



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD-
GANADERÍA**

**"USO DE PROPIONATO DE CALCIO Y SODIO PARA LA ALIMENTACIÓN DE
CORDEROS EN FINALIZACIÓN"**

JAIRO APÁEZ BARRIOS

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO


2016

La presente tesis titulada: “**Uso de propionato de calcio y sodio en la alimentación de corderos en finalización**”, realizada por el alumno: **Jairo Apáez Barrios**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


**MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA


Dra. María Magdalena Crosby Galván

ASESOR


Dr. Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca

ASESOR


Dr. Germán Buendía Rodríguez

ASESOR


Dr. Saúl Rojas Hernández

Montecillo, Texcoco, Estado de México, abril de 2016

RESUMEN

USO DE PROPIONATO DE CALCIO Y SODIO EN LA ALIMENTACIÓN DE CORDEROS EN FINALIZACIÓN

La producción de corderos se le considera muy poco rentable, debido a los costos de los granos utilizados para su alimentación ya que estos representan aproximadamente el 80% del costo total en un ciclo de producción, lo anterior hace necesaria la búsqueda de alternativas que sustituyan parte del grano de sorgo o maíz utilizado. Existen evidencias de que es factible la adición de propionato de calcio y propionato de sodio, con similar o incluso superior conversión y eficiencia alimenticia en relación a la dieta completa. Por lo anteriormente descrito, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del propionato de calcio y sodio en la respuesta productiva y en la canal de corderos en finalización. El estudio se realizó en el módulo de producción ovina de la granja experimental del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. Treinta y tres corderos machos enteros Pelibuey (28 kilogramos \pm 5 kg PV) se engordaron en sistema intensivo, en el cual se aplicaron los siguientes tratamientos T1=Testigo, T2= T1 + propionato de calcio 2% y T3= T1 + propionato de sodio 2%, con un peso final de 45 kg promedio. La adición de propionato de sodio y propionato de calcio a la dieta de corderos en finalización incrementaron ($P<0.05$) en eficiencia alimenticia total, nitrógeno amoniacal, color de la carne: luminosidad (L), rojo (a) y amarillo (b), peso de testículos, rumen lleno y en intestino lleno. La adición de propionato de calcio y propionato de sodio a la dieta de corderos en finalización es una alternativa para disminuir el porcentaje de grano en la dieta y la calidad de la canal.

Palabras clave: Rendimiento, ácidos grasos volátiles (AGV), color, textura.

ABSTRACT

USE OF CALCIUM AND SODIUM PROPIONATE FEED IN FINISHING LAMBS

Lamb production is considered very uneconomical due to the cost of grain used for food as it represents about 80% of the total cost in a production cycle, this makes searching for alternatives necessary to replace part of the grain sorghum or corn used. There is evidence that the addition of calcium propionate and sodium propionate, with similar or even higher conversions and feed efficiency in relation to the complete diet is feasible. As described above, the objective of this study was to determine the effect of calcium propionate and sodium in productive performance and carcass lambs completion. The study was conducted in the sheep production module of the experimental farm at the Graduate College Campus Montecillo, Texcoco, State of Mexico. Thirty-three male lambs whole Pelibuey ($28 \text{ kg} \pm 5 \text{ PV}$) were fattened in intensive systems, in which the following treatments T1 = Control applied, T2 = T1 + calcium propionate 2% and T3 = T1 + sodium propionate 2 %, with a final average weight of 45 kg. The addition of sodium propionate and calcium propionate to the diet of lambs completion increased ($P < 0.05$) in total feed efficiency, ammonia nitrogen, meat color: light (L), red (a) and yellow (b) , testis weight, full rumen and intestine. The addition of calcium propionate and sodium propionate to the lambs diet is an alternative to reduce the percentage of grain in the diet and carcass quality.

Keywords : Performance , volatile fatty acids (VFA) , color , texture.

AGRADECIMIENTOS

Al **Colegio de Postgraduados** por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría en ciencias y acrecentar mi formación académica a un mayor nivel donde adquirí herramientas y conocimientos necesarios para hacer investigación.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca que me fue otorgada durante dos años para la realización de estudios de maestría.

A los miembros del consejo particular, en especial a la **Dra. María Magdalena Crosby Galván** por su apoyo durante el desarrollo del experimento, consejos, facilidades y su gran paciencia en la revisión de la tesis, así como la facilidad para realizar los análisis de muestras en el laboratorio de nutrición animal, **Dr. Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca** por su apoyo para iniciar el trabajo de campo, elaboración de la dieta, análisis estadísticos de los resultados y revisión de la tesis, **Dr. Germán Buendía Rodríguez** por su apoyo y tiempo para la revisión de la tesis y **Dr. Saúl Rojas Hernández** por su apoyo y tiempo durante la revisión de tesis a todos ellos por su atención durante mi formación como maestro en ciencias.

A mi esposa **Lic. Ana Mercedes González Espinosa**, por su cariño, apoyo incondicional y consejos en los momentos difíciles.

Al **Dr. Omar Hernández Mendo** por las facilidades brindadas en las instalaciones del módulo de producción ovina (en las jaulas metabólicas).

Al **M.C. Omar Martínez Cabañas** por las facilidades brindadas en la adquisición de los animales, el equipo para mezclar el alimento, sus consejos, su apoyo y por la amistad brindada.

DEDICATORIAS

A **Dios**, por mantenerme vivo y haberme guiado en cada uno de los pasos recorridos, por darme fortaleza para lograr obtener uno más de mis objetivos de vida.

A mis padres, **Pedro Apáez Ramírez y Francisca Barrios Alcocer**. Con mucho cariño y respeto; por su apoyo incondicional, su confianza, sabios consejos, palabras de aliento, por estar conmigo siempre y en todo momento; por darme la oportunidad de vivir.

A mis hermanos, **Viviana Apáez Barrios, Patricio Apáez Barrios, Maricela Apáez Barrios, Mario Apáez Barrios y Alicia Apáez Barrios**. Porque siempre han sido mis mejores amigos; por todo su apoyo incondicional.

A mi esposa, **Ana Mercedes González Espinosa**. Por su apoyo compañía y amistad y confianza.

A mi hijo, **Santiago Eduardo Apáez González**. Por ser una motivación en mi vida.

A mis sobrinos, **Carlos Manuel, Luis Ángel, Jaciel, Julián, Emmanuel, Cesar Javier y Patricio Elí**.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	li
ABSTRACT	lii
AGRADECIMIENTOS	Iv
DEDICATORIAS	V
CONTENIDO	Vi
ÍNDICE DE CUADROS	Viii
ÍNDICE DE FIGURAS	Ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Producción Mundial de Principales Países Productores de Corderos.....	3
2.2 Producción de Cereales a Nivel Mundial.....	3
2.3 Producción de Granos y Oleaginosas en México.....	4
2.4 Fuentes de Alimento para Animales	5
2.5 Composición de los Granos y Cereales.....	6
2.6 Digestión Ruminal de los Carbohidratos.....	6
2.7 Fermentación del almidón.....	9
2.8 Fuentes de propionato.....	11
2.9 Precursores de glucosa.....	11
2.10 Efectos de la Aplicación de los Precursores de Glucosa.....	12
2.11 Efectos del Calcio.....	13
2.12 Calidad de carne.....	13
2.13 Características de la clasificación.....	14

3. JUSTIFICACIÓN	17
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1 Manejo de los animales experimentales.....	18
4.2 Elaboración de Dietas	19
4.4 Ensayo de Crecimiento	20
4.5 Fermentación Ruminal.....	20
4.6 Rendimiento y Medición de la Canal.....	21
4.7 Análisis de Laboratorio.....	21
4.8 Diseño Estadístico.....	22
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
5.1 Ganancia en peso	24
5.2 Eficiencia alimenticia total.....	25
5.3 Parámetros de fermentación ruminal.....	26
5.4 Variables fisicoquímicas de la carne.....	27
5.5 Rendimiento corporal.....	29
6. CONCLUSIONES	31
7. LITERATURA CITADA	31

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Producción de Granos en México (Toneladas).....	5
Cuadro 2. Especificaciones para la clasificación de canales de ovino.....	16
Cuadro 3. Composición química de las dietas	19
Cuadro 4. Eficiencia alimenticia total en corderos en finalización alimentados con propionato de calcio y sodio.....	25
Cuadro 5. Porcentaje de eficiencia alimenticia, digestibilidad aparente nitrógeno amoniacal y parámetros de fermentación ruminal.....	26
Cuadro 6. Variables físicas químicas de la carne de corderos en finalización alimentados con propionato de calcio y de sodio.....	28
Cuadro 7. Rendimiento corporal de corderos en finalización alimentados con propionato de calcio y sodio.....	29
Cuadro 8. Rendimiento corporal de corderos en finalización alimentados con propionato de calcio y sodio (Continuación).....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Producción, utilización y existencia de cereales en el mundo.....	4
Figura 2. Síntesis de ácidos grasos volátiles y restauración del NAD (Nicotinamida adenina dinucleótido).	9
Figura 3. Porcentaje de AGV's con el consumo de forraje.....	10
Figura 4. Porcentaje de AGV's con el consumo de grano.....	10
Figura 5. Ganancia en peso en función de los días del periodo de evaluación, para los tres tratamientos estudiados; T= Testigo, PC= Propionato de calcio 2%, PS = Propionato de sodio 2%.....	25

I. INTRODUCCIÓN

El ovino es una especie producida en el sector agropecuario durante muchos años, siendo una fuente importante de alimento y sustento. La ovinocultura es una buena alternativa de producción pecuaria debido a la suma de cualidades que tiene la especie y las condiciones favorables que presenta el mercado debido a su creciente demanda; esta situación convierte a los corderos en una de las especies con más perspectiva de desarrollo en el área pecuaria (Barrios, 2005).

Según la FAO (2013) se producen alrededor de 13.8 millones de toneladas (ton), las cuales se distribuyen por continente de la siguiente manera:

Asia 42%, África 27%, Europa 12%, Oceanía 10%, América del Sur 7% y América del Norte y Central 2%. En orden de mayor población: China, Australia, India, Irán, Sudán, Nueva Zelanda, Nigeria, Reino Unido y se le encuentra en todas las ecologías y climas. La producción de corderos se ha podido desarrollar en extensas áreas de pasturas. Se cree que las ovejas domesticas *Ovis aries*, son descendientes de estirpes salvajes que aún existen y que son compatibles con las ovejas domésticas. Los productos principales de estas ovejas son: la carne para el consumo familiar y las pieles FAO (2013).

