



---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA

POSGRADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**T E S I S**

EFFECTO DE SALES PROPIÓNICAS EN DIETAS DE OVINO Y CONEJOS  
SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y CALIDAD DE CARNE

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

**PRESENTA:**

YANITL CITLALI ACHO MARTÍNEZ

**COMITÉ DE TUTORES:**

DR. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA

DR. ENRIQUE ESPINOSA AYALA

DR. GERMÁN DAVID MENDOZA MARTÍNEZ

Amecameca, Estado de México, julio de 2019.

## **DEDICATORIA**

Este logro se lo quiero dedicar a mis seres queridos: mi mamá, mis hermanas y mi esposo, sin su apoyo esto no hubiera sido posible, gracias por su apoyo y paciencia, son los mejores y los quiero mucho, espero sigamos apoyándonos unos a otros siempre.

A todas las personas que estuvieron conmigo y que se vieron involucradas en alguna parte de mi proyecto, gracias por su contribución ya que gracias a esos pequeños apoyos fui avanzando poco a poco para lograr mi objetivo. Entre ellos mis tutores Dr. Pedro Abel Hernández, Dr. Enrique Espinosa y Dr. Germán Mendoza, por confiar en mis capacidades e impulsarme a seguir adelante, enseñándome a hacer las cosas de la forma correcta y por exigir cada vez un esfuerzo mayor, gracias a su guía, apoyo y trabajo de ambas partes hemos logrado llegar a la meta.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis compañeros y amigos de posgrado: Lucero, Minerva, Salvador, Pablo y César, gracias por su apoyo, ayuda, convivencia y por el aprendizaje que me deja cada uno de ustedes, saben que pueden contar conmigo y les deseo mucho éxito en sus proyectos académicos y personales.

También quiero darles las gracias a mis tutores Dr. Pedro Abel Hernández y Dr. Enrique Espinosa por su apoyo, enseñanzas y por estar al pendiente de mi investigación, sin su dirección y soporte el proyecto no hubiera salido adelante, juntos crecimos a lo largo de este recorrido, deseo que sigan cosechando éxitos y formando alumnos cada vez mejores, gracias por todo.

Finalmente, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca de manutención que me fue otorgada para llevar a cabo mis estudios y poder concluir satisfactoriamente, así como a la Universidad Autónoma del Estado de México por brindarme esta oportunidad para superarme y ser mejor en el campo académico.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar de la adición de sales propiónicas sobre el comportamiento productivo, características de la canal, calidad de la carne y parámetros fermentativos en ovinos y conejos en finalización.

Para el primer experimento se emplearon 36 conejos machos Nueva Zelanda x California con un peso de  $1.4 \text{ kg} \pm 0.10 \text{ gr}$ , distribuidos aleatoriamente en un diseño completamente al azar formado por cuatro tratamientos y nueve repeticiones, cada conejo fue considerado como unidad experimenta. Los tratamientos constaron de la inclusión de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 % de propionato de calcio, se concidero como dieta experimental a un al alimento comercial. Las variables que se midieron durante la prueba productiva fueron peso final, consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, digestibilidad de la dieta, por otra parte se registraron las características de la canal así como el color, pH y características de la carne. Se observó que al incluir propionato de calcio no hubo diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) en las variables productivas evaluadas, ya que mantuvo el peso final, la ganancia diaria de peso, así como la conversión alimenticia, por otra parte, la digestibilidad *in vivo* del alimento mostró un efecto lineal ( $P = 0.01$ ) destacando que el tratamiento con 1.0 % de propionato de calcio. Dentro de las características de la carne el pH, parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue y croma), pérdida de agua por cocción y contenido de ácidos grasos no se obtuvieron cambios entre tratamientos ( $P > 0.05$ ), mientras que en la pérdida por presión se obtuvo un efecto lineal ( $P = 0.003$ ). Los parametros cecales pH así como ácidos grasos volátiles se mantuvieron mientras que el lactato y nitrogeno amoniacal disminuyeron al emplear propionato de calcio en las dietas de conejos en etapa de finalización.

