la edad, nivel productivo, condición corporal, clima y a los niveles de estos elementos en el suelo (Akgul *et al.*, 2000). Los minerales requeridos para ovinos en engorda son Ca, P, Na, Cl, K, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, Se, Co y I (Huerta, 2015), y los obtienen como sales minerales o en compuestos orgánicos (Akgul *et al.*, 2000). Considerando su importancia para los microorganismos y para el animal, deben ser proporcionados vía oral y continuamente o bien, de manera parenteral (Huerta, 2010).

2.5.6. Agua.

Cuantitativa y funcionalmente, es el nutrimento más importante, constituye más del 50% del peso, y la pérdida de tan solo el 10% del agua corporal provoca la muerte (Shimada, 2009). Si por alguna razón un animal bebe poca agua, consumirá menos cantidad de materia seca, y por lo tanto, su producción disminuirá (Durán *et al.*, 2008; NRC, 1985). Los animales obtienen agua de cuatro fuentes: la que beben, la contenida en los alimentos, la que recircula y la metabólica (Shimada, 2009).

En condiciones normales, los ovinos necesitan consumir dos litros de agua por cada kilogramo de materia seca consumido (Durán *et al.*, 2008). Esta necesidad varía dependiendo del metabolismo corporal, temperatura ambiente, etapa de producción, tamaño, revestimiento de lana, cantidad de alimento consumido y composición del alimento (NRC, 1985), puede aumentar en la época de calor, cuando el alimento contiene mucha fibra, y cuando los niveles de producción de leche son elevados, y disminuye un poco cuando hay pastos frescos ricos en agua (Durán *et al.*, 2008).

2.6. Dieta balanceada para engorda

La engorda intensiva de corderos en México es una actividad rentable que demanda dietas apropiadas a las condiciones específicas de cada producción. La calidad de dichas dietas varía, desde dietas altamente concentradas con poco forraje hasta dietas de baja calidad basadas en subproductos agropecuarios y agroindustriales (Huerta, 2008). No hay una receta única de dieta para engorda de corderos, esta dependerá de los ingredientes disponibles en la región y del precio de los mismos. Hay que adecuarse a las condiciones de cada región y unidad de producción, contemplando principios básicos de la nutrición del cordero en desarrollo y un principio básico de rentabilidad: no hay mejor alimento que el que nos otorga una utilidad al final del proceso (Pavón, 2006).

Los animales en estabulación suelen alimentarse con dietas compuestas por forrajes y concentrados de diversos orígenes y en distintas proporciones. Cuando los componentes de la ración se presentan por separado, los animales son capaces de seleccionar las porciones que les resultan más apetecibles o más fáciles de ingerir, como concentrados o forrajes de mayor calidad, dejando como rehusado una parte de la dieta ofrecida (Casasús *et al.*, 2012). Una dieta integral es una dieta completa que se ofrece a los animales como alimento único y adecuadamente balanceado a sus necesidades (Martínez, 2007b). Este tipo de dietas ofrece facilidad de manejo en la alimentación del rebaño, permite un correcto equilibrio de la dieta, una distribución homogénea de los nutrientes a lo largo del día, y redundante en una mayor ingestión y productividad de los animales (Casasús *et al.*, 2012).

Los principales nutrientes a balancear en una dieta son la energía y la proteína (Salah *et al.*, 2014), pues la eficiencia de la utilización de los alimentos por ovinos depende principalmente de la cantidad de estas dos macromoléculas (Chávez y Martínez, 2014). Las necesidades nutricionales del ovino no solo deben determinarse evaluando el aumento de su peso, sino que además la evaluación debe basarse en los signos que se producen como consecuencia de las cantidades inadecuadas de los nutrientes que estos reciben (Durán *et al.*, 2008).

2.7. Indicadores productivos

Un indicador es un instrumento de observación que permite evaluar el comportamiento de toda o una de las partes de la unidad de producción mediante parámetros establecidos, frente a sus metas y objetivos. Además ayuda a medir los resultados y posibilita la detección de problemas en un determinado período (Serna, 1997). Es necesario tener definidos los objetivos de producción y tener identificados a cada uno de los animales (Durán *et al.*, 2008).

La medición del desempeño se define como una serie de acciones orientadas a medir, evaluar, ajustar y regular las actividades, por lo que el objetivo de la medición es indicar el camino correcto para cumplir las metas establecidas (Ponce, 2016).

Los indicadores zootécnicos para evaluar el comportamiento productivo en la engorda de corderos son: ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, rendimiento y calidad de canal (Bello *et al.*, 2016; Martínez, 2007a). Estos indicadores generalmente se expresan en una fórmula matemática que compara dos o más variables de un proceso (Wadsworth, 1997).

2.7.1. Consumo voluntario.

El consumo voluntario es la cantidad de alimento que ingiere un animal por unidad de tiempo (generalmente 24 h) cuando tiene libre acceso a este y probablemente es el factor más importante desde el punto de vista de la productividad pecuaria, ya que todos los demás parámetros del comportamiento animal como la ganancia de peso, la secreción de leche, la postura, el crecimiento de lana, la conversión y eficiencia alimenticia, etcétera, dependen de forma directa del factor en cuestión. En términos generales se busca que el animal consuma más, ya que en individuos sanos esto se traduce en mayor producción (Shimada, 2009).

Muchos factores diferentes afectan el consumo de alimento, como el gusto, el olor, textura y composición química, entre otros. En general, los animales tienden a regular la ingestión diaria de alimento a corto y largo plazo mediante complejas respuestas fisiológicas a la dieta y al ambiente. En circunstancias normales el animal mantiene un equilibrio entre el ingreso y el gasto energético. Cuando el sistema se rebasa, ocurren excesivas ganancias o pérdidas de energía, que a su vez provocan disturbios metabólicos o ineficiencia productiva (Church, 1984; Shimada, 2009).

2.7.2. Consumo de materia seca.

El consumo de materia seca se refiere al peso de materia orgánica e inorgánica libre de agua que entra en el sistema (Cooper, 2017). Puede ser evaluado como el peso del alimento ofrecido menos el peso del alimento que rechazado el animal, ambos en base seca (De Carvalho *et al.*, 2017). El vínculo entre el consumo de materia seca y la producción es fácil de apreciar, y es uno de los componentes críticos para maximizar el aumento de peso y la eficiencia financiera (Cooper, 2017).

En el caso de los ovinos, el consumo de materia seca es un indicador importante de la nutrición, el cual se ve afectado por factores nutricionales como no nutricionales, tales como los niveles de nutrientes en la dieta, el peso vivo, estado de salud, nivel de producción, temperatura, entre otros (Classen, 2016; Xu *et al.*, 2017). La estimación del consumo es fundamental en el manejo de sistema de producción, porque establece la disponibilidad de nutrientes para dicha producción (Estrada *et al.*, 2014).

2.7.3. Ganancia diaria de peso.

La ganancia de peso por parte del animal se refiere a la capacidad de conversión del alimento consumido a carne (Méndez, 2006). Los requerimientos de mantenimiento del animal deben ser cubiertos antes que cualquier nutriente pueda ser usado para obtener ganancias (Fluharty y McClure, 1997). La ganancia diaria de peso es importante porque nos muestra que tan eficiente es el animal creciendo. Este indicador se refiere a la cantidad promedio de peso que el animal ha ganado cada día durante un periodo determinado en el que ha sido alimentado y se estima como la diferencia entre el peso final menos el peso inicial, entre el número de días en que fue alimentado (Carter *et al.*, 2016).

$$GDP = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Número de días alimentado}}$$

2.7.4. Conversión alimenticia.

La transformación de alimentos en aumento de peso se le conoce como conversión alimenticia, y se refiere más específicamente a la cantidad en kilogramos de alimento necesario para ganar un kilogramo de producto (Martínez, 2007a; Shimada, 2009; Bello *et al.*, 2016).

La conversión alimenticia es un indicador importante que en términos biológicos refleja la digestibilidad y la eficiencia de absorción de una dieta (Xu *et al.*, 2017), y en términos económicos es una manera de evaluar la eficiencia productiva y la rentabilidad (Pavón, 2006). Los principales factores biológicos que afectan la conversión alimenticia son la actividad física, consumo de alimento, comportamiento, ambiente (factores climáticos, nutricionales e inmunológicos) estrés, digestibilidad de la energía y nutrientes y el metabolismo (Gutiérrez y Rothschild, 2014). Las conversiones alimenticias más altas se observan en hembras (Bello *et al.*, 2016).

Un alimento muy bueno en términos biológicos, no necesariamente es económico, así como tampoco, un alimento barato obligadamente nos ofrece una rentabilidad adecuada. Por lo que el alimento ideal debe cumplir ser de la mejor calidad posible, al menor costo posible, otorgando el mayor incremento de peso diario posible dentro de la raza del cordero, generando una conversión rentable al productor (Pavón, 2006).

De forma matemática la conversión alimenticia se puede expresar como la relación que guarda el consumo diario de alimento entre la ganancia diaria de peso, la relación entre estos indicadores es muy íntima, tanto que la modificación de uno afectara al resto (Lunn, 2006).

$$CA = \frac{\text{Consumo diario de alimento}}{\text{Ganancia diaria de peso}}$$

Aunque el concepto es bastante simple, debajo de él se encuentra la posibilidad de una multitud de errores prácticos. Por ejemplo, el alimento consumido raramente se mide y el rechazo debe usarse para estimar la medida real. Debido a las diferencias en el tipo y diseño de los comederos, el alimento consumido y el alimento rechazado pueden diferir en un 10% y en ocasiones hasta en un 30%. Por lo tanto, es importante darse cuenta de que medir el alimento rechazado no refleja necesariamente la ingesta de alimento y la mejora de la conversión alimenticia, en una circunstancia particular puede ser tan simple como el ajuste o rediseño del comedero (Patience *et al.*, 2015).

