



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA

MAESTRÍA EN CIENCIA AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

EFFECTO DEL PROPIONATO DE CALCIO EN DIETAS CON ENSILADO DE
MAÍZ, EN LA FERMENTACION RUMINAL Y PRODUCCION DE GAS *IN VITRO*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

PABLO BENJAMÍN RAZO ORTÍZ

COMITÉ DE TUTORES:

DR. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA

DR. ENRIQUE ESPINOSA AYALA

DR. HECTOR AARÓN LEE RANGEL

Amecameca, Estado de México, 2018

DEDICATORIA

A mis padres Jorge Razo y María Isabel, por brindarme más del apoyo que pueden durante mi educación académica y en la vida. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

A mi esposa Karem Díaz por su apoyo y ánimo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales. Sin duda el equilibrio que me aporta ha sido la base de lo conseguido por ambos.

A mi hijo Aarón que es la principal razón de que me levante día con día. Eres mi motor, muchas gracias por todo hijo.

A mis hermanas Ruth y Guadalupe por estar siempre presentes en cada momento de mi vida y por su apoyo cuando lo necesito.

A mis formadores Enrique y Pedro por brindarme su apoyo y conocimientos además de contagiarme a diario su ímpetu por trabajar cada día más siendo mejor persona y profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me fue otorgado para poder realizar estos estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma del Estado de México y al Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por darme la oportunidad de concluir una de mis metas profesionales

A mis tutores, el Dr. Pedro Abel Hernández García y al Dr. Enrique Espinosa Ayala por brindarme su apoyo, confianza y conocimiento, muchas gracias por todo. De la misma forma al Dr. Héctor Aaron Lee Rangel por brindarme de su ayuda y experiencia durante mi investigación, pero de forma principal cada que lo necesite.

A mis compañeros de posgrado Cesar, Citlali, y Lucero por su ayuda y consejos durante mi formación, pero sobretodo por su sincera amistad. A Salvador y Minerva por su amistad y apoyo, gracias.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto *in vitro* de la adición de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 % de propionato de calcio (ProCa) en raciones formuladas con elevado porcentaje de forraje (pasto y ensilado de maíz) en las variables de producción de gas, ácidos grasos volátiles, CO₂ y CH₄. Para establecer el efecto del propionato de calcio en una ración con elevada inclusión de forraje con elevada digestibilidad se formularon cuatro dietas con 84 % de inclusión *Rye grass* y 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 % de ProCa. Las raciones formuladas con ensilado de maíz se formularon incrementando el nivel de forraje: a) 72 % inclusión de ensilado de maíz + 20 % de grano, b) 76 % inclusión de ensilado de maíz + 15 % de grano + 0.5 % de ProCa, c) 80 % inclusión de ensilado de maíz + 10 % de grano y 1.0 % de ProCa y d) 84 % inclusión de ensilado de maíz + 5 % de grano y 1.5 % de ProCa. Se encontró un efecto cuadrático en volumen máximo de gas ($p = 0.04$), observándose una mayor producción de gas con la dosis de 1.0% de ProCa y menor con el tratamiento testigo. A diferencia de otras investigaciones tasa de producción de gas (S) y fase *Lag* (L) no muestran efectos ($p > 0.05$). No se observan efectos en la concentración molar de ácido acético, propionico, butírico ni en el total de ácidos grasos volátiles ($p > 0.05$). En cuanto a la DIVMS se aprecia efecto cuadrático ($p = 0.01$) observándose que la inclusión del 1.5% de ProCa incremento 7.39% la degradabilidad en comparación con la dosis con 0.5%. La producción de CO₂ y CH₄ no tuvieron cambios ($p > 0.05$) aunque se incrementó la inclusión de forraje. Por lo tanto, el uso de propionato de calcio en raciones donde se incrementa el ensilado de maíz mantiene la producción de ácido acético, propionico, butírico y gases de efecto invernadero (CO₂ y CH₄) mejorando la degradabilidad de la materia seca.

Palabras clave: Gluconeogénicos, dietas altas en forraje, rumiantes.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the *in vitro* effect of the addition of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5% of calcium propionate (ProCa) in rations formulated with high percentage of forage on the gas production measurements, volatile fatty acids, CO₂ and CH₄. The experimental rations were formulated increasing the inclusion of forage: a) 72% inclusion of corn silage + 20% grain, b) 76% inclusion of corn silage + 15% grain + 0.5% ProCa, c) 80% inclusion of corn silage + 10% of grain and 1.0% of ProCa and d) 84% inclusion of corn silage + 5% of grain and 1.5% of ProCa. A quadratic effect was found in maximum gas volume ($p = 0.04$), with a higher gas production observed with the 1.0% ProCa dose and lower with the control treatment. A difference from other investigations the rate of gas production (S) and phase Lag (L) has no effects ($P > 0.05$). No effects are observed in the molar concentration of acetic acid, propionic, butyric acid in the total of volatile fatty acids ($p > 0.05$). Regarding the DIVMS, quadratic effect is observed ($p = 0.01$), observing that the inclusion of 1.5% of ProCa increased 7.39% the degradability in comparison with the dose with 0.5%. The production of CO₂ and CH₄ did not change ($p > 0.05$) although the inclusion of forage increased. Therefore, the use of calcium propionates in rations where maize silage is increased maintains the production of acetic, propionic, butyric acid and greenhouse gases (CO₂ and CH₄) improving the degradability of the dry matter.

Palabras clave: Gluconeogenic, high forage diets, ruminants.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Características de la producción de rumiantes en México.	3
2.2 Sistemas de producción de rumiantes	4
2.2.1 Sistemas extensivos	5
2.2.2. Sistemas intensivos	10
2.3 Proceso fermentativo del rumen	11
2.3.1 Carbohidratos estructurales y no estructurales.....	11
2.3.2 Compartimientos fermentativos de los rumiantes	12
2.3.3 Fermentación ruminal y microorganismos ruminales.....	12
2.3.4 Ácidos grasos volátiles	15
2.4 Alimentación de los rumiantes en confinamiento	15
2.4.1 Problemática de la utilización de granos.....	16
2.5 Ensilado de maíz.....	17
2.5.1 Suplementación energética del ensilado de maíz.....	18
2.6 Aditivos utilizados con ensilado de maíz	19
2.6.1 Enzimas	19
2.6.2 Promotores de crecimiento en rumiantes	20
2.7 Gluconeogénesis en rumiantes.....	21
2.8 Gluconeogénicos utilizados en rumiantes.....	22
2.9 Propionato en rumiantes	24
3. JUSTIFICACIÓN	28
4. HIPÓTESIS	29
5. OBJETIVOS	30
5.1 Objetivo general	30
5.2 Objetivos específicos	30

6. MATERIAL Y MÉTODOS	31
6.2 Incubaciones <i>in vitro</i>	32
6.3 Ácidos grasos volátiles.....	33
6.4 Desaparición de la materia seca	34
6.5 Análisis estadístico.....	34
7. RESULTADOS	35
9. CONCLUSIONES GENERALES	56
8.- REFERENCIAS	57

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Características de los sistemas de producción de rumiantes.....	5
Cuadro 2. Equivalencias de carga animal para diferentes especies.....	10
Cuadro 3. Caracterización de las bacterias ruminales.....	14
Figura 1. Formación de propionato ruminal	25
Cuadro 4. Dietas experimentales y composición química de las raciones.....	32

1. INTRODUCCIÓN

Debido al aumento demográfico mundial, la demanda de alimentos ha promovido una industrialización de productos agropecuarios con el fin de producir mayor cantidad de alimentos acortando tiempos y costos de producción (Steinfeld *et al.*, 2006, Hoste y Torres-Acosta, 2011). Como ejemplo de esto, se menciona que el rendimiento agrícola y pecuario va en función del uso de fertilizantes en el campo y del nivel de intensificación en la alimentación con la que se produce ganado (Parry *et al.*, 2004). Dentro de los sistemas intensivos de producción de rumiantes, la alimentación suele incluir gran cantidad de cereales y oleaginosas (Mendoza *et al.*, 2007). Esto debido a que su fermentación ruminal genera ácido propionico, el cual esta relacionando con la producción de elevadas proporciones de energía, lo que mejora su ganancia diaria de peso (de Oliveira *et al.*, 2017).

A pesar de esto, los sistemas que incorporan altas cantidades de forrajes para la alimentación de rumiantes son los más utilizados en el mundo (Carrera *et al.*, 2015), los cuales de forma tradicional se han caracterizado como sistemas de baja producción (Bouwman *et al.*, 2005). Su importancia radica en el empleo de forrajes que no son de utilidad en la alimentación humana para la generar carne de alta calidad biológica que si puede ser utilizada por la población (Díaz, 1999; González *et al.*, 2002). Sin embargo, la mayor desventaja de las unidades de producción de rumiantes producidos en forrajes, es la baja ingesta de energía (Beiranvand *et al.*, 2014), por lo que alternativas nutricionales que incrementen el nivel biodisponible de energía en raciones con elevadas cantidades forrajes deben ser investigadas (Mendoza *et al.*, 2008).

Una de las principales estrategias es la incorporación de un forraje de buena calidad como es el ensilado de maíz (Lynch *et al.*, 2015), el cual tiene un aporte nutricional alto MS 42.6 %; PC 8.09 %; FDN 41.5 %, FDA 23.1 %, LDA 2.67 %, almidón 36.0 % (Neylon y Kung, 2003) y una digestibilidad mayor comparado con otros subproductos agrícolas como el rastrojo de avena o maíz (Kaplan *et al.*, 2016). Además diversas investigaciones han demostrado que con la incorporación de

aditivos se pueden enriquecer las cualidades del ensilado de maíz (Steinfeld *et al.*, 2006; Valdes *et al.*, 2014; Rabelo *et al.*, 2017).

Como podría ser el caso del uso de gluconeogénicos que se puede suplementar de forma energética a rumiantes que consumen forrajes y la energía que aportan no es suficiente para su nivel productivo (De Frain *et al.*, 2005). Además se ha investigado su uso sustituyendo de forma parcial el nivel de cereales (granos) en las raciones lo que podría disminuir la inclusión de cereales en los suplementos de rumiantes en pastoreo (Abo El-nor *et al.*, 2010; FAO, 2010). Por el ello, los gluconeogénicos podrían ser una alternativa para mejorar el rendimiento de rumiantes que consumen elevadas proporciones de carbohidratos estructurales.

Dentro de los gluconeogénicos se encuentra el propionato de calcio que muestra ventajas al emplearlo en raciones para rumiantes ya que no se reportan efectos tóxicos, es el precursor de glucosa más importante para los rumiantes (Allen *et al.*, 2009) y puede reducir la relación acetato-propionato ruminal (Lee-Rangel *et al.*, 2012; Mendoza *et al.*, 2015). Por lo cual la adición de propionato de calcio podría incrementar la producción de ácido propiónico en rumiantes que son alimentados con raciones formuladas con alta inclusión de ensilado de maíz, situación que contribuiría a disminuir la inclusión de cereales en las raciones.

De forma *in vitro* se ha evaluado el propionato de calcio con raciones intensivas encontrando incrementos en volumen máximo de gas (Miranda *et al.*, 2015), degradabilidad de la materia seca (Chen *et al.*, 2016), manteniendo estables las concentraciones de ácido propiónico (Miranda *et al.*, 2015) y retrasado la fase *Lag* (Osorio-Teran *et al.*, 2017). Sin embargo, los estudios con la adición de propionato de calcio y ensilado de maíz son escasos, por lo que establecer el efecto de este gluconeogénico en raciones con forraje podría contribuir a la disminución de granos en los suplementos energéticos para rumiantes.

2. ANTECEDENTES

2.1. Características de la producción de rumiantes en México.

La agricultura y ganadería son actividades de suma importancia para los países subdesarrollados ya que, juegan un papel importante en la generación y desarrollo de empleos, son fuente de ingresos para los campesinos y abastecen de alimentos a las comunidades (Herrero *et al.*, 2013). A través del tiempo, los sistemas productivos de carne rumiante en México se encontraban dentro de una actividad secundaria y restringida al sector social de medianos o bajos ingresos, por lo que el mercado nacional era abasteciendo de forma insuficiente o con animales de muy baja calidad, presentando deficiencias competitivas con países industrializados (Duarte *et al.*, 1996; de la Peña *et al.*, 2009).

Tal es el caso de la ovinocultura, sin embargo, desde el año 1990 los ovinocultores nacionales han buscado mejorar los ciclos de producción con el objetivo de posicionarse en una actividad competitiva y rentable (Chauvet, 1999; Castillo *et al.*, 2010), prueba de esto es que la producción de carne de rumiante ha incrementado 13 veces en 10 años (2007-2017; SIAP, 2017) siendo la carne de bovino la que más ha crecido con una tasa promedio anual de 1.8 % en este periodo (FIRA, 2017). Con este aumento se ha reducido la importación de carne de bovino (del Moral y Murillo, 2015) y cordero (Partida *et al.*, 2013), aunque todavía hay importaciones de estas carnes impactando de forma negativa la balanza económica nacional (SAGARPA, 2008).

El producto importado tiende a ser más barato que la carne nacional generando inconformidad con los productores nacionales y, con el proceso de apertura comercial global, se beneficiaran las importaciones nacionales, incrementando el porcentaje de competidores dentro de los cuales se pueden sumar precios más bajos y mejor calidad (Martínez *et al.*, 2010; del Moral y Murillo, 2015). Las estimaciones hacia 2021 señalan un crecimiento de la ganadería bovina nacional pero con un crecimiento mayor de las importaciones, situación que puede trasladarse también a la carne de ovinos (Carrera *et al.*, 2015). El déficit de carne

nacional debe ser atacado desde la mejora de los sistemas de producción (Góngora *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2011), en los cuales se pueden aplicar tecnologías nutricionales con el fin de mejorar el rendimiento productivo animal, para disminuir los ciclos de producción de carne roja y a su vez los costos de producción (Bouwman *et al.*, 2005).

2.2 Sistemas de producción de rumiantes

Los sistemas de producción rumiantes pueden ser clasificados en cuanto al tipo de producción, la extensión necesaria para la producción, las zonas en las que se destinan las unidades y su nivel productivo (Valerio *et al.*, 2009; Carrera *et al.*, 2015). En primer lugar se pueden clasificar dependiendo de su producto final en productores de lana (ovinos; Purvis y Franklin, 2005), los producción de leche (Barillet *et al.*, 2005; Marnet y Komara, 2008) y los producción de carne (Chauvet, 1999; Mendoza *et al.*, 2007).

Tomando en cuenta la extensión de terreno donde se desarrollan y su nivel de producción pueden ser clasificados en extensivos, semi-intensivo e intensivos (Cuadro 1; Hernández *et al.*, 2011). Dentro de los extensivo se encuentran los sistemas pastoriles o de trashumancia, los cuales son los más representativos a nivel mundial (Golding *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2011), dado que en la mayoría de los casos la alimentación no representa inversión al utilizan los forrajes disponibles en praderas (Briske *et al.*, 2008) y no necesita de inversión elevada en infraestructura y maquinaria (Beker *et al.*, 2009). Sin embargo, los animales tienen que caminar durante largo periodos para obtener su alimento lo que genera gasto de energía que impacta de forma directa la producción.

Cuadro 1. Características de los sistemas de producción de rumiantes presentes en México.

	Intensivos	Extensivos	Mixtos	Co-pastoreo
Espacio requerido	Mínimo	Extensivo	Poco	Generalmente Extensivo
Producto	Carne	Leche, Becerros, Corderos	Becerros, Corderos y carne	Corderos, leche. Generalmente como ahorro
Número de animales	Alto	Alto-medio	Medio-bajo	bajo
Nivel de producción	Alto	Bajo	Medio/Alto	Bajo
Nivel de tecnificación	Alto, tecnologías reproductivas y nutricionales	Nula, sin manejo reproductivo ni nutricional	Media, potrero establecido y manejo nutricional	Nula/Media muy pocas veces
Ingresos	Altos	Bajos	Medios/altos	Bajos

Adaptado de Echavarría *et al.*, 2006; Hernández-Ortega *et al.*, 2011 y Partida *et al.*, 2013.

2.2.1 Sistemas extensivos

En México los sistemas extensivos se desarrollan de forma común en los trópicos. El trópico húmedo representa el 35% del territorio nacional y por sus características climatológicas, predominan una cantidad amplia de pastos y arbustos disponibles para la alimentación de rumiantes (Chauvet, 1999; Ortega *et al.*, 2015). Como resultado pueden convertirse en zonas especializadas para la producción de carne

y leche ovina (Rojas *et al.*, 2011). No obstante, el trópico seco se caracteriza por predominio de vegetación arbustiva y en menor proporción pastos, que suelen ser maduros y con niveles bajos de proteína (Waterman *et al.*, 2006; Carrera *et al.*, 2009). Aunado a la baja disponibilidad de forraje en la estación seca comprendida en invierno genera estacionalidad que es un reto para los productores, los cuales deben de implementar estrategias de alimentación para no disminuir el rendimiento de los ovinos (Anaya *et al.*, 2009).

Por esta disponibilidad de forraje a bajo o nulo costo, los sistemas extensivos se posicionan como el sistema de producción más representativo en nuestro país (Golding *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2011) ya que, la mayor parte del ganado producido en México es finalizado en pastoreo (Carrera *et al.*, 2015). Otra de sus ventajas es que no necesita de inversión elevada en infraestructura y maquinaria (Briske *et al.*, 2008; Beker *et al.*, 2009). A causa de esto, es utilizado principalmente por pequeños y medianos productores que dependen en su totalidad de la disponibilidad de pastos, los cuales podrían determinar una baja producción en estaciones secas (Argel, 2006; Oficialdegui, 2002).

Existen algunas técnicas de producción en pastoreo las cuales tienen como fin mantener la producción de forraje para que la pradera pueda mantenerse y de esta manera ser rentables (Hernández *et al.*, 2011). La falta de control sobre el pastoreo produce dos situaciones extremas que afectan tanto producción y como calidad del forraje: sobrepastoreo y subpastoreo (Devi *et al.*, 2007). De ahí que el manejo de la carga animal y la frecuencia de pastoreo son determinantes para la preservación de la pradera (Peng *et al.*, 2007; Barth *et al.*, 2014).