En México existen diversos sistemas de producción de corderos, los cuales van desde los sistemas extensivos, basados en el pastoreo con mínimo uso de suplementos, donde no se lleva ningún tipo de control zootécnico, hasta sistemas intensivos, donde los corderos son finalizados con dietas basadas en granos de maíz y sorgo principalmente. Durante los últimos años se ha incrementado la finalización de corderos con alimentos concentrados (concentrados integrales), donde aumenta el riesgo de problemas metabólicos como la acidosis subaguda y la presencia de cálculos urinarios. Debido al costo de los granos, el uso de otros energéticos no convencionales como el glicerol, propilen glicol o propionato de calcio pueden ser una alternativa para sustituirlos (Traube *et al.*, 2007).

Los precursores de glucosa como el propilen glicol o propionato de calcio se usan en ganado lechero para corregir problemas metabólicos; sin embargo, dado que el propilen glicol no se puede metabolizar en

compuestos sulfurados solo debiera incorporarse el propionato de calcio en dietas a base de grano (Traube *et al.*, 2007).

El propionato de calcio es el más importante sustrato para la gluconeogénesis en rumiantes según (Seal y Rynolds 1993) este provee del 32 al 73% de las demandas de glucosa en el organismo; sin embargo, se ha encontrado que deprime el consumo diario de alimento (Drackley *et al.*, 2001). En la producción de alimentos de origen animal, el alimento es el insumo más caro.

En base a lo anterior, ya se han realizado estudios relacionados por Lee-Rangel *et al.*, (2012) donde evaluaron propionato de calcio en dosis de 1% sustituyendo 10% de la dieta total; sin embargo, no hubo diferencias en los resultados obtenidos. Los estudios realizados al respecto son limitados por lo que en el presente estudio se evaluó el propionato de calcio y propionato de sodio en dosis del 2% del total de la dieta las cuales son más altas que el estudio antes mencionado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción Mundial y Principales Países Productores de Corderos.

Durante 2013, Australia aumentó sus exportaciones, especialmente a China, Medio Oriente y Estados Unidos. Al mismo tiempo, Europa redujo su población, como consecuencia de menores tasas de nacimiento de corderos durante 2013 y 2014. La disminución se estimó en 1.36 millones de cabezas. Las importaciones de carne ovina de China tuvieron una alta tasa de crecimiento en 2013 y alcanzaron casi 230,000 ton, con lo que se transformó en el principal importador de carne ovina en el mundo. Continuando una tendencia que hizo que sus importaciones se multiplicaran por seis en cinco años. Nueva Zelanda, como resultado de una menor producción, se estima que exportará 11 mil toneladas menos de cordero. En paralelo, se proyecta una demanda externa liderada por las mayores compras de China y la recuperación de Europa (ODEPA, 2014).

2.2 Producción de Cereales a Nivel Mundial.

Reportes de la FAO en 2014 la producción mundial de cereal fue de 2,544 millones de toneladas para 2013 (Figura 1), principalmente debido a una cosecha de maíz mayor de lo previsto en la Unión Europea. Se prevé que la producción mundial de trigo alcance los 722 millones de ton en 2015, es decir, 2 millones de ton más que el primer pronóstico de producción de la FAO publicado en marzo, pero todavía un 1% (5 millones de ton) por debajo de las estimaciones actuales relativas al año 2014 (FAO, 2015). La producción de trigo en los Estados Unidos se incrementó un 2%, ya que la recuperación de rendimientos cercanos al promedio compensará con creces la reducción prevista de la superficie cultivada, inducida por los precios. De forma similar, en Canadá, la producción de trigo aumentó casi un 3%. En cuanto a los cereales secundarios, en el hemisferio sur, donde las principales cosechas de cereales secundarios en 2015 se han mostraron una disminución de la producción en 2015 en comparación con los elevados niveles registrados en 2014 (FAO, 2015).



Figura 1. Producción, utilización y existencia de cereales en el mundo

En América del Sur, la reducción de la superficie cultivada en la Argentina y Brasil, en respuesta a precios menos atractivos (en comparación con la soya), provocó una reducción de la producción hasta niveles muy por debajo de los excepcionalmente altos registrados los dos años anteriores (FAO, 2015). En Colombia, Indonesia, Paraguay y Sri Lanka hubo aumentos considerables, mientras que en Australia hubo un descenso de la producción del 18% debido a una escasez persistente de agua de riego (FAO, 2015).

2.3 Producción de Granos y Oleaginosas en México

Durante el 2014, la producción de granos y oleaginosas alcanzó alrededor de 37.5 millones de ton, lo que significó un crecimiento del 6% en la producción de estos productos agrícolas, (SAGARPA 2015).

La mayor producción de cereales en México también se explica por el alza en la producción de cereales secundarios. Durante el año agrícola 2012 se obtuvo una producción de 22.07 millones de ton de maíz, 25.1% más que en 2011; por otra parte de sorgo se obtuvieron 6.7 millones de ton, 8.4% más que el año anterior y en cebada se tuvo una producción de 1.03 millones de ton, 111.6% más que el año previo. La mayor disponibilidad

de cereales permite esperar una reducción en el precio de los alimentos, tal como se muestra en el Cuadro 1 (FAO, 2013).

Cuadro 1. Producción de Granos en México (Toneladas).

	Producción		Superficie Sembrada		Rendimiento	
	(ton)		hectáreas (ha)			
	2012	2014	2012	2012	2012	2014
Frijol	1,288,152	1,434,668	1,919,453	1,919,453	0.73	0.84
Maíz	ND	21,087,445	ND	ND	ND	3.45
Sorgo	6,074,303	7,196,030	1,658,563	1,658,563	3.83	3.45
Trigo	3,175,179	3,494,575	571,323	571,323	5.64	5.11
Arroz	133,125	139,354	22,900	22,900	5.91	6.19

ND= No Disponible

INEGI, Encuesta Nacional Agropecuaria 2014

2.4 Fuentes de Alimento para Animales

El tipo de alimentación proporcionado al ganado depende del animal (rumiante o no rumiante), del sistema de producción adoptado por el productor (intensivo, extensivo, semi-intensivo) pero además del objetivo de producción del animal: carne, leche o lana. El grano de maíz es la fuente común de energía para sistemas de producción de ganado. Se calcula que del total de maíz producido a nivel mundial, un 75% es usado para dietas de no rumiante y el resto para rumiantes. La soya domina la producción mundial de oleaginosas y es a menudo el suplemento proteico en la producción de ganado (PQBio, 2013). El forraje se incluye en la elaboración de las dietas para mejorar la tasa de crecimiento y para reducir trastornos del rumen que están asociados con los concentrados. Según White y Hembry, (2000) los efectos positivos que están asociados con la alimentación de fibra suelen reducir las concentraciones de propionato en el rumen. En la alimentación ovina las dietas contienen cantidades variables tanto de forraje fresco como de forraje seco en combinación con granos de maíz, sorgo o alimentos balanceados y residuos agroindustriales. Durante las estaciones de seca o frías, los recursos forrajeros son preservados en forma de heno o ensilado, lo que asegura la alimentación regular continua del

ganado, ya sea para sostener el crecimiento, el engorde o la producción de leche, como para continuar la producción en períodos difíciles cuando los precios del mercado son más altos (PQBio, 2013).

2.5 Composición de los Granos y Cereales

Los cereales forman una parte importante de la dieta de muchas personas. Según datos de la FAO (2011), el suministro energético de los cereales en el mundo fue 1.296 Kcal/persona/día. A nivel mundial, la proporción de energía aportada por los cereales permanece estable en el tiempo y representa cerca del 50% de la energía alimentaria. En los países en vías de desarrollo se sitúa entre 50 y 60%, y en los países industrializados se sitúa entre 30 y 35% (Hernández, 2010).

Los almidones abundan en los alimentos amiláceos como son los cereales, de los que puede extraerse fácilmente y es la más barata de todas las substancias con estas propiedades; el almidón más utilizado es el obtenido a partir del maíz, sin embargo, el uso de energía no convencional tal como glicerol, propilenglicol, propionato de calcio (Ferrar *et al.*, 2009), o el propionato de sodio pueden ser utilizados para reemplazar los granos en las dietas. Aproximadamente el 80% del grano de cereales está compuesto por hidratos de carbono y dentro de ellos el almidón es el que en mayor proporción se encuentra (Bas *et al.*, 2000).

2.6 Digestión Ruminal de Carbohidratos

Los granos de cereales contienen entre 70 y 80% de almidón, que se encuentra en el endospermo, formando gránulos compuestos principalmente por amilopectina, el componente más abundante del almidón (70 a 80%). La estructura del almidón ramificada, según French (1984) citado por Guada (1993), comprende zonas organizadas o cristalinas. Estas regiones de la estructura del almidón se relacionan con la resistencia al ataque enzimático, es así como se ha observado que las regiones cristalinas de la molécula de almidón son resistentes al ingreso del agua y las enzimas, mientras que las regiones amorfas son más permeables al agua y susceptibles a la acción enzimática.

En el rumen, el almidón es fermentado a ácidos grasos volátiles y la proteína degradada a cetoácidos y amoníaco, siendo este último la principal fuente de nitrógeno para la síntesis microbiana. La intensidad de este proceso degradativo es variable y depende de la magnitud de la fracción potencialmente degradable y de su tiempo de retención en el rumen, así como la adaptación de los microorganismos ruminales a la composición de la dieta (Owens *et al.*, 1997).

La velocidad y extensión de la degradación de las proteínas depende de la actividad proteolítica de la microbiota ruminal, del tipo de proteína de la dieta (Bach *et al.*, 2005). Los protozoos desempeñan un papel importante en la degradación de las proteínas porque tienen la capacidad de encapsular grandes partículas de alimento y bacterias ruminales (Van Soest, 1994). Además, suministran considerables cantidades de proteína soluble al ambiente ruminal, debido a la capacidad que poseen para degradar la proteína insoluble de las fracciones de alimento encapsulado y a que no pueden utilizar el nitrógeno amoniacal (Dijkstra, 1994). Los péptidos y aminoácidos producidos y el alimento se transportan hacia el interior de las células microbianas. Los péptidos pueden continuar degradándose a aminoácidos por la acción de las enzimas peptidasas y liberar los aminoácidos que los componen. Por último, los aminoácidos pueden ser desaminados y producir ácidos grasos volátiles, CO₂ y amoníaco. También pueden ser reutilizados durante la síntesis de proteína microbiana (Nolan y Dobos, 2005).