2.8. Principales factores que influyen en el consumo de alimentos, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia

Existe un interés considerable en los factores que afectan el consumo de alimentos debido a la relación que guarda con la conversión alimenticia y los costos de producción (Church, 1984). El comportamiento animal, es el resultado del consumo de alimento, y con ello de sus nutrimentos, concentración energética, digestibilidad y metabolismo (Shimada, 2009). El consumo de alimento y la ganancia diaria de peso evolucionan de forma secuencial y sistemática (Lebas *et al.*, 1996). Las bajas ganancias de peso están relacionadas con un bajo consumo de materia seca. Esto a su vez está íntimamente relacionado con altas conversiones alimenticias (Alpízar *et al.*, 2017).

Entre los principales factores que influyen en los indicadores productivos se encuentran los siguientes:

Sexo: Los mayores consumos de alimento se observan en machos, por lo que alcanzan mejores ganancias diarias de peso que las hembras. Además, por cada kilogramo de peso aumentado los machos requieren menos alimento (Martínez, 2007a).

Raza: El genotipo no afecta el consumo de alimento entre animales del mismo peso, pero si influye significativamente en la ganancia diaria de peso y en la conversión alimenticia (Bello *et al.*, 2016).

Peso: Los cambios en el peso vivo de los corderos también reflejan cambios en la cantidad de ingesta en el tracto gastrointestinal, el cual puede variar de 60 a 540 g por kilogramo de peso vivo (NRC, 1985).

Composición de la dieta: La ingesta total de forraje aumenta proporcionalmente al aumento de concentrado en la dieta (Alpízar *et al.*, 2017). En general, los alimentos con mayor nivel de energía logran las mayores ganancias diarias de peso y generan bajos consumos de materia, en consecuencia bajas conversiones alimenticias (Bello *et al.*, 2016).

Alimentación restringida: Esto reduce el consumo de materia seca, materia orgánica, nitrógeno y energía metabolizable, mientras que los corderos alimentados ad libitum, tienen ganancias diarias de peso más altas y un mayor espesor de grasa en comparación a con alimentación restringida (Ma *et al.*, 2015).

Temperatura: Normalmente el consumo aumenta en el invierno y disminuye en el verano. Por lo tanto, una mayor concentración de energía es usada comúnmente en las dietas ofrecidas en verano, para evitar efectos negativos del estrés calórico sobre la conversión alimenticia (Bello *et al.*, 2016).

Aceptabilidad: Se puede definir como el grado de aceptación de un alimento o producto alimentario para que el animal lo coma. Esta característica está determinada por la apariencia, olor, textura, sabor, temperatura y otras propiedades sensoriales del alimento (Church, 1984).

2.9. Costos en la dieta

Las dietas representan estrategias que mejoran la utilización de recursos alimenticios locales o producidos en la granja (Alpízar *et al.*, 2017). El costo por kilogramo de cada ingrediente ofrecido a los animales en el caso de suplementos está determinado por el precio corriente en el mercado local. Por el contrario, en el caso de dietas basadas en forraje su costo por kilogramo debe ser calculado basado en el costo de mano de obra e insumos usados en las actividades comprometidas durante todo el proceso, como el mantenimiento de las plantaciones, la cosecha, el transporte, el picado, transporte y tiempo invertido (Alpízar *et al.*, 2017). Es necesario mejorar la eficiencia del costo requerido para producir ganancias magras (Jaborek *et al.*, 2017).

2.10. Sanidad

Las deficiencias o excesos nutricionales de las raciones son algunos de los problemas que enfrenta el productor, debido a la falta de técnicos especialistas y los limitados trabajos de investigación con mucha divergencia en las estrategias nutricionales y de manejo entre las engordas de corral (Ramírez, 2000).

Dentro de los problemas más frecuentes, de tipo sanitario, asociado a la engorda intensiva de corderos a corral, tenemos: acidosis láctica ruminal, poliencfalomalacia, enterotoxemias, urolitiasis, otros problemas menos frecuente son: alcalosis, postitis ulcerativa, deficiencias y excesos de minerales y parasitosis como la coccidiosis. También en los corrales de engorda se presentan otros aspectos sanitarios como las queratoconjuntivitis, ectima contagioso, neumonías y parasitosis externas (piojos, ácaros, garrapata del oído y falsa garrapata) (Oviedo, 2000).

3. Justificación

Los sistemas agrícolas en los países tropicales generalmente son bastante diferentes de los de los países templados debido al entorno climático, dietas con menor valor nutricional y genotipos de animales. Sin embargo, las recomendaciones de alimentación para los animales de granja en las regiones tropicales y cálidas todavía se basan en gran parte en los estándares establecidos en la región templada (Consejo de Investigación Agrícola, 1984; Instituto Nacional de Investigación Agronómica, 1989; Consejo Nacional de Investigación, 2007) (Salah *et al.*, 2014).

La información disponible en México referente a las prácticas de nutrición y alimentación de ovinos se basa principalmente en las tablas del NRC, las cuales describen los requerimientos nutricionales; sin embargo, dichas recomendaciones deben validarse en las condiciones y el ambiente de México y hacer los ajustes necesarios para obtener los resultados deseados (Tovar *et al.*, 2010).

En México, varias empresas nacionales y transnacionales de alimentos balanceados están produciendo concentrados basados en granos para la engorda intensiva de ovinos, los cuales difieren en costos y posiblemente en el contenido y tipo de almidón (granos). Niveles altos de energía metabolizable mejoran el comportamiento productivo, esto ocurre hasta un punto donde ya no es conveniente económica y fisiológicamente, porque el animal cubre sus requerimientos y no aprovecha el exceso de energía, eliminándola en heces, orina y acumulando grasa (Chávez y Martínez, 2014). Por esta razón esta investigación está dirigida a evaluar diferentes combinaciones en los niveles de energía metabolizable y proteína cruda para ubicar el comportamiento productivo más eficiente.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del nivel de energía y proteína de cinco dietas en las variables productivas y económicas de corderos engordados en corral.

4.2. Objetivos particulares

- Determinar el efecto del nivel de energía metabolizable y proteína cruda de cinco dietas sobre el consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y consumo diario de agua.
- Determinar el efecto del nivel de energía metabolizable y proteína cruda de cinco dietas sobre el costo de producción de un kilogramo de carne.

5. Hipótesis

Corderos alimentados con dietas balanceadas con niveles altos de energía metabolizable y proteína cruda, presentan un mejor comportamiento productivo y un mayor beneficio económico comparado con las dietas recomendadas por el NRC, con dietas desbalanceadas y con dietas balanceadas en niveles bajos de energía y proteína.

6. Materiales y métodos

6.1. Ubicación

El estudio se realizó en la Unidad de Posgrado e Investigación de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, localizada en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. El área está situada a una latitud de 19.695826 norte y longitud de 99.190613 oeste, el clima es templado. La precipitación media anual es de 653 mm y la temperatura promedio es de 15.7° C (INAFED).

El análisis de Weende para cada tratamiento se realizó en el laboratorio de Nutrición de Rumiantes de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en el Kilómetro 38.5 de la carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México.

6.2. Animales y manejo

Se utilizaron 30 corderos machos, producto de la cruce de semental Katahdin con hembras criollas, con 26.5 ± 3.7 kg de peso y 75 ± 5 días de edad. Los animales fueron distribuidos en un diseño completamente al azar en cinco grupos de acuerdo al nivel de energía metabolizable (Mcal/kg de MS) y proteína cruda (%/kg de MS) que aportó la dieta integral. Cada tratamiento tuvo 6 repeticiones. Cada repetición consistió en un animal instalado en una corraleta de 1.2 m² con piso de tierra provista de sombra, un bebedero y un comedero.

Antes de comenzar las mediciones, todos los corderos fueron alimentados con el tratamiento correspondiente (Cuadro 6.1) durante 7 días. Posteriormente los animales fueron pesados en ayuno para obtener el peso inicial y se dio inicio al experimento, el cual tuvo una duración de 60 días.

6.3. Tratamientos

Utilizando el método de sustitución se formularon cinco dietas con los ingredientes y en las proporciones que se muestran en el cuadro 6.1. Para el grupo testigo (TT) se utilizaron los niveles de energía metabolizable (2.8 Mcal/kg) y proteína cruda (16%) que recomienda el NRC (2007) para ovinos en crecimiento y finalización. Para los grupos experimentales se utilizaron dos niveles de energía metabolizable, uno superior (3 Mcal/kg) y otro inferior (2.7 Mcal/kg) con respecto a las recomendaciones del NRC (2007). De igual manera se utilizaron dos niveles de proteína cruda, superior (18% PC) e inferior (14% PC). Con las combinaciones de estos niveles se obtuvieron los siguientes tratamientos (Mcal/kg: % PC): T1 (3:18), T2 (3:14), T3 (2.7:18) y T4 (2.7:14). Las cuatro combinaciones utilizadas se pueden observar en la figura 6.1.