Pastoreo continuo de rumiantes

Es el más utilizado en los sistemas de producción del país por las unidades de producción familiar o de traspatio, ya que representa baja inversión en alimentos pero es menos productivo con respecto a los sistemas intensivos e incluso que el pastoreo rotativo (Rojas *et al.*, 2011; Carrera *et al.*, 2015). Generalmente es aplicado

en praderas extensivas donde los rumiantes suelen alimentarse durante un periodo de tiempo prolongado y en donde la mayoría del forraje nativo puede ser de regular a mala calidad nutricional teniendo aportes nutricionales variables durante las diferentes épocas del año (Dunn *et al.*, 2010). En la mayoría de los casos, esta práctica se realiza sin control de carga animal y sin delimitaciones espaciales por lo cual el pastoreo no es uniforme, impactando de forma negativa la regeneración del forraje (Molina *et al.*, 2013). Es por esta razón que al realizar este pastoreo sin control, se reduce la cantidad de pastizales debido al agotamiento de los pastos que de forma mayoritaria eligen los rumiantes (Cingolani *et al.*, 2005) y provocando una homogenización de las especies que no ingieren (Dunn *et al.*, 2010). En este sentido, Herrera *et al.* (2011) confirmo que el sobrepastoreo de praderas reduce la producción de biomasa lo que, tiene impacto en la composición química de la dieta de los rumiantes. Otras de las causas observadas que afectan la biodiversidad, es la nula filtración de agua que provoca el compactamiento de la tierra por el pastoreo y que favorece la erosión (de la Orden *et al.*, 2006; Echavarría *et al.*, 2007). En contraste, hay evidencia de que cuando se maneja de forma adecuada la carga animal, se presenta una mayor diversidad vegetal por la deposición de materia orgánica de los rumiantes (Verdu *et al.*, 2007).

Todas estas observaciones se traducen en la búsqueda opciones que puedan ser aplicables para optimizar el uso de las praderas sin descuidar los impactos adversos secundarios de este pastoreo (Wan *et al.*, 2009), dentro de las cuales monitorear continuamente las praderas y establecer un plan de recuperación mediante el buen manejo de carga animal y producción de biomasa son las más viables (Herrera *et al.*, 2011), aunque la introducción de dos especies diferentes en una pradera ha mostrado optimizar los forrajes.

Pastoreo rotativo

Es realizado principalmente en unidades de producción con lotes de poco tamaño en el cual la pradera se divide en pequeños potreros que generalmente son sembrados con pastos forrajeros donde los animales son rotados cada determinado

tiempo, dependiendo de la carga animal y tipo de forraje de esta manera se le brinda a la pradera un tiempo de reposo para recuperarse (Taboada & Micucci, 2009) y siguiendo con las ventajas, se puede tener a los animales en un entorno controlado (Briske *et al.*, 2008).

Una variable determinante para establecer el tiempo de recuperación de cada pradera es el tipo de pasto, ya sea nativo o sembrado, sus cualidades de adaptación al medio, las condiciones de la tierra y la carga animal influyen en éxito del pastoreo y en la preservación de la unidad de producción (Rojas *et al.*, 2011), ya que el conocimiento del crecimiento del pasto es una herramienta útil para planificar su manejo agronómico (Avellaneda *et al.*, 2008).

Otro aspecto a considerar además del establecimiento de la pradera, es el uso tecnológico de forrajes para que el ciclo productivo pueda expresar todo su potencial, de tal forma que se han realizado investigaciones donde son sembradas con forrajes mejorados buscando que esté disponible en buena cantidad y con aportes adecuados durante las diferentes estaciones del año, una tasa rápida de recuperación y producción de forraje y elevada biodisponibilidad para mejorar la producción (Pearce *et al.*, 2008).

Según Taboada & Micucci (2009), el pastoreo rotativo minimiza el deterioro del pastizal y aumenta su productividad forrajera, además de que se ha comprobado que el mejoramiento de las praderas con pastos forrajeros y leguminosas ha incrementado el rendimiento de corderos destetados (Golding *et al.*, 2011) y se calcula que los incrementos en la producción de carne y leche han sido por la gestión de forrajes mejorados (Argel, 2006).

Biomasa y manejo de la carga animal

La carga animal y la intensidad de pastoreo son los factores exógenos que pueden afectar la producción de biomasa (Barth *et al.*, 2014). La biomasa se define como la cantidad de forraje disponible de una planta en un tiempo determinado, la cual está influenciada por el crecimiento de la planta, la precipitación pluvial o riego y el clima

en donde se encuentra la pradera, de igual forma siendo de consideración la tolerancia al pastoreo mostrada por cada forraje (Wise & Abrahamson, 2007).

En condiciones naturales, el sobrepastoreo es causante de la desertificación de los ecosistemas, debido principalmente a la disminución de biodiversidad y a la pérdida de biomasa vegetal (Ji *et al.*, 2005). Algunos de los motivos reportados se muestran cuando se encuentran gran cantidad de animales pastoriles alimentándose en las praderas generando pisoteo, defoliación excesiva y deposiciones de heces, condición que afecta los microorganismos del suelo de manera que cambia bruscamente las composición y altera los nutrientes del suelo impactando directamente en la renovación de las plantas (Devi *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2015). De manera semejante el consumo forrajes pastoriles afecta fisiológicamente a las plantas por la disminución de tejido vegetal, circunstancia que disminuye la fotosíntesis activándose el proceso de regeneración de tejido y por consecuente la planta se adecua a un ambiente de estrés y de adaptación a la defoliación (Peng *et al.*, 2007).

Por estas razones, la carga animal es uno de los medios más importantes para el buen manejo de la pradera, esto con el fin de que los recursos forrajeros no se deterioren y el sistema pueda perdurar (Guaman *et al.*, 2017). En sistemas donde la intensidad del pastoreo es alta se ha afectado el comportamiento reproductivo de las plantas afectando la biomasa de la pradera y disminuyendo la cantidad de forraje en la próxima estación de pastoreo (Barth *et al.*, 2014), sin embargo en situaciones donde las praderas son manejadas correctamente se ha demostrado que el pastoreo aumenta la cantidad de biomasa debido al aumento de la materia orgánica aportada por las heces de los borregos (Jerrentrup *et al.*, 2015).

Para esto se debe establecer el número de animales que pueden alimentar una pradera sin afectar sus condiciones de regeneración (Animut *et al.*, 2005). Para determinar la carga animal, los animales han sido categorizados en unidades dependiendo de su peso, donde se equivale que una unidad animal equivale a 450 kg por hectárea de pastizal como se muestra en el Cuadro 2.

Es importante establecer periodos de recuperación para que la planta pueda crecer y de esta forma aumentar el forraje disponible para la alimentación de los animales (Zhao *et al.*, 2009). El pastoreo rotativo tiene el fin de dividir las praderas y dar un tiempo de regeneración durante un determinado periodo para poder mantener el nivel de crecimiento de forraje y de producción animal (Ali-Shtayeh & Mahmoud, 2010). El manejo de la pradera es efectivo para el mantenimiento del forraje y para la disminución de contagios de parásitos en los rumiantes.

Cuadro 2. Equivalencias de unidad animal para diferentes especies.

Ganado	Unidad Animal
Bovino 450 kg y su cría	1.00
Toro adulto mayor de 2 años	1.25
Oveja con cría	0.20
Cabra con cría	0.17
Semental	0.12

(Adaptado: Villalta *et al.*, 2016; Guaman *et al.*, 2017)

2.2.2. Sistemas intensivos

Los sistemas intensivos requieren de poco espacio ya que los rumiantes suelen estar confinados y aunque presenta un rápido retorno económico (Joy & Bernue, 2014), la mayoría de ganaderos no ingresan a este sistema de producción debido a la elevada inversión que representa la alimentación. En cuanto a su tecnificación, algunos de estos sistemas han optado por invertir en instalaciones adecuadas, tecnologías reproductivas y nutricionales para incrementar la producción, se han caracterizado por una alta inversión en infraestructura y equipo (Muñoz-Osorio *et al.*, 2007). En cuanto a su alimentación, se utilizan bajos porcentajes de fibra y cantidades elevadas de cereales con el objetivo de incrementar el nivel productivo y acelerar el retorno económico (Mendoza *et al.*, 2017). La base de esta intensidad productiva se encuentra en estrecha relación con la composición de la dieta ya que,

este incremento en el porcentaje de almidones incrementa los niveles de energía y se obtiene ganancias de peso mayores que sistemas asociados a forrajes (Seré y Steinfeld, 1996), ya que Armero & Falagán (2015) aseguran que sistemas intensivos ovinos son capaces de finalizar corderos en 90 días.

En los sistemas mixtos, los animales son pastoreados por el día y durante las noches son encerrados por etapa fisiológica para administrarles núcleos que contienen esquilmos y concentrados que en la mayoría de los casos no está formulados de forma correcta (Corona *et al.*, 2014). Esta estrategia de optimizar los forrajes y administrar raciones que suplementen las deficiencias energéticas, podrían mejorar la producción de ovinos (Góngora-Pérez *et al.*, 2010).

2.3 Proceso fermentativo del rumen

2.3.1 Carbohidratos estructurales y no estructurales

Sin importar el sistema de producción, la dieta de los rumiantes se ha basado en pastos, forrajes y cereales (Argel, 2006). Estos vegetales están formados por celulosa, una estructura en la que se agrupa glucosa por medio de enlaces glucosídicos, hemicelulosa que agrupa los polímeros de xilosa (Avellaneda *et al.*, 2009) y dependiendo de su edad fenológica podrían contener un polímero que afecta de forma negativa la digestibilidad, la lignina (Xinxin *et al.*, 2015). La celulosa y hemicelulosa son indispensables para mantener una función adecuada optima del rumen (Lu *et al.*, 2005). Sin embargo, el almidón también se encuentra presente y es un carbohidrato que no forma parte de la estructura, pero si es parte de la reserva de energía de las plantas. Dependiendo del tipo de cereal del que proviene, presenta diferentes tasas de digestibilidad ruminal (Allen, 2000; NRC, 2001), pero suele tener mayor digestibilidad que los carbohidratos estructurales por las características de sus enlaces (Avellaneda *et al.*, 2009).

Estos alimentos tienen un proceso fermentativo, favorecido por la capacidad del rumen de digerir forrajes que no son de utilidad para los mamíferos no herbívoros (Agrawal *et al.*, 2014). Durante el proceso digestivo pre-gástrico, se

descomponen los carbohidratos estructurales en sus respectivos monómeros para que puedan ser utilizados como nutrientes (Church, 1993).

2.3.2 Compartimientos fermentativos de los rumiantes

Para la degradabilidad de la fibra, son necesarias tres estructuras digestivas no glandulares (retículo, rumen y omaso) que fermentan los alimentos a través de procesos complejos (Romero, 2012). El proceso fermentativo se da en el retículo-rumen que cuenta con hasta el 75 % de tracto gástrico del rumiante (Church, 1993), donde la degradación mecánica de los forrajes es fundamental para incrementar el volumen donde actúa la microbiota (Guerin *et al.*, 2006).

Después del proceso fermentativo, el bolo alimenticio pasa al omaso donde se reabsorbe agua y se compacta para pasar al abomaso, que realiza las funciones del estómago glandular al liberar enzimas sobre el contenido para poder absorber los nutrientes de sobrepaso en el duodeno (Clauss *et al.*, 2016).

Por esto, los componentes bioquímicos principales en el proceso fermentativo son los carbohidratos estructurales como celulosa, hemicelulosa y pectina, además de los no estructurales como el almidón, que derivado del su proceso fermentativo generan ácidos grasos volátiles que son las principales vías de obtención de energía de los rumiantes (Huntington *et al.*, 2006).

2.3.3 Fermentación ruminal y microorganismos ruminales

El rumen por sí solo, no cuenta con enzimas que puedan hidrolizar las uniones de glucositos β 1,4 y 1,6; como los carbohidratos estructurales (Galindo *et al.*, 2017). Esta degradación se da por medio del microbioma (Cuadro 3; bacterias, hongos y protozoarios) (Agrawal *et al.*, 2014), que en una simbiosis aprovecha las fracciones indigestibles de la dieta para su metabolismo y genera productos que pueden ser aprovechados por los rumiantes (Bravo & Wall, 2016), así obteniendo energía proveniente de los forrajes (Flint *et al.*, 2012). La adhesión correcta de estos

microorganismos a los sustratos beneficia la hidrólisis de las paredes vegetales y así la degradación de los alimentos (Chaucheyras-Durand *et al.*, 2015).

Las bacterias son la población de microorganismos más representante del rumen, al agrupar el mayor porcentaje del microbioma (Hungate, 2013). Estas pueden ser específicas para la degradación de ciertos sustratos (Louis & Flint, 2009). Tal es el caso de las bacterias celulolíticas son de importancia para romper los enlaces de celulosa (Kamra, 2005), sin embargo no todas poseen la capacidad de romper estructuras de xilano, por lo que se complementan con bacterias que producen hemicelulasas y pectinasas (Flint *et al.*, 2012). Las amilolíticas como *Ruminobacter amylophilus*, las más representativas de la degradación de almidón (Pereira *et al.*, 2016) y el proceso celulolítico es fundamental para que estas puedan acceder al almidón. Estas bacterias también juegan un rol importante en el aporte de proteína, ya que pueden ser utilizadas por los rumiantes economizando la inclusión de proteína en las raciones (Wright & Klieve, 2011).

Los hongos y levaduras ruminales son los principales productores de enzimas fibrolíticas, por lo que suelen beneficiarse de dietas con alto porcentaje de fibra (Belanche *et al.*, 2012). Tiene una gran cantidad de actividad enzimática y su fuerte adherencia del rizoide al sustrato, acelera la degradación de partículas (Lee *et al.*, 2000). Por sus características fibrolíticas, estas especies suelen incrementar cuando se incrementan los porcentajes de hidrogeno por un mecanismo simbiótico con protozoarios y arqueas metanogénicas (Ishaq *et al.*, 2017). Por este mecanismo, suelen verse afectado su población en rumen si las dietas son altas en almidones, además de ser depredados por protozoarios ruminales afectando su desarrollo (Morgavi *et al.*, 1994). Sin embargo, los géneros *Alternaria ssp* y *Mucor spp* han sido reportados en cereales y en inóculos ruminales de animales con dietas altas en granos (Lee *et al.*, 2015).

Los protozoos son un grupo amplio de microorganismos ruminales que pueden representar hasta el 50 % de la microbiota (Wright & Klieve, 2011). Con este porcentaje la población bacteriana del rumen puede disminuir afectando el aporte de proteína microbiana (Abreu *et al.*, 2004). Las técnicas de defaunación se han

realizado con el fin de mejorar la digestibilidad, optimizar la energía y así incrementar la ganancia de peso (Bello & Escobar, 1997), mediante la obtención de energía por los almidones, pequeñas cantidades de forraje y bacterias (Williams y Coleman, 2012; Czerkawski, 2013). Algunos utilizan el hidrogeno y CO₂ derivados de la fermentación ruminal y forman CH₄ como desecho, en un proceso de transferencia de hidrógenos que es determinante para que no se acumule en rumen y tenga consecuencias desfavorables (Castillo-González *et al.*, 2014).

De acuerdo con Pickering *et al.* (2015) como resultado de este proceso se obtienen principalmente ácidos grasos volátiles (AGV como propionato o butirato) importantes para la producción de rumiantes y de forma secundaria gases de efecto invernadero no importantes en el desarrollo productivo como el metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂).

Cuadro 3. Caracterización de los microorganismos ruminales.

Tipo	Cantidad	Especie
Anaerobias	10 ¹¹ c ml ⁻¹	<i>Ruminobacter amylophilus</i> <i>Fibrobacter succinogenes</i> <i>Ruminococcus flavefaciens</i>
Protozoos anaerobios	10 ⁵ c ml ⁻¹	<i>Fibrobacter succinogenes</i> <i>Dasytricha ruminantium</i>
Hongos anaerobios	10 ³ c ml ⁻¹	<i>Neocallimastix frontalis</i> <i>Sphaeromonas communis</i> <i>Piromonas communis</i>
Metánogenas y arqueas	10 ⁹ c ml ⁻¹	<i>Methanobacterium</i> <i>Methanobrevibacter</i> <i>Methanogens</i>

Adaptado de (Kamra, 2005; Jouany y Morgavi, 2007; Pereira *et al.*, 2016).

2.3.4 Ácidos grasos volátiles

Como resultado del proceso fermentativo de los alimentos se obtienen ácidos grasos volátiles (AGV), amoníaco, ácidos orgánicos (succinato, formato, lactato), y algunos productos de desecho como etanol, dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) (Posada & Noguera, 2005).

Los ácidos grasos volátiles (AGV) principales son acetato, propionato y butirato, los cuales representan hasta el 80 % de la energía metabolizable para el rumiante (Siciliano-Jones & Murphy, 1989), destacando que propionato es el principal precursor de glucosa (DeFrain *et al.*, 2005). Por su parte, la mayoría del butirato se transforma de forma inmediata en β -hidroxibutirato que puede ser almacenado como energía de reserva en forma de grasa y también es utilizado para la obtención de energía de las células ruminales (Tagang *et al.*, 2010). El ácido acético tiene funciones promotoras de la estimulación del movimiento gastrointestinal y además es parte importante de la formación de la grasa de la leche (Scheppach, 1994).

Las proporciones molares varían, estimándose que las dietas basadas en forrajes obtienen 70 % de butirato, 20 % de propionato y 10 % de butirato y las que se formulan con altos porcentajes de granos en una relación 50:35:15, respectivamente (Remond *et al.*, 1995) y su absorción se da en un 90 % en rumen y 10 % en omaso e intestino (France y Dijkstra, 2005).

2.4 Alimentación de los rumiantes en confinamiento

Los rumiantes tiene la capacidad de utilizar forrajes de bajo valor biológico para la población y transformarlos en alimentos de alta calidad biológica (Castillo-González *et al.*, 2014). La mayoría de estos forrajes pueden obtenerse sin alta inversión por lo que son los compuestos que más suelen brindarse a los rumiantes como alimento (Givens *et al.*, 2000). Otra forma de utilizar el forraje, es por medio de henos, rastrojos o ensilados (Minson, 2012), que suelen disminuir su disponibilidad en invierno y su producción es estacional (Khanum *et al.*, 2007), pueden variar en cuanto a sus estado de maduración o tener deficiencias en el proceso de ensilaje

(Ocak *et al.*, 2006). Además de estas desventajas, los corderos que basan su alimentación en forrajes suelen obtener menores ganancias diarias de peso que corderos que consumen concentrados (González-Garduño *et al.*, 2013). Para resolver esta problemática, diferentes investigadores han evaluado estrategias para complementar los aportes de proteína o energía faltantes del forraje (Boland *et al.*, 2005; Mendoza *et al.*, 2007), siendo evidentes efectos benéficos sobre la ganancia diaria de peso y características de la canal (Alvarez *et al.*, 2003; Mejía *et al.*, 2011).