En el segundo experimento se emplearon 28 ovinos criollos, machos con un peso vivo inicial de  $25 \pm 1.5 \text{ kg}$ , los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y ocho repeticiones (ovinos). Las dietas se balancearon con una relación forraje: concentrado (30:70) con la inclusión de propionato de sodio en 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0%, por la sustitución de 5.8, 8.7 y 14.0 % de grano. Las variables que se registraron fueron el consumo de alimento, ganancia de peso, peso, final, conversión alimenticia, digestibilidad de la dieta, características

de la canal como peso de la canal fría y caliente, la pérdida de agua de la carne así como su color y pH. No se encontraron cambios estadísticos en las variables productivas peso final, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia ( $p > 0.05$ ) durante la prueba productiva, por otra parte, la digestibilidad *in vivo* mostró un efecto lineal ( $p = 0.01$ ), aumentando hasta 2.7 % con las dietas de propionato de sodio con respecto al testigo. En cuanto al características de la canal, pH, color, calidad de la carne, pérdida de agua por presión y por cocción no reflejaron efectos ( $p > 0.05$ ) por la adición de propionato de sodio, de igual manera las variables ruminales no se encontraron efectos en pH, ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal ( $p > 0.05$ ), mientras que la cantidad de lactato mostró un efecto cuadrático ( $p = 0.03$ ) donde el menor contenido fue con la dieta de 3.0 % de propionato de sodio. Por lo cual se puede concluir que en el caso de la adición de propionato de calcio en los conejos por su efecto acidificante en la dieta y tracto digestivos, ayuda a obtener una mejor digestibilidad de la ración, además de que en la carne aumenta la ternura de la carne por una menor pérdida de agua. Para el caso de los ovinos en finalización con la adición de propionato de sodio el cual se empleo como gluconeogenico con una sustitución hasta de 14 % de grano en la dieta, sin ocasionar alteraciones productivas o cambios en la calidad de la carne.

**Palabras clave:** propionato de calcio, propionato de sodio, canal, color, pH

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the addition of propionic salts on the productive behavior, characteristics of the carcass, meat quality and fermentative parameters in sheep and rabbits in finalization.

For the first experiment, 36 New Zealand x California male rabbits with a weight of 1.4 kg  $\pm$  0.10 gr, randomly distributed in a completely randomized design consisting of four treatments and nine repetitions, each rabbit was considered as a unit experiment. The treatments consisted of the inclusion of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5% of calcium propionate, it was considered as an experimental diet to a commercial food. The variables that were measured during the productive test were final weight, feed intake, daily weight gain, feed conversion, digestibility of the diet, on the other hand the characteristics of the carcass were recorded as well as the color, pH and characteristics of the meat. It was observed that when including calcium propionate there were no significant statistical differences ( $P < 0.05$ ) in the evaluated productive variables, since it maintained the final weight, the daily gain of weight, as well as the feed conversion, on the other hand, the digestibility in Live food showed a linear effect ( $P = 0.01$ ) highlighting the treatment with 1.0% calcium propionate. Within the characteristics of the meat the pH, color parameters ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue and chroma), water loss by cooking and fatty acid content did not obtain changes between treatments ( $P > 0.05$ ), while in the pressure loss a linear effect was obtained ( $P = 0.003$ ). The cecal parameters pH as well as volatile fatty acids were maintained while the lactate and ammoniacal nitrogen decreased using calcium propionate in the diets of rabbits in the final stage.

In the second experiment, 28 Creole sheep were used, males with an initial live weight of  $25 \pm 1.5$  kg, which were randomly distributed in a completely randomized design, with four treatments and eight repetitions (sheep). The diets were balanced with a forage: concentrated ratio (30:70) with the inclusion of sodium propionate at 0.0, 1.0, 2.0 and 3.0%, by the substitution of 5.8, 8.7 and 14.0% of grain. The variables that were recorded were the consumption of food, weight gain, weight, final, feed conversion, digestibility of the diet, characteristics of the carcass as weight of the hot and cold carcass, the water loss of the meat as well as its color and pH. No statistical

changes were found in the productive variables final weight, dry matter consumption, daily weight gain and feed conversion ( $p > 0.05$ ) during the productive test, on the other hand, in vivo digestibility showed a linear effect ( $p = 0.01$ ), increasing up to 2.7% with the sodium propionate diets with respect to the control. Regarding the characteristics of the carcass, pH, color, meat quality, water loss by pressure and by cooking did not reflect effects ( $p > 0.05$ ) by the addition of sodium propionate, in the same way the ruminal variables were not found effects on pH, volatile fatty acids and ammoniacal nitrogen ( $p > 0.05$ ), while the amount of lactate showed a quadratic effect ( $p = 0.03$ ) where the lowest content was with the 3.0% sodium propionate diet. Therefore, it can be concluded that in the case of the addition of calcium propionate in rabbits due to its acidifying effect on the digestive diet and tract, it helps to obtain a better digestibility of the ration, in addition to meat tenderness increases of the meat for a lower loss of water. For the case of the sheep in finalization with the addition of sodium propionate which was used as gluconeogenic with a substitution of up to 14% of grain in the diet, without causing productive alterations or changes in the quality of the meat.