Cuadro 6.1. Ingredientes de cinco dietas formuladas con diferentes niveles de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

INGREDIENTE (%)	TT	T1	T2	T3	T4
	EM: PC (Mcal:%, kg de MS)				
	2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14
Heno de Alfalfa	18.0	14.9	15.9	0.0	0.0
Heno de avena	0.0	0.0	0.0	14.5	14.5
Maíz quebrado	43.0	34.7	39.2	33.7	56.2
Canola	9.0	5.0	6.0	24.2	19.2
Trigo	11.8	13.4	0.0	17.0	0.0
Melaza	5.0	5.0	5.0	8.0	8.0
Galleta	10.7	14.9	27.8	0.0	0.0
Pasta de soya	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0
Pasta de Ajonjolí	0.0	4.0	4.0	0.0	0.0
Urea	0.5	0.5	0.4	0.6	0.0
Bicarbonato	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Minerales	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

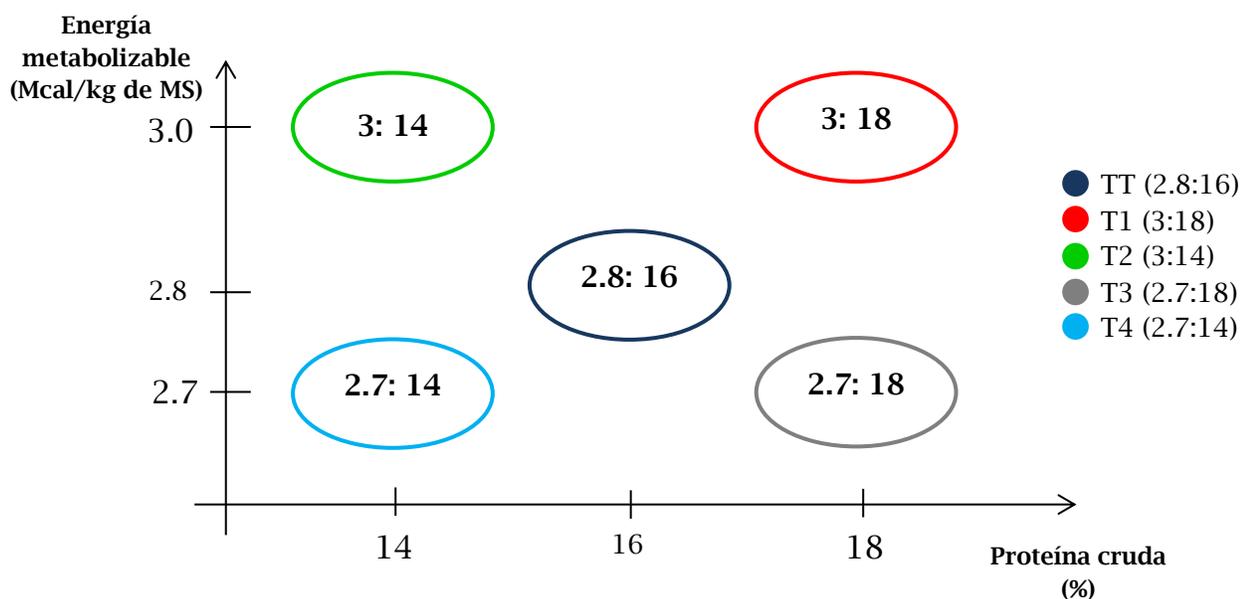


Figura 6.1. Esquema de los niveles de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) utilizados, así como las combinaciones obtenidas y su referencia con los niveles recomendados por NRC (2007).

6.4. Análisis de Weende

Cada tres días se recolecto una muestra de alimento por tratamiento y al finalizar la engorda la cantidad total de muestras se mezcló para obtener una muestra representativa de cada dieta, la cual se envió al laboratorio de Nutrición de rumiantes (etiquetadas y clasificadas), para el respectivo análisis proximal. A cada tratamiento se le determinó el contenido de humedad total, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y cenizas mediante las metodologías propuestas por el AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 1975).

6.5. Energía metabolizable

La energía se estimó a partir del cálculo del total de nutrientes digestibles (TND) mediante las formulas planteadas por el NRC (1984). Este método matemático permite estimar la energía con base en los resultados del análisis proximal a partir de las siguientes formulas:

$$\%TND = PCD + FCD + (EED \times 2.25) + ELND$$

Dónde:

TND= Total de nutrientes digestibles (%)

PCD= Proteína cruda digestible (%)

EED= Extracto etéreo digestible (%)

ELND= Extracto libre de nitrógeno digestible (%)

El extracto libre de nitrógeno (ELN) se calculó como la diferencia de 100% menos los porcentajes de proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, cenizas y humedad.

$$ED (Mcal/ kg de MS) = \%TND \times 0.04409$$

$$EM (Mcal/ kg de MS) = ED (Mcal/ kg de MS) \times 0.82$$

Dónde:

ED= Energía digestible (Mcal/ kg de MS)

EM= Energía metabolizable (Mcal/ kg de MS)

MS= Materia seca

6.6. Consumo diario de alimento

El alimento ofrecido fue el equivalente al 4% del peso vivo del animal en materia seca y fueron alimentados una vez al día (10:00 am) según su dieta correspondiente. La cantidad individual de alimento ofrecido fue actualizada cada 10 días basándose en el aumento de peso vivo del animal y su consecuente necesidad por un mayor requerimiento de nutrientes.

El consumo diario de alimento se calculó en base húmeda y en base seca. En base húmeda se calculó como la diferencia entre la cantidad de kilogramos de alimento ofrecido y la cantidad en kilogramos de alimento rechazado, este último pesado cada mañana antes de ofrecer nuevamente el alimento. Posteriormente se calculó un promedio por tratamiento para representar cada periodo y otro para toda la engorda. Estos datos se utilizaron para calcular los costos de producción de un kilogramo de carne. El consumo de materia seca (CMS) se calculó como el alimento ofrecido menos el alimento rechazado, ambos en base seca. La cantidad total de materia seca para cada tratamiento se calculó como la diferencia de 100% menos el porcentaje de humedad obtenido en el análisis de Weende (Cuadro 7.1).

6.7. Ganancia diaria de peso

Los animales se pesaron con una báscula electrónica de manera individual al iniciar el estudio y al finalizar cada periodo (10 días) considerando un ayuno de 10 horas tanto de alimento como de agua. Con base en los pesos obtenidos al finalizar cada periodo se estimó la ganancia diaria de peso individual, y posteriormente la ganancia diaria de peso promedio para cada tratamiento. Para estimarla se restó el peso promedio de los corderos menos el peso promedio del periodo anterior y se dividió entre los 10 días en que los animales fueron alimentados.

$$GDP = \frac{(\text{Peso } \bar{x} \text{ del periodo } n - \text{Peso } \bar{x} \text{ del periodo anterior})}{10 \text{ días}}$$

Al finalizar la engorda se estimó la ganancia diaria de peso para cada tratamiento considerando los 60 días, y se estimó como la diferencia entre el peso final promedio menos el peso inicial promedio, dividido entre 60.

$$GDP = \frac{(\text{Peso final } \bar{x} - \text{Peso inicial } \bar{x})}{60 \text{ días}}$$

6.8. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia por tratamiento se estimó por periodo (10 días) y por toda la engorda y se hizo con base en el consumo diario de alimento en base húmeda y en base seca. Para el primer caso se estimó como el consumo diario de alimento (kg de MH) entre la ganancia diaria de peso (kg de PV), esto con la finalidad de estimar los costos de alimentación, utilidad y rentabilidad en la simulación mostrada en el cuadro 7.9. Para el segundo caso se estimó como el consumo diario de alimento (kg de MS) entre la ganancia diaria de peso (kg de PV).

$$CA = \frac{CDA \text{ (Kg de MH)}}{GDP \text{ (kg de PV)}}$$

$$CA = \frac{CDA \text{ (Kg de MS)}}{GDP \text{ (kg de PV)}}$$

6.9. Consumo diario de agua

Cada animal tuvo agua disponible durante toda la engorda. El agua se ofreció en botes y siempre en la misma cantidad (10 litros/ 2 días). El agua se midió antes de ser proporcionada y de nuevo 48 h más tarde, para medir el rechazo. Por lo tanto, el consumo diario de agua se estimó de manera individual como el agua ofrecida menos el agua rechazada entre dos, posteriormente se calculó un promedio por tratamiento para cada periodo (10 días) y otro para toda la engorda.

6.10. Costo de producción de un kilogramo de carne

El costo por kilogramo de alimento de cada tratamiento se obtuvo directamente del precio de compra de los ingredientes en las proporciones mostradas en el cuadro 6.1. El costo de alimentación por día se calculó multiplicando el consumo diario de alimento (kg de MH) por el costo de un kilogramo del tratamiento. El costo de alimentación de toda la engorda se calculó multiplicando el consumo total de alimento (kg de MH), por el costo de un kilogramo de tratamiento. Los costos de producción por kilogramo de carne para cada tratamiento se calcularon tomando en cuenta solo los costos de alimentación y se realizó a partir de la división del costo de alimentación de toda la engorda entre la ganancia total de peso (kg de PV).