La digestión en el rumen de las fracciones potencialmente degradables del almidón y la proteína puede ser descrita por un modelo cinético de desaparición de este compartimento (Orskov, 1979), definido por dos actividades simultáneas: los ritmos o velocidades de degradación (Kd) y de paso a través del rumen (Kp) cuya relación determina la proporción efectivamente digerida en el rumen ($Kd/(Kd+Kp)$) o, por el contrario, la proporción que abandona el rumen sin ser degradada ($Kp/(Kd+Kp)$) (Galyean *et al.*, 1981).

La mayor parte de los tratamientos a los que son sometidos los cereales y suplementos proteínicos modifican su velocidad de degradación en el rumen (tasa de digestión, Kd) y con ello la proporción de almidón o proteína que es digerida, en este u otros tramos posteriores del tubo digestivo (Caorsi, 2005). Ello puede tener una importante incidencia en la eficiencia de utilización de la dieta y en la respuesta productiva del animal, dada la

influencia que el lugar de digestión tiene sobre el tipo de nutrientes absorbidos (Thomas, 1981). No obstante, estas variaciones en el ritmo de degradación pueden verse compensadas por variaciones en el tiempo de retención, provocadas simultáneamente por el tratamiento.

La digestión ruminal del almidón determina el comportamiento productivo de los rumiantes alimentados con dietas altas en granos (Huntington, 1997). Así, para incrementar la tasa de digestión del almidón y el valor energético de los granos (Owens *et al.*, 1997). Los métodos van desde el quebrado mecánico del grano hasta los más sofisticados, como la extrusión, sólo unos pocos se aplican exitosamente en cada línea productiva. Las enzimas amilolíticas exógenas provienen de la fermentación y aparentemente, pueden incrementar la digestibilidad ruminal del almidón y mejorar el comportamiento productivo de corderos (Rojo *et al.*, 2000).

Debido a la microbiota ruminal los carbohidratos fibrosos como la celulosa y hemicelulosa pueden representar la fuente más importante de energía para los rumiantes. Las raciones carentes de fibra pueden conducir a desórdenes de la digestión (Romero *et al.*, 1992).

Estos carbohidratos fibrosos además son necesarios para:

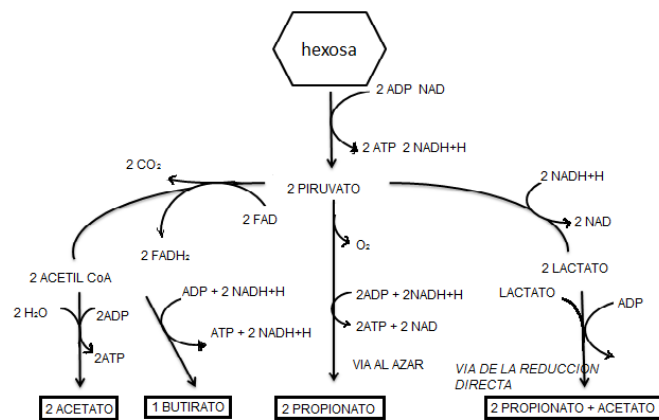
- » Estimular la rumia (la cual mejora la fermentación).
- » Aumentar el flujo de saliva hacia el rumen.
- » Estimular las contracciones ruminales.

Cuando los carbohidratos de la dieta entran al rumen son hidrolizados por enzimas extracelulares de origen microbiano. En el caso de los carbohidratos fibrosos, el ataque requiere de una unión física de las bacterias a la superficie de la partícula vegetal. La acción de las enzimas bacterianas libera principalmente glucosa y oligosacáridos hacia el líquido ruminal por fuera de los cuerpos celulares microbianos. Estos productos no son aprovechados por el rumiante, en su lugar, son rápidamente metabolizados por la microbiota ruminal (Nava, 2001).

Los microorganismos del rumen permiten al animal obtener energía de los carbohidratos fibrosos (celulosa y hemicelulosa) que están ligados a la lignina en las paredes de las células de plantas. Los carbohidratos no-fibrosos (almidones y azúcares) fermentan rápidamente y completamente en el rumen. El contenido de carbohidratos no-fibrosos incrementa la energía en la dieta, y así mejora el suministro de energía y determina la cantidad de proteína bacteriana producida en el rumen. Sin embargo, los carbohidratos no fibrosos no estimulan la rumia o la producción de saliva y cuando se encuentran en exceso pueden inhibir la fermentación de la fibra (Nava, 2001).

2.7 Fermentación del Almidón

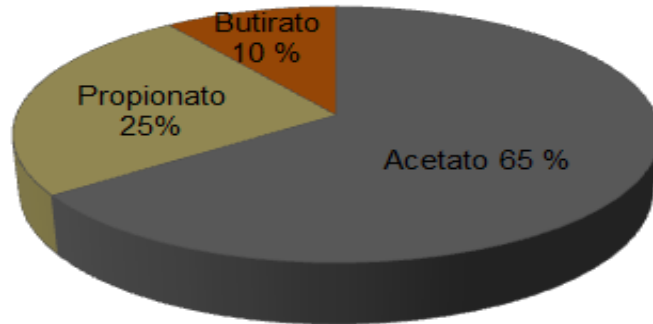
La Figura 2 muestra la concentración de los AGV: Acético, propiónico y butírico, sintetizados en respuesta al control metabólico por parte de los microorganismos ruminales, siendo utilizados para la formación de aminoácidos y ácidos grasos que serán posteriormente incorporados al metabolismo bacteriano. Sin embargo, la mayor parte de los AGV son enviados hacia el líquido ruminal, en donde se difunden a través del epitelio del rumen y retículo, el resto se absorben en omaso, para posteriormente incorporarse a la circulación general pasando por la vena porta (Díaz, 2001).



Fuente: Díaz, 2001

Figura 2. Síntesis de AGV y restauración del NAD (Nicotinamida adenina dinucleótido).

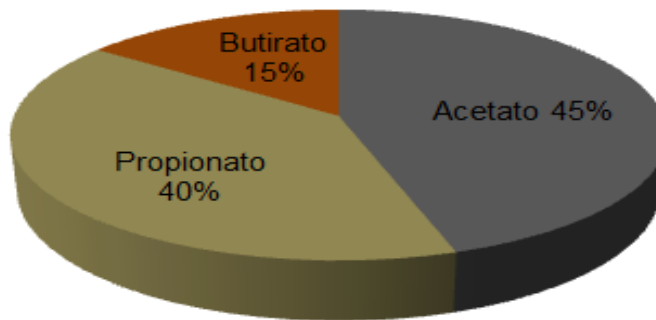
Los cambios en la dieta pueden modificar el patrón de fermentación. Cuando la dieta del animal está basada en forrajes, la proporción molar en que se encuentran los AGV se muestra en la Figura 3, y cuando la dieta está basada principalmente en granos se muestran en la Figura 4.



Fuente: Diaz, 2001

Figura 3. Porcentaje de AGV con el consumo de forraje.

Mientras que si la dieta es alta en granos o concentrados la proporción será de:



Fuente: Diaz, 2001

Figura 4. Porcentaje de AGV con el consumo de grano.

En el hígado el propionato y el acetato son incorporados al metabolismo energético. El ácido propiónico es el único de los AGV que el hepatocito puede transformar en glucosa, en la vía de la gluconeogénesis. Las moléculas de glucosa sintetizadas en este proceso, serán llevados hacia los tejidos extrahepáticos, quienes serán

los encargados de utilizarla como la primera fuente de energía altamente disponible para sostener las necesidades fisiológicas de mantenimiento y reproducción (Nava, 2001).

2.8 Fuentes de Propionato

El propionato es un estimulador de la secreción de la insulina, hormona que actúa en el control de la saciedad. En los rumiantes al menos el 25% de la glucosa se obtiene del almidón y la gluconeogénesis es la principal vía para obtener glucosa, sin embargo, de la producción total de glucosa en hígado, la producción de propionato de calcio es de aproximadamente 70% (Huntington, 2006). Actualmente se utiliza el propionato de calcio en la producción ganadera cuya fórmula molecular es: $\text{Ca} (\text{C}_2\text{H}_5\text{COO})_2$, es polvo blanco con ligero olor a ácido propiónico, no contiene menos de 99% de ácido Propiónico (CFNP, 2002).

El ácido propiónico se produce de forma natural en los animales y en los productos lácteos en pequeñas cantidades. Niveles sustanciales de propionato se producen de forma natural en la dieta y como parte del metabolismo de los ácidos grasos de cadena impar (Gerhartz, 1985).

2.9 Precursores de glucosa

La mayoría de la glucosa debe ser sintetizada por el hígado a partir de propionato, aminoácidos, lactato y glicerol, el aporte de los precursores de glucosa, permiten evitar la movilización excesiva de la grasa (Cirio, 2000).

La utilización de glucosa en los rumiantes es diferente que en los animales no rumiantes, ya que dependen principalmente de la gluconeogénesis por su requerimiento de la glucosa. El propionato producido en el rumen es cuantitativamente el precursor más importante para la gluconeogénesis. Una parte del propionato es metabolizado a lactato y el resto pasa a la circulación portal para ser metabolizado en hígado a glucosa o ser oxidado a CO_2 . El lactato producido por la pared ruminal es tomado por el hígado para síntesis de glucosa. Es probable que la concentración de propionato en el rumen influye en el metabolismo de la glucosa en sangre y su control endocrino (Sano, 2006). El propionato es el principal sustrato para la gluconeogénesis, que es crítica

para el rumiante porque es mínima la cantidad de glucosa que se absorbe como tal en el intestino delgado. La glucosa es imprescindible para el cerebro, los testículos y la médula renal, entre otros. La glucosa puede sintetizarse a partir de precursores glucídicos y no glucídicos, en un proceso conocido como gluconeogénesis, en tejidos como el hígado, la corteza renal, plantas y microorganismos. Los precursores más importantes son el lactato, algunos aminoácidos y glicerol, que se incorporan a la vía gluconeogénica a nivel de piruvato, oxalacetato y dihidroxiacetona-fosfato, respectivamente (Cirio, 2000). La suplementación con propionato influye en el flujo neto de glucosa en corderos y la deposición de grasa y crecimiento del músculo esquelético en carneros (Sano, 2006). Sin embargo, hay poca información disponible sobre el metabolismo de los nutrientes y el control, sobre todo en los estudios *in vivo*. El propionato afecta flujo de glucosa, deposición de grasa y la formación de músculo. El propilenglicol y propionato de calcio se han utilizado en el ganado lechero como precursores de glucosa para corregir problemas metabólicos; sin embargo, se ha reportado que el propilenglicol puede ser metabolizado en compuestos de azufre tóxicos (Trabue *et al.*, 2007) pero el propionato de calcio o propionato de sodio puede ser utilizado como un ingrediente en las dietas (Lee-Rangel *et al.*, 2012).