**Key words:** calcium propionate, sodium propionate, carcass, color, pH

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	10
2.	ANTECEDENTES .....	12
2.1	LA CUNICULTURA Y CONSUMO DE CONEJO EN MÉXICO .....	12
2.2	ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DEL SISTEMA DIGESTIVO DEL CONEJO .....	13
2.3	FERMENTACIÓN CECAL .....	15
2.4	ADITIVOS EMPLEADOS EN DIETAS PARA CONEJOS .....	16
2.5	ÁCIDOS ORGÁNICOS EN LAS DIETAS DE CONEJOS EN FINALIZACIÓN .....	17
2.6	PRODUCCIÓN OVINA EN MÉXICO .....	19
2.7	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES EN MÉXICO .....	20
2.8	ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DEL SISTEMA DIGESTIVO DEL RUMIANTE ..	21
2.9	MICOORGANISMOS RUMINALES .....	22
2.10	LOS RUMIANTES Y SU ALIMENTACIÓN .....	26
2.10.1	GRANOS Y FORRAJES .....	27
2.11	COMPONENTES ESTRUCTURALES DE LOS GRANOS .....	28
2.12	LOS ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES Y SU IMPORTANCIA PARA LOS RUMIANTES .....	29
2.13	GLUCONEOGÉNESIS .....	30
2.14	ADITIVOS UTILIZADOS EN LAS DIETAS DE OVINOS .....	31
2.14.1	ADITIVOS GLUCONEOGENICOS .....	32
2.14.2	USO DE PROPIONATO DE CALCIO EN RUMIANTES .....	33
3.	JUSTIFICACIÓN .....	34
4.	OBJETIVOS .....	35
4.1	OBJETIVOS EXPERIMENTO 1 .....	36
4.2	OBJETIVOS EXPERIMENTO 2 .....	37
5.	HIPÓTESIS GENERAL .....	38
5.1	HIPÓTESIS EXPERIMENTO 1 .....	38
5.2	HIPÓTESIS EXPERIMENTO 2 .....	38
6.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	39
6.1.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	39
6.2.	EXPERIMENTO 1 .....	39
6.2.1	ANIMALES Y TRATAMIENTOS .....	39
6.2.2	METODOLOGÍA .....	40



Análisis del alimento .....	40
Ensayo de comportamiento productivo.....	40
Características de la canal y calidad de la carne .....	40
Variables cecales .....	41
6.3 EXPERIMENTO 2 .....	42
6.3.1 ANIMALES Y TRATAMIENTOS .....	42
6.3.2 METODOLOGÍA.....	43
Análisis del alimento .....	43
Ensayo de comportamiento productivo.....	43
Características de la canal y calidad de la carne .....	43
Variables ruminales.....	44
6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	45
7.    RESULTADOS .....	46
7.1 Capítulo de libro propionato de sodio .....	47
7.2 Capítulo de libro propionato de calcio.....	58
7.3 Artículo científico .....	69
8.    CONCLUSIONES GENERALES.....	87
9.    BIBLIOGRAFÍA .....	88

## 1. INTRODUCCIÓN

Para el año 2050, será necesario satisfacer la demanda de alimentos de más de 9 mil millones de personas; por lo tanto, la producción agropecuaria mundial tendrá que duplicarse en las siguientes tres o cuatro décadas (Santurtún *et al.*, 2012), por lo que se busca disminuir los días de alimentación y acelerar el proceso de producción. Pero debido a que la alimentación es el rubro de mayor egreso en los sistemas de producción animal, representando el 67 – 83 % de los costos totales, se deben buscar estrategias de alimentación a bajo costo con nutrientes adecuados (Castrillón *et al.*, 2004). Una de estas alternativas es el uso de aditivos dentro de las dietas como los probióticos, prebióticos, plantas, enzimas, aceites esenciales y ácidos orgánicos (Debi *et al.*, 2010; Dalle Zotte & Szendrő, 2011).