6.11. Utilidad y rentabilidad

La utilidad se calculó como la diferencia entre el precio de venta del animal (ingresos) menos los costos de alimentación y compra del animal (egresos). El costo por animal se calculó usando el costo de compra por kilogramo multiplicado por el peso promedio de compra. La rentabilidad se calculó como la utilidad entre el total de egresos por 100. Esta información se puede ver en el cuadro 7.8.

$$Utilidad = Ingresos - Egresos \qquad Rentabilidad = \frac{Utilidad}{Egresos} \times 100$$

6.12. Simulación

Con la finalidad de comparar el costo beneficio entre tratamientos y poder presentar al productor información que le ayude a tomar una decisión sobre la dieta que quiere utilizar, se realizó una simulación. La simulación se refiere a la homogenización del peso vivo que se quiere ganar, tomando en cuenta que todos los tratamientos partirán de un cordero de 25.0 kg y se sacrificara al llegar a 45.0 kg. Se utilizó la ganancia diaria de peso (kg de PV), conversión alimenticia (kg de MH/ kg de PV) y precios de compra y venta (\$/ kg de PV). Para estimar los días de engorda se dividió el peso a ganar (45 kg – 25 kg = 20 kg) entre la ganancia diaria de peso de cada tratamiento, los costos de alimentación se obtuvieron a partir de la siguiente multiplicación:

$$(20 \text{ kg} \times \text{Conversión alimenticia}) \times \text{costo de un kilogramo de alimento}$$

La utilidad y rentabilidad se calculó de la misma manera que se menciona en el punto 6.11, pero utilizando los nuevos datos obtenidos.

6.13. Análisis estadístico

El diseño utilizado fue un completamente al azar (DCA). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de las siguientes variables: peso inicial, peso por cada periodo, peso final, costo de alimento por un día, costo de alimento por 60 días, costo de producción de un kilogramo de carne, días a engorda y costo de alimentación de 25 a 45 kg para determinar diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos. El modelo matemático utilizado para las variables anteriores fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \mathcal{T} + \text{error}$$

Dónde:

Y_{ij} = i j-ésima observación

μ = efecto medio

\mathcal{T} = i-ésimo tratamiento

Los datos obtenidos de consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y consumo diario de agua fueron analizados mediante análisis de covarianza (ANCOVA), usando como covariable el peso inicial para obtener un mejor ajuste de los datos, y el modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \mathcal{T} + \beta_1(PV_{inicial} - \mu PV_{inicial}) + \text{error}$$

Dónde:

Y_{ij} = i j-ésima observación

μ = efecto medio

\mathcal{T} = i-ésimo tratamiento

β_1 = Coeficiente de regresión lineal asociado por el Peso vivo inicial

$\mu PV_{inicial}$ = Media de la covariable Peso vivo inicial

La prueba de comparación de medias realizada fue Tukey. La diferencia honestamente significativa (HSD) fue obtenida utilizando la siguiente fórmula:

$$HSD = \text{Multiplicador} \times \sqrt{\frac{MSE}{n}}$$

Dónde:

HSD= Diferencia honestamente significativa

Multiplicador= Valor obtenido en tablas

MSE= Cuadrado medio del error

N= número de repeticiones

El paquete estadístico utilizado fue el SAS (Statistical Analysis Software), con el procedimiento GLM (Modelo lineal Generalizado).

7. Resultados

7.1. Análisis de Weende

En el cuadro 7.1 se presentan los valores obtenidos del análisis proximal de los cinco tratamientos, se muestra que el contenido de proteína cruda en el alimento fue similar al calculado por la formulación y mantuvo las mismas proporciones mostradas en la figura 6.1.

Cuadro 7.1. Análisis de Weende de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) expresados en base seca.

COMPOSICIÓN NUTRITIVA	TT	T1	T2	T3	T4
	EM: PC (Mcal:%, kg de MS)				
	2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14
Humedad (%)	10.24	9.43	9.22	10.24	10.86
Proteína Cruda (%)	15.3	17.6	14	18.5	12.8
Fibra Cruda (%)	4.97	8.2	5.2	8.1	3.62
Extracto etéreo (%)	2.15	6.2	5.5	1.17	1.12
Cenizas (%)	6.21	6.63	7.91	9.35	5.38

7.2. Energía metabolizable

En el cuadro 7.2 se muestran los valores calculados para la energía metabolizable de los cinco tratamientos, se muestra que el nivel de energía metabolizable en el alimento no alcanzó el nivel de energía estimado en la formulación, sin embargo los niveles mantuvieron la misma proporción mostrada en la figura 6.1.

Cuadro 7.2. Energía metabolizable (EM) de cinco tratamientos con diferente nivel de energía y proteína cruda.

VALOR CALCULADO	TT	T1	T2	T3	T4
	EM:PC (Mcal:%, kg de MS)				
	2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14
ELN (%)	61.1	51.9	58.2	52.6	66.2
TND (%)	86.21	91.65	89.78	81.83	85.14
EM (Mcal/ kg de MS)	2.73	2.86	2.85	2.55	2.72

ELN: Extracto libre de nitrógeno, TND: Total de nutrientes digestibles, EM: Energía metabolizable.

7.3. Consumo diario de alimento

El consumo diario de alimento mostró tendencia a ser mayor en dietas balanceadas en niveles medios y altos de energía y proteína (TT y T1), sin embargo la diferencia no fue significativa ($P>0.05$). Tampoco mostró diferencia al realizar la comparación entre periodos (10 días) como se observa en la figura 7.1. Sin embargo, aunque no hubo diferencia estadística, hubo diferencia económica la cual es de casi 10 kg de alimento consumido cuando se compara la dieta de mayor contra la de menor consumo. En el cuadro 7.3 se muestran los valores promedio obtenidos para el consumo diario de alimento (base húmeda y base seca) y consumo total de alimento (60 días).

Cuadro 7.3. Promedios de consumo diario y consumo total de alimento de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

INDICADOR	TT	T1	T2	T3	T4	Valor <i>P</i>
	EM: PC (Mcal:%, kg de MS)					
	2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14	
CDA (kg de MH)	1.28	1.29	1.13	1.14	1.17	NS
CDA (kg de MS)	1.15	1.16	1.02	1.03	1.05	NS
CTA (kg de MH)	76.51	77.12	67.73	68.59	70.08	NS

*CDA: Consumo diario de alimento, CTA: Consumo total de alimento.

**NS: $P>0.05$.

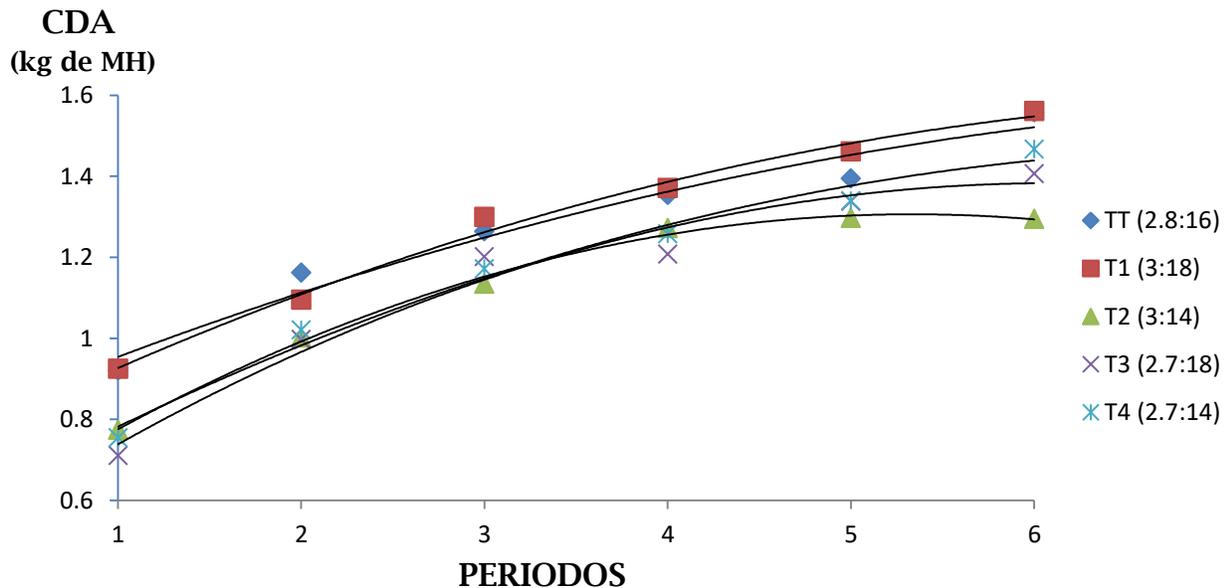


Figura 7.1. Consumo diario de alimento (kg).

7.4. Ganancia diaria de peso

Las dietas balanceadas (TT, T1 y T4) mostraron mejores GDP, con tendencia a ser mayores cuando los niveles de energía y proteína fueron más altos. Las dietas desbalanceadas (T2 y T3) mostraron ser menos eficientes. Se puede observar como las dietas altas en proteína (T1 y T3) tienen un comportamiento diferente ($P < 0.05$) entre sí cuando el nivel de energía no está balanceado. Lo mismo pasa con las dietas altas en energía (T1 y T2) con diferente nivel de proteína. No se mostró diferencia ($P > 0.05$) al realizar la comparación entre periodos (10 días) como se muestra en la figura 7.2.

Cuadro 7.4. Promedios de peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso y ganancia total de peso de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

INDICADOR	TT	T1	T2	T3	T4	Valor <i>P</i>
	EM: PC (Mcal:%, kg de MS)					
	2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14	
Peso inicial	26.2	25.5	25.2	25.9	25.6	NS
Peso final	43.1ab	45.3a	40.5b	40.3b	41.6ab	0.007
GDP (kg de PV)	0.282ab	0.330a	0.254b	0.240b	0.266b	0.001
GTP (kg de PV)	16.90ab	19.80a	15.25b	14.38b	15.95b	0.001

*GDP: ganancia diaria de peso, GTP: ganancia total de peso.