2.10 Efectos de la Aplicación de los Precursores de Glucosa

El propionato es el principal precursor de la gluconeogénesis, que representan del 32 al 73% de la síntesis hepática de glucosa, sin embargo, el aumento de la absorción de propionato no modifica proporcionalmente el suministro de glucosa al músculo. De hecho, se metaboliza en el epitelio del rumen, aunque el alcance de este metabolismo es controvertido (Majdoub, 2003). Además, se han observado diferentes respuestas de la gluconeogénesis hepática después de un aumento en la disponibilidad de propionato.

- Incremento de los niveles de producción láctea en bcorderos (el factor limitante a la genética es el nivel de producción de glucosa).
- Prevención de problemas de cetosis clínicas o subclínicas.

- El propionato es un estimulador de secreción de insulina, hormona que actúa en el control de la saciedad y podría tener efectos directos en el consumo de alimento por el incremento de precursores gluconeogénicos en hígado, lo que aumenta la llegada de glucosa al torrente sanguíneo (Allen *et al.*, 2005).

2.11 Efectos del calcio

El calcio en el músculo activa tanto μ -calpaína y m-calpaína, los cuales son involucrados en el ablandamiento post-mortem de la carne (Koohmaraie, 2006). Recientemente, ha habido interés en enfoques nutricionales para mejorar la suavidad de la carne mediante el aumento de concentraciones de calcio en el músculo (Wheeler *et al.*, 1992). Spears, (2003) realizó un estudio donde determinó los efectos de una dieta tensoactiva aniónica, una dieta rica en calcio soluble (propionato de calcio), 7 días antes del sacrificio midió rendimiento, metabolismo del calcio y terneza de *Longissimus dorsi*, obteniendo diferencias con propionato. Estudios con ovejas han indicado que el calcio puede ser absorbido desde el rumen si las concentraciones en la dieta son altas (Care *et al.*, 1984). Sin embargo si la fuente de calcio es ligeramente insoluble, es menos la absorción tanto en rumen como en intestino. En apoyo de esta hipótesis, en la administración oral de grandes dosis de propionato de calcio (CaCO_3), hay aumento de las concentraciones de calcio en plasma de vacas lecheras, sin embargo al suministrar altas dosis de CaCO_3 se reducen las concentraciones de calcio. Una dieta aniónica antes del sacrificio pueden aumentar la absorción de calcio y aumentar la movilización de este al hueso y por lo tanto, el aumento de concentración en el músculo (Goff y Horst, 1993).

2.12 Calidad de Carne

Calidad de la canal son los atributos o características deseables de la carne para el consumo humano y cuya evaluación da lugar a los distintos grados de clasificación (Hui *et al.*, 2006). La composición química de la carne de ovino tiene especial relevancia en la calidad de este alimento porque es parte fundamental de la dieta

humana por el alto aporte de nutrientes que esta tiene. La carne está compuesta principalmente de agua en un 75% y de proteína de entre 21 y 22%, de 1 a 2% de grasa, 1% de minerales y por debajo del 1% de carbohidratos (Sañudo *et al.*, 1998). Existen algunos factores que influyen en la calidad de la carne los cuales se pueden dividir en dos categorías: factores que se relacionan directamente con el animal y factores externos al animal, los primeros pueden ser la especie, raza, sexo, relación peso-edad, tipo de músculo, mientras los segundos se refiere a estrés, tipo de alimentación, ingredientes de la dieta, algunos aditivos, etc. En los rumiantes, la manipulación de suministro de glucosa, hace más difícil su utilización por el músculo dependiendo de la cantidad de ésta. La glucosa se origina principalmente de la gluconeogénesis hepática que varía con la ingesta de energía metabolizable (Drackley *et al.*, 2001).

Hanson (2002) realizó otro estudio cuyo objetivo fue determinar si suministrando oralmente al ganado con NutroCAL™ (CaCO₃) 150 g/L y 300 g/L cuyos resultados elevarían los niveles de calcio en suero, mejorando así los niveles de calcio del músculo y en lomo mejorando también la suavidad de la carne.

Otro estudio realizado por Mendoza *et al.* (2015) donde probaron la adición de dos niveles de propionato de calcio (1 Y 2%) en raciones de engorda de corderos sobre el comportamiento productivo, fermentación ruminal y deposición de ácidos grasos de cadena larga en la canal y el rendimiento corporal así como el área de músculo *longissimus dorsi*, no se encontraron diferencias.

2.13 Características de la clasificación

Las distintas características sobre las cuales se fundamentan la clasificación de las canales ovinas en el mundo poseen bastante similitud. En efecto, todas toman como parámetros totales los siguientes criterios:

- Edad del animal a la matanza

- Peso vivo y de la canal
- Distribución y cargas de grasa
- Conformación de la canal

Estas son las cuatro medidas estimadas en casi todos los países del mundo y es muy raro que falten en ninguno de sus estándares (Peláez, 2005).

Otras evaluaciones ampliamente usadas, en trabajos de investigación y para el reconocimiento de lo producido a nivel nacional, el sistema de la norma mexicana de evaluación de canales ovinas (NMX-FF-106-SCFI-2006).

Estas se describen a continuación:

- **Conformación de la canal.** Es la forma y volumen general del cuerpo del cordero ya muerto en su presentación como “canal caliente” o “canal fría”, tomando como base el contorno de la canal. (cuadro 3).

La conformación se clasifica en tres tipos:

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

El producto objeto de esta norma debe cumplir con las especificaciones establecidas en el Cuadro 2.

Para los efectos de la presente norma, las canales de ganado ovino se clasifican de acuerdo a los siguientes grados de calidad:

- **México Extra (MEX EXT).** Son canales procedentes de:

- Cordero lechal.
- Corderos livianos con grasa superficial de 1 mm a 3 mm y conformación excelente.
- Corderos pesados con grasa superficial de 3 mm a 6 mm y conformación excelente.

Cuadro 2. Especificaciones para la clasificación de canales de ovino

Parámetros	Cordero			Borrego	
	Lechal	Liviano	Pesado	Primal	Adulto
Peso en pie al sacrificio (kg)	Hasta 12	hasta 38	más de 38	NA	NA
Peso en canal (kg)	hasta 6	hasta 18	más de 18	NA	NA
Grasa cobertura	perirrenal abundante	de 1 a 3 mm	de 3 a 6 mm	de 5 a 10 mm	de 5 a 10 mm
		de 4 a 6 mm	de 7 a 10 mm	de 11 a 15 mm	de 11 a 15 mm
		de 7 a 10 mm	de 11 a 15	más de 15 mm	más de 15 mm
Edad	hasta 45 días	hasta dientes temporales	hasta dientes temporales	de 1 a 4 incisivos permanentes	de 5 a 8 incisivos permanentes

Nota: 1) La medición del espesor de la grasa de cobertura se realiza mediante el uso de una regla de acero inoxidable especialmente diseñada para este fin. La determinación de la grasa se realiza insertando perpendicularmente la regla sobre la doceava costilla a 11 cm de la línea media de la canal, en cualquiera de los lados derecho o izquierdo de la canal, 2) NA: No aplica.

- **México 1 (MEX 1).** Son canales procedentes de:

- Corderos livianos con grasa superficial de 1 mm a 3 mm y conformación buena; con grasa superficial de 4 mm a 6 mm y conformación excelente o buena.
- Corderos pesados con grasa superficial de 3 mm a 6 mm y conformación buena; con grasa superficial de 7 mm a 10 mm y conformación excelente o buena.
- Borrego primal con grasa superficial de 5 mm a 10 mm y conformación excelente.

- **México 2 (MEX 2).** Son canales procedentes de:

- Corderos livianos con grasa superficial de 1 mm a 3 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 4 mm a 6 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 7 mm a 10 mm y conformación excelente, buena o deficiente.
- Corderos pesados con grasa superficial de 3 mm a 6 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 7 mm a 10 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 11 mm a 15 mm y conformación excelente, buena o deficiente.
- Borrego primal con grasa superficial de 5 mm a 10 mm y conformación buena; con grasa superficial de 11 mm a 15 mm y conformación excelente o buena.
- Borrego adulto con grasa superficial de 5 mm a 15 mm y conformación excelente.
 - **Fuera de Clasificación (F/C).** Son canales que quedan fuera de los grados de calidad antes mencionados.
 - **No Clasificada**

Se le asigna la denominación de no clasificada a aquella canal cuyo propietario elija que ésta no entre al proceso de clasificación conforme a la presente norma (NMX-FF-106-SCFI-2006).

III. JUSTIFICACIÓN

Los granos de maíz y sorgo (representan alrededor del 80% de los costos totales en un ciclo de producción) utilizados en la finalización de cordero en corral hace que este sistema de producción tenga baja rentabilidad. Por tal motivo, es necesario buscar alternativas para reducir el uso de granos (maíz y sorgo). En este sentido, se podría reducir la cantidad de grano en la dieta al agregar propionato de calcio o propionato de sodio, con similar eficiencia alimenticia en relación a la dieta sin propionato.

Objetivo general: Determinar el efecto del propionato de calcio y propionato de sodio en la respuesta productiva y características de la canal y de carne corderos en finalización.

HIPÓTESIS:

Ho: la sustitución del 2% propionato de calcio o el 2% propionato de sodio por grano de sorgo en la dieta de corderos en finalización mejora la respuesta productiva y el rendimiento de la canal.

IV. MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, con un clima templado semi-seco, con la mayor parte lluvias en verano y otoño, con una temperatura media anual de 15.9 °C y una precipitación media anual de 686 mm. Sus coordenadas geográficas son 19.52° N y 98°. 88 O. Con una altitud aproximada de 2,250 metros sobre el nivel del mar (García, 2004).