La energía necesaria para un buen desarrollo bacteriano proviene principalmente de los almidones contenidos en los granos (Posada & Noguera, 2005), situación que produce elevadas proporciones de energía disponible para el rumiante y así mejora su ganancia diaria de peso (de Oliveira *et al.*, 2011). Por lo cual, los concentrados suelen incrementar el rendimiento productivo ya que, se incluyen hasta 80 % de cereales en las raciones (Peel *et al.*, 2011) con lo que, ofrecen porcentajes altos de energía y proteína por kg MS⁻¹ y además se balancean minerales y vitaminas de acuerdo a etapas fisiológicas (Mendoza *et al.*, 2007).

2.4.1 Problemática de la utilización de granos

En el mundo se encuentra en una crisis en el suministro de alimentos (FAO, 2015), lo cual incrementa la cantidad de hambruna en el mundo (Katz *et al.*, 2008). Como ejemplo de esto, es el incremento del costo de los cereales que ha generado crisis alimentarias a nivel mundial desde el año 2007 (Romero, 2012).

En el caso de los granos, el incremento exponencial de la población, la disminución del territorio agrícola, la competencia humana-animal y la producción de bioetanol agravan la crisis alimentaria (Hochman *et al.*, 2014). Por esto, de forma anual se agotan las reservas mundiales de cereales y se reportan incrementos en los precios (FIRA, 2015). Aunque su utilización mejora la digestibilidad y el aporte de energía, buscar alternativas que puedan disminuir la cantidad de cereales y mantener o mejorar el rendimiento productivo (Bargo *et al.*, 2002).

Una de las ventajas en la producción de rumiantes es que se pueden utilizar forrajes para generar proteína de alta calidad biológica (Beker *et al.*, 2009; Meale *et al.*, 2013), sin embargo, el alto aporte de fibra y bajo de energía de los forrajes podría disminuir la producción, por lo que eficientizar sus cualidades o suplementar los aportes con ingredientes no tradicionales (Mendoza *et al.*, 2007).

2.5 Ensilado de maíz

La utilización de los granos en la dieta de los ovinos ha sustituido a los forrajes en las raciones, esto debido a la búsqueda de la intensificación de la ganadería (Mendoza *et al.*, 2007). Sin embargo, los sistemas asociados a forrajes deben buscar alternativas que puedan mejorar los niveles de producción (Lynch *et al.*, 2015) y tal vez así disminuir la competencia por los cereales. Una de estas alternativas puede ser la incorporación de un forraje que tenga mayor aporte de energía, proteína y alta digestibilidad comparado con otros subproductos agrícolas como el rastrojo de avena o maíz (Kaplan *et al.*, 2016) y los ensilados pueden cumplir con estas características (Neylon & Kung, 2003). El ensilaje es un proceso anaerobio de conservación de forraje en el cual la planta es cortada en trozos pequeños para incrementar su capacidad de compactación y evitar la oxigenación del proceso (Johnson *et al.*, 2003). También se puede utilizar en una ración balanceando proteína, energía y minerales (Win *et al.*, 2015), en rumiantes estabulados y con la ventaja de que se puede conservar todo el año (Preston, 1977).

La planta de maíz es el cultivo más ensilado a nivel mundial por la cantidad de forraje que desarrolla y su alto porcentaje de humedad (Kononoff *et al.*, 2003), ya que al ensilarlo mantiene los aportes nutricionales al de la planta de maíz (MS 42.6 %; PC 8.09 %; NDF 41.5 %, ADF 23.1 %, LAD 2.67 %, almidón 36.0 %; Neylon & Kung, 2003; Lynch *et al.*, 2015). Aunado a esto, el ensilado de maíz puede mejorar sus características si se le adicionan compuestos estratégicos como enzimas exógenas (Valdes *et al.*, 2014), ionóforos (Faria *et al.*, 2008), probióticos (Rabelo *et al.*, 2017), minerales orgánicos (Faulkner *et al.*, 2017) y gluconeogénicos (DeFrain *et al.*, 2005; Steinfeld *et al.*, 2006).

2.5.1 Suplementación energética del ensilado de maíz

Las dietas con elevado contenido de forraje promueven un alta relación acetato-propionato, lo que puede equilibrarse al incrementar el propionato ruminal mediante la suplementación energética (Waterman *et al.*, 2006). Este incremento en el nivel de ácido propionico ruminal mejora la síntesis proteica de los microorganismos ruminales y a su vez la digestibilidad de los alimentos (Beiranvand *et al.*, 2014). Es por esto que el aporte de energía presente en el ensilado de maíz se puede incrementar mediante la suplementación energética, obteniendo mejoras productivas y debe de realizarse siempre que los animales estén en producción con dietas forrajeras (Caton y Dhuyvetter, 1997).

Para su práctica se requiere conocer las cantidades de energía requeridas por el animal, estado fisiológico y el déficit de energía del forraje (Lachica y Aguilera, 2008). Existe una ecuación de regresión lineal para el cálculo de energía de mantenimiento propuesta por Lofgreen y Garrett (1968) y aceptada por el NRC (1984). Esta ecuación podría estimar la energía que requiere un animal para ser balanceada de forma correcta (Caton y Dhuyvetter, 1997). Sin embargo, se ha reportado que un aumento en la energía disponible, incrementa la glucosa sanguínea que suele actuar como regulador del apetito, promoviendo una disminución en el consumo (Caton y Dhuyvetter, 1997; DeFrain *et al.*, 2005).

La inclusión de granos en las dietas forrajeras suele incrementar el aporte energético, sin embargo, esta práctica puede interferir en la población de bacterias celulolíticas en el rumen y de esta manera disminuir la digestibilidad de fibra (Allen *et al.*, 2009). Por lo cual, el uso de aditivos es cada vez más común, tal el caso de las enzimas fibrolíticas pueden mejorar la digestibilidad de los alimentos vegetales mediante su acción en las paredes celulares (Gandra *et al.*, 2017), los ionóforos como monensina también mejoran el rendimiento productivo de rumiantes que consumen dietas con ensilado de maíz al efficientizar la propionogénesis ruminal (Benchaar, 2016) y los gluconeogénicos en la actualidad se investigan por sus condición de incrementar la energía disponible y así mejorar la producción (DeFrain *et al.*, 2005; Steinfeld *et al.*, 2006).

2.6 Aditivos utilizados con ensilado de maíz

La industria pecuaria está constantemente en búsqueda de opciones que puedan aumentar la producción animal y disminuir el impacto consecuente de estas actividades (Eckard *et al.*, 2010). En este sentido, la adición de aditivos ha mostrado mejoras en variables productivas de los rumiantes.

Algunas características de los aditivos son mejorar la palatabilidad y la calidad bioquímica de las raciones, satisfacer algunas necesidades alimenticias de los animales, disminuir el impacto ambiental secundario a las actividades ganaderas mediante modificaciones de la microbiota ruminal, tener efecto sobre la disminución parasitaria y mejorar las variables productivas (Durmic *et al.*, 2014). En este sentido, Plascencia (2015) menciona que tienen la capacidad de mejorar el comportamiento productivo o las características de los productos finales por medio del mejoramiento de las raciones.

2.6.1 Enzimas

Como ya se mencionó anteriormente, la pared celular de las plantas está constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina que para su degradación, las enzimas de microorganismos ruminales hidrolizan para degradar celulosa y hemicelulosa, pero la red conformada por compuestos fenólicos es altamente indigestible y no aprovechable en nutrición de rumiantes (Giraldo *et al.*, 2008).

Algunos de los forrajes ofrecidos a los rumiantes presentan bajo índice de digestibilidad por el estado de lignificación de la planta (Rojo-Rubio *et al.*, 2007), por lo que el uso de enzimas fibrolíticas es una alternativa para incrementar la digestibilidad de los forrajes. Estas han tomado fuerza en los últimos años después de que la unión europea prohibiera el uso de antibióticos en la nutrición animal en el 2006, por lo que su costo de producción se ha tornado rentable con ayuda del desarrollo biotecnológico que facilita su obtención (Inal *et al.*, 2010).

Su clasificación se basa en los sustratos en los que ejercen acción; las fibrolíticas (celulolíticas o xilanasas) responsables de la degradación de los compuestos fibrosos. Las celulasas son enzimas capaces de degradar celulosa en la pared celular de los forrajes, mientras que las xilanasas permiten descomponer los xilanos en oligosacáridos, los cuales pueden ser utilizados como energía (Rojo-Rubio *et al.*, 2007). La obtención de estas enzimas exógenas es mediante algunas especies bacterianas (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* y *Streptococcus faecium*), hongos y levaduras (*Aspergillus oryzae*, *Trichoderma reesei* y *Saccharomyces cerevisiae*) enzima más utilizada en nutrición de rumiantes (Throne *et al.*, 2009).

Las mejoras en la producción de rumiantes cuando se adicionan enzimas fibrolíticas se atribuyen generalmente a un aumento de la digestión ruminal de la fibra. Se ha estudiado su adición de forma directa a los concentrados o su aplicación a los forrajes antes de ser consumidos por el animal (Dean *et al.*, 2008; Ranilla *et al.*, 2008). Por lo cual, suelen ser útiles en el caso de rumiantes que consumen dietas formuladas con forrajes como opción para mejorar la digestibilidad, incluso si utilizan forrajes de buena calidad como alfalfa o forrajes conservados como ensilado de maíz (Giraldo *et al.*, 2008). También se ha mostrado efecto benéfico en el aporte de energía de la dieta ya que, incrementa el contenido de azúcares por la degradación de compuestos fibrosos (Muwalla *et al.*, 2007; Avellaneda *et al.*, 2009). En este sentido, Valdes *et al.* (2014) reportaron que el consumo voluntario incremento, mejor ganancia diaria de peso y mayor conversión alimenticia al utilizar enzimas fibrolíticas en una ración para corderos con ensilado de maíz.

2.6.2 Promotores de crecimiento en rumiantes

Por sus propiedades, los antibióticos pueden disminuir la población de bacterias Gram. positivas en el rumen, beneficiándose la producción y la disminución de metano que se libera secundariamente (McAllister y Newbold, 2008). Sin embargo, su utilización a nivel mundial ha disminuido debido a su prohibición en la alimentación animal por parte de la Unión Europea, evitando el impacto a salud

pública que implica la resistencia bacteriana a los medicamentos (Anadón *et al.*, 2006; Jouany y Morgavi, 2007; Thrune *et al.*, 2009).

Los más utilizados son ionóforos como monensina y lasalocida que inicialmente se utilizaban para prevenir enfermedades parasitarias causadas por coccidias, sin embargo, se encontró un incremento de propionato en rumen y la disminución de acetato y butirato, siendo esta la explicación de esta mejora del rendimiento de los rumiantes (Martineau *et al.*, 2007; Takahashi, 2011).

El uso de antibióticos como aditivos nutricionales ha mostrado incremento del ácido propionico, disminución de la liberación de metano, optimización de proteína por la disminución bacterias metanogénicas y prevención de acidosis láctica (Jouany y Morgavi, 2007; Kobayashi, 2010) por lo cual, se ha demostrado que mejoran la producción de carne y leche (Russell & Houlihan, 2003). En otros experimentos los ionóforos han presentado resistencia bacteriana en uso a largo plazo y por tal motivo disminuye el efecto de estos en un determinado tiempo (Kobayashi, 2010).

2.7 Gluconeogénesis en rumiantes

La gluconeogénesis se define como el proceso de obtención de glucosa a partir de compuestos no carbohidratos y es realizado mediante la acción de enzimas especializadas. Durante este proceso los ácidos grasos volátiles (AGV) como butirato, acetato, propionato y algunos aminoácidos pueden ser utilizados para la formación de glucosa (Ortega y Mendoza, 2003; Lemosquet *et al.*, 2009).

La glucosa es el energético principal para las funciones homeostáticas del organismo y está destinada para mantener y promover la función celular. En todos los mamíferos, la glucosa es el sustrato energético obligatorio para las neuronas, eritrocitos, nefronas y glándula mamaria, por ello la glucosa debe de estar siempre en niveles sanguíneos óptimos (Newsholme *et al.*, 2003).

En mamíferos no rumiantes, se reservan en el tejido graso y la gluconeogénesis adiposa es utilizada solo cuando se presentan temporadas de ayuno prolongado o en cuando se requiere altas cantidades de energía. El glicerol

a partir de tejido adiposo, contribuye carbono para la síntesis de glucosa mediante su descomposición a glycerol 3-phosphate en las vías de la glicolisis y gluconeogénesis hasta ser oxidado en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos como acetil CoA (Drackley *et al.*, 2001; Allen *et al.*, 2009).

Sin embargo, en los rumiantes, la glucosa proviene de forma principal, de los ácidos grasos volátiles producidos en el rumen. De estos, el más importante es el ácido propionico, ya que contribuye con más del 50% del carbono para la formación de glucosa mientras que el lactato y los aminoácidos contribuyen del 10 al 15% de carbonos respectivamente, el valerato y el isobutirato 5%, el glicerol hasta el 3% y la alanina puede contribuir hasta el 5% (Drackley *et al.*, 2001). Todos estos sustratos pasan a través de la pared ruminal a la sangre mediante difusión pasiva y se distribuyen al hígado donde se realiza la gluconeogénesis (Noro y Wittwer, 2012), por lo cual es de suma importancia en los rumiantes (Liu *et al.*, 2010).

2.8 Gluconeogénicos utilizados en rumiantes

Los precios del grano están aumentando en todo el mundo, por lo que el uso de ingredientes no convencionales que aporten energía como glicerol, propilen glicol, propionato de calcio o sodio pueden ser una alternativa para reemplazar parcialmente los granos y así disminuir los costos en las dietas, sin sacrificar productividad al aumentar el potencial gluconeogénico (Miranda *et al.*, 2016)

Estos son compuestos que pueden ayudar a mejorar el rendimiento de los animales mediante el incremento de energía al activar la gluconeogénesis. Estos pueden ser por medio de la dieta y en algunos estudios han sido administrados mediante inyecciones endovenosas (Sano y Fujita, 2006). La ventaja de suministrar estos gluconeogénicos es que al suministrarlos incrementan los niveles sanguíneos de propionato, que sugiere que la energía metabolizable (EM) suministrada por los AGV es más eficiente que la EM suministrada por la dieta (Beiranvand *et al.*, 2014).

Los más utilizados para mejorar la producción en rumiantes son el glicerol, el propilen glicol y el propionato (De Frain *et al.*, 2005; Waterman *et al.*, 2006; Mendoza *et al.*, 2012). En rumiantes el uso de carbohidratos fermentables en las dietas está

relacionado con un aumento en la producción, por tal motivo el uso de compuestos gluconeogénicos puede optimizar la energía disponible para incrementar el rendimiento productivo de los rumiantes en carne, leche o crías (Leonhard-Marek *et al.*, 2007; Lemosquet *et al.*, 2009; Migwi, *et al.*, 2011).

2.8.1 Propilen glicol

El propilen glicol es el gluconeogénico más usado en la formulación de dietas ya que está indicado como prevención y tratamiento de la cetosis en ganado lechero (Juchem *et al.*, 2004). Tiene la desventaja de metabolizarse en el rumen generando propionato, mientras que los análogos sintéticos diferentes pasan directos del rumen a la sangre. Estudios *in vitro* concluyen que el propilen glicol se metaboliza a un ritmo más rápido que el glicerol principalmente a ácido propiónico (Ferraro *et al.*, 2009). Ensayos *in vitro* han demostrado que la adición de propilen glicol presenta un aumento de propionato y una disminución ácido acético y butírico (Miranda *et al.*, 2016), por lo cual el rendimiento de los rumiantes puede aumentar. Esto genera compuesto azufrados tóxicos por lo que se han reportado que las dosis mayores a 500 ml diarias de propilen glicol son tóxicas ya que se metabolizan compuestos azufrados, presentando signos que van desde una mala función del rumen, falta de coordinación y pérdida de la conciencia (Stokes y Goff, 2001), por lo cual se sugiere que el propionato de calcio o sodio sea el que se administre en las raciones, ya que no se han descrito efectos adversos.

2.8.1 Glicerol

La propiedad glucogénica del glicerol presenta efectos lipolítico del tejido adiposo en situaciones donde el organismo necesita satisfacer las demandas de energía y no es posible hacerlo mediante la ingesta de alimento, sin embargo, el glicerol presenta un costo elevado por la cual se optó por utilizar otros compuestos gluconeogénicos en la alimentación animal, en particular el propilen glicol (Allen *et al.*, 2009).

El glicerol es un ácido graso componente de la estructura de los triglicéridos y fosfolípidos. Derivado de este proceso oxidativo de las grasas se liberan ácidos

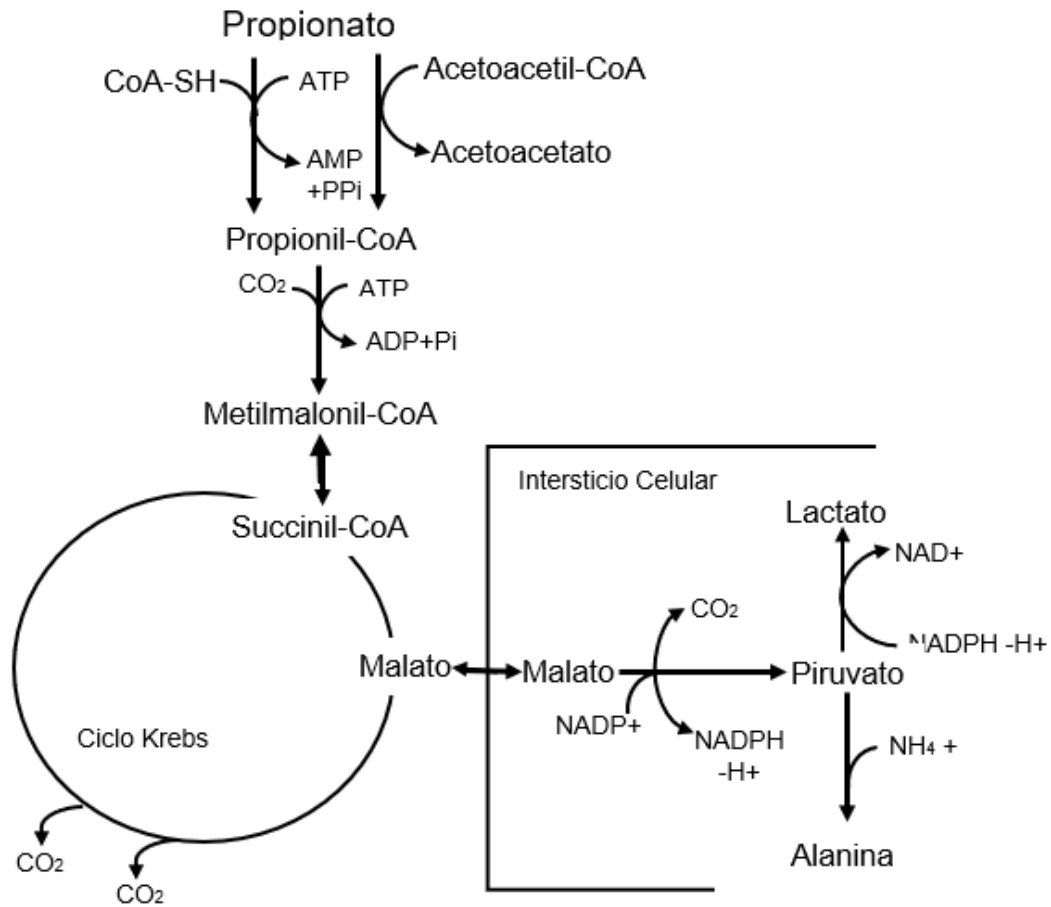
grasos y sobretodo Glicerol a la sangre para ser sintetizados y convertidos en glucosa (Chung *et al.*, 2007). Este proceso es realizado en los órganos gluconeogénicos y la glucosa obtenida es utilizada como energía celular para el metabolismo. En la administración exógena el glicerol se fermenta lentamente a propionato por los microbios del rumen, situación que puede ser representante de un gasto de energía, en contraste del propionato que pasa directo a la sangre por las paredes del rumen (Ferraro *et al.*, 2009).