**Literales diferentes en la misma fila indican diferencia. NS: $P > 0.05$.

Ganancia diaria de peso (kg de PV)

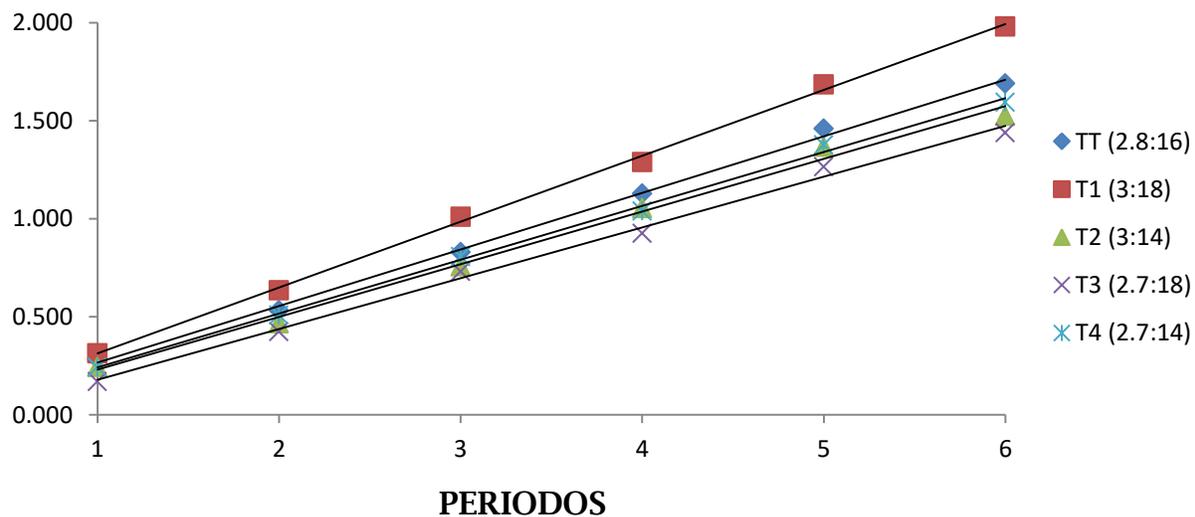


Figura 7.2. Ganancia diaria de peso acumulada.

7.5. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia mostró el valor más bajo en la dieta con niveles altos de energía y proteína (T1), seguido por las dietas con un bajo nivel de proteína (T2 y T4). La dieta testigo, así como la dieta baja en energía y alta en proteína (T3) mostraron la conversión alimenticia más alta ($P>0.05$). La conversión alimenticia comparada por periodos (10 días) no mostró diferencia entre tratamientos ($P>0.05$), este comportamiento se muestra en la figura 7.3.

Cuadro 7.5. Promedios de conversión alimenticia de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

INDICADOR	TT	T1	T2	T3	T4	Valor P
	EM: PC (Mcal:%, kg de MS)					
	2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14	
CA (kg de MH/ kg de PV)	4.54b	3.91a	4.47ab	4.85b	4.41ab	0.04
CA (kg de MS/ kg de PV)	4.06b	3.52a	4.02ab	4.29b	3.95ab	0.04

*CA: Conversión alimenticia, MH: Materia húmeda, MS: Materia seca.

**Literales diferentes en la misma fila indican diferencia.

Conversión alimenticia
(kg de MH/ Kg de PV)

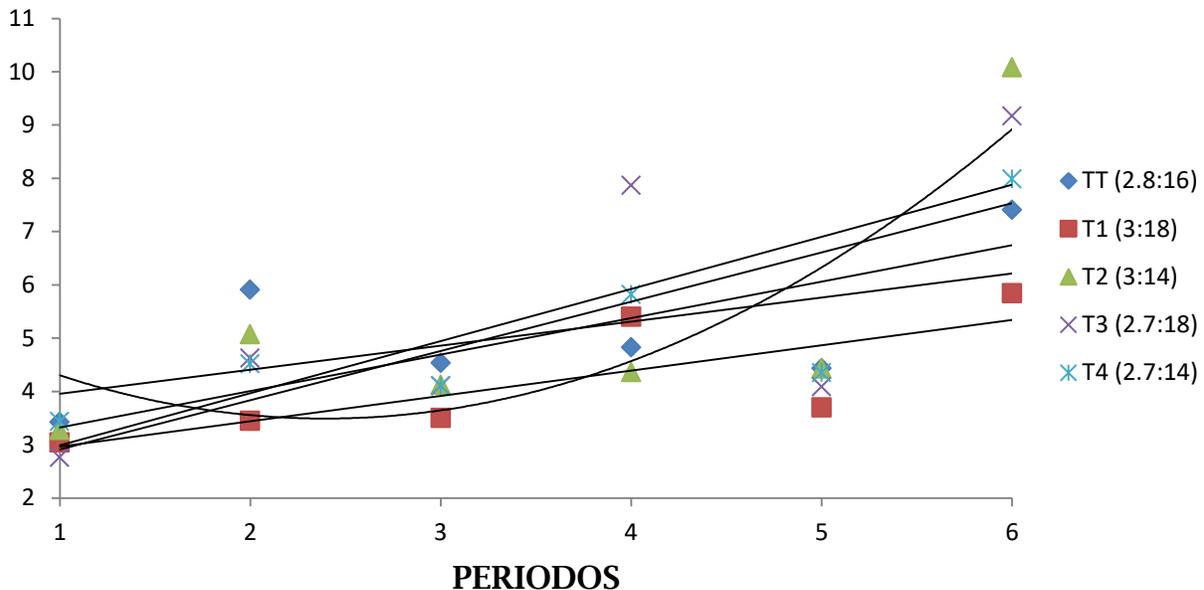


Figura 7.3. Conversión alimenticia.

En el cuadro 7.6 se muestran los valores obtenidos para R^2 . Los tratamientos TT (2.8:16), T1 (3:18), T2 (3:14) y T3 (2.7:18) mostraron un comportamiento lineal, mientras que T4 (2.7:14) mostró un comportamiento polinómico de tipo parabólico.

Cuadro 7.6. R^2 de la conversión alimenticia de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

	TT	T1	T2	T3	T4
	EM: PC (Mcal:%, kg de MS)				
	2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14
R2	0.3703	0.5853	0.4978	0.5348	0.6084

7.6. Consumo diario de agua

El consumo de agua mostró un aumento proporcional al aumento de peso vivo y su consecuente aumento en el consumo de materia seca y mostró una disminución en el periodo cinco para todos los tratamientos, esto se atribuye a la disminución de la temperatura ambiental, lo cual se muestra en la figura 7.4. Sin embargo, no hay diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos, ni entre periodos de un mismo tratamiento. La temperatura fue medida tres veces al día a partir del segundo periodo hasta finalizar la engorda.

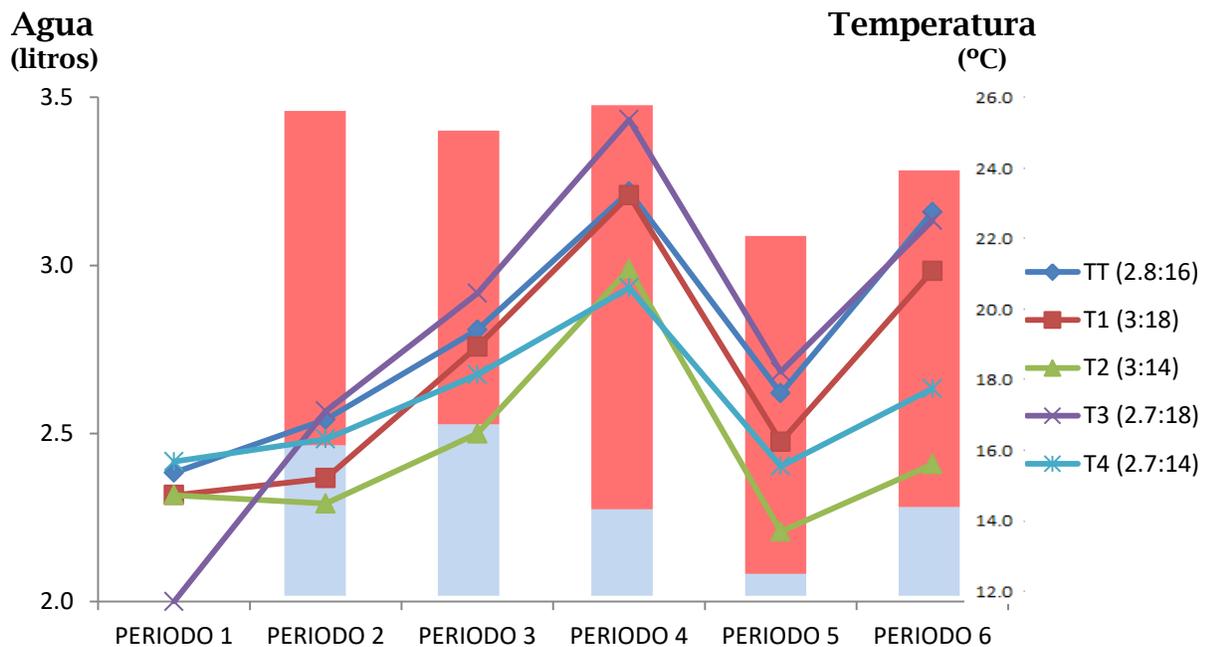


Figura 7.4. Consumo de agua (litros/día) y temperatura ambiental (°C) máxima (rojo) y mínima (azul) registradas.