5.1 Manejo de los corderos

Se utilizaron 33 corderos machos enteros Pelibuey (28.0 kg \pm 3.4 kg PV) los cuales fueron desparasitados con salicilanilida al 5% (1 ml/10 Kg/PV Closantel ®) vía oral y simultáneamente se les aplicó una inyección subcutánea de vitaminas (2 mL/animal Vigantol ®: Vitaminas A; 500,000 U.I, D; 1.875 mg, y E; 50 mg), 15 días posteriores a la primera aplicación se aplicó Ivermectina al 1% (1 ml/50 Kg/PV, Ivomec ® vía subcutánea), Los corderos tuvieron un período de 21 días de adaptación a la dieta y a las jaulas individuales (de 1.2 m x 0.5 m). Disponían de agua *ad libitum* y se ofreció el alimento dos veces al día a las 9:00 h y 16:00 h.

Los corderos fueron distribuidos completamente al azar en tres tratamientos con 11 repeticiones por tratamiento: T1: 0% propionato, T2: 2% propionato de calcio y T3: 2% de propionato de sodio. El experimento tuvo una duración de 67 días después del periodo de adaptación, y 3 periodos de muestreos para la recolección de heces y líquido ruminal.

5.2 Elaboración de Dietas

Se formularon de acuerdo a National Research Council (NRC 2007) para pequeños rumiantes Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición química.

Ingredientes, % MS	Sin Propionato	Propionato de Calcio 2%	Propionato de Sodio 2%
Alfalfa henificada	18	31	31
Sorgo molido	50	30	30
Pasta de soya	9	7	7
Melaza	8	8	8
Salvado de trigo	8	10	10
Cascarilla de soya	5	10	10
Núcleo**	2	2	2
Propionato de Calcio	0	2	0
Propionato de Sodio	0	0	2
Composición química			
Materia Seca	88.78	88.78	88.78
Materia orgánica	94.68	94.62	94.32
Cenizas	5.32	5.38	5.68
Extracto etéreo	2.35	2.35	2.35
Calcio	1.22	1.87	1.24
Sodio	0.03	0.03	0.07
PC	16.21	15.57	15.78
FDA	14.94	17.74	19.28
FDN	25.74	30.29	31.26
ENm, Mcal/kg	1.6	1.6	1.6
ENg, Mcal/kg	1.02	1.02	1.02
EM, Mcal/kg	2.55	2.55	2.55
ED, Mcal/kg	2.9	2.9	2.9

**Núcleo = Calcio 29.7%, Sodio 7.09 %, Fósforo 9.5%, Magnesio 1.7%, Zinc 4,068 ppm, Manganeso 3,328 ppm, Hierro 2,220 ppm, Cobre 13.5 ppm, Iodo 14.17 ppm, Selenio 41.48 ppm, Cobalto 18.60 ppm, Vit A 150,000 UI, Vit D 25,000 UI, Vit E 150.60 UI, Ionóforo 151.60 ppm, PC (proteína), FDA (Fibra Detergente Acido) y FDN (Fibra Detergente Neutro).

Las dietas fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa en Ganadería del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Se determinó el porcentaje de materia seca 930.15 (MS), proteína total 945.01 (PT), materia orgánica (MO), cenizas 942.05 y grasa total 954.02 (GT) de acuerdo a la metodología

AOAC (2005). El porcentaje de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Acido (FDA) Van Soest, *et al.*, (1991).

5.3 Ensayo de Crecimiento

Se midió el consumo de alimento diario (peso del alimento ofrecido menos el peso del alimento rechazado), ganancia de peso (se determinó por diferencia del peso final menos el peso inicial) con una báscula de gancho colgante Tor-Rey digital de 200 kg de capacidad y precisión de 50g/0.1lb, conversión alimenticia (kg de alimento consumido entre kg de ganancia de peso), eficiencia alimenticia (kg de ganancia de peso entre kg de alimento consumido), además el último día del periodo se midió la grasa dorsal con ultrasonografía (Delfa *et al.*, 1995).

Se colectaron muestras de heces durante 5 días al inicio de cada periodo a las 10:00 am con bolsas colectoras individuales, las cuales se pesaron diariamente y del total se tomó el 20%, mezclando las 5 muestras y del cual se tomó el 20% para estimar la digestibilidad aparente de la materia seca mediante el análisis de (CIA) cenizas ácido insoluble (Keulen y Yung, 1977).

5.4 Fermentación Ruminal

El líquido ruminal se colectó en tres periodos por sonda esofágica el último día de muestreo (días 35, 49, y 63) del periodo experimental a las 3 horas postprandial, se midió pH con un potenciómetro portátil marca ORION. El líquido ruminal se acidificó con ácido metafosfórico al 25% en una relación de 1:4, se agitó y se almacenó a 4°C, para posteriormente determinar la concentración de (AGV) ácidos grasos volátiles (ácido acético, propiónico y butírico) por cromatografía de gases, con un cromatógrafo Perkin Elmer con inyector automático, con temperatura de 100°C en el horno, columna (Elite FTP18 de 30 m de longitud), 250°C para el detector de ionización de flama (Neir y Bonelli, 1969). Se determinó la concentración de nitrógeno amoniacal con un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible, marca VARIAN modelo CARY1-E a una longitud de onda de 630 nm (McCullough, 1967).

5.5 Rendimiento y Medición de la Canal

Fueron sacrificados los corderos en un peso promedio de 43.05 ± 2.7 kg PV en un rastro del restaurante “Don Gil” km 32, Lechería - Texcoco, El Faro, Acolman, México a los 63 días del periodo experimental y las variables de medición fueron: peso al sacrificio, peso de la canal, peso de vísceras (corazón, pulmones e hígado) y el peso de la piel, la grasa dorsal y grasa mesentérica (Cañeque y Sañudo 2000).

Se obtuvieron los porcentajes de los tejidos corporales en peso al momento del sacrificio, los cuales incluyen: la sangre, piel con pelo, vísceras, cabeza y las extremidades (manos y patas)

Rendimiento de la canal: Se determinó en base a la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento comercial} = (\text{PCC/PVS}) \times 100$$

Dónde:

PCC = Peso canal caliente (peso de la canal al momento del sacrificio).

PVS = Peso vivo previo al sacrificio.

5.6 Análisis de Laboratorio

Se obtuvieron 16 muestras (800 g de carne) del músculo *Longissimus dorsi* de las canales refrigeradas a 4 °C (Edward, 1979). Se midió pH a las canales al momento del sacrificio y a las 24 horas *postmortem* directamente en el músculo *Longissimus dorsi* entre la 12^a y 13^a costilla con un potenciómetro de punta de la marca HI99163 (Guerrero *et al.*, 2002).

Para el análisis de textura se cortó con un cuchillo un trozo de carne de 1 cm de grosor y 3 cm de longitud. La textura de la carne se midió con un texturómetro de la marca TA-XT2, con una navaja Warner - Bratzler (AMSA, 1995). El color se midió a una porción del musculo *longissimus dorsi*, la cual fue cortada en forma de cuadrado, a las 24 horas del sacrificio con un colorímetro Cónica Minolta con el cual se tomaron los valores de L (luminosidad), a (rojo) y b (amarillo). La grasa total de la canal se determinó con la técnica de extracto etéreo (954.02) con la técnica de extracción Soxhlet (AOAC, 2005), la proteína total (954.01), y cenizas totales

(942.05) (AOAC, 2005). Para la capacidad de retención de agua (CRA), se picó 10 g de carne y se colocó en tubos de plástico de 50 mL para centrifuga, se agregaron 16 mL de solución de NaCl al 0.6 M, se refrigeraron durante 30 minutos y posteriormente se metieron a centrifugar a 3634 x g durante 30 minutos y al final se decantó cada tubo y el sobrenadante se midió en una probeta graduada de 100 mL para obtener la cantidad de agua retenida por cada gramo de muestra (Guerrero *et al.*, 2002).

5.7 Diseño Estadístico

El diseño estadístico fue bloques al azar destruidos en tres tratamientos, comparación de medias por Prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988). Las variables eficiencia alimenticia, digestibilidad aparente, nitrógeno amoniacal y producción de AGV, fueron analizados usando medidas repetidas (MMC + EEM) con el procedimiento MIXED de SAS (2003) con un diseño de Bloques Completos al Azar. El modelo incluyó los efectos principales de bloques, tratamientos, periodos y la interacción tratamiento x periodo. La estructura de covarianza apropiada para cada variable se determinó probando diferentes estructuras.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + t_j + \phi_{ij} + P_k + \tau P_{jk} + \xi_{ijkl}$$

Donde: Y_{ijk} = Variable de respuesta μ = Media general R_i = Efecto del i-ésimo bloque o repetición ($i=1,2,\dots,6$)
 t_j = Efecto del i-ésimo tratamiento ($1,2,\dots,4$) ϕ_{ij} = Efecto de la repetición en tratamiento (Error A). P_k = Efecto del k-ésimo periodo de prueba tP_{jk} = Interacción tratamiento x periodo ξ_{ijkl} = Error aleatorio; $\xi_{ijkl} \sim N(0,)$

Los resultados obtenidos de cada variable (variables fisicoquímicas y rendimiento corporal) se analizaron estadísticamente con el paquete SAS versión 9.1 las medias estadísticas se compararon con la prueba de Tukey (SAS, 2012) utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

($i = 1$ y 2 tratamientos)

($j = 1, 2, 3, 4, \dots, 11$ repeticiones)

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Ganancia en peso

La ganancia de peso (Figura 5) está representada en función de los días del periodo de evaluación, para los tres tratamientos, (T1=Testigo, T2= T1 + propionato de calcio 2% y T3= T1 + propionato de sodio 2%) se ajustaron a un modelo de regresión lineal con coeficiente de determinación altamente significativo, para el tratamiento testigo el incremento en peso en función de los días transcurridos fue de 0.17 kg día⁻¹ mientras que para el tratamiento de propionato de calcio el incremento de peso es de 0.20 kg día⁻¹ y para el tratamiento con propionato de sodio el incremento es de 0.21 kg día⁻¹.

Sin embargo, en el estudio realizado por Zhang *et al* (2015) respecto a ganancia de peso en novillos al adicionar propionato de calcio a la dieta (200g d⁻¹) encontraron incrementos en esta variable. Similarmente Lee-Rangel *et al.* (2012), observaron incrementos en ganancia de peso por efecto de la adición de propionato de calcio (0 y 1% respectivamente) donde se incluyó 55% de grano más propionato de calcio en la dieta para corderos en finalización.