El glicerol tiene una producción de glucosa menor comparada con el propionato o el propilen glicol, pero por su costo puede ser una alternativa viable como aditivo gluconeogénico, sobretodo en situaciones donde se requiere de una alta movilización de grasa (Huntington *et al.*, 2006). La glicerina se ha utilizado como una fuente energética en la dieta del ganado; se calcula que 100 g de glicerina equivale a 65 g de glicerol. Estudios han usado glicerina como suplemento en la alimentación de vacas en transición, reportando un aumento de la glucosa sanguínea, no existiendo mejora de la producción en la transición pero si teniendo efecto en el aumento de la leche en la producción media (Chung *et al.*, 2007). El glicerol en dosis altas puede ser tan toxico como el propilen glicol, por lo cual se sugiere que el propionato de calcio o sodio sea el que se administre en las raciones.

2.9 Propionato en rumiantes

El ácido propionico se produce mediante la fermentación ruminal de carbohidratos con alto contenido de almidón y su función principal es el aporte energético además de que su nivel de concentración en sangre actúa como mediador metabólico, inhibiendo la oxidación de lípidos en el hígado (Allen *et al.*, 2009). Esto es debido a que el propionato puede aportar hasta el 80% de las demandas de glucosa de los organismos rumiantes (DeFrain *et al.*, 2005; Allen *et al.*, 2009), lo que evidencia la importancia de este ácido graso volátil para la producción de energía en los rumiantes (Drackley *et al.*, 2001).

En el rumen el propionato pasa mediante difusión pasiva para en el hígado ser metabolizado. Las rutas principales son la del piruvato y lactato que están asociadas a la generación de glucosa (Remond *et al.*, 1995).



(Remond *et al.*, 1995)

Figura 1. Formación de propionato ruminal

La energía proveniente del propionato no es regulada por la insulina y su captación es preferencial por el hígado, de esta manera puede ser utilizado eficientemente por todo el organismo (Patton *et al.*, 2004). Por esto el aumento de propionato ruminal está asociado con un mejor rendimiento productivo al aumentar el flujo de energía (Liu *et al.*, 2009) al incrementar el flujo neto de glucosa en sangre (Bradford *et al.*, 2006).

En investigaciones se ha utilizado propionato de calcio como una fuente de energía para prevenir trastornos metabólicos en vacas (Ferreira y Bittar, 2011), además se ha comprobado que favorece crecimiento del músculo esquelético y aumenta la deposición de grasa evitando la oxidación de esta, sobretodo en situaciones donde la demanda de energía es mayor a la consumida (Sano y Fujita

2006). En otro estudio se reportó que puede promover un desarrollo temprano del rumen en bovinos jóvenes, acortando el tiempo de lactación y así disminuyendo costos de producción (Beiranvand *et al.*, 2014). Es por ello por lo que se comprueba que el suministro de propionato puede mejorar las variables productivas de los rumiantes al incrementar la disposición de energía.

Se reportan distintas formas para ser administrado en los rumiantes; Sano & Tadahisa (2006) lo aplicaron de forma endovenosa obteniendo resultados terapéuticos observando un incremento de glucosa sanguínea mientras que DeFrain *et al.* (2005) lo peletizaron con cascara de soja para suministrarlo como complemento, aunque diferentes investigadores lo han incorporado a la dieta como un ingrediente más reportando efectos de su funcionalidad sin alteraciones, por lo cual, esta se reporta como la forma más práctica de su adición (Stokes y Goff, 2001; DeFrain *et al.*, 2005; McNamara y Valdez, 2005; Liu *et al.*, 2010; Ferreira y Bittar, 2011; Lee-Rangel *et al.*, 2012; Beiranvand *et al.*, 2014; Mendoza *et al.*, 2015).

En estas investigaciones la adición de propionato de calcio ha beneficiado el rendimiento productivo de las especies rumiantes que han sido evaluadas. En el caso de los bovinos los estudios se presentan de forma más significativa en lecheros reportando mayores concentraciones de glucosa e insulina en sanguínea, nula incidencia de hipocalcemia, aumento del consumo de materia seca en el postparto, mejor conversión alimenticia, mayor producción de grasa en leche (DeFrain *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2009). Por su parte Stokes y Goff (2001) comparo el efecto de 680 g propionato de calcio contra 310 g de propilenglicol y un tratamiento control encontrando mayor cantidad de ácidos grasos no esterificados (NEFA) cuando adición propionato de calcio. A su vez la presencia de metritis fue significativamente menor cuando se administraron ambos compuestos gluconeogénicos.

Beiranvand *et al.* (2014) compararon la adición del 5% de azúcar y 5% de propionato de sodio sobre ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, tiempo de destete y los índices de crecimiento estructural. En los cuales reportaron ninguna diferencia estadística en pH ruminal, perfil de AGV, destete y crecimiento

de los becerros, pero si en ganancia diaria de peso siendo mayor en las semanas 6, 7 y 9 del experimento en el tratamiento que adicioneo propionato de sodio. Por lo que la adición de energía metabolizable proveniente de un AGV es más eficiente que la misma cantidad de EM aportada por los alimentos.

En el caso de los pequeños rumiantes el propionato de calcio a 0, 10 y 20 g kg⁻¹ MS, no evidencio efecto significativo en cuanto a las variables productivas ni el rendimiento de la canal en un estudio que realizaron Mendoza *et al.* (2015). Sin embargo Lee-Rangel *et al.* (2012) compararon el rendimiento productivo de ovinos adicionados con propionato de calcio (10 g kg⁻¹ MS) con diferentes niveles de grano (sorgo 55 y 65%) encontrando mayor rendimiento de la canal en el tratamiento con nivel más elevado de grano y propionato de calcio.

3. JUSTIFICACIÓN

El crecimiento exponencial de la población mundial demanda que la producción agropecuaria genere productos que puedan satisfacer las necesidades alimenticias globales. Los cereales se han utilizado hasta agotar las reservas mundiales ya que la alimentación humana, su uso en la alimentación de animales de granja y la producción de biodiésel generan una saturación del producto. Por lo cual, la producción pecuaria enfrenta el reto de mantener la producción en escenarios donde los precios de los granos han incrementado debido a la competencia en su utilización. Sin embargo, la mayoría de los rumiantes pueden alimentarse de forrajes que no son de utilidad en la alimentación humana, generando proteína de calidad biodisponible que puede ser aprovechada por la población. Aunque su incorporación en los sistemas de producción suele tener menores rendimientos que los animales alimentados con concentrados, pueden ser enriquecidos con aditivos que ayuden a mejorar los recursos provenientes de los forrajes. Los aditivos gluconeogénicos incrementan el nivel de energía disponible para los rumiantes, por lo que han sido utilizados para sustituir la inclusión parcial de cereales en las raciones sin encontrar diferencias productivas. Dentro de estos los gluconeogénicos como el propionato de calcio son una opción para incrementar la energía que aporta la ración a rumiantes que consumen altos porcentajes de forrajes, pudiendo mantener el rendimiento productivo y disminuyendo el porcentaje de inclusión de granos.

4. HIPÓTESIS

La adición de 0.5, 1.0 y 1.5 % de propionato de calcio en raciones donde se incrementa de forma gradual el nivel de forraje disminuye la relación acético-propionico sin alterar las variables de producción de gas *in vitro*.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión *in vitro* de 0, 0.5, 1.0 y 1.5 % de propionato de calcio sobre las variables de producción de gas, desaparición de la materia seca, ácidos grasos volátiles, CO₂ y CH₄, en raciones con ensilado de maíz y *Rye grass*.

5.2 Objetivos específicos

- Determinar los cambios de producción de gas, tasa de producción de gas y fase *Lag* de dietas con ensilado de maíz o *Rye grass*, al incluir 0.5, 1.0 y 1.5 % de propionato de calcio.
- Establecer el efecto de la inclusión de propionato de calcio en dietas con ensilado de maíz o *Rye grass*, sobre las concentraciones de ácidos grasos volátiles.
- Evaluar si hay incremento de la digestibilidad *in vitro* de raciones formuladas con ensilado de maíz o *Rye grass*, al incluir propionato de calcio.
- Estimar la producción de CO₂ y CH₄ y su efecto con la adición de propionato de calcio.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en el Centro Universitario UAEM Amecameca, empleando las instalaciones del Laboratorio Multidisciplinario de Investigación

Para esta investigación se obtuvieron muestras representativas (n=3) de ensilado de maíz (MS: 22 %, PC; 7.9 %, FDN: 73.6 %, FDA: 48.4 %, EE: 1.37 %) de la Posta Zootécnica, las cuales fueron secadas en una estufa (55°C) y molidas a un tamaño de partícula 1 mm (Elmasry *et al.*, 2016). También se utilizó propionato de calcio de Alimentaria Mexicana Bekarem, S.A. de C.V. en México, D.F.

Con estos ingredientes se formularon cuatro dietas con 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 % de propionato de calcio de forma isoproteica (Cuadro 4) y siguiendo las recomendaciones del NRC (2007). En cada dieta se adicionaba 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 % de ProCa y se incrementaba 4 % la inclusión de ensilado de maíz, disminuyéndose en un 5 % la inclusión de granos (maíz y sorgo).

Se preparó 1 kg de cada dieta, las cuales fueron secadas a 60 °C durante 24 h y molidas a un tamaño de partícula de 1 mm. A cada una se realizó análisis químico (Cuadro 4) de materia seca (MS), cenizas (C) y Nitrógeno total (NT) (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991); así como energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM) de la dieta (Tobias *et al.*, 2006).

Cuadro 4. Dietas experimentales y composición química de las raciones.

Ingredientes, %	Nivel ProCa, %			
	0	0.5	1.0	1.5
Ensilado de maíz	72	76	80	84
Maíz	10	7.5	5	2.5
Sorgo	10	7.5	5	2.5
Pasta de soya	5.5	6	6.5	7
Urea	1.5	1.5	1.5	1.5
Premezcla mineral ¹	1.0	1.0	1.0	1.0
Propionato Calcio [¥]	0	0.5	1.0	1.5
Composición Química, %				
Materia Seca	47.6	45.9	43.2	39.9
Proteína	14.97	15.03	15.08	15.14
FDN*	57.7	60.3	63.7	65.1
FDA**	36.34	38.7	39.3	42.1
Cenizas	7.35	7.67	7.93	8.26
Digestibilidad	65.0	61.2	63.9	65.7
ED, Mcal Kg MS ⁻¹ °	2.5	2.5	2.4	2.4
EM, Mcal Kg MS ⁻¹ °	2.29	2.27	2.30	2.32

¹ Premezcla mineral: Ca 270 g, P 30 g, Na 0.65; [¥]Ácido propionico 780 g, Ca 220 g; *FDN: Fibra Detergente Neutro; **FDA: Fibra Detergente Ácido, °ED: energía digestible, °EM: energía metabolizable.

6.2 Incubaciones *in vitro*

Para realizar las incubaciones, se obtuvo líquido ruminal de forma preprandial, de dos bovinos Holstein (400 kg) canulados en rumen que estaban siendo alimentados en una relación forraje-concentrado 50:50. El inóculo ruminal fue filtrado mediante varias capas de tela gasa, protegido de la luz puesto en un termo a 39 °C y saturado con dióxido de carbono (CO₂) para mantener la anaerobiosis.

Para aportar minerales al líquido ruminal, fueron preparadas cuatro soluciones con nutrientes y minerales como medio de cultivo del inóculo utilizando la metodología descrita por Ferraro *et al.* (2009). Estas contenían por litro de agua destilada: 1) solución mineral I (6.0 g K₂HPO₄), solución mineral II (6.0 g KH₂PO₄; 6.0 g (NH₄)₂SO₄; 12.0 g NaCl; 2.45 g MgSO₄ y 1.6 g CaCl₂·H₂O), solución carbonato de sodio y solución reductora (2.5 g de L-cisteína en 15ml de NaOH (2N), 2.5g de Na₂S y 0.1mL de Rezarsurina 1%). Posteriormente se mezclaron con el líquido ruminal relación 1:9 y gaseada con CO₂.

Para las fermentaciones *in vitro* se utilizaron frasco ámbar de 120 mL de capacidad a los cuales se adiciono 500 mg de la dieta y 90 mL de la solución antes descrita, procurando que siempre estuvieran siendo gaseados con CO₂. Cada frasco fue sellado herméticamente mediante un tapón de goma y un anillo de aluminio y puestos en un baño húmedo a 39 °C para su incubación. Se utilizaron 4 repeticiones por tratamiento y cuatro frascos centinela.

La presión de gas fue medida utilizando un manómetro digital (SSI Technologies, Inc. MG-15-A-9V-R).a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 h de incubación por la metodología descrita por (Theodorou *et al.*, 1994). Las unidades de presión (kg cm² ·⁻¹) fueron transformadas a volumen de gas (Y) mediante la ecuación de regresión lineal propuesta por Menke & Steingass (1988): $Y = v / (1 + \exp(2 - 4 * s * (t - L)))$, donde v= volumen, s= tasa de producción de gas, t= tiempo y L= fase *Lag*.

6.3 Ácidos grasos volátiles

Al final del periodo de incubación se tomó 1 mL de líquido de cada frasco y se colocó dentro de tubos de centrifuga de polipropileno a los cuales se adiciono ácido metafosfórico al 25 % relación v/v 1:4 y posteriormente congelados para su posterior análisis. Las muestras se centrifugaron a 2000 rpm y se obtuvo el sobrenadante para el análisis de ácidos grasos volátiles utilizando cromatografía de gases (Erwin *et al.*, 1961) mediante el aparato Clarus 580 (Perkin Elmer) y utilizando una columna capilar de 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm (Agilent Technologies, modelo HP-FFAP) con nitrógeno como gas de arrastre.

6.4 Desaparición de la materia seca

Posteriormente cada frasco fue filtrado utilizando una bomba de vacío y papel filtro Whatman (MOD. 617 Código P.V.NO.1034). Terminado el proceso de filtrado las muestras fueron secadas en estufa 60 °C durante 24 h y pesadas para obtener la estimación de la digestibilidad. Se utilizaron 3 repeticiones por tratamiento y tres frascos como blanco.

6.5 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando un modelo completamente al azar utilizando un frasco como unidad experimental, cuatro repeticiones por tratamiento y cuatro frascos como blanco, donde:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = La variable respuesta en tratamiento i, repetición j;

μ = La media general;

τ_i = El efecto del i-ésimo tratamiento (i: 1, 2, 3 y 4);

ε_{ij} = El efecto del error experimental

La comparación de medias se realizó utilizando polinomios ortogonales con un nivel de significancia de $P < 0.05$ empleando el paquete estadístico JMP del SAS (2002).

7. RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras esta investigación son dos capítulos de libros.

- 1. Capítulo de libro titulado** “Efecto del propionato de calcio en dietas a base de *Rye grass* sobre la fermentación y la producción de metano *in vitro*”, publicado en el libro *Perspectivas y avances de la producción animal en México* de la Universidad de San Luis Potosí, Lee Rangel, Ramírez Tobías y Roque Jiménez, Editorial Universitaria Potosina, octubre, 2016. ISBN 978-607-9453-73-2.

- 2. Capítulo de libro titulado** “Producción de gas *in vitro* de raciones para ovinos en finalización adicionadas con propionato de calcio”, publicado en el libro *Clima y Ganadería: Productividad Sustentable*, Yamasaki Maza, Yong Ángel, Macías Farrera, Yamasaki Maza, Pérez Luna, Sánchez Muñoz y Ruiz Rojas, Universidad Autónoma de Chiapas, Septiembre, 2017. ISBN: 978-137-0695-79-9.



UASLP
Universidad Autónoma
de San Luis Potosí

Perspectivas y avances de la producción animal en México

Héctor Aarón
Lee Rangel
Hugo Magdaleno
Ramírez Tobías
José Alejandro
Roque Jiménez



PERSPECTIVAS Y AVANCES DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL EN MÉXICO

Héctor Aarón Lee Rangel
Hugo Magdaleno Ramírez Tobías
José Alejandro Roque Jiménez

Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Faculta de Agronomía y Veterinaria

Primera edición, 2016

ISBN 978-607-9453-73-2

D.R. © Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Álvaro Obregón 64 Colonia Centro. San Luis Potosí, SLP, México.
Editorial Universitaria Potosina

La información contenida en cada uno de los capítulos que conforman esta obra es responsabilidad exclusiva de sus autores.