7.7. Costo de producción de un kilogramo de carne

Las dietas con altos niveles de proteína (T1 y T3) muestran los mayores costos por kilogramo de alimento. Para el resto de las dietas su costo tiende a ser menor conforme disminuye el nivel de proteína.

Las dietas altas en energía (T1 y T2) mostraron los costos de alimentación total más contrastantes entre sí, con una diferencia de \$ 73, siendo más barato cuando el nivel de proteína era más bajo. Sin embargo, los costos más bajos para producir un kilogramo de carne lo mostraron estas mismas dietas (T1 y T2), siendo menor ($P < 0.05$) en la dieta alta en energía y proteína (T1).

La dieta baja en energía y alta en proteína (T3) mostró el costo de producción por kilogramo de carne más caro, con una diferencia de \$ 4.73 por kilogramo de peso vivo con respecto a la dieta que mantiene el mismo nivel de proteína (T1) pero se acompaña de un nivel de energía alto, lo que se traduce en una diferencia de casi \$100 por cordero, en animales que ganan 20 kilogramos.

Cuadro 7.7. Costo de producción de un kilogramo de carne de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

COSTOS DE PRODUCCIÓN (\$)	DE	TT	T1	T2	T3	T4	Valor <i>P</i>
		EM: PC (Mcal:%, kg de MS)					
		2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14	
Costo por 1 kg de alimento		4.76	5.01	4.63	5.01	4.9	
Costo de alimento por 1 día		6.07ab	6.44a	5.23b	5.73ab	5.72ab	0.009
Costo de alimento por 60 días		364.20ab	386.38a	313.60b	343.64ab	343.42ab	0.009
Costo por producir 1 kg carne		21.60ab	19.58a	20.69ab	24.31b	21.61ab	0.027
Costo por producir 1 kg carne, \$ USD		1.15ab	1.04a	1.10ab	1.29b	1.15ab	0.027

*Costo considerado para \$ USD: 18.78.

**Literales diferentes en la misma fila indican diferencia.

7.8. Utilidad y rentabilidad

La utilidad y rentabilidad presentó el mismo comportamiento que los indicadores productivos (CDA, GDP y CA) y económicos (costo de alimentación y costo de producción por kilogramo de carne), donde la dieta alta en energía y proteína (T1) se mantuvo como el tratamiento más eficiente mostrando la utilidad y rentabilidad más alta. La dieta baja en energía y alta en proteína (T3) continuó mostrando el comportamiento menos eficiente con la utilidad y rentabilidad más baja. Y la dieta balanceada con las recomendaciones del NRC (TT) mantuvo su comportamiento entre estas dos dietas con una tendencia a alcanzar la eficiencia de la dieta alta en energía y proteína.

Cuadro 7.8 Comparación de la utilidad y rentabilidad de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

UTILIDAD Y RENTABILIDAD	TT	T1	T2	T3	T4
	EM: PC (Mcal:%, kg de MS)				
	2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14
Egresos					
Costo de compra por kg de animal, \$	45	45	45	45	45
Peso promedio de compra, kg	26.2	25.5	25.2	25.9	25.6
Costo por animal, \$	1179	1147.5	1134	1165.5	1152
Costo de alimentación (60 días), \$	364.20	386.38	313.60	343.64	343.42
Otros costos, \$	0	0	0	0	0
Total, \$	1543.20	1533.88	1447.60	1509.14	1495.42
Ingresos					
Precio de venta por kg, \$	45	45	45	45	45
Peso promedio de venta, kg	43.1	45.3	40.5	40.3	41.6
Precio de venta por animal, \$	1939.5	2038.5	1822.5	1813.5	1872
Utilidad, \$	396.30	504.62	374.90	304.36	376.58
Utilidad, \$ USD	21.11	26.88	19.97	16.21	20.06
Rentabilidad, %	25.7	32.9	25.9	20.2	25.2

*Costo considerado para \$ USD: 18.78.

7.9. Simulación

Los datos obtenidos fueron: días de engorda, costo de alimentación, utilidad y rentabilidad, los cuales se muestran en el cuadro 7.9.

Dietas balanceadas en energía y proteína (TT, T1 y T4) acortan los días de engorda, a mayor concentración de estos dos nutrientes menor será la cantidad de días para llegar al peso, contrario a las dietas desbalanceadas (T2 y T3), principalmente la dieta con nivel bajo de energía y alto de proteína la cual mostró ser la menos eficiente con la mayor cantidad de días a engorda.

Las dietas altas en energía con diferente nivel de proteína (T1 y T2) mostraron los costos de alimentación más bajos para que un animal aumente 20 kg de PV. La dieta balanceada (TT) con las recomendaciones del NRC mostro el mismo costo de alimentación que la dieta balanceada con niveles bajos de energía y proteína (T4), pero con cinco días menos en la engorda. La dieta baja en energía y alta en proteína (T3) mantuvo el comportamiento menos eficiente, con el costo de producción más caro y con 23 días más en la engorda con respecto a la dieta más eficiente.

Las dietas altas en energía pero con diferente nivel de proteína (T1 y T2) mostraron la mayor utilidad y rentabilidad. La dieta balanceada con las recomendaciones del NRC y la dieta balanceada en niveles bajos de energía y proteína mostraron la misma utilidad y rentabilidad (TT y T4). La dieta baja en energía y alta en proteína mostro la utilidad y rentabilidad más baja (T3). Esto puede ayudar al productor a tomar una decisión al momento de elegir una dieta.

Cuadro 7.9. Simulación para aumentar 20 kg de peso vivo, sobre días a engorda, costo de alimentación, utilidad y rentabilidad de cinco tratamientos con diferente nivel de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC).

SIMULACIÓN	TT	T1	T2	T3	T4	Valor <i>P</i>
	EM: PC (Mcal:%, kg de MS)					
	2.8: 16	3: 18	3: 14	2.7: 18	2.7: 14	
Días de engorda de 25 a 45kg (20kg/GDP)	71ab	61a	79ab	84b	76ab	0.002
Costo de alimentación de 25 a 45kg, \$	432.04ab	391.67a	413.74ab	486.14b	432.21ab	0.027
Utilidad, \$	467.96	508.33	486.26	413.86	467.79	
Utilidad, \$ USD	24.92	27.07	25.9	22.04	24.92	
Rentabilidad, %	30.1	33.5	31.6	25.7	30	

8. Análisis de resultados y discusión

El consumo diario de alimento solo presentó diferencias ($P < 0.05$) en el último periodo medido (últimos 10 días), donde la diferencia de pesos entre tratamientos también fue significativa. No se presentaron diferencias ($P > 0.05$) al considerar toda la engorda (60 días), esto coincide con lo reportado por Tovar *et al.* (2010) y Xu *et al.* (2017) quienes estudiaron el comportamiento de diferentes niveles de proteína cruda en la ración (12, 14, 16, 18%; y 10.3, 5.7, 8.4, 5.1 %, respectivamente) sin encontrar diferencia ($P > 0.05$) en el consumo de materia seca de los corderos, sin embargo a pesar de que el análisis estadístico del presente estudio no muestra diferencias, en términos económicos si tienen repercusiones importantes para el costo de producción de un kilogramo de carne.

Las ganancias diarias de peso no mostraron diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos por periodos (10 días), pero si para el total de la engorda (60 días). La dieta alta en energía y proteína mostró la mayor GDP y el mayor CDA, lo cual coincide con el estudio de Fluharty y McClure (1997), quienes mencionan que las dietas con altas concentraciones de proteína incrementan el consumo de materia seca y las ganancias diarias de peso en comparación con dietas formuladas con las recomendaciones del Consejo Nacional de Investigación. Esto fue confirmado por Kaya *et al.* (2009) y Xu *et al.* (2017) quienes utilizando un mismo nivel de energía, pero diferente nivel de proteína, mostraron que la dieta con mayor cantidad de proteína presentó las mayores ganancias diarias de peso, y por Tovar *et al.* (2010), quienes también estudiaron diferentes niveles de proteína y encontraron que el nivel más bajo usado (12%) presentó bajas ganancias diarias de peso y alta conversión alimenticia en comparación con niveles de 14, 16 y 18%. Nocek y Russell (1998), mencionan que si hay una deficiencia o una utilización ineficiente de la proteína cruda debido a un bajo nivel de energía o a cualquier otra razón, puede disminuir la digestibilidad de los carbohidratos, ya que existe un desbalance en la materia orgánica fermentable y el contenido de nitrógeno disponible para los microorganismos ruminales.

Bello *et al.* (2016), reportan que se pueden alcanzar altas ganancias diarias de peso con un menor consumo de alimento, siempre y cuando los contenidos de proteína y energía sean máximos. Este debe ser tomado en cuenta ya que los estudios antes mencionados solo evalúan diferentes niveles de proteína mas no de energía, por lo cual se debe agregar que el nivel alto de proteína solo muestra buenos resultados cuando es acompañado de un nivel alto de energía y viceversa, como se demuestra en este trabajo, ya que las dietas desbalanceadas (T2 y T3) a pesar de tener un nivel alto de energía y proteína respectivamente muestran ganancias de peso menores. El déficit de energía es de mayor impacto que el déficit de proteína sobre los indicadores

productivos y económicos. Pero si el déficit de energía es acompañado de un exceso de proteína, que es el nutriente más caro, el resultado son las más bajas ganancias diarias de peso y las más altas conversiones alimenticias y costo de producción por kilogramo de carne, lo cual coincide con lo dicho por Nocek y Russell (1998), quienes mencionan que si no hay suficientes carbohidratos para igualar la proteína, se puede perder nitrógeno como NH_3 ruminal. Mahgoub *et al.* (2000) trabajaron con tres dietas con diferentes niveles de energía metabolizable (2, 2.3 y 2.6 Mcal/kg de MS) y mostraron que la dieta con mayor nivel de energía presentó el consumo de materia seca y ganancias diarias de peso ($P < 0.01$) más altas y la conversión alimenticia ($P < 0.001$) más baja comparado con dietas con un nivel menor de energía, lo cual coincide con el presente trabajo, que si bien no mostro diferencias ($P > 0.05$) estadísticas en el consumo de materia seca, si mostro diferencias económicas sobre costo de producción de un kilogramo de carne.