Peiris *et al.* (1998), evaluando la suplementación de grano en un 80% y propionato de sodio (65 g d⁻¹), observaron diferencias en el peso vivo de novillos (P<0.05) donde obtuvieron valores más altos de 943 g día⁻¹ cuando se adicionó propionato de sodio, sin embargo, Beiranvand *et al.* (2014). al incluir en la dieta de terneros Holstein en crecimiento propionato de sodio al 2% evaluaron características del rumen, además del peso corporal semanalmente, reportan que la ganancia diaria promedio y peso final, no tuvo efecto por la inclusión del propionato de sodio. Por otra parte Mendoza *et al.*, (2015) al evaluar propionato de calcio (0, 10 y 20 g kg⁻¹) no encontraron diferencias (P< 0.05) en cuanto a la ganancia de peso, sin embargo los resultados muestran que un aumento en la dosis de propionato de calcio mejora la ganancia de peso con valores en los tratamientos de 10 g kg⁻¹ de 223 g día⁻¹ y 221 g día⁻¹ para el tratamiento con 20 g kg⁻¹ de propionato de calcio siendo mejores con respecto al testigo de 20 g día⁻¹

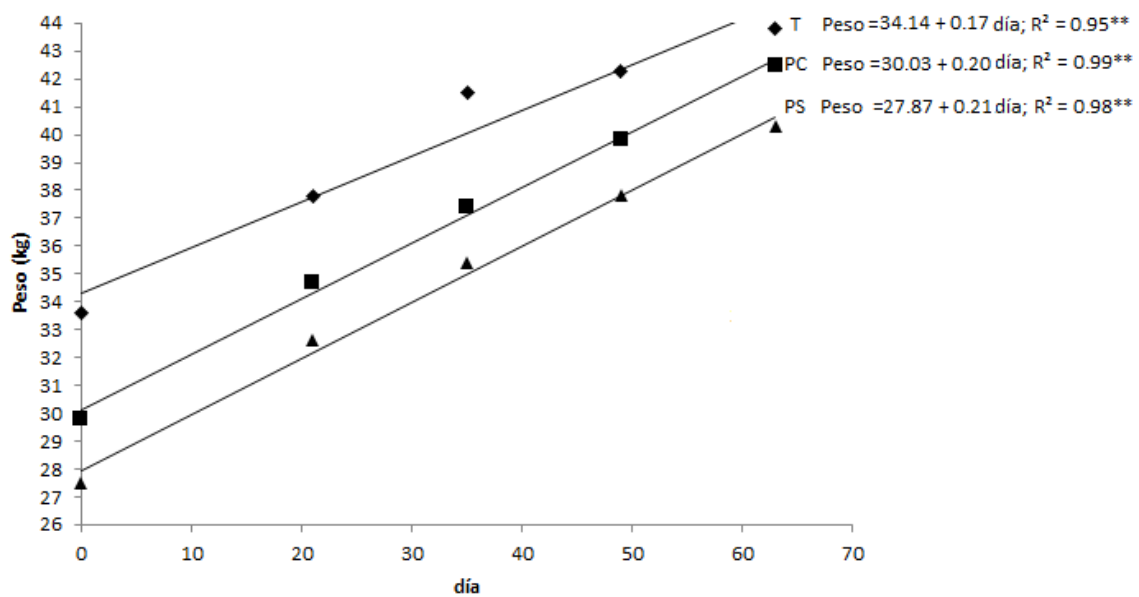


Figura 5. Ganancia en peso en función de los días del periodo de evaluación, para los tres tratamientos estudiados; T= testigo, PC= propionato de calcio 2%, PS= propionato de sodio 2%.

5.2 Eficiencia alimenticia total.

El Cuadro 4 muestra la variable de eficiencia alimenticia total, la cual presentó diferencias ($P=0.002$) siendo mayor cuando se adicionó de propionato de calcio y propionato de sodio al 2%, esto se debe a la mayor producción y absorción de energía que aportan los propionatos en la dieta.

Cuadro 4. Eficiencia alimenticia total en corderos en finalización alimentados con propionato de calcio y sodio.

Variable	Tratamientos			P ≤ 0.05		
	0% Propionato	2% Propionato de calcio	2% Propionato de sodio	DMS	EEM	P
Eficiencia alimenticia Total	0.12 ^{b*}	0.15 ^a	0.15 ^a	0.02	0.0048	0.002

DMS= diferencia mínima significativa, EEM= Error estándar de la media * P≤0.05; ** P≤0.001, *= variables con literales diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes.

En la investigación realizada por Lee-Rangel *et al.*, (2012), no encontraron diferencias (P>0.05) en la eficiencia alimenticia con la adición de (0 y 1% de propionato de calcio en la dieta para corderos en finalización).

5.3 Parámetros de fermentación ruminal

El Cuadro 5 muestra los resultados de las variables de eficiencia alimenticia en cada periodo, digestibilidad aparente, pH de líquido ruminal, nitrógeno amoniacal y la producción de AGV con la adición de propionato de calcio y propionato de sodio al 2%, la variable que presentó diferencias (P<0.05) por periodos y entre tratamientos es digestibilidad aparente, con incrementos respecto al testigo (0% propionato) de 1.57%, para el tratamiento con 2% de propionato de calcio y de 6.32% para el tratamiento con 2% de propionato de sodio, entonces, el aumento en la proporción de propionato ruminal influye para que las dietas sean energéticamente más eficientes. (Bergman, 1990) En dietas altas en almidón, las proporciones molares de acetato son menores que las de propionato en ovinos y las dietas altas en forraje, promueven una mayor producción de acetato (Swanson *et al.*, 2000). White *et al.*, (2000) al alimentar novillos con adición de propionato de calcio en las dietas a base de grano de sorgo encontraron diferencias (P>0.05). Peiris *et al.*, (1998), al evaluar las dietas con grano y propionato de sodio (0 g y 0.8 g) en la alimentación de novillos, no obtuvieron diferencias (P>0.05) en la digestibilidad aparente de materia seca por efecto de tratamientos.

Respecto al pH de líquido ruminal se encontraron diferencias (P<0.05), con valores para el testigo (0% propionato) de 6.37, para el tratamiento con 2% de propionato de calcio de 6.64 y para el tratamiento con 2% de

propionato de sodio de 6.55, Sin embargo Beiranvand *et al.*, (2014), Al incluir 2% propionato de sodio en la dieta de terneros Holstein en crecimiento, reportan diferencias ($P<0.05$) para pH del líquido ruminal. Por otra parte concentración de ácidos grasos volátiles no presentaron diferencias, pero al haber un incremento en la concentración de los AVG, el pH ruminal se disminuye (Brown *et al.*, 2006) y la producción de AGV no aumento por efecto de tratamientos.

Cuadro 2. Porcentaje de eficiencia alimenticia, digestibilidad aparente nitrógeno amoniacal y parámetros de fermentación ruminal.

Variable	Tratamientos			EEM	Periodo			P>F			
	Sin Propionato	Propionato de calcio, 2%	Propionato de sodio, 2%		1	2	3	EEM	T	P	T*P
Digestibilidad Aparente	75.67	77.24	83.56	0.87	71.18	80.65	76.64	0.86	0.05	0.054	0.05
Eficiencia alimenticia	0.11	0.12	0.11	0.01	0.08	0.13	0.12	0.01	0.16	0.001	0.37
Ph de fluido ruminal	6.37	6.64	6.55	0.45	6.38	6.54	6.65	0.04	0.001	0.0001	0.0007
Nitrógeno Amoniacal	14.53	10.85	12.5	0.93	11.72	13.08	13.08	0.69	0.04	0.11	0.12
AGV (mol/ 100 moles de AGV)											
Acético	48.72	48.06	47.47	0.76	47.32	48.36	48.57	1.16	0.53	0.77	0.99
Propiónico	23.45	25.52	27.36	0.98	26.99	25.09	26.25	1.09	0.32	0.50	0.59
Butírico	25.82	26.40	25.16	0.92	25.68	26.54	25.17	0.90	0.64	0.54	0.10
A:P	29.63	29.12	28.94	0.51	47.32	24.18	16.19	0.74	0.63	<0.0001	0.99

EEM= Error estándar de la media, T=Tiempo, P=Periodo, t*p=Tiempo por periodo, A: P= Relación acético Propiónico.

Mendoza *et al.*, (2015) obtuvo resultados similares a los encontrados en la presente investigación con la adición de propionato de calcio (1 y 2% respectivamente) a la dieta de borregos en finalización no encontraron diferencias ($P>0.05$) en la concentración de AGV, debido principalmente al porcentaje grano y la adición de propionato de calcio en la dieta no altera en metabolismo microbiano.

En contraparte Beiranvand *et al.*, (2014), encontraron diferencias en la concentración de AGV, al incluir 2% propionato de sodio en la dieta de terneros Holstein en crecimiento. Peiris *et al.*, (1998), con la adición de propionato de sodio (0 y 0.8%) en la alimentación de novillos en el cual se observaron diferencias ($P<0.05$) en la concentración de los AGV.

5.4 Variables físicas y químicas de la carne

El Cuadro 6 presenta las variables físicas y químicas que presentaron diferencias ($P < 0.05$) por efecto de tratamientos, color: luminosidad (L), y amarillo (b), los valores de L son los más altos en el testigo con 38.4, para el tratamiento con propionato de calcio 2% de 34.83 y para el tratamiento con propionato de sodio 2% de 36.34, lo cual significa que el testigo (propionato 0%) fue mayor en 3.57 respecto al T2 (propionato de calcio 2%) y 1.51 respecto al T3 (propionato de sodio 2%) esto indica el uso del propionato genera un color con menos intensidad en la carne y sea más clara (Hunt *et al.* 1991). Lo anterior representa una desventaja para los tratamientos con propionato ya que disminuye la intensidad del color en la carne. Para la variable color amarillo (b), presenta diferencias ($P < 0.05$) (con valores de T1= 4.9, T2= 3.97 y T3= 4.00). Lo anterior significa que los incrementos de tratamiento testigo respecto a los tratamientos con propionato de calcio y sodio al 2% respectivamente fueron de 0.93 y 0.90. Estos resultados se atribuyen principalmente a la diferencia de grano y de proteína contenida en cada uno de los tratamientos.

En la investigación realizada por Spears *et al.* (2003) al alimentar novillos con la adición de (0 y 4%) de propionato de calcio en la dieta, no encontraron diferencias ($P > 0.05$) en el área de musculo y espesor de grasa, por efecto de tratamiento.