Dentro de los ácidos orgánicos se ha dirigido un creciente interés a diversas de sus formas sólidas como formatos, diformatos y propionatos, ya que son fáciles de manejar, inodoras, menos volátiles y menos corrosivas en comparación con su forma de ácidos libres (Kim *et al.*, 2005), lo cual permite su adición en las dietas de manera sencilla, estas generalmente se encuentran ligadas a sales minerales como el sodio, potasio o calcio, las cuales forman parte de los aditivos para alimentación animal autorizados por la legislación europea, ya que no dejan residuos nocivos en los productos (Sahoo y Jena, 2014).

En los conejos se han utilizado estas sales como acidificantes del alimento evitando la descomposición microbiana de la materia orgánica (Huang *et al.*, 2010), ya que tienen acción bactericida, fungicida e insecticida (Ulf-Rainer *et al.*, 2000), pero por otra parte existen evidencias que al emplear ácidos orgánicos disminuyen las poblaciones bacterianas en el tracto digestivo al reducir el pH citoplasmático de las bacterias (Radwan *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2013) con lo que se incrementan el rendimiento productivo y mantiene el estado de salud de los conejos (Ribeiro *et al.*, 2012; Uddin *et al.*, 2014).

Romero *et al.* (2011) adicionaron ácido cítrico (0.4 %) y fórmico (0.2 %) observando un efecto significativo al incrementar 8.6 % la ganancia diaria de peso por la adición

de los ácidos orgánicos, en otro estudio realizado por Ribeiro *et al.* (2012) quienes utilizaron butirato de sodio (5 g/kg y 3 g/kg) obtuvieron un menor consumo de alimento pero el mismo crecimiento y por lo tanto una mejor conversión alimenticia a pesar de no haber tenido un efecto en la digestibilidad de los nutrientes. De igual manera Carraro *et al.* (2005) al adicionar butirato de sodio (0.5, 1.0 y 2.0 g/kg) en la dieta de conejos encontraron mejor digestibilidad de la materia seca y al mismo tiempo incremento la ganancia diaria de peso en comparación del control. Skřivanová y Marounek (2006), con la inclusión de 0.5% de ácido caprílico redujeron la mortalidad después del destete sin modificar ninguna otra característica de rendimiento.

En los rumiantes los ácidos orgánicos evitan la caída del pH ruminal y reduce la metanogénesis (Castillo *et al.*, 2014), cambiando así favorablemente la fermentación ruminal, mejorando la salud del animal, su rendimiento y la calidad de sus productos (Sahoo y Jena, 2014), además las sales propiónicas tienen efecto gluconeogénico, por lo que se han empleado como aditivos energéticos por la sustitución de otros insumos como los granos de cereales en la dieta (Ferraro *et al.*, 2009). Por ejemplo, en la investigación realizada por Lee-Rangel *et al.* (2012), se evaluó el efecto del propionato de calcio (10 g/kg) y el nivel de grano (550 o 650 g) en el rendimiento productivo y condiciones ruminales, ellos reportan que no hubo cambios en la ingesta, no se afectó la ganancia de peso, ni en el pH ruminal y se obtuvo mejor peso en canal caliente en los animales que consumieron propionato de calcio.

Por otra parte, Mendoza-Martínez *et al.* (2015), evaluaron el efecto de adicionar dos niveles de propionato de calcio (10 y 20 gramos) en el rendimiento de ovinos y sobre las características de la canal e indican no haber encontrado cambios estadísticos en el consumo de alimento, conversión alimenticia, ganancia de peso, peso de la canal y ojo de la chuleta. Así mismo Xinzhuang *et al.* (2013) adicionaron 200 g/d de propionato de calcio a bovinos en finalización sin que obtuvieran cambios en el consumo de materia seca, ganancia diaria de peso ni en la conversión alimenticia con respecto al control, pero el grupo suplementado mostró una tendencia creciente en el consumo de materia seca en la tercer y quinta semana del periodo experimental, también la glucosa y los triglicéridos disminuyeron en el grupo experimental.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 LA CUNICULTURA Y CONSUMO DE CONEJO EN MÉXICO