La conversión alimenticia mostro diferencias ($P < 0.04$) entre tratamientos considerando el periodo total de engorda (60 días), mas no por periodos cortos (10 días). Xu *et al.* (2017) muestran que existe una tendencia donde las dietas con mayor nivel de proteína tienen una mejor conversión alimenticia, sin embargo en este presente trabajo solo se cumple con esta tendencia cuando el nivel alto de proteína está acompañado de un alto nivel de energía.

El costo de producción por un kilo de carne, fue más barato en la dieta con mayor nivel de energía y proteína, lo que concuerda con el trabajo de Covarrubias (2008), quien concluye que las dietas más concentradas en energía y proteína, aumentan las ganancias diarias de peso, mejoran la conversión alimenticia y por consecuencia reducen el costo de producción. Sin embargo no coincide con otros trabajos, como el de Reyes (2005) quien atribuye las ganancias diarias de peso más bajas, y conversión alimenticia y costos de producción por kilogramo de carne más alto a las dietas balanceadas en niveles altos de energía y proteína o con Ferreira (2008) quien compara dos dietas con diferentes niveles de proteína y energía sin encontrar diferencias significativas en los indicadores productivos ni económicos.

9. Conclusiones

Los diferentes niveles de energía metabolizable y proteína cruda tienen un impacto significativo sobre la ganancia diaria de peso, la conversión alimenticia y el costo de producción de un kilogramo de carne, más no sobre el consumo diario de alimento y agua.

Dietas concentradas en energía y proteína (TT y T1) aumentan el consumo de materia seca, mientras que las dietas desbalanceadas (T2 y T3) lo disminuyen. Las dietas balanceadas en energía y proteína (TT, T1 y T4) aumentan las ganancias diarias de peso, a mayor concentración de estos dos nutrientes mayor es la ganancia de peso, mientras que las dietas desbalanceadas los disminuyen. La conversión alimenticia más baja se obtiene cuando el nivel de energía es alto y está acompañado por un nivel de proteína alto, pero si el nivel de proteína es bajo se tendrá como resultado una alta conversión alimenticia. El consumo de agua mantiene una relación directamente proporcional con el consumo de materia seca, por lo que las dietas con bajo consumo de alimento tienden a presentar un bajo consumo de agua y dietas con alto consumo de alimento presentan un mayor consumo de agua.

Dietas altas en energía presentan bajos costo de producción por kilogramo de carne, sobre todo cuando se acompaña de un alto nivel de proteína. El costo de producción por kilogramo de carne es más alto cuando la dieta tiene un bajo nivel de energía y un alto nivel de proteína. Niveles altos de proteína aumenta el costo de alimentación y solo aumentan la producción cuando se acompañan de niveles altos de energía.

La dieta con niveles altos de energía y proteína tiene el comportamiento productivo y económico más eficiente. Esta dieta en una simulación reduce en al menos 10 días los días de engorda de corderos de 25 a 45 kg de peso vivo. Contrario a la dieta baja en energía y alta en proteína que muestra el comportamiento productivo y económico menos eficiente con las ganancias de peso más bajas y la conversión alimenticia más alta, lo cual se puede atribuir a que la cantidad de energía no es suficiente para aprovechar la proteína y esta se pierde como amoníaco y urea.

La dieta balanceada en niveles bajos de energía y proteína tiene un comportamiento productivo y económico más eficiente que la dieta desbalanceado y muy parecida a la dieta balanceada con las recomendaciones del NRC, por lo que se hace la recomendación para productores que no tienen a su alcance ingredientes proteicos o energéticos, que formulen dietas en niveles bajos, en lugar de dar dietas solo altas en energía o proteína (desbalanceadas), debido a que esto aumenta el costo y no necesariamente mejora el comportamiento productivo.

10. Recomendaciones

Complementar el estudio con otros análisis de laboratorio como el análisis de Van Soest, bomba calorimétrica y/o pruebas de digestibilidad debido a que el análisis de Weende tiende a sobrevalorar algunos nutrimentos y subestimar otros.

Ampliar la investigación utilizando una mayor cantidad de animales, diferentes cruzamientos u otras condiciones que permitan confirmar lo encontrado en el presente trabajo.

Por último, se recomienda ampliar este trabajo evaluando el rendimiento de la canal para establecer si existe alguna relación entre este parámetro y los niveles de energía metabolizable y proteína cruda que ofrece la dieta.

11. Bibliografía

- Aguilar LCF. Estrada PM. 1995. Evaluación de la ganancia diaria de peso observada en los ovinos en México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Ahumada A. 1999. Principales patologías que afectan a los corderos (I). Mundo Ganadero. pp 34-39.
- Akgul Y. Agaoglu ZT. Kaya A. Sahin T. 2000. The relationship between the syndromes of wool eating and alopecia in akkaraman and morkaraman sheep fed corn silage and blood changes (Haematological, biochemical and trace elements). Israel Journal of Veterinary Medicine. Vol. 56 (1).
- Alpizar NA. Arece GJ. Esperance M. López Y. Molina M. González GE. 2017. Partial or total replacement of commercial concentrate with on-farm-grown mulberry forage: effects on lamb growth and feeding costs. Tropical Animal Health Production. 49:537-546.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 1975. Official Methods of Analysis.
- Arbiza SI. De Lucas TJ. 1996. Producción de Carne Ovina. Editorial Editores Mexicanos Unidos. México.
- Asevedo FL. 1990. Engorda de corderos con diferentes niveles de paja de cebada. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Barrera SM. 2011. Manual de nutrición y alimentación de perros y gatos. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.
- Bastida GJL. Gonzáles RM. Domínguez V. Romero BJ. Castelán OAO. 2011. Effect of field pea (*Pisum sativum* L.) level on intake, digestion, ruminal fermentation and in vitro gas production in sheep fed maintenance diets. Animal Science Journal. pp 1-9.
- Bavera GO. Bocco O. Begued H. Petryna A. 2005. Crecimiento y desarrollo compensatorio. Cursos producción bovina de carne, F.V.A. UNRC.
- Bello JM. Mantecón AR. Rodríguez M. Cuestas R. Beltrán JA. González JM. 2016. Fattening lamb nutrition. Approaches and strategies in feedlot. Small Ruminant Research. 124. pp 78-82. Madrid, España.
- Candanosa E. Mendoza DG. Rosalba S. 2005. Efecto de bicarbonato de sodio y glucosa sobre la fermentación ruminal, equilibrio acido-base y química sanguínea en borregos. Revista Científica, FCV-LUZ. Vol. XV. N° 1. pp 41-48. México.
- Cantón JG. Bores QR. Baeza RJ. Ramón J. Quintanal FJ. 2005. Evaluación del crecimiento de corderos F1 Pelibuey cruzados con razas especializadas para producción comercial de carne. II Reunión Estatal de Investigación Agropecuaria, Forestal y Pesca. Mérida, Yucatán. Méx.

- Carter NA. Dewey CE. Grace D. Lukuyu B. Smith E. 2016. Average daily gain and the impact of starting body weight of individual nursery and finisher Ugandan pigs fed a commercial diet, a forage-based diet, or a silage-based diet. *Journal of Swine health and Production*. Vol. 25. Número 3.
- Casasús I. Villalba D. Gracia CJL. 2012. Los sistemas unifeed en la alimentación de rumiantes. *Ganadería Revista Técnica Ganadera*. Año XII. Núm. 79. pp 56-60.
- Castelán OAO. Ku VJC. Estrada FJG. 2014. Modeling methane emissions and methane inventories for cattle production systems in Mexico. *Atmósfera* 27(2), pp 189-191. México.
- Chávez HG. Martínez ML. 2014. Producción de gas in vitro como método para determinar la asimilación de dietas por corderos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Chavira SJ. Gutiérrez GJC. García CR. López TR. Duarte OA. 2011. Digestibilidad in situ de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorda. *Agronomía Mesoamericana* 22(2): 379-385. Tamaulipas, México.
- Church DC. 1984. Alimentos y alimentación del ganado. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. Uruguay.
- Classen LH. 2016. Diet energy and feed intake in chickens. *Animal feed Science and Technology*. Canadá.
- Cooper R. 2017. Nutrition of Dairy Herds, Part 1 – Maximizing Dry Matter Intake. NADIS Animal Health Skills.
- Costa SLF. Campos VFS. Eugene ET. Pizzi RP. Inácio MM. Sales SFA. Costa ME. Taishi TA. 2015. Macromineral and trace element requirements for beef cattle. Vol. 10. Número 12. pp 1-20.
- Covarrubias TS. 2008. Estudio del comportamiento productivo en corderos con dietas de finalización sustituyendo parte de la proteína verdadera por una fuente de nitrógeno no proteico. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
- Cuellar OJA. Tortora PJ. Trejo GA. Román RP. 2012. La producción ovina mexicana, particularidades y complejidades. Primera edición, Editorial Ariadna, Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- De Carvalho GGP. Reboucas RA. Campos FS. Santos EM. Araújo GGL. Gois GC. De Oliveira JS. Oliveira RL. Rufino LM de A. Azevedo JAG. 2017. Intake, digestibility, performance, and feeding behavior of lambs fed diets containing silages of different tropical forage species. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 228 pp 140-148. Brasil.
- Della Malva A. Albenzio M. Annicchiarico G. Caroprese M. Muscio A. Santillo A. Marino R. 2016. Relationship between slaughtering age, nutritional and organoleptic properties of Altamura lamb meat. *Small Ruminant Research*. Vol. 135. pp 39-45.