Las variables área del músculo, grasa, capacidad de retención de agua (CRA), proteínas, cenizas y húmedas no presentaron diferencias por efecto de tratamientos, El pH tampoco presentó diferencias, lo que indica que los corderos no se estresaron demasiado al momento del sacrificio (Ramírez *et al.*, 2007), lo cual tiene una estrecha relación con la CRA (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005), aunque no presentó diferencias estadísticas. Ross *et al.* (1985) muestran que el nivel de concentrado de propionato no afecta las características de la canal, con excepción del área de la chuleta, y otros factores como edad, sexo, raza, e incluso las condiciones ambientales pueden influenciar las características de la canal. Al igual que Lee-Rangel *et al.* (2012) no encontraron diferencias ($P > 0.05$) en área de la chuleta con la adición de propionato de calcio (0 y 1%) en la dieta para corderos en finalización. De la misma manera, al adicionar propionato de calcio a la dieta (0 y 2.5%) para

novillos no encontraron diferencias ($P>0.05$), sobre la calidad de la carne (proteína, grasa y contenido de la ceniza), lo cual coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación. El propionato no modifica cada una de estas variables químicas (Zhang, 2015)

Cuadro 6. Variables físicas y químicas de la carne de corderos en finalización alimentados con propionato de calcio y de sodio.

Variables	Tratamientos			$P \leq 0.05$		
	0% Propionato	2% Propionato de calcio	2% Propionato de sodio	DMS	EEM	P
Área de músculo (cm^2)	1.11	1.07	1.68	1.32	217	0.450
Grasa (mm)	3.10	3.45	3.27	0.5	0.08	0.210
CRA (mL g^{-1})	0.13	0.15	0.20	0.1	0.02	0.300
Proteína (%)	21.2	20.99	21.38	1.6	0.234	0.800
Textura (Kg cm^{-2})	2.97	2.54	2.56	6.29	0.17	0.140
Cenizas (%)	3.71	3.76	3.70	0.4	0.77	0.930
Humedad (%)	70.8	71.46	70.76	2.6	0.37	0.730
Color *L	38.4 ^a	34.83 ^b	36.34 ^{ab}	2.3	0.52	0.003
*a	21.2	19.84	19.62	1.7	0.30	0.050
*b	4.9 ^a	3.97 ^b	4.00 ^b	0.8	0.17	0.003
pH al sacrificio	5.7	5.88	5.71	0.5	0.1194	0.610
pH (24 horas <i>postmortem</i>)	5.2	5.31	5.32	0.5	0.068	0.920

DMS= diferencia mínima significativa, EEM= Error estándar de la media, * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.001$, L= Luminosidad, a = rojo, b= amarillo,

CRA = Capacidad de retención de agua *= variables con literales diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes.

5.5 Rendimiento corporal

El Cuadro 7 presenta las variables de rendimiento corporal con los resultados respectivos para cada una de las variables los cuales no presentan diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos T1= Testigo en relación con los tratamientos T2= T1 + 2% de propionato de calcio y T3= T1 + 2% de propionato de sodio. El propionato de calcio y sodio en la dieta no modifica el peso y tamaño de las extremidades de los corderos en finalización.

El trabajo realizado por Lee-Rangel *et al* (2012), con la adición de propionato de calcio (0 y 1%) en la dieta para borregos en finalización, no encontraron diferencias ($P < 0.05$) en el rendimiento.

Cuadro 7. Rendimiento corporal de corderos en finalización alimentados con propionato de calcio y sodio.

Variable (kg)	Tratamientos			DMS	$P \leq 0.05$	
	0% Propionato	2% Propionato de calcio	2% Propionato de sodio		EEM	P
Peso vivo sacrificio	44.87	43.05	41.22	3.02	0.45	0.39
Rendimiento (%)	53.63	51.62	50.32	3.49	0.96	0.06
Sangre	1.69	1.67	1.71	0.32	0.05	0.95
Piel	4.08	3.99	3.51	0.92	0.15	0.26
Patas	0.93	0.89	0.89	0.08	0.01	0.27
Cabeza	2.20	1.96	2.08	0.56	0.08	0.55
Hígado	0.84	0.83	0.90	0.15	0.02	0.41
Tráquea	0.10	0.28	0.10	0.36	0.05	0.33
Vesícula	0.12	0.23	0.14	0.24	0.04	0.47
Pulmones	0.55	0.64	0.57	0.16	0.02	0.35
Corazón	0.31	0.27	0.28	0.07	0.011	0.31
Vejiga	0.06	0.05	0.06	0.02	0.003	0.53

DMS = diferencia mínima significativa, EEM = Error estándar de la media, * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.001$,

El Cuadro 8 muestra los resultados de las variables que presentan diferencias ($P < 0.05$) por efecto de tratamientos: testículos con valores de 0.49 kg para propionato 0%, 0.62 para 2% propionato de calcio y de 0.50 para 2% de propionato de sodio 2% para la variable de rumen lleno los valores son de 3.21 para el tratamiento

de 0% propionato, 3.19 para el tratamiento con propionato de calcio 2% e intestino lleno con valores de 2.01 para el tratamiento testigo, 2.96 para el tratamiento con propionato de calcio 2% y 2.80 para el tratamiento con propionato de sodio 2%. Lo anterior se debe a que el cordero de lana tiene un mayor peso de testículos rumen e intestino lleno cuando se adiciona el propionato de calcio y de sodio.

Cuadro 8. Rendimiento corporal de corderos en finalización alimentados con propionato de calcio y sodio (continuación).

Variable (kg)	Tratamientos			P ≤ 0.05		
	0% Propionato	2% Propionato de calcio	2% Propionato de sodio	DMS	EEM	P
Testículos	0.49 ^{b*}	0.62 ^a	0.50 ^b	0.11	0.02	0.020
Bazo	0.09	0.09	0.09	0.02	0.003	0.940
Rumen Lleno	3.21 ^b	3.19 ^b	3.43 ^a	0.2	0.31	0.020
Rumen Vacío	1.22	1.41	1.40	0.36	0.06	0.300
Intestino lleno	2.01 ^b	2.96 ^a	2.80 ^a	0.54	0.18	0.003
Intestino vacío	1.40	1.74	1.39	0.42	0.08	0.090
Grasa de rumen	0.38	0.41	0.31	0.44	0.10	0.850
Mesenterio	0.87	1.06	1.16	0.52	0.07	0.360

DMS= diferencia mínima significativa, EEM= Error estándar de la media, * P≤0.05; ** P≤0.001, *= variables con literales diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes.

VI. CONCLUSIONES

La adición de propionato de calcio y propionato de sodio en la dieta de corderos en finalización no afectan la composición fisicoquímicas de la canal, excepto el color que es menos estable con los tratamientos con propionato de calcio y sodio. En los tratamientos con propionato de calcio y sodio se observó una mejor eficiencia alimenticia. El análisis de los resultados indica que la inclusión de propionato de calcio o sodio como ingrediente energético permite reemplazar parcialmente el grano en dietas para corderos en finalización.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguirre B. R. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) 2014. Corderos, Carne, Producción y Comercio http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1415886793-Corderos2014.pdf)
- AMSA. 1995. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Savoy IL American meat Science Association. P. 104.
- AOAC. 2005. Official methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. Ed. 18th. Published by AOAC international 481 north Frederick Avenue Gaithersburg Maryland 20877-2417 USA. P. 2, 8, 24 y 40.
- APHA - AWWA - WPCF. 1975. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” 14th edition. American Public Health Association- American Water Works Association- Water. Pollution Control Federation. Baltimore MD. USA. P.19.
- Bach, A., Calsamiglia, S. and Stern, M.D. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. J. of Dairy Sci. 88: E9-E21
- Barrios, 2005. Crianza de corderos. Serie Agronegocios. Grupo ed. Iberoamericano S.A. de CV. México. P. 66.
- Bas, P. Berthelot, V. Duvaux-Ponter, C. Sauvant, D. Schmidely, P. 2000. Effect of dietary propionate on fatty acid composition of lamb adipose tissues. Cahiers Options Méditerranéennes. 52: 133–135.
- Beiranvand, H. Ghorbani, G. R. Khorvash M, Nabipour, A. Dehghan, B A. Homayouni, A. 2014. Interactions of alfalfa hay and sodium propionate on dairy calf performance and rumen development. American Dairy Science Association. J. Dairy Sci. 97: 2270–2280.
- Bergman, E. N. 1990. Energy contributions of volatile fatty acids in the sheep rumen. Physiol. Rev. 70: 567-590.
- Bronner, F. 1998. Calcium absorption—A paradigm for mineral absorption. J. Nutr. 128. P. 917.
- Calcium propionate Livestock, 2002. Compiled by the Center for Food and Nutrition Policy (CFNP), Virginia Tech-Alexandria

- Brown M. S., C. H. Ponce, and R. Pulikanti. 2006. Adaptation of beef cattle to high- concentrate diets: Performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 84: 25- E33.
- Calcium propionate Livestock, 2002. Compiled by the Center for Food and Nutrition Policy (CFNP), Virginia Tech-Alexandria.
- Cañeque, V. y Sañudo, C. 2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ciencia y Tecnología. Madrid, España. P. 255.
- Caorsi, M. M. L. Olivera, A. A. P. 2005. Efecto del método de conservación de distintos materiales de grano de sorgo sobre la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de la materia seca. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. P. 68.
- Care, A. D. Brown, R. C, Farrar, A. R and Pickard, D. W. 1984. Magnesium absorption from the digestive tract of sheep. *Q. J. Exp. Physiol.* 69: 577-587.
- Cirio, A. y Tebot I. 2000. Fisiología Metabólica de los Rumiantes. Montevideo, Facultad de Veterinaria, P. 145.
- Delfa, R. Teixeira, A. González, C. and Blasco, A. 1995. Ultrasonic estimates of fat thickness and *longissimus dorsi* muscle depth for predicting carcass composition of live Aragon lambs. *Small Ruminant Research*, 16: 159-64.
- Diaz C., A. 2001. Introduccion a la Digestion Ruminal. Departamento de Nutricion Animal. Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Unam. Mexico, D.F. P 3-6.
- Dijkstra, J. 1994. Simulation of the dynamics of protozoa in the rumen. *Br. J. Nutr.* 72: 679-699.
- Drackley, J. K. T. Overton, and G. N. Douglas. 2001. Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism on liver of dairy cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 84: 100-112.
- Edward, S. K. 1979. Handbook for meat chemists. Every Publishing Group Inc. Wayne, New Jersey. P. 144.