ÍNDICE

GESTIÓN DE SABERES PARA EL MANEJO ETNOSANITARIO DEL GANADO BOVINO EN UNA COMUNIDAD TEPEHUA DE LA HUASTECA BAJA VERACRUZANA	623
DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA REGULACIÓN DEL AGUA DE USO ACUÍCOLA EN VERACRUZ Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN ALIMENTARIA	629
MANEJO DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA EN UNA GRANJA COMERCIAL DE TILAPIA UTILIZANDO UN PRODUCTO A BASE DE LEVADURA <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	638
USO DE PROTEÍNA UNICELULAR (PUC) OBTENIDA DE <i>CANDIDA UTILIS</i> COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE <i>PANGASIU HYPOPHthalmus</i> EN UNA GRANJA COMERCIAL NO TECNIFICADA.....	646
CARACTERIZACIÓN DE POBLACIONES DE LOBINA NEGRA (<i>Micropterus spp.</i>) DE TAMAULIPAS, MEDIANTE SNPs ASOCIADOS A RASGOS DE CRECIMIENTO.....	655
VIII. MICROBIOLOGÍA.....	663
METABOLITOS SECUNDARIOS DE <i>EICHHORNIA CRASSIPES</i> AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE METANO RUMINAL <i>IN VITRO</i>	664
IN VITRO FERMENTATION AND DEGRADATION OF DIETS FOR PELIBUEY LAMBS SUPPLEMENTED WITH RUMEN PROTECTED CONJUGATED LINOLEIC ACID.....	673
EFFECTO DEL PROPIONATO DE CALCIO EN DIETAS A BASE DE RYE GRASS SOBRE LA FERMENTACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE METANO <i>IN VITRO</i>	682
IX. SALUD Y ETNOVETERINARIA.....	690
DETECCIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS EN HECES, LECHE Y ALFALFA DETECTION OF PATHOGENIC MICROORGANISMS IN FECES, MILK AND ALFALFA	691
AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE <i>Candida spp</i> EN MUCOSA ORAL DE TORTUGAS EN CAUTIVERIO	700

**EFFECTO DEL PROPIONATO DE CALCIO EN DIETAS A BASE DE RYE GRASS
SOBRE LA FERMENTACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE METANO IN VITRO
EFFECT OF CALCIUM PROPIONATE IN DIETS BASED ON RYE GRASS
FERMENTATION AND METHANE PRODUCTION IN VITRO**

Pablo Benjamín Razo Ortíz¹, Pedro A. Hernández-García² Enrique Espinosa Ayala²,
Germán D. Mendoza Martínez³, Héctor A. Lee Rangel⁴, Linda G. Bautista², José A.
Martínez García³

¹*Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México, México.*

²*Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, Amecameca, Estado de México. *pedro_abel@yahoo.com*

³*Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Ciudad de México*

⁴*Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.*

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de propionato de calcio en dietas a base de rye grass en fermentación in vitro. Para lo cual se emplearon frascos ámbar con una capacidad de 120 ml, a los cuales se les adiciono 0.5 g de la dieta formulada con dosis de 0, 0.5, 1.0 y 1.5% de ProCa, se emplearon 4 frascos como blancos y se incubaron a 39°C tomando las lecturas de presión y volumen de gas a 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas. No se observó efecto significativo ($p > 0.05$) en V_{max} de gas con la adición de ProCa (efecto lineal $P = 0.8422$ y cuadrático $P = 0.5137$). A su vez

SUMMARY

The objective of the present study was to evaluate the effect of calcium propionate on diets based in rye grass on in vitro fermentation. For which amber bottles with a capacity of 120 ml were used and it's were added with 0.5 g of a diet formulated with doses of 0, 0.5, 1.0 and 1.5% of ProCa, 4 bottles were used as targets. They were incubated at 39 ° C taking pressure readings and gas volume 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60 and 72 hours. There was not observed significant effect $p > 0.05$ in V_{max} with the addition of ProCa (linear effect 0.5137 and quadratic effect $P = 0.8422$). However is observed a decreased

se observa una disminución en fase Lag con la adición de 1.5% de ProCa (efecto cuadrático $P = 0.0166$). En cuanto a la DIVMS se aprecia una reducción con la inclusión de 1.0% (efecto cuadrático $P = 0.0020$), no se mostró una reducción en la producción de gas metano con la inclusión de ProCa (efecto lineal $P = 0.1587$ y cuadrático $P = 0.5067$) siendo evidente una reducción en producción de CO₂ a dosis de 0.5% de ProCa (efecto cuadrático $P = 0.0212$).

Palabras clave: Gluconeogénico, pasto, producción de gas

in Lag phase with the addition of 1.5 % of Proca ($P = 0.0166$ quadratic effect). As IVDMD were markedly reduced with the inclusion of 1.0 % (quadratic effect $P = 0.0020$), was not shown a reduction in methane gas production by including ProCa diet (linear effect $P=0.1587$ and quadratic $P = 0.5067$) but was evident a reduction in CO₂ production in dose of 0.5% calcium propionate (quadratic effect $P = 0.0212$).

Key words: Glycogenic, grass, gas production

INTRODUCCIÓN

La dieta de los rumiantes se basa en pastos y forrajes como fuente de alimento y aunque en la mayoría de los casos no representa inversión alimenticia, algunos suelen no ser biológicamente óptimos y por ello el rendimiento del animal suele verse comprometido. Durante el proceso fermentativo de estos pastos y forrajes, se produce metano (CH₄) con el fin de liberar el hidrogeno (H₂) resultante del metabolismo de los microorganismos (McAllister & Newbold, 2008; Kobayashi, 2010). Según Beker *et al.* (2009) calcula que la producción de rumiantes pastoriles es el principal emisor de CH₄ a la atmosfera, gas que representa un 20% de las emisiones de efecto invernadero (IPCC, 2006) y que contribuye de forma importante al calentamiento global (Lassey, 2007). Por esto, es importante el desarrollo de tecnologías que contribuyan a la disminución de este gas, sin alterar el porcentaje de forrajes en las dietas, ya que se deben aprovechar los alimentos que no son utilizados para alimentación humana (Buddle *et al.*, 2011). Dentro de algunas alternativas que se han empleado con el fin de disminuir las emisiones de metano se encuentran la inmunización, el uso de extractos de plantas, virus bacteriófagos, péptidos bactericidas,

análogos halogenados y el uso de ionóforos (Eckard *et al.*, 2010; Hook *et al.*, 2010), aunque estos últimos han sido prohibidos en la unión europea debido al impacto a la salud pública que implica la resistencia de las bacterias (Jouany & Morgavi, 2007; Thrune *et al.*, 2009). Otra alternativa útil para la disminución en la producción de CH₄ es el uso de aditivos gluconeogénicos, ya que la producción de propionato y metano utilizan H₂ como sustrato. Por ello Kobayashi (2010) menciona que es muy factible que una estrategia para el incremento de propionato ruminal funcione secundariamente para la disminución de la producción de CH₄. Además los efectos benéficos en las variables productivas de rumiantes han sido evidenciados por varios investigadores (Waterman *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2010; Beiranvand *et al.*, 2014). Por ello el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de propionato de calcio en dietas a base de *rye grass* sobre la fermentación ruminal y la producción de metano *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio Multidisciplinario de Investigación del Centro Universitario UAEM Amecameca, de la Universidad Autónoma del Estado de México. El propionato de calcio fue adquirido en Alimentaria Mexicana Bekarem, S.A. de C.V. El pasto fue obtenido de una pradera destinada para pastoreo de ovinos.

Dietas Experimentales: Fueron formuladas con 80% de *rye grass*, el resto conformado por sorgo, maíz, pasta de soya, urea, premezcla mineral, las cuales fueron adicionadas con 0, 0.5, 1.0 y 1.5% de propionato de calcio (Cuadro 1).

Inoculo ruminal, incubaciones *in vitro*: El líquido ruminal fue obtenido de un bovino canulado raza Holstein de 400 kg de peso, cuya dieta comprende forraje de maíz verde (50%) y una mezcla de ebol con avena (50%). Se extrajeron 500 ml de líquido ruminal que se colocó en un termo a 39°C y se llevó al laboratorio de investigación donde se filtró con cuatro capas de tela de gasa y se saturó con dióxido de carbono (CO₂). Para las incubaciones *in vitro* se realizó la mezcla del líquido ruminal y solución mineral reducida en relación 1:9. Se utilizaron frascos ámbar de 120 ml de capacidad a los cuales se adicionaron 0.5 g de cada dieta, previamente molida a un tamaño de partícula de 2mm, a los cuales se les agregó 90 ml de líquido ruminal estandarizado con un flujo continuo de

CO₂ y cerrados herméticamente, empleando cuatro frascos como blancos que contenían únicamente inóculo ruminal. Los frascos se colocaron en baño maría a 39° C y se midió la presión de gas a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas empleando un manómetro manual (Theodorou *et al.*, 1994).

Cuadro 1: Dietas experimentales

	Inclusión de Propionato de calcio, %			
	0	0.5	1.0	1.5
<i>Rye grass</i>	83	84	84	84
Sorgo, Grano	14	12	10	10
Maíz, Grano	10	13	10	10
Pasta de soya	14	12	12	12
Premezcla mineral	1.6	1.6	1.6	1.6
Urea	1	1	1	1
ProCa ¹	0	0.5	1.0	1.5

¹ Propionato de calcio: 780 g de ácido propionico y 220 g de calcio.

Los valores de presión se transformaron a volumen de gas empleando una ecuación de regresión lineal. En cada fracción de tiempo fueron estimados tres parámetros de la cinética de producción de gas los cuales fueron; fase lag (h), volumen máximo (V_{max}) y la tasa de producción de gas (S) utilizando el modelo propuesto por (Menke & Steingass, 1988). $V_0 = V_m / (1 + e^{-2.4 * S * t})$. Al finalizar el periodo de incubación se filtraron los frascos para obtener la degradabilidad de la materia seca (DIVMS) con una bomba de vacío y utilizando

papel filtro Whatman 541, previamente secado en estufa (55° C por 24 horas). Se realizó un lavado cuidadoso del frasco con agua destilada para obtener completamente la muestra y así la degradabilidad de la materia seca.

La producción total de gas, la proporción de CH₄ y la degradabilidad de la materia seca se analizaron empleando un diseño completamente al azar con un nivel de significancia de P<0.05 y analizados por polinomios ortogonales entre tratamientos, efecto lineal y cuadrático (Steel *et al.*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos de la prueba *in vitro* en donde no se observó efecto significativo P>0.05 en Vmax con la adición de propionato de calcio (efecto lineal P = 0.8422 y cuadrático P = 0.5137), ni en tasa de producción de gas (S). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Miranda *et al.* (2016) quienes no encontraron efecto significativo con la adición de ProCa sobre Vmax y tasa de producción de gas en dietas a base de gramíneas. A su vez se observó una disminución en fase Lag con la adición de 1.5% de propionato de calcio (efecto cuadrático P = 0.0166), Ferraro *et al.* (2009) reportaron un aumento en la fase Lag, empleando compuestos gluconeogénicos *in vitro*, concordando con lo reportado por Miranda *et al.* (2016). En cuanto a la DIVMS se aprecia una reducción con la inclusión de 1.0% (efecto cuadrático P = 0.0020), tratamiento que también coincide con la fase Lag más larga del experimento (2,722 h). No se mostró una reducción en la producción de gas metano con la inclusión de ProCa (efecto lineal P = 0.0020 y cuadrático P = 0.5067) siendo evidente una reducción en producción de CO₂ a dosis de 0.5% de propionato de calcio (efecto cuadrático P = 0.0212). Lee *et al.* (2011) reportaron una disminución en la producción de CH₄ cuando se evaluó la fermentación *in vitro* de glicerol utilizando como sustratos alfalfa y grano de maíz, situación que corrobora el efecto sobre el metano que tienen los gluconeogénicos aunque se sugiere investigar más a fondo el efecto del propionato.

Cuadro 2: Efecto de la inclusión de propionato de calcio en producción de gas *in vitro*

	Porcentajes de inclusión, %				EE	P	
	0	0.5	1.0	1.5		Lin	Cua
Vmax, ml	146.433	133.267	148.330	143.433	6.268395	0.8422	0.5137
S, %/h	0.039	0.035	0.054	0.043	0.010692	0.5518	0.7416
Lag, h	1.728	1.422	2.722	0.624	0.296978	0.1679	0.0166
DIVMS, %	75.629	72.940	70.564	77.005	1.010165	0.7085	0.0020
CH ₄ , ml	21.500	25.500	28.500	28.000	3.237154	0.1587	0.5067
CO ₂ , ml	66.500	58.500	64.000	75.000	3.322900	0.0704	0.0212

Volmax: Producción máxima de gas (ml), S: máxima tasa de producción de gas (ml/h), que se presenta en el punto de inflexión de la curva; L: fase Lag (h), definido como el intercepto del eje tiempo de la línea de la tangente en el punto de inflexión; DIVMS: degradabilidad de la materia seca (%), Lin = efecto lineal; Cua = efecto cuadrático; EE= error estándar de la media.

CONCLUSIÓN

En este experimento la adición de Propionato de Calcio en dietas a base de pasto *Rye grass* no mostro efecto sobre la producción de gas y la generación de metano en condiciones *in vitro*, por lo cual se sugiere realizar investigaciones empleado el propionato de calcio con el fin de establecer la dosis optima que favorezca la disminución de este gas de efecto invernadero.

REFERENCIAS

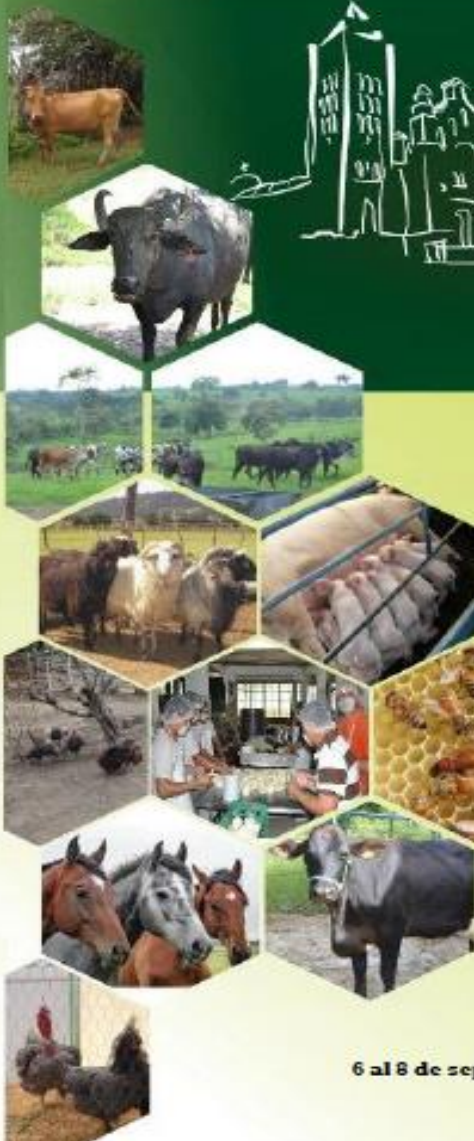
- Beiranvand, H., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Homayouni, A., Bachmann, L., & Kargar, S. (2014). Evaluation of ketogenic vs. glucogenic substrates as energy sources in starter diets for Holstein dairy calves. *Canadian Journal of Animal Science*, 94(4), 717–723.
- Beker, A., Gipson, T. A., Puchala, R., Askar, A. R., Tesfai, K., Detweiler, G. D., Goetsch, A. L. (2009). Effects of Stocking Rate, Breed and Stage of Production on Energy Expenditure and Activity of Meat Goat Does on Pasture. *Journal of Applied Animal Research*, 36(2), 159–174.
- Buddle, B. M., Denis, M., Attwood, G. T., Altermann, E., Janssen, P. H., Ronimus, R. S., Neil Wedlock, D. (2011). Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. *Veterinary Journal*, 188(1), 11–17.
- Eckard, R. J., Grainger, C., & de Klein, C. A. M. (2010). Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livestock Science*, 130(1-3), 47–56.
- Ferraro, S. M., Mendoza, G. D., Miranda, L. A., & Gutierrez, C. G. (2009). In vitro gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Animal Feed Science and Technology*, 154(1-2), 112–118.
- Hook, S. E., Wright, A. D. G., & McBride, B. W. (2010). Methanogens: Methane producers of the rumen and mitigation strategies. *Archaea*, 2010, 50–60.
- Jouany, J.-P., & Morgavi, D. P. (2007). Use of “natural” products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 1(10), 1443–1466.
- Kobayashi, Y. (2010). Abatement of methane production from ruminants: Trends in the manipulation of rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(3), 410–416.
- Lassey, K. R. (2007). Livestock methane emission: From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. *Agricultural and Forest Meteorology*, 142(2-4), 120–132.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE CHIAPAS**



DES: CIENCIAS AGROPECUARIAS



XLIV

REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA
PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y SEGURIDAD
ALIMENTARIA, A.C.

**CLIMA Y
GANADERÍA:
PRODUCTIVIDAD
SUSTENTABLE**

Compiladores:

Alberto Yamasaki Maza
Gilberto Yong Angel
Ope. Patricia Macías Ferrera
Leonardo Yamasaki Maza
Esaú de Jesús Pérez Luna
José Bernardo Sánchez Muñoz
Horacio León Velasco
Jorge Luis Ruiz Rojas

6 al 8 de septiembre, 2017. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico

© Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH)

© Asociación Mexicana de Producción Animal y Seguridad Alimentaria (AMPA A. C.)

Edita: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNACH.

Editores: Alberto Yamasaki Maza

Leonardo Yamasaki Maza

Gilberto Yong Angel

Guadalupe Patricia Macias Ferrera

Horacio León Velasco

Esai de Jesús Pérez Luna

José Bernardo Sánchez Muñoz

Maquetación: Leonardo Yamasaki Maza, Alberto Yamasaki Maza

Imagen portada: xxxxxx

ISBN: 9781370695799

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores.

Prohibida la reproducción parcial o total, sin la autorización por escrito de los editores, compiladores y autores.

COMPOSICIÓN LIPÍDICA Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE CARNE DE OVINOS ALIMENTADOS CON INCLUSIÓN DE HARINA DE AGUACATE O ACEITE DE GIRASOL	242
RELACIÓN DE LAS MEDIDAS ALOMÉTRICAS DEL TRACTO GASTROINTESTINAL E HÍGADOS CON RESPECTO AL PESO VIVO EN PAVOS NICHOLAS 700	248
PRODUCCION, CALIDAD Y ENRIQUECIMIENTO DE LA MELAZA PRODUCIDA EN CHIAPAS.....	253
EFFECTO DE <i>Pithecolobium dulce</i> , <i>Tagetes erecta</i> Y <i>Cosmos bipinnatus</i> SOBRE LA EMISIÓN DE METANO Y LA PRODUCCION DE LECHE DEL GANADO BOVINO.	257
EVALUACIÓN <i>in vivo</i> DE NANOPARTÍCULAS DE FOSFATO DICÁLCICO EN POLLOS DE ENGORDA EN INICIACIÓN	261
EFFECTO DE FÓRMULA POLIHERBAL SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE LA CARNE DE CONEJO.....	267
EFFECTO DEL LA DOSIS DE PROBIÓTICO Y EL GRANO DE LA DIETA EN EL CRECIMIENTO Y FERMENTACIÓN CECAL DE CONEJOS.....	272
DEGRADABILIDAD <i>in vitro</i> DE DIETAS CON INCLUSIÓN DE PULPA DE NARANJA	277
PRODUCCIÓN DE GAS <i>in vitro</i> DE RACIONES PARA OVINOS EN FINALIZACIÓN ADICIONADAS CON PROPIONATO DE CALCIO	282
EFFECTOS DE LOS FACTORES AMBIENTALES (TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA) AL ELABORAR SACCHARINA RUSTICA	287
CONTENIDO DE TANINOS Y DIGESTIBILIDAD <i>in vitro</i> DE LA MATERIA SECA EN HOJAS: REBROTE TIERNO vs HOJAS ANTERIORES, EN DOS ECOTIPOS DE <i>Leucaena</i>	291
EFFECTIVIDAD DEL HCL-ZILPATEROL EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE TORETES CON CRECIMIENTO COMPENSATORIO.....	296
PREFERENCIA DE FORRAJES TROPICALES EN CONEJOS EN CRECIMIENTO	300
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON UREA Y ZEOLITA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE AVENA FORRAJERA.....	305
IMPACTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA.....	310
EVALUACIÓN DE TRES DIETAS FES A BASE DE MORERA (<i>Morus alba</i>), TUSA Y NABO (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) EN GANADERIA LECHERA	314
EVALUACIÓN DE pH, CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y CALIDAD COMPOSICIONAL DE ENSILAJE DE MORERA-SAUÇO.....	318
EFFECTO DE ROMERO (<i>Rosmarinus officinalis L.</i>) Y TOMILLO (<i>Thymus vulgaris</i>) SOBRE PARÁMETRO PRODUCTIVOS, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE EN CONEJOS EN FINALIZACION.....	322

PRODUCCIÓN DE GAS *in vitro* DE RACIONES PARA OVINOS EN FINALIZACIÓN ADICIONADAS CON PROPIONATO DE CALCIO

[*in vitro* GAS PRODUCTION OF RATIONS FOR LAMBS IN FINALIZATION WITH CALCIUM PROPIONATE]

Pablo Benjamín Razo Ortíz¹, Pedro A. Hernández-García^{2*}, Enrique Espinosa Ayala², Germán D. Mendoza Martínez³, Héctor A. Lee Rangel⁴, Linda G. Bautista², José A. Martínez García³

¹Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México, México.

²Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, Amecameca, Estado de México.

³Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Ciudad de México

⁴Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

*Correspondencia: pedro_abel@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5% de propionato de calcio (ProCa) en raciones para finalización de corderos utilizando la técnica de producción de gas *in vitro*. Se emplearon dietas comerciales y formuladas, las cuales fueron diseñadas cumpliendo los requerimientos para ovinos en finalización. Los tratamientos evaluados fueron: ambas dietas con la adición de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5% de ProCa; a las cuales se les realizaron pruebas *in vitro* empleando frascos ámbar con una capacidad de 120 mL y 0.5 g de cada dieta utilizando tres repeticiones y cuatro frascos como blancos. Se tomaron las lecturas de presión y de gas a 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas. Hubo diferencia significativa en Vol max (P=0.0001) observándose mayor producción de gas con los niveles de 1.0 y 1.5 % de propionato de calcio. La estimación de la digestibilidad fue menor con la dieta comercial. Se observó diferencia en la concentración de acetato (P= 0.0080), propionato (P=0.0077) y butirato (P= 0.0155). La relación acetato-propionato disminuyó 41.1% con la adición de 1.5% de ProCa P=0.0176) y la producción total de AGV fue mayor con la inclusión de 1.0 % (P= 0.0001). El uso del 1.0 % de ProCa mejora el volumen máximo de gas e incrementa la digestibilidad.

Palabras clave: Gluconeogénico, dietas rumiantes en finalización, producción de gas *in vitro*

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5% of calcium propionate (ProCa) in rations for finishing lambs using *in vitro* gas production technique. Commercial and formulated diets were used, which were designed to meet the requirements for sheep in finishing. The evaluated treatments were: both diets with the addition of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5% of ProCa; which were tested *in vitro* using amber flasks with a capacity of 120 mL and 0.5 g of each diet using three replicates and four flasks as targets. The pressure and gas readings were taken at 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60 and 72 hours. There was a significant difference in Vol max (P = 0.0001), with higher gas production with levels of 1.0 and 1.5% of calcium propionate. The digestibility estimation was lower with the commercial diet. Differences were observed in the concentration of acetate (P = 0.0080), propionate (P = 0.0077) and butyrate (P = 0.0155). The acetate-propionate ratio decreased 41.1% with the addition of 1.5% ProCa P = 0.0176) and total VFA production was higher with inclusion of 1.0% (P = 0.0001). The use of 1.0% of ProCa improves the maximum volume of gas and increases the digestibility.

Keywords: Glycogenic, finalization ruminant diets, *in vitro* gas production

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de la ganadería es incrementar el nivel productivo de los animales, sin alterar su estado de salud y reducir los costos de producción. Con el fin de reducir el tiempo de engorda en las unidades de producción de carne de cordero, existe una tendencia a utilizar concentrados y tradicionalmente se ocupan alimentos comerciales, en otros casos raciones intensivas no comerciales (Mendoza *et al.*, 2007). Estas raciones usualmente son enriquecidas con aditivos que puedan complementar y mejorar el rendimiento productivo de los animales. Un ejemplo de estos aditivos son los gluconeogénicos, los cuales aumentan el flujo neto de glucosa, por lo que son utilizados de forma común en el periodo de transición del ganado lechero (McNamara & Valdez, 2005). Dentro de estos aditivos se encuentra el propionato de calcio, el

282

XLIV Reunión Científica AMPA 2017, Clima y Ganadería: Productividad Sustentable

cual es absorbido vía ruminal sin ser modificado y no se reporta toxicidad al emplearlo. Se ha observado que el propionato de calcio puede incrementar el consumo de materia seca (McNamara & Valdez, 2005), elevar la concentración de glucosa sanguínea (Sano & Tadahisa, 2006), obtener rendimientos similares cuando se sustituye el 1% de ProCa por el 10% de almidones (Lee-Rangel *et al.*, 2012), y elevar hasta un 10% la energía metabolizable de la dieta (Mendoza *et al.*, 2015). Cabe destacar que no existen reportes e investigaciones en donde se evalué el uso de este aditivo empleando dietas comerciales. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de 0, 0.5, 1.0 y 1.5% de propionato de calcio (ProCa) en raciones para finalización de corderos utilizando la técnica de producción de gas *in vitro*.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio Multidisciplinario de Investigación del Centro Universitario UAEM Amecameca, de la Universidad Autónoma del Estado de México. Para esta investigación se emplea propionato de calcio obtenido de Alimentaria Mexicana Bekarem, S.A. de C.V.

Los tratamientos fueron una ración formulada de acuerdo con los requerimientos del NRC (2007) con maíz molido, sorgo molido, pasta de soya, urea, pmezcla mineral (Cuadro 1) y un alimento comercial (Materia seca 88%, Proteína cruda 14%, Grasa cruda 4%, Fibra cruda 8% y Cenizas 8%) a las que se adiciona 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5% de propionato de calcio.

Para realizar la producción de gas *in vitro* se obtuvo líquido ruminal de un bovino canulado raza Holstein de 400 kg de peso, cuya dieta comprendía forraje verde de maíz (50%) y concentrado (50%). Se extrajeron 1500 mL de líquido ruminal que se colocó en un termo para evitar enfriamiento y se llevó al laboratorio de investigación donde fue filtrado y saturado con dióxido de carbono (CO₂). Posteriormente fue adicionado en relación 1:9 a una solución mineral estandarizada que fue preparada como describen Ferraro *et al.* (2009).

Cuadro 1. Formulación y composición química de las dietas experimentales para corderos en finalización y diferentes niveles de propionato de calcio.

Ingredientes (%)	Nivel de ProCa (%)			
	0	0.5	1.0	1.5
Maíz, molido	32.5	35.2	31.7	33.8
Sorgo, molido	35.0	32.0	34.0	30.0
Pasta de soya	4.0	5.0	6.0	6.4
Rastrojo de maíz	25.2	24.0	24.0	25.0
Urea	1.0	1.0	1.0	1.0
Buffer ¹	1.0	1.0	1.0	1.0
Sal mineral ²	1.3	1.3	1.3	1.3
ProCa ³	0.0	0.5	1.0	1.5
Composición Química				
MS (%)	89.0	89.1	89.2	89.2
PC	12.6	12.9	13.2	13.21
EE	2.44	2.46	2.40	2.39
FC	9.50	9.18	9.22	9.49
FDN	28.37	27.30	27.52	27.64
FDA	15.51	14.92	15.05	15.27
Cenizas	3.78	3.75	3.81	3.85

¹ Acid buff: 750 g CaCO₃ and 190 g MgCO

² Premezcla mineral, Ca 270 g, P 30 g, Na 0.65

³ ProCa780 g propionic acid and 220 g Ca.

XLIV Reunión Científica AMPA 2017, Clima y Ganadería: Productividad Sustentable

Para las incubaciones *in vitro* se utilizaron frascos ámbar de 120 mL de capacidad a los cuales se adicionaron 0.5 g de cada dieta y 90 mL de líquido ruminal estandarizado con flujo continuo CO₂. Se emplearon 4 frascos como blancos, los cuales solo contenían inoculo ruminal y fueron restados para ajustar los valores de las medias. Los frascos se colocaron en baño maría a 39° C y se midió la presión de gas a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas con un manómetro digital (Theodorou *et al.*, 1994).

Al finalizar el periodo de incubación se tomó 1 mL de cada frasco y fue adicionado con ácido metafosfórico 25% en relación 1:4 v/v para el análisis de ácidos grasos volátiles utilizando cromatografía de gases (Erwin *et al.*, 1961) mediante el aparato Clarus 580 (Perkin Elmer) y utilizando una columna capilar de 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm (Aglient Technologies) con nitrógeno como gas de arrastre. Para obtener la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), se filtró el contenido de los frascos a través de papel filtro Whattman 541 (MOD. 617 código P.V.NO.1034), previamente secado en estufa (55° C por 24 horas) con la ayuda de una bomba de vacío.

En cada fracción de tiempo fueron estimados 3 parámetros de la cinética de producción de gas los cuales fueron; fase *lag* (h), volumen máximo (Vmax) y la tasa de producción de gas (S) utilizando el modelo propuesto por (Menke & Steingass, 1988). $V_0 = V_m / (1 + e^{-(2.4 * s * t)})$. La producción total de gas, la estimación de la digestibilidad y los AGV se analizaron mediante un diseño completamente al azar con un nivel de significancia de $P < 0.05$ (SAS, 2001), y la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de tukey

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 muestra los resultados de esta investigación donde se observa que la tasa de producción de gas (S) y fase Lag (L) no muestran diferencia estadística ($P > 0.05$), lo cual no concuerda con otras investigaciones que reportan retardos en fase Lag y disminución en la tasa de producción de gas cuando se adiciona propionato de calcio (Miranda *et al.*, 2015) o gluconeogénicos como el glicerol o propilen glicol (Ferraro *et al.*, 2009). Se observó mayor producción de gas en la ración formulada, encontrándose diferencia significativa ($P = 0.0001$) con la adición de 1.0 y 1.5% de ProCa, valores similares a los reportados por Miranda *et al.* (2015), quienes obtuvieron un incremento del 5.5% en el volumen de gas cuando adicionó el 1% de ProCa a dietas para corderos en finalización. Esto podría ser de importancia si se incrementan también los valores de los ácidos grasos volátiles, concretamente ácido propionico, como observa Oliveira *et al.* (2011). El butirato mostro un leve incremento con la adición de 0.5% de ProCa ($P = 0.0155$) para la ración formulada. En cuanto a la concentración molar de ácido acético se observa diferencia ($P = 0.0080$) disminuyéndose de forma gradual con la adición de ProCa e incrementándose significativamente la proporción de ácido propiónico ($P = 0.0077$); por lo que la relación acetato-propionato fue menor con la inclusión de 1.0 y 1.5% del gluconeogénico en la ración formulada y manteniéndose con el alimento comercial. El ácido acético ha disminuido en otras investigaciones cuando se adicionan gluconeogénicos *in vitro* (Ferraro *et al.*, 2009; Ferraro *et al.*, 2016) o *in vivo* (Lee-Rangel *et al.*, 2012) y existe evidencia del incremento de ácido propionico cuando se adicionan precursores de propionato (Newbold *et al.*, 2005), por lo que disminuye la relación acetato-propionato (Avila *et al.*, 2011).

XLIV Reunión Científica AMPA 2017, Clima y Ganadería: Productividad Sustentable

Cuadro 2. Efecto del propionato de calcio en la producción de gas *in vitro* en dietas para ovinos en finalización.

	Inclusión de propionato de calcio (ProCa) (%)								EE	P
	Ración Formulada				Alimento comercial					
	0	0.5	1.0	1.5	0	0.5	1.0	1.5		
Vol max., %	178.1 ^b	189.3 ^b	210.1 ^a	214.5 ^a	136.1 ^c	138.4 ^c	149.6 ^c	144.3 ^c	3.0	0.0001
S, h ⁻¹	0.052	0.057	0.044	0.047	0.060	0.059	0.048	0.056	0.006	0.491
L, h	0.77	0.84	0.68	0.99	0.36	0.44	0.58	0.55	0.97	0.756
DIVMS, %	76.1 ^a	75.8 ^a	80.1 ^a	79.3 ^a	61.3 ^b	63.5 ^b	58.7 ^b	57.6 ^b	1.58	0.0001
¹ Acetato	68.8 ^a	63.9 ^{ab}	60.9 ^b	60.3 ^b	68.6 ^{ab}	68.1 ^{ab}	68.3 ^{ab}	66.7 ^{ab}	0.018	0.0080
¹ Propionato	20.1 ^b	23.9 ^{ab}	27.8 ^{ab}	29.2 ^a	20.3 ^{bc}	20.9 ^{ab}	21.1 ^{ab}	21.9 ^{ab}	0.016	0.0077
¹ Butirato	7.21 ^b	9.51 ^a	9.06 ^{ab}	8.50 ^{ab}	7.98 ^{ab}	7.94 ^{ab}	7.62 ^{ab}	82.0 ^{ab}	0.003	0.0155
² A:P	3.4 ^b	2.6 ^{ab}	2.2 ^a	2.0 ^a	3.3 ^{ab}	3.2 ^{ab}	3.2 ^{ab}	3.0 ^{ab}	0.32	0.0176
³ Total AGV	97.8 ^a	97.3 ^{ab}	97.8 ^a	97.7 ^{ab}	69.0 ^d	80.4 ^C	89.3 ^{ab}	86.7 ^{ab}	2.32	0.0001

Volmax: Producción máxima de gas (mL), S: máxima tasa de producción de gas (h⁻¹), que se presenta en el punto de inflexión de la curva; L: fase Lag (h), definido como el intercepto del eje tiempo de la línea de la tangente en el punto de inflexión; DIVMS: degradabilidad de la materia seca (%); ¹mol/100mol; ²relacion acetato-propionato; ³(mmol)/L; EE= error estándar de la media; (^{abcd}) medias con diferente superíndice difieren ($P < 0.05$).

En cuanto a la DIVMS se aprecia diferencia significativa ($P = 0.0001$), observándose que la ración formulada mostró mayor digestibilidad. Chen *et al.* (2016) observaron mayor digestibilidad cuando adicionó ácido propionico, reporte similar a lo que informaron Avila *et al.* (2011), quienes observaron un incremento lineal en la degradabilidad de la materia seca cuando adicionaron dosis crecientes de glicerol.

CONCLUSIÓN

La inclusión del 1.0% de propionato de calcio mejoran la producción de gas, digestibilidad y aumentando la concentración de ácidos grasos volátiles principalmente ácido propionico sin alterar la fase *lag* ni la tasa de producción de gas, lo cual puede emplearse para futuros experimentos de forma *in vivo*.

REFERENCIAS

- Avila, J. S., Chaves, A. V., Hernandez-Calva, M., Beauchemin, K. A., McGinn, S. M., Wang & McAllister, T. A. (2011). Effects of replacing barley grain in feedlot diets with increasing levels of glycerol on *in vitro* fermentation and methane production. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167(June 2011), 265–268.
- Chen, L., Guo, G., Yuan, X., Zhang, J., Li, J., & Shao, T. (2015). Effects of applying molasses, lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality, aerobic stability and *in vitro* gas production of total mixed ration silage prepared with oat-common vetch intercrop on the Tibetan Plateau. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(5), 1678–1685.

XLIV Reunión Científica AMPA 2017, Clima y Ganadería: Productividad Sustentable

- Erwin, E. S., G. J. Marco, and E. M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, 44:1768–1771.
- Oliveira, J. S., de Queiroz, A. C., Mantovani, H. C., de Melo, M. R., Detmann, E., Santos, E. M., & Bayão, G. F. V. (2011). Effect of propionic and lactic acids on *in vitro* ruminal bacteria growth. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5), 1121–1127.
- Ferraro, S. M., Mendoza, G. D., Miranda, L. A., & Gutierrez, C. G. (2009). *In vitro* gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Animal Feed Science and Technology*, 154(1–2), 112–118.
- Ferraro, S. M., Mendoza, G. D., Miranda, L. A., & Gutiérrez, C. G. (2016). *In vitro* ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses combined with forages and their effect on glucose and insulin blood plasma concentrations after an oral drench in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 213, 74–80.
- Lee-Rangel, H. A., Mendoza, G. D., & Gonzalez, S. S. (2012). Effect of calcium propionate and sorghum level on lamb performance. *Animal Feed Science and Technology*, 177(3–4), 237–241. }
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washintong, DC: National Academy Press.
- McNamara, J. P., & Valdez, F. (2005). Adipose tissue metabolism and production responses to calcium propionate and chromium propionate. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2498–2507.

- Mendoza, G. D., Plata, F. X., Mónica, P., Mella, R., Alejandro, M., Delgadillo, M., Bárcena, R. (2007). Evaluation of Complete Feeds for Intensive Fattening Lambs. *Revista Científica, FCV-LUZ, XVII*, 66–72.
- Mendoza, M. G. D., Pinos, R. J. M., Lee-Rangel, H. A., Hernández-García, P. A., Rojo, R. R., & Relling, A. (2015). Effects of dietary calcium propionate on growth performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Animal Production Science*.
- Menke, K.E., and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Development*. 27:7-55.
- Miranda, L. A., Lee Rangel, H. A., Mendoza M. G., Crosby G. M., Relling, A. E., Pinos R. J., Rojo, R. R., González, H. M. (2015). Influence of calcium propionate on in vitro fermentation of sorghum-based diets. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*.
- Newbold, C. J., Lopez, S., Nelson, N., Ouda, J. O., Wallace, R. J., & Moss, A. R. (2005). Propionate precursors and other metabolic intermediates as possible alternative electron acceptors to methanogenesis in ruminal fermentation in vitro. *British Journal of Nutrition*, 94(1), 27–35.
- Sano, H. ., & Tadahisa, F. . (2006). Effect of supplemental calcium propionate on insulin action to blood glucose metabolism in adult sheep. *Reproduction Nutrition Development*, 46, 9–18.