- Durán RF. Durán NJ. Hernández GHA. Latorre NDF. 2008. Manual de explotación y reproducción en ovejas y borregos. Primera Edición. Grupo latino editores. Colombia.
- Estrada LI. Avilés NF. Estrada FJG. Pedraza BPE. Yong AG. Castelán OOA. 2014. Estimación del consumo de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* K. Schum) por vacas lecheras en pastoreo mediante las técnicas de N-alcanos, diferencia en masa forrajera y comportamiento al pastoreo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17: 463- 477.
- Ferreira MA. 2008. Comparación económica y productiva de dos dietas sustituyendo proteína verdadera (soya) por nitrógeno no proteico (urea natural 1% y protegida .5% (Optigen 1200)), en una engorda de corderos en etapa de finalización. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
- Figueredo BL. Iser del Toro M. 2005. Los ovinos. Una producción de bajos insumos. *Revista electrónica de Veterinaria*. Vol. VI. Número 9. pp 1-19. Cuba.
- Fluharty LF. McClure EK. 1997. Effects of dietary energy intake and protein concentration on performance and visceral organ mass in lambs. *Journal of Animal Science*. 75: 604-610.
- Galaviz RJR. Ramírez BJE. Vargas LS. Zaragoza RJL. Guerrero RJD. Mellado BM. Ramirez RG. 2014. Effect of three productions systems of central México on growth performance of five lamb genotypes. *The Journal of Animal & Plants Sciences*, 24 (5) pp 1303-1308.
- García RM. Chávez GF. 1996. Análisis del consumo de materia seca observado en los ovinos existentes en México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Gutiérrez G. Rothschild M. 2014. Avances en producción animal en América latina. Seminario Internacional. Universidad Nacional Agraria La Molina. pp 95. Perú.
- Hernández LJ. Sánchez RMAA. Velázquez CS. 1986. Efecto de la fuente de proteína e implante sobre ovinos castrados en engorda intensiva. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Hernández RPA. 2017. Efecto de la densidad de corderos en corral de engorda sobre la ganancia de peso. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Huerta BM. 2008. Requerimientos nutricionales de ovinos pelibuey y de lana. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, XI Congreso Nacional de Producción Ovina. pp 1-16. México.
- Huerta BM. 2010. Alimentación y suplementación mineral. 1er Simposium de Salud y Producción de Bovinos de Carne Norte-Centro de México. Aguascalientes, México.

- Huerta BM. 2015. Los macro y micro minerales en la nutrición de ovinos en Trópico. Departamento de Zootecnia, Posgrado en Producción animal. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- INAFED. H. ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli. Fecha de consulta: 05-08-17
<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15024a.html>
- Jaborek JR. Zerby HN. Moeller SJ. Fluharty FL. 2017. Effects of energy source and level, and sex on growth, performance, and carcass characteristics of lambs. *Small Ruminant Research* 151. pp 117-123.
- Kaya I. Ünal Y. Sahin T. Elmali D. 2009. Effect of different protein levels on fattening performance, digestibility and rumen parameters in finishing lambs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8(2): 309-312. Turquía.
- Lara PSJ. 2007. Engorde de corderos con dietas a base de granos, altas en energía. Fortalecimiento del sistema producto ovino. *Tecnologías para ovinocultores. Serie: Alimentación*. pp 26-31.
- Lebas F. Coudert P. De Rochambeau H. Thébault RG. 1996. El conejo Cría y patología. Colección FAO: producción y sanidad animal. Número 19.
- Lunn D. 2006. Improving Feed Efficiency in Feedlot Cattle. Shur-Gain, Nutreco Canadá, Inc.
- Ma T. Deng K. Tu Y. Zhang N. Si B. Xu G. Diao Q. 2017. Protein requirements of early-weaned Dorper crossbred female lambs. *Journal of Integrative Agriculture*. 16(5) pp 1138-1144. China.
- Ma T. Xu SG. Deng DK. Ji KS. Tu Y. Zhang FN. Diao YQ. 2015. Energy requirements of early-weaned Dorper cross-bred female lambs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 100 pp 1081-1089. China.
- Machuca AE. Ramírez AJ. Orta QSA. 1990. Engorda de ovinos con diferentes niveles de harina de pescado. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Mahgoub O. Lu CD. Early RJ. 2000. Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. *Small Ruminant Research*. 37: 35-42.
- Martínez RLR. 2007a. Influencia de la raza y el sexo sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de la canal de ovinos de pelo. Fortalecimiento del sistema producto ovino. *Tecnologías para ovinocultores. Serie: Ciencias de la carne*. pp 42-46.
- Martínez RLR. 2007b. Uso de la melaza en la alimentación de ovinos. Fortalecimiento del sistema producto ovino. *Tecnologías para ovinocultores. Serie: Alimentación*. pp 10-12.
- Méndez ESA. 2006. Conversión y eficiencia en la ganancia de peso con el uso de seis fuentes diferentes de ácido graso en conejos nueva Zelanda. Tesis de Licenciatura. Universidad de la Salle. Bogotá. DC.

- Mendoza MGD. Plata PFX. Ramírez MM. Mejía DMA. Lee RH. Bárcena G. R. 2006. Evaluación de alimentos integrales para el engorde intensivo de ovinos. Revista Científica, FCV-LUZ. Vol. XVII. N° 1. pp 66-72. México.
- Morales MM. Martínez DJP. Torres HG. Pacheco VJE. 2004. Evaluación del potencial para la producción ovina con el enfoque de agroecosistemas en un ejido de Veracruz, México. Técnica Pecuaria en México. 42(3) pp 347-359.
- National Research Council. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. Sexta Edición. Washington D.C. Unites States of America. pp 2-3.
- National Research Council. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academies Press, Washington, DC.
- Oviedo FG. 2000. Problemas sanitarios asociados a la engorda de ovinos. V Curso: Bases de la cría ovina. Universidad Autónoma Chapingo. pp 1-13.
- Partida de la PJA. Braña VD. Jiménez SH. Ríos RFG. Buendía RG. 2013. Producción de Carne Ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Libro Técnico No. 5. Querétaro, México.
- Patience FJ. Rossoni CM. Gutiérrez AN. 2015. A review of feed efficiency in swine: biology and application. Journal of Animal Science and Biotechnology. Vol. 6: 33. pp 1-9.
- Pavón MEA. 2006. Conferencia. Memorias del XIII Congreso Nacional de Producción Ovina. AMTEO. Toluca, Estado de México. 6 al 8 de Septiembre.
- Polidori P. Pucciarelli S. Cammertoni N. Polzonetti V. Vincenzetti S. 2017. The effects of slaughter age on carcass and meat quality of Fabrianese lambs. Small Ruminant Research. Vol. 155. pp 12-15.
- Ponce GG. 2016. Uso y utilidad de los registros. Memorias XI Día Agrosilvopastoril. CEIEPASP. FMVZ. UNAM. 25 de Agosto. México. pp 22-26.
- Ramírez BJE. 2000. Requerimientos minerales durante la engorda intensiva en ovinos. V Curso: Bases de la cría ovina. Universidad Autónoma Chapingo. pp 1-13.
- Reyes AAI. 2005. Evaluación económica en una engorda comercial de ovinos criollos con dos raciones. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
- Reyes SN. Mendieta AB. 2005. Los minerales en la alimentación animal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- SAGARPA. 2016. Plan Rector Sistema Producto Ovinos. Actualización 2016. pp 25-26
- Salah N. Sauvart D. Archimede H. 2014. Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. Animal Journal. 8:9 pp 1439-1447. Paris, Francia.
- Serna H. 1997. Índice de gestión. Como diseñar un sistema integral de medición de gestación 2da Edición. Editorial PANAMERICANA.

- Shimada MA. 2009. Nutrición animal. Alimentación, digestión, metabolismo, alimentación de cerdos, aves, perros, conejos, caballos, borregos, cabras, venados y ganado productor de carne y leche. Segunda edición. Editorial Trillas. México. pp 18
- Tovar LI. Camilo ME. Jaimes JJ. 2010. Efecto del nivel de proteína cruda en la dieta sobre el comportamiento de corderos en crecimiento. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Wadsworth J. 1997. Análisis de sistemas de producción animal. Tomo 1. Las bases conceptuales. FAO. Roma, Italia.
- Weiss WP. 2011. Feeds, prediction of energy and proteins. Ohio State University, wooster, OH, USA, Elsevier Ltd. Vol. 2. pp 1003-1009.
- Xu T. Xu S. Hu L. Zhao N. Liu Z. Ma L. Liu H. Zhao X. 2017. Effect of dietary types on feed intakes, growth performance and economic benefit in tibetian sheep and yaks on the Qinghai-Tibet Plateau during cold season. PLOS ONE 12(1).