- Ramírez B. E., Hernández C. L., Guerrero L. I. y Hernández C. L. M. 2007. Calidad de la carne y análisis sensorial en ovinos de pelo y lana provenientes de engorda intensiva en México. Vº Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Mendoza, Argentina. Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México Texcoco, Edo. de México. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. P.3
- FAO. 2013. Índice de precios de canal ovino y producción. Consulta abril 13, 2015 disponible en la web http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/138176370212482.pdf (online).
- FAO. 2015. Situación Alimentaria Mundial. Fecha de consulta abril 13, 2015. Disponible en la web; <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>.
- Galyean, M. L. Wagner, D.G. y Owens F.N. 1981. Cattle feed based diets high in grain. *J. Dairy Sci.* 64: 1804-1812.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, instituto de geografía. México. P. 91.
- Gerhartz, W. 1985. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 5th ed. Vol A1: Deerfield Beach, FL: VCH Publishers. P. 386
- Goff, J. P. and Horst, R. L. 1993. Oral administration of calcium salts for treatment of hypocalcemia in cattle. *J. Dairy Sci.* 76: 101-108
- Guada, J. 1993. Efectos del procesado sobre la degradabilidad Ruminal proteína y almidón. ix Curso de Especialización FEDNA. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos Facultad de Veterinaria de Zaragoza. P. 1-14.
- Guerrero, L. I. A. E. Ponce y M. L. Pérez. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. D.F., México. P. 171.
- Hanson, D., C. Calkins, and J. Horton. 2002. Oral dosage with NutroCal (calcium propionate) to enhance beef tenderness. In 2002: Nebraska Beef Cattle Report. Dep. Anim. Sci., Univ. Nebraska, Lincoln. P. 87.

- Herrera, S. R. E, Huber, J. T. and Poore, M. H.. 1990. Dry matter, crude protein and degradability of five cereal grains. *J. Dairy Sci.* 73: 2386-2393.
- Holden, L. A. 1999. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. *J. Dairy Sci.* 82: 1791- 1794.
- Huff-Lonergan, E and Lonergan S.M. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci.* 71:194-204.
- Hui, Y. H., Guerrero I., Rosmini M. 2006. *Ciencia y Tecnología de Carnes*. Editorial Limusa. México. P. 110.
- Hunt, M.C., J. C. Acton, R.C. Benedict, C. R. Calkins, D. P. Cornforth, L. E. Jeremiah, D. G. Olson, C. P. Salm, J. W. Savell, S. D. Shivas. 1991. *Guidelines for Meat Colour Evaluation*. AMSA Publications. 44: 3 – 17.
- Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75:852-867.
- Huntington, 2006 G. B., D. L. Harmon, and C. J. Richards. 2006 sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J. Animal Sci.* 84: 14-24.
- INEGI, 2012, *El Sector Alimentario en México 2012, Estadísticas Sectoriales*. Fecha de consulta abril 15, 2015. Disponible en la web; http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/ espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/SAM/2012/sam2012.pdf.
- Keulen, J. V. and B. A. Young. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Animal Sci.* 44: 282-287.
- Koohmaraie, M. 1992. The role of Ca⁺²- dependent proteases (calpains) in postmortem proteolysis and meat tenderness. *Biochemistry* 74: 239-245.
- Lee-Rangel, H A, Mendoza GD, González SS. 2012. Effect of calcium propionate and sorghum level on lamb performance. *Anim. Sci. Technology* 177: 237–241.

- Nava, C. y Díaz, A. 2001. Introducción a la Digestión Ruminal. Fecha de consulta abril 15, 2015).
http://www.produccion,animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79_introduccion_a_la_digestion_ruminal.pdf.
- Nier, H. Macy Bonelli, E. J. 1969. Basic gas chromatography. 2nd. Varian Instruments División Offices. P. 18.
- NMX-FF-106-SCFI-2006. Productos Pecuarios - Carne de Ovino en Canal - Clasificación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de marzo de 2006.
- Nolan, J.V. & Dobos, R.C. 2005. Nitrogen Transactions in Ruminants. En: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion, Second edition; P. 177-206.
- Majdoub, L. Beylot, M. Vermorel, M. & Ortigues-Marty, I. 2003. Propionate supplementation did not increase whole body glucose turnover in growing lambs fed rye grass. *Reproduction Nutrition Development* 43: 357–370.
- Majdoub, L. Vermorel, M. y Ortigues, I. 2003. Intraruminal propionate supplementation modifies hindlimb energy metabolism without changing the splanchnic release of glucose in growing lambs. *British Journal of Nutrition* 89: 39–50.
- Mendoza, M. G. D. Pinos, R. J. M. Lee-Rangel, H. A. Hernández, G. P. A., Rojo, R. R. and Relling, A. 2015. Effects of dietary calcium propionate on growth performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Anim. Production Sci.* 10: 1-5.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin. Chem.* 17: 297-304
- Mora, J. G, Bárcena, G. R, Mendoza, M. G D., González M. S. S. Herrera, H. J. G. 2002. Respuesta productiva y fermentación ruminal en corderos alimentados con grano de sorgo Tratado con amilasas, *Agrociencia.* 36: 131-139.
- Muir, P. D. Deaker, J. M and Bown , M.D.. 1998. Effect of forage and grain based feeding system on beef quality: A review. *N.Z. J Agric. Res.* 41: 623-635.

- Orskov, E. R. y McDonald, I. 1979. Protein degradability in prairies for rotational grazing in the coast of cantabria and its prediction. J. Agric. Sci. 92: 499-503
- Owens, F. N. 1999. El impacto de la fuente de los granos y de su procesamiento, en rendimiento y engorde bovino. En: Congreso Nacional de engorde a corral, 15 y 16 de junio, Bs.As. Argentina. P. 45.
- Peiris, H. Elliott R. and Norton B. W. 1998. Supplementary grain and sodium propionate increase the live weight gain and glucose entry rates of steers given molasses diets. J. Agric. Sci. 130: 205-211.
- Peláez, V. H. 2005. Clasificación de Canales y Calidad de Carne, Curso de Clasificación de Calidad de Canales en Corderos, febrero, Puebla, Pue. P. 4.
- PQBio, 2013, Nutrición Animal I. fecha de consulta abril 15, 2015. También disponible en la web;<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt|=5&tipo=1¬e>. P. 95.
- Rojo, R. R. Mendoza, G. D. González, M. S. Suárez, M. M. E Bárcena G O. R., y Landois P. L.. 2000. Digestibilidad *in situ* y respuesta productiva de corderos alimentados con dietas basadas en grano de sorgo tratado con amilasas. Asociación Mexicana de Producción Animal. Tapachula, Chis. México. P. 205-208.
- Romero, B. V. A. López, D. J. M. y Gómez, A. R. A. 1992. Digestibilidad de dietas de engorda tratadas con enzimas para grano de sorgo. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Chihuahua, Chih. P. 181.
- Ross, T. T. Galyean, M. L. Thomas, J. D. and Ruppe, D. M. 1985. Feedlot performance and nutrient digestibility in lambs fed diets with alternating high and low concentrate levels. SID Res. Dig. 2:15-19.
- SAGARPA 2015, <http://sagarpa.gob.mx/Delegaciones/tlaxcala/boletines/Paginas/B0102015.aspx>.
- Sano, H., y Fujita, T. 2006. Effect of supplemental calcium propionate on insulin action to blood glucose metabolism in adult sheep. Department of Agro-bioscience, Faculty of Agriculture, Iwate University, Ueda 3-18-8, Morioka 020-8550, Japan. P. 9-18.
- Sañudo, C. Sanchez A. and Alfonso M. 1998. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. Meat Sci. (Suppl. 1) 49: 29-64.
- SAS Institute Inc. 2012. SAS/SHARE What's New in SAS® 9.3. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. P. 282.

- Savary, A. I. C, Majdouba L, LeFloc'h N, Ortigues, M. I. 2003. Effects of intraruminal propionate supplementation on nitrogen utilization by the portal – drained viscera, the liver and the hindlimb in lambs fed frozen rye grass. *The British Journal of Nutrition* 90: 939–952.
- Seal, C. J., and C. K. Reynolds. 1993. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. *Nutr. Res. Rev.* 6: 185-208.
- Shepherd, A., and Combs, D. 1998. Long-Term Effects of Acetate and Propionate on Voluntary Feed Intake by Mid Lactation Cows. *Journal of Dairy Science.* 81: 2240 - 2250.
- Spears, J. W. P. Engel, T. E. Pas. Platter, W. R. Lloyd, K. E. Belk, K. E and Horton, J. Pas. 2003. Effects of High Dietary Calcium Propionate and Dietary Cation- Anion Balance on Calcium Metabolism and Longissimus Muscle Tenderness in Finishing Steers. *The Professional Animal Scientist.*19: 424–428.
- Steel, R G. Y Torrie, J. H. 1988. *Bioestadística. Principios y Procedimientos.* 2ª edición Mc Graw HILL, México. P. 162.
- Swanson K. C. J. C. Matthews, A. D. Matthews, J. A. Howell, C. J. Richards and D. L Harmon. 2000. Dietary carbohydrate source and energy intake influence the expression Of pancreatic a-Amylase in lambs. *J. Nutr.* 130: 2157—2165.
- Traube, S., K. Scoggin, S. Tjandrakusuma, M. A. Rasmussen, and P. J. Reilly. 2007. Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. *J. Agric. Food Chem.* 55: 7043-7051.
- Thomas, P.C. y Rook, J.A.F. (1981) En: *Recent developments in Ruminant Nutrition.* W. Haresign y D.J.A. Cole (eds). Butterworths, London. P. 157.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* Cornell University Press. Ithaca, NY. P. 261
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition, *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Wheeler, T. L. M. Koohmaraie, J. L. Lansdell, G. R. Siragusa, and M. F. Miller. 1993. Effects of postmortem injection time, injection level, and concentration of calcium chloride on beef quality traits. *J. Anim. Sci.* 71: 2965–2974.

- White, T. W. and Hembry, F. G. 2000. Effects of Dietary Acetate and Propionate on Nutrient Digestibility, Ruminal Characteristics, and Performance by Steers Fed Diets Containing All- Concentrate or 20% Roughage. *The Professional Animal Scientist*, 16: 134–140.
- Zhang, X. Z. Meng, Q. X. Lu, Z. L. C and Ren, L. P. 2015. The effect of calcium propionate supplementation on performance, meat quality, and mRNA expression of finishing steers fed a high-concentrate diet. *J. Anim. Sci.* 24: 100–106.