9. CONCLUSIONES GENERALES

La adición de propionato de calcio en dietas con elevada inclusión de ensilado de maíz mantiene las variables de producción de gas como volumen máximo de gas, tasa de producción de gas y no retrasa la fase *Lag*, de igual forma, no existen cambios en las concentraciones molares de ácidos grasos volátiles, ni en la digestibilidad *in vitro*, lo cual es de suma importancia si se toma en cuenta que la inclusión de ensilado de maíz fue incrementada en un 4 % con cada tratamiento. Por lo cual posiblemente el empleo de propionato de calcio incrementara las raciones para rumiantes formuladas con elevadas inclusiones de ensilado de maíz, lo cual permite seguir realizando investigaciones empleando estos aditivos con forrajes en futuras investigaciones *in vivo*.

8.- REFERENCIAS

- Abreu, A., Carulla, J. E., Lascano, C. E., Díaz, T. E., Kreuzers, M., & Hess, H. D. (2004). Effects of *Sapindus saponaria* fruits on ruminal fermentation and duodenal nitrogen flow of sheep fed a tropical grass diet with legume. *Journal of Animal Science*, *82*, 1392–1400.
- Agrawal, A. R., Karim, S. A., Kumar, R., Sahoo, A., & John, P. J. (2014). Review Article Sheep and goat production : basic differences , impact on climate and molecular tools for rumen microbiome study. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, *3*(1), 684–706.
- Ali-Shtayeh, M. S., & Mahmoud, S. A. (2010). The impact of grazing on natural plant biodiversity in Al-Fara ' a area. *Biodiversity & Environmental Sciences Studies*, *5*(1).
- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *83*(7), 1598–1624.
- Allen, M. S., Bradford, B. J., & Oba, M. (2009). Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Animal Science*, *87*(10), 3317–3334.
- Alvarez, G., Melgarejo, L., & Castañeda, Y. (2003). Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. *Veterinaria Mexico*, *34*(1), 39–46.
- Anadón, A., Martínez-Larrañaga, M., & Aranzazu, M. M. (2006). Probiotics for animal nutrition in the European Union. Regulation and safety assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, *45*(1), 91–95.
- Anaya, J. O., Garduño, G. C., Espinoza, A. O., Rojo, R. R., & Arriaga, C. J. (2009). Silage from maize (*Zea mays*), annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale dairy

- production systems in the Highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 41(4), 607–616.
- Animut, G., Goetsch, A. L., Aiken, G. E., Puchala, R., Detweiler, G., Krehbiel, C. R., Gipson, T. A. (2005). Performance and forage selectivity of sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Ruminant Research*, 59, 203–215.
- Argel, P. J. (2006). Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito, (506), 26–28.
- Armero, E & Falagán, A. (2015). A comparison of growth , carcass traits , and tissue composition of “Segureña” lambs raised either in extensive or intensive production systems. *Animal Production Science*, 55, 804–811.
- Avellaneda, J., Cabezas, F., Quintana, G., Luna, R., Montañez, O., Espinoza, I., ... Pinargote, E. (2008). Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de Brachiaria en diferentes edades de cosecha. *Ciencia Y Tecnología.*, 1, 87–94.
- Avellaneda, J. H., Pinos Rodriguez, J. M., Gonzalez, S. S., Barcena, R., Hernandez, A., Cobos, M., ... Montañez, O. (2009). Effects of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal fermentation and digestion of Guinea grass hay. *Animal Feed Science and Technology*, 149(1–2), 70–77.
- Bargo, F., Muller, L. D., Delahoy, J. E., & Cassidy, T. W. (2002). Milk Response to Concentrate Supplementation of High Producing Dairy Cows Grazing at Two Pasture Allowances. *Journal of Dairy Science*, 85(7), 1777–1792.
- Barillet, F., Arranz, J. J., & Carta, A. (2005). Mapping quantitative trait loci for milk production and genetic polymorphisms of milk proteins in dairy sheep. *Genetics Selection Evolution*, 37, S109–S123.
- Barth, N. A., Savian, J. V., Tres Schons, R. M., Bonnet, O. J. F., Canto, M. W. do, Moraes, A., de Faccio Carvalho, P. C. (2014). Italian ryegrass establishment by self-seeding in integrated crop-livestock systems: Effects of grazing

- management and crop rotation strategies. *European Journal of Agronomy*, 57, 77–83.
- Beiranvand, H., Ghorbani, G. R., Khorvash, M., Nabipour, A., Dehghan-Banadaky, M., Homayouni, A., & Kargar, S. (2014). Interactions of alfalfa hay and sodium propionate on dairy calf performance and rumen development. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 2270–80.
- Beiranvand, H., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Homayouni, A., Bachmann, L., & Kargar, S. (2014). Evaluation of ketogenic vs. glucogenic substrates as energy sources in starter diets for Holstein dairy calves. *Canadian Journal of Animal Science*, 94(4), 717–723.
- Beker, A., Gipson, T. A., Puchala, R., Askar, A. R., Tesfai, K., Detweiler, G. D., ... Goetsch, A. L. (2009). Effects of Stocking Rate, Breed and Stage of Production on Energy Expenditure and Activity of Meat Goat Does on Pasture. *Journal of Applied Animal Research*, 36(2), 159–174.
- Belanche, A., Doreau, M., Edwards, J. E., Moorby, J. M., Pinloche, E., & Newbold, C. J. (2012). Shifts in the Rumen Microbiota Due to the Type of Carbohydrate and Level of Protein Ingested by Dairy Cattle Are Associated with Changes in Rumen Fermentation. *The Journal of Nutrition*.
- Bello, M. G. D., & Escobar, A. (1997). Rumen manipulation for the improved utilization of tropical forages. *Animal Feed Science and Technology*, 69, 91–102.
- Benchaar, C. (2016). Diet supplementation with cinnamon oil, cinnamaldehyde, or monensin does not reduce enteric methane production of dairy cows. *Animal*, 418–425.
- Boland, T. M., Brophy, P. O., Callan, J. J., Quinn, P. J., Nowakowski, P., & Crosby, T. F. (2005). The effects of mineral supplementation to ewes in late pregnancy on colostrum yield and immunoglobulin G absorption in their lambs. *Livestock Production Science*, 97(2–3), 141–150.

- Bouwman, A. F., Van Der Hoek, K. W., Eickhout, B., & Soenario, I. (2005). Exploring changes in world ruminant production systems. *Agricultural Systems*, 84(2), 121–153.
- Bradford, B. J., Gour, A. D., Nash, A. S., Allen, M. S., & Al, B. E. T. (2006). Methodology and Mathematical Modeling Propionate Challenge Tests Have Limited Value for Investigating. *Blood*, (April), 1915–1920.
- Bravo, D. M., & Wall, E. H. (2016). The rumen and beyond : Nutritional physiology of the modern dairy cow 1. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4939–4940.
- Briske, D. D., Derner, J. D., Brown, J. R., Fuhlendorf, S. D., Teague, W. R., Havstad, K. M., Willms, W. D. (2008). Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. *Source: Rangeland Ecology & Management*, 61(1), 3–17.
- Carlos A., J. A. O.-A., Clemente, L.-F., Job O., B.-P., Gelacio, A.-S., Antonio, R.-Q., Oscar, G.-N., & Bonilla-Cárdenas. (2015). Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de pastos de los géneros *Brachiaria* Y *Panicum*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18(3), 291–301.
- Carrera, B., Gómez, M., & Schwentesius, R. (2015). *La Ganadería Bovina de Carne en México : Un Recuento Necesario Después de la Apertura Comercial*.
- Castillo-González, A. R., Burrola-Barraza, M. E., Domínguez-Viveros, J., & Chávez-Martínez, A. (2014). Rumen microorganisms and fermentation. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46, 349–361.
- Castillo, O. I., López, M. J., Vázquez, V. C., Salazar, S. E., & Ramírez, R. M. (2014). Análisis microeconómico de una unidad Representativa de producción de carne de ovino en el estado de México bajo un sistema de producción semi intensivo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, XVIII(34), 720–728.
- Caton, J. S., & Dhuyvetter, D. V. (1997). Influence of Energy Supplementation on Grazing Ruminants: Requirements and Responses. *Journal of Animal Science*,

75(2), 533–542.

- Chaucheyras-Durand, F., Ameilbonne, A., Bichat, A., Mosoni, P., Ossa, F., & Forano, E. (2015). Live yeasts enhance fibre degradation in the cow rumen through an increase in plant substrate colonisation by fibrolytic bacteria and fungi. *Journal of Applied Microbiology*, *129*, 560–570.
- Chung, Y.-H., Rico, D. E., Martinez, C. M., Cassidy, T. W., Noiro, V., Ames, a, & Varga, G. a. (2007). Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science*, *90*(12), 5682–5691.
- Cingolani, A. M., Posse, G., & Collantes, M. B. (2005). Plant functional traits, herbivore selectivity and response to sheep grazing in Patagonian steppe grasslands. *Journal of Applied Ecology*, *42*(1), 50–59.
- Clauss, M., Stewart, M., Price, E., Peilon, A., Savage, T., Ekris, I. Van, & Munn, A. (2016). The effect of feed intake on digesta passage , digestive organ fill and mass , and digesta dry matter content in sheep (*Ovis aries*): Flexibility in digestion but not in water reabsorption. *Small Ruminant Research*, *138*, 12–19.
- Corona, I., López, J. D., Vazquez, C., Salazar, E. S., & Ramírez, M. E. (2014). Microeconomic analysis of Representative Production Units of sheep meat in Mexico under a semi intensive production system. *Revista Mexicana de Agronegocios*, *XVIII*(34), 720–728.
- de la Orden, E. A., Quiroga, A., Ribera, J. D., & Morláns, M. C. (2006). Efecto del sobrepastoreo en un pastizal de altura. Cumbres de Humaya. Catamarca. Argentina. *Ecosistemas*, *15*(3), 141–146.
- Dean, D. B., Adesogan, A. T., Krueger, N. A., & Littell, R. C. (2008). Effects of treatment with ammonia or fibrolytic enzymes on chemical composition and ruminal degradability of hays produced from tropical grasses. *Animal Feed Science and Technology*, *145*(1–4), 68–83.
- de Oliveira, J. S., de Queiroz, A. C., Mantovani, H. C., de Melo, M. R., Detmann, E.,

- Santos, E. M., & Bayão, G. F. V. (2011). Effect of propionic and lactic acids on in vitro ruminal bacteria growth. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5), 1121–1127.
- DeFrain, J. M., Hippen, A. R., Kalscheur, K. F., & Patton, R. S. (2005). Effects of Feeding Propionate and Calcium Salts of Long-Chain Fatty Acids on Transition Dairy Cow Performance. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 983–993.
- del Moral, L. E., & Murillo, B. (2015). Dinámica del mercado de la carne bovina en México : un análisis de competitividad. *Paradigma Económico*, 7(1), 107–125.
- Devi, T. I., Yadava, P. S., & Garkoti, S. C. (2014). Cattle grazing influences soil microbial biomass in sub-tropical grassland ecosystems at Nambol, Manipur, northeast India. *Tropical Ecology*, 55(2), 195–206.
- Drackley, J. K., Overton, T. R., & Douglas, G. N. (2001). Adaptations of Glucose and Long-Chain Fatty Acid Metabolism in Liver of Dairy Cows during the Periparturient Period. *Journal of Dairy Science*, 84, E100–E112.
- Dunn, B. H., Smart, A. J., Gates, R. N., Johnson, P. S., Beutler, M. K., Diersen, M. a., & Janssen, L. L. (2010). Long-Term Production and Profitability From Grazing Cattle in the Northern Mixed Grass Prairie. *Rangeland Ecology & Management*, 63(2), 233–242.
- Durmic, Z., Moate, P. J., Eckard, R., Revell, D. K., Williams, R., & Vercoe, P. E. (2014). In vitro screening of selected feed additives, plant essential oils and plant extracts for rumen methane mitigation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(6), 1191–1196.
- Echavarría, FG; Gutiérrez, RL; Ledesma, RI; Bañuelos, RV; Aguilera, JI; Serna, A. (2006). Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Vegetación nativa. *Técnica Pecuaria en México*, 44(2), 203–217.
- Echavarría Chairez, F. G., Serna Pérez, A., & Banuelos Valenzuela, R. (2007). Influence of small ruminant grazing systems in a semiarid range in the State of

- Zacatecas (Mexico): II Soil changes. *Tecnica Pecuaria En Mexico*, 45(2), 177–194.
- Eckard, R. J., Grainger, C., & de Klein, C. A. M. (2010). Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livestock Science*, 130(1–3), 47–56.
- El-nor, S. A., Abughazaleh, A. A., Potu, R. B., Hastings, D., & Khattab, M. S. A. (2010). Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. *Animal Feed Science and Technology*, 162(3–4), 99–105.
- FAO. (2010). Aumento de precios en los mercados de alimentos.
- FAO. (2015). El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2015-16, 1–8.
- Faria, B. N., Reis, R. B., Maurício, R. M., Lana, A. M. Q., Soares, S. R. V, Saturnino, H. M., & Coelho, S. G. (2008). Efeitos da adição de propilenoglicol ou monensina à silagem de milho sobre a cinética de degradação dos carboidratos e produção cumulativa de gases *in vitro*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria E Zootecnia*, 60(4), 896–903.
- Faulkner, M. J., St-Pierre, N. R., & Weiss, W. P. (2017). Effect of source of trace minerals in either forage or by-product–based diets fed to dairy cows: 2. Apparent absorption and retention of minerals. *Journal of Dairy Science*, 1–10.
- Ferraro, S. M., Mendoza, G. D., Miranda, L. A., & Gutierrez, C. G. (2009). In vitro gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Animal Feed Science and Technology*, 154(1–2), 112–118.
- Ferreira, L. S., & Bittar, C. M. M. (2011). Performance and plasma metabolites of dairy calves fed starter containing sodium butyrate, calcium propionate or sodium monensin. *Animal*, 5(2), 239–245.
- Flint, H. J., Scott, K. P., Duncan, S. H., Louis, P., & Forano, E. (2012). Microbial degradation of complex carbohydrates in the gut. *Gut Microbes*, 3(4), 289–306.

- Galindo, J., Elías, A., Muñoz, E., Marrero, Y., González, N., & Sosa, A. (2017). Ruminant activators , general features and their advantages for feeding ruminants Activadores ruminales , aspectos generales y sus ventajas en la alimentación de animales rumiantes. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), 11–23.
- Gandra, E. R. S., Araki, H. M. C., & Santos, A. L. A. V. (2017). Fibrolytic enzyme supplementation through ruminal bolus on eating behavior, nutrient digestibility and ruminal fermentation in Jersey heifers fed either corn silage- or sugarcane silage-based diets. *Animal Feed Science and Technology*.
- Giraldo, L. A., Tejido, M. L., Ranilla, M. J., & Carro, M. D. (2008). Effects of exogenous fibrolytic enzymes on in vitro ruminal fermentation of substrates with different forage:concentrate ratios. *Animal Feed Science and Technology*, 141(3–4), 306–325.
- Givens, D. I., Owen, E., Axford, R. F. E., & Omed, H. M. (2000). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*.
- Golding, K. P., Wilson, E. D., Kemp, P. D., Pain, S. J., Kenyon, P. R., Morris, S. T., & Hutton, P. G. (2011). Mixed herb and legume pasture improves the growth of lambs post-weaning. *Animal Production Science*, 51(8), 717–723.
- Góngora-Pérez, R. D., Góngora-González, S. F., Magaña-Magaña, M. Á., & Lara, E. (2010). Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán , México 1. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 131–144.
- González-Garduño, R.; Blardony-Ricardez, K.; Ramos-Juárez, J. A.; Ramírez-Hernández, B.; Sosa, R., & y Gaona-Ponce. (2013). Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación, 17(1), 135–148.
- Guerin, F., Milone, D., Cangiano, C., Galli, J., Martínez, C., & Laca, E. (2006). Registro y clasificación de eventos masticatorios de ovinos en pastoreo.
- Hernández, O. M., Heredia, N. D., Espinoza, O. A., Sánchez, V. E., & Arriaga, J. C.

- (2011). Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 43(5), 947–954.
- Hernández, P. P., Arroniz, J. V., Molina, H. C., Martínez, B. C., Rivera, P. D., & Ortiz, S. L. (2011). Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, 21(4), 327–334.
- Herrera, J., Herrera, Y., Carrete, F., Almaraz, N., Naranjo, N., & González., F. (2011). Cambio en la población de gramíneas en un pastizal abierto bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. *Interciencia*, 36(4), 300–305.
- Herrero, M., Grace, D., Njuki, J., Johnson, N., Enahoro, D., Silvestri, S., & Rufino, M. C. (2013). The roles of livestock in developing countries. *Animal*, 7(S1), 3–18.
- Hochman, G., Rajagopal, D., Timilsina, G., & Zilberman, D. (2014). Quantifying the causes of the global food commodity price crisis. *Biomass and Bioenergy*, 68, 106–114.
- Hoste, H., & Torres-Acosta, J. F. J. (2011). Non chemical control of helminths in ruminants: Adapting solutions for changing worms in a changing world. *Veterinary Parasitology*, 180(1–2), 144–154.
- Huntington, G. B., Harmon, D. L., & Richards, C. J. (2006). Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science*, 84.
- Inal, F., Gürbüz, E., Coskun, B., Alatas, M. ., Citil, B. O., Polat, E. S., ... Ozkan, C. (2010). The Effects of Live Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on Rumen Fermentation and Nutrient Degradability in Yearling Lambs. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*
- Jerrentrup, J. S., Seither, M., Petersen, U., & Isselstein, J. (2015). Little grazer

- species effect on the vegetation in a rotational grazing system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 202(April), 243–250.
- Ji, Y. Z., Wang, Y., Zhao, X., Xie, G., & Zhang, T. (2005). Grassland recovery by protection from grazing in a semi-arid sandy region of northern China. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 48(2), 277–284.
- Jouany, J.-P., & Morgavi, D. P. (2007). Use of “natural” products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 1(10), 1443–1466.
- Joy, M., & Bernue, A. (2014). Role of self-sufficiency , productivity and diversification on the economic sustainability of farming systems with autochthonous sheep breeds in less favoured areas in Southern Europe. *Animal*, 8(8), 1229–1237.
- Juchem, S. O., Santos, F. A. P., Imaizumi, H., Pires, A. V., & Barnabé, E. C. (2004). Production and blood parameters of Holstein cows treated prepartum with sodium monensin or propylene glycol. *Journal of Dairy Science*, 87(3), 680–9.
- Kamra, D. N. (2005). Rumen microbial ecosystem. *Current Science*, 89(1), 124–135.
- Kaplan, M., Baran, O., Unlukara, A., Kale, H., Arslan, M., Kara, K., ... Ulas, A. (2016). The effects of different nitrogen doses and irrigation levels on yield, Nutritive value, Fermentation and gas production of corn silage. *Turkish Journal of Field Crops*, 21(1), 101–109.
- Karcher, E. L., Pickett, M. M., Varga, G. A., & Donkin, S. S. (2007). Effect of dietary carbohydrate and monensin on expression of gluconeogenic enzymes in liver of transition dairy cows. *Journal of Animal Science*, 85(3), 690–699.
- Katz, S. H., Morris, B., Heatherington, T., & Mcfate, M. (2008). Food to fuel and the world food crisis. *Anthropology Today*, 24(1), 2007–2009.
- Khanum, S.A., Yaqoob, S. Sadaf, M., Hussain, M., Jabbar, A., Hussain, H.N., Kausar, R and Rehman, S. (2007). Nutritional evaluation of various feed stuffs for livestock production using *in vitro* gas method. *Pakistan Vet Journal*, 27(3), 129–133.

- Kobayashi, Y. (2010). Abatement of methane production from ruminants: Trends in the manipulation of rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(3), 410–416.
- Kononoff, P. J., Heinrichs, A. J., & Lehman, H. A. (2003). The Effect of Corn Silage Particle Size on Eating Behavior , Chewing Activities and Rumen Fermentation in Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 86, 3343–3353.
- Krueger, N. A., Adesogan, A. T., Staples, C. R., Krueger, W. K., Dean, D. B., & Littell, R. C. (2008). The potential to increase digestibility of tropical grasses with a fungal, ferulic acid esterase enzyme preparation. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1–4), 95–108.
- Lachica, M., & Aguilera, J. F. (2008). Methods to estimate the energy expenditure of goats: From the lab to the field. *Small Ruminant Research*, 79(2–3), 179–182.
- Lee-Rangel, H. A., Mendoza, G. D., & Gonzalez, S. S. (2012). Effect of calcium propionate and sorghum level on lamb performance. *Animal Feed Science and Technology*, 177(3–4), 237–241.
- Lee, H. B., Patriarca, A., & Magan, N. (2015). Mycobiology Alternaria in Food : Ecophysiology , Mycotoxin Production and Toxicology. *Mycobiology*, 43(2), 93–106.
- Lee, S. S., Ha, J. K., & Cheng, K. (2000). Relative Contributions of Bacteria , Protozoa , and Fungi to In Vitro Degradation of Orchard Grass Cell Walls and Their Interactions Relative Contributions of Bacteria , Protozoa , and Fungi to In Vitro Degradation of Orchard Grass Cell Walls and Their In. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(9), 3807–3813.
- Lemosquet, S., Delamaire, E., Lapiere, H., Blum, J. W., & Peyraud, J. L. (2009). Effects of glucose, propionic acid, and nonessential amino acids on glucose metabolism and milk yield in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3244–3257.
- Leonhard-Marek, S., Becker, G., Breves, G., & Schröder, B. (2007). Chloride,

- gluconate, sulfate, and short-chain fatty acids affect calcium flux rates across the sheep forestomach epithelium. *Journal of Dairy Science*, *90*(3), 1516–26.
- Li, X., Wu, Z., Liu, Z., Hou, X., Badgery, W., Guo, H., ... Ren, W. (2015). Contrasting effects of long-term grazing and clipping on plant morphological plasticity: Evidence from a rhizomatous grass. *PLoS ONE*, *10*(10), 1–19.
- Li, X., Zhang, Y., Hannoufa, A., & Yu, P. (2015). Transformation with TT8 and HB12 RNAi Constructs in Model Forage (*Medicago sativa* , Alfalfa) Affects Carbohydrate Structure and Metabolic Characteristics in Ruminant Livestock Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63*, 9590–9600.
- Liu, Q., Wang, C., Yang, W. Z., Guo, G., Yang, X. M., He, D. C., ... Huang, Y. X. (2009). Effects of calcium propionate supplementation on lactation performance, energy balance and blood metabolites in early lactation dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *94*(5), 605–614.
- Louis, P., & Flint, H. J. (2009). Diversity , metabolism and microbial ecology of butyrate-producing bacteria from the human large intestine. *European Microbiological Societies*, *294*, 1–8.
- Lu, C. D., Kawas, J. R., & Mahgoub, O. G. (2005). Fibre digestion and utilization in goats. *Small Ruminant Research*, *60*(1–2 SPEC. ISS.), 45–52.
- Lynch, J. P., Baah, J., & Beauchemin, K. A. (2015). Conservation, fiber digestibility, and nutritive value of corn harvested at 2 cutting heights and ensiled with fibrolytic enzymes, either alone or with a ferulic acid esterase-producing inoculant. *Journal of Dairy Science*, *98*(2), 1214–1224.
- Marnet, P. G., & Komara, M. (2008). Management systems with extended milking intervals in ruminants: regulation of production and quality of milk. *Journal of Animal Science*, *86*(13 Suppl), 47–56.
- Martineau, R., Benchaar, C., Petit, H. V, Lapierre, H., Ouellet, D. R., Pellerin, D., & Berthiaume, R. (2007). Effects of lasalocid or monensin supplementation on digestion, ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production of

- lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(12), 5714–5725.
- Martínez, S., Aguirre, J., Gómez, A. A., Ruíz, M., Lemus, C., Macías, H., ... Ramírez, M. H. (2010). Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. *Revista Fuente*, (5), 41–51.
- McAllister, T. A., & Newbold, C. J. (2008). Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(1–2), 7–13.
- Meale, S. J., Beauchemin, K. A., Hristov, A. N., Chaves, A. V., & McAllister, T. A. (2013). Board-invited review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve ruminant production. *Journal of Animal Science*, 92(2), 427–442.
- Mejía, H. J., Delgado, H. J., Mejía, H. I., Guajardo, H. I., & Valencia, P. M. (2011). Efectos de la suplementación con bloques multinutricionales a base de nopal fermentado sobre la ganancia de peso de ovinos en crecimiento, 21(1), 11–16.
- Mendoza, G. D., Plata, F. X., Mónica, P., Mella, R., Alejandro, M., Delgadillo, M., Bárcena, R. (2007). Evaluation of Complete Feeds for Intensive Fattening Lambs. *Revista Científica, FCV-LUZ, XVII(Dmi)*, 66–72.
- Mendoza, G., Plata, F., Espinosa, R., & Lara, A. (2008). Nutritional management to improve efficiency in the use of energy in ruminants. *Universidad Y Ciencia*, 24(1), 75–87.
- Mendoza, M. G. D., Pinos, R. J. M., Lee-Rangel, H. A., Hernández-García, P. A., Rojo, R. R., & Relling, A. (2015). Effects of dietary calcium propionate on growth performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Animal Production Science*.
- Migwi, P. K., Godwin, I., Nolan, J. V., & Kahn, L. P. (2011). The effect of energy supplementation on intake and utilisation efficiency of urea-treated low-quality roughage in sheep I. Rumen digestion and feed intake. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(5), 623–635.
- Miranda, L. A., Lee-Rangel, H. A., Mendoza, M. G. D., Crosby, G. M. M., Relling, A.

- E., Pinos Rodriguez, J. M., González, H. M. (2015). Influence of calcium propionate on in vitro fermentation of sorghum-based diets. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo.*, 49(1), 185–191.
- Morgavi, D. P., Sakurada, M., Mizokami, M., Tomita, Y., & Onodera, R. (1994). Effects of Ruminal Protozoa on Cellulose Degradation and the Growth of an Anaerobic Ruminal Fungus, *Piromyces* sp. Strain OTS1, in vitro. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(10), 3718–3723.
- Muñoz-osorio, G. A., Aguilar-, A. J., Sarmiento-franco, L. A., & Cámara-sarmiento, W. R. (2007). Descripción de los sistemas intensivos de engorda de corderos en Yucatán , México. *Nova Scientia*, 7(3), 207–226.
- Muwalla, M. M., Haddad, S. G., & Hijazeen, M. A. (2007). Effect of fibrolytic enzyme inclusion in high concentrate fattening diets on nutrient digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Livestock Science*, 111(3), 255–258.
- Newsholme, P., Lima, M. M. R., Procopio, J., Pithon-Curi, T. C., Doi, S. Q., Bazotte, R. B., & Curi, R. (2003). Glutamine and glutamate as vital metabolites. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 36(2), 153–163.
- Neylon, J. M., & Kung, L. (2003). Effects of Cutting Height and Maturity on the Nutritive Value of Corn Silage for Lactating Cows , Effects of Cutting Height and Maturity on the Nutritive Value. *J. Dairy Sci.*, 86(6), 2163–2169.
- Noro, M., & Wittwer, F. (2012). Interrelaciones entre ureagénesis y gluconeogénesis hepática en rumiantes alimentados con elevado contenido de nitrógeno. *Veterinaria Mexico*, 43(2), 143–154.
- Ocak, N., Cam, M. A., & Kuran, M. (2006). The influence of pre- and post-mating protein supplementation on reproductive performance in ewes maintained on rangeland. *Small Ruminant Research*, 64(1–2), 16–21.
- Oficialdegui, R. (2002). Sistemas de producción a pasto con ovinos. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*, 10(2), 110–116.
- Ortega, C. M. E., & Mendoza, M. G. D. (2003). Starch digestion and glucose

- metabolism in the ruminant: A review. *Interciencia*, 28(7), 380–386+426.
- Parry, M. L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., & Fischer, G. (2004). Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14(1), 53–67.
- Partida, J. A., Braña, D. V., & Martínez, L. (2009). *Productive Performance and Carcass Characteristics in Pelibuey Sheep and Crossbreds (Pelibuey Suffolk - Dorset)*, 47(3), 313–322.
- Partida, P. J. ., Braña, V. D. ., Jimenez, S. H. ., Rios, R. F. ., & Buendia, R. G. (2013). *Producción Carne Ovina*.
[http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES INIFAP/Manual Produccion de Carne Ovina.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/Manual%20Produccion%20de%20Carne%20Ovina.pdf)
- Patton, R. S., Sorenson, C. E., & Hippen, a R. (2004). Effects of dietary glucogenic precursors and fat on feed intake and carbohydrate status of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(7), 2122–9.
- Pearce, K. L., Norman, H. C., Wilmot, M., Rintoul, A., Pethick, D. W., & Masters, D. G. (2008). The effect of grazing saltbush with a barley supplement on the carcass and eating quality of sheepmeat. *Meat Science*, 79(2), 344–354.
- Peel, D., Kenneth, H., Mathews, K. H., & Johnson, R. J. (2011). A Report from the Economic Research Service Trade , the Expanding Mexican Beef Industry , and Feedlot and Stocker Cattle Production in Mexico. *USDA*.
- Peng, Y., Jiang, G. M., Liu, X. H., Niu, S. L., Liu, M. Z., & Biswas, D. K. (2007). Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of four plant species with grazing intensities in Hunshandak Sandland, China. *Journal of Arid Environments*, 70(2), 304–315.
- Pereira, V. T., da Silva, L. E., Rosa, dos S. W., Santos, C. A., Jardim, T. C., Fernandes, L. I., & Moreira, de F. M. A. (2016). Ruminant microorganism consideration and protein used in the metabolism of the ruminants: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 10(14), 456–464.

- Plascencia, A. (2015). Evaluation of feed additives on performance of ruminants fattening under conditions of high ambient temperatures. *XXV Reunión Internacional Sobre Producción de Carne Y Leche En Climas Áridos*, (October 2015).
- Posada, S. L., & Noguera, R. R. (2005). In vitro gas production technique : A tool for evaluation of ruminant feeds. *Livestock Research for Rural Development*, 17(4).
- Purvis, I. W., & Franklin, I. R. (2005). Major genes and QTL influencing wool production and quality: a review. *Genetics, Selection, Evolution : GSE*, 37 Suppl 1, S97-107.
- Rabelo, C. H. S., Basso, F. C., Lara, E. C., Jorge, L. G. O., Härter, C. J., Mari, L. J., & Reis, R. A. (2017). Effects of *Lactobacillus buchneri* as a silage inoculant or probiotic on *in vitro* organic matter digestibility, gas production and volatile fatty acids of low dry-matter whole-crop maize silage. *Grass and Forage Science*, 1–11.
- Ranilla, M. J., Tejido, M. L., Giraldo, L. A., Tricárico, J. M., & Carro, M. D. (2008). Effects of an exogenous fibrolytic enzyme preparation on in vitro ruminal fermentation of three forages and their isolated cell walls. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1–4), 109–121.
- Remond, D., Ortigues, I., & Jouany, J. P. (1995). Energy substrates for the rumen epithelium. *Proceedings Ofthe Nutrition Society*, 54, 95–105.
- Rojas-Hernández, S.; Olivares-Pérez, J.; Jiménez-Guillén, R.; Gutiérrez-Segura, I. y Avilés-Nova, F. (2011). Producción de materia seca y componentes morfológicos de cuatro cultivares de *Brachiaria* en el trópico., 15(1), 3–8.
- Rojo-Rubio, R., Mendoza-Martínez, G. D., Montañez-Valdez, O. D., Rebollar-Rebollar, S., Cardoso-Jiménez, D., Hernández-Martínez, J. (2007). Exogenous amylolytic enzymes in the feeding of ruminant feeders. *Universidad Y Ciencia*, 23, 173–182.
- Romero, H. M. (2012). Uso de bloques multinutrientes de destrios de tomate y

pepino como alternativa al concentrado en la dieta de caprino efectos. Universidad de Cordova.

Russell, J. B., & Houlihan, A. J. (2003). Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. *FEMS Microbiology Reviews*, 27(1), 65–74.

SAGARPA. (2008). Estimación del Consumo Nacional Aparente de Carne de ovino. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Estadisticas/Paginas/default.aspx>

Sano, H. ., & Tadahisa, F. . (2006). Effect of supplemental calcium propionate on insulin action to blood glucose metabolism in adult sheep. *Reproduction Nutrition Development*, 46, 9–18.

Scheppach, W. (1994). Effects of short chain fatty acids on gut morphology and function. *Gut Supplement*, 1, 35–39.

Seré, C., & Steinfeld, H. (1996). World livestock production systems: Current status, issues and trends. *Animal Production and Health Paper*, (127), 82.

SIAP. (2014). Ovino. <http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/ovino.pdf>

Siciliano-Jones, J., & Murphy, M. R. (1989). Production of Volatile Fatty Acids in the Rumen and Cecum-Colon of Steers as Affected by Forage : Concentrate and Forage Physical Form. *Journal of Dairy Science*, 72(2), 485–492.

Steinfeld, H., Wassenaar, T., & Jutzi, S. (2006). Livestock production systems in developing countries: status, drivers, trends. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 25(2), 505–516.

Stokes, S. R., & Goff, J. P. (2001). Evaluation of Calcium Propionate and Propylene Glycol Administered into the Esophagus of Dairy Cattle at Calving. *The Professional Animal Scientist*, 17(2), 115–122.

Taboada, M. A., & Micucci, S. N. (2009). Respuesta de las propiedades físicas de tres suelos de la pampa deprimida al pastoreo rotativo. 27(2), 1–11.

Tagang, A., Ishaku, P., & Abdullahi, A. (2010). Volatile fatty acids production in

- ruminants and the role of monocarboxylate transporters : A review. *African Journal of Biotechnology*, 9(38), 6229–6232.
- Takahashi, J. (2011). Some prophylactic options to mitigate methane emission from animal agriculture in Japan. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(2), 285–294.
- Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., McAllan, A. B., & France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48(3–4), 185–197.
- Thrune, M., Bach, A., Ruiz-Moreno, M., Stern, M. D., & Linn, J. G. (2009). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal pH and microbial fermentation in dairy cows. Yeast supplementation on rumen fermentation. *Livestock Science*, 124(1–3), 261–265.
- Tobias, B., Mendoza, G., Aranda, E., González, S., Arjona, E., Plata, F., & Vargas, L. (2006). A simulation model to predict body weight gain in growing steers grazing tropical pastures. *Agricultural Systems*, 90, 99–111.
- Valdes, K. I., Salem, A. Z. M., Lopez, S., Alonso, M. U., Rivero, N., Elghandour, M. M. Y., ... Kholif, A. E. (2014). Influence of exogenous enzymes in presence of *Salix babylonica* extract on digestibility, microbial protein synthesis and performance of lambs fed maize silage. *The Journal of Agricultural Science*, 153(4), 732–742.
- Valerio, D., García, A., Perea, J., Acero, R., & Gómez, G. (2009). Caracterización social y comercial de los sistemas ovinos y caprinos de la región noroeste de república Dominicana. *Interciencia*, 34(9), 637–644.
- Van Gerpen, J. (2005). Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1097–1107.
- Verdú Jose R. , Moreno Claudia E. , Sanchez-Rojas Gerardo, Numa Catherine, Galante Eduardo, H. G. (2007). Grazing promotes dung beetle diversity in the

xeric landscape of a Mexican Biosphere Reserve. *Biological Conservation*, 140(3–4), 308–317.

Víctor Manuel Molina-Guerra, Marisela Pando-Moreno, Eduardo Alanís-Rodríguez, Pamela Anabel Canizales-Velázquez, Humberto González Rodríguez, J. J.-P. (2013). Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 4(3), 361–371.

Villalta, R. P., Zampana, P. J., Zampana, J. ., Landeta, J. A., & Fortunato, E. M. (2016). Pasture evaluation and animal carrying in the “Carolina” farm to National University of the High Plaing Puno Perú. *Rev. Investig. Altoandin*, 18(2), 303–310.

Wan, H., Schiborra, A., Gierus, M., Bai, Y., Glindemann, T., Susenbeth, A., & Taube, F. (2009). Short term management and stocking rate effects of sheep grazing on herbage quality and productivity of Inner Mongolia steppe, 49(0), 1–43.

Waterman, R. C., Sawyer, J. E., Mathis, C. P., Hawkins, D. E., Donart, G. B., & Petersen, M. K. (2006). Effects of supplements that contain increasing amounts of metabolizable protein with or without Ca-propionate salt on postpartum interval and nutrient partitioning in young beef cows. *Journal of Animal Science*, 84(2), 433–446.

Win, K. S., Ueda, K., & Kondo, S. (2015). Effects of grass hay proportion in a corn silage–based diet on rumen digesta kinetics and digestibility in dairy cows. *Animal Science Journal*, 86(9), 833–841.

Wright, A. G., & Klieve, A. V. (2011). Does the complexity of the rumen microbial ecology preclude methane mitigation ?, 167, 248–253.

Zhao, W., Chen, S. P., Han, X. G., & Lin, G. H. (2009). Effects of long-term grazing on the morphological and functional traits of *Leymus chinensis* in the semiarid grassland of Inner Mongolia, China. *Ecological Research*, 24(1), 99–108.