En México la producción de conejos se incentiva desde diversos programas implementados por instituciones gubernamentales así como de no gubernamentales; esto con la finalidad de fomentar el autoconsumo de su carne, ya sea fresca o a través de diversos productos cárnicos (Herrera-Soto *et al.*, 2018), esta producción tiene grandes ventajas debido a su fácil manejo y su rápida reproducción, pero la cría y consumo de conejo en México son bajos, la cunicultura es una actividad que llevan a cabo pequeños y medianos productores (Olivares *et al.*, 2009), donde estos animales son producidos principalmente en sistemas de traspatio caracterizados por una baja demanda de insumos, baja producción y poca tecnología (Cornejo-Espinoza *et al.*, 2016), empleando como base de alimentación plantas consideradas plagas o cultivadas específicamente para este fin (forrajes), subproductos agrícolas y si la situación económica es favorable los animales consumen maíz y concentrados comerciales (Le & Caj, 2015). Algunas de las ventajas de la cunicultura es que al ser animales herbívoros su alimentación no compite con la de humanos al mismo tiempo que se adaptan con facilidad a distintos climas, los costos de inversión y mano de obra son pocos, además son animales productivos que llegan a tener hasta 40 crías al año, en comparación con 0.8 del ganado bovino y 1.4 del ovino (Olivares *et al.*, 2009).

La cunicultura mexicana fue estimulada por la FAO desde 1945, al considerar que la producción de conejo es una actividad que ayuda subsanar la pobreza ya que para los productores de traspatio sus animales representan una fuente extra de ingresos (Terán *et al.*, 2011), además la carne de conejo provee excelentes propiedades nutritivas y dietéticas a la alimentación en zonas rurales por su alto contenido de proteína, poca grasa y colesterol así como bajos niveles de sodio (Hernández y Dalle Zotte, 2010). Esta actividad esta vinculada con 75.4% de hombres y 24.6% de mujeres, además al ser una actividad a pequeña escala solo para el 5.4% de los productores es su actividad y fuente principal de ingresos mientras que para el 94.6% es una actividad de ingresos complementarios (Le & Caj, 2015).

Los principales estados productores en México son el Estado de México, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Distrito Federal, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, y Jalisco (Jaramillo *et al.*, 2015). Dentro de estos estados para el Estado de México la cunicultura es una actividad importante es la zona suroriente destacando los municipios de Texcoco, Ixtapaluca, Chalco, Tlalmanalco y Amecameca, ya que por estas zonas funcionan restaurantes que ofrecen carne de conejo en diferentes preparaciones (Rodríguez, 2012).

Algunas de las características sobresalientes de la carne de conejo con relación a otros es su composición nutricional, ya que destacan su perfil de ácidos grasos (rico en ácidos grasos poliinsaturados), calidad de la proteína (20 - 21%), contenido de vitaminas y minerales (potasio, fósforo y magnesio), bajo contenido de colesterol y sodio (40 mg por cada 100 g) además no contiene ácido úrico y tiene un bajo contenido de purinas (Dalle Zotte, 2014; Para, 2015). El consumo per cápita de carne de conejo en México en promedio es de 200 g al año, y el municipio con mayor consumo es Texcoco con 250 g de carne de conejo por año (Flores, 2016).

## **2.2 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL SISTEMA DIGESTIVO DEL CONEJO**

Los conejos son herbívoros con un sistema digestivo que está altamente adaptado a la ingestión de fibra y cerca del 80% de los alimentos ingeridos se encuentran en el estómago y en el ciego (Anaya-Lira *et al.*, 2016).

El estómago representa el 15% del volumen total del tracto digestivo, esta localizado en el lado izquierdo, tiene paredes delgadas y forma de "J", el esfínter cardíaco está revestido con epitelio escamoso estratificado no glandular que evita el vómito, mientras que el píloro es un esfínter musculoso (Irlbeck, 2001). El conejo se alimenta hasta 30 veces por día en periodos de 4 - 6 minutos con un consumo aproximado de 2 a 8 g de alimento y un tránsito gástrico de 3 a 6 horas, la digestión en el estómago comienza con ácido clorhídrico y pepsina con una humedad del

contenido gástrico de 81- 83% y el pH de 1 a 2.5 en adultos y de 5.0 a 6.5 en recién destetados (Johnson-Delaney; 2006; Rodríguez-Alarcón *et al.*, 2010).

El intestino delgado es aproximadamente el 12% el volumen gastrointestinal, su sección más larga es el yeyuno, con un tiempo de tránsito de 10 a 20 minutos, y en íleon es de 30 a 60 min, en el extremo distal del íleon se encuentra el *sacculus rotundus*, el cual contiene tejido linfóide y macrófagos, la válvula ileocólica controla el movimiento de ingesta desde el íleon al sacculus y evitando el movimiento inverso (Johnson-Delaney; 2006). El intestino posterior está formado por el ciego y colon; el ciego es la parte más grande, de paredes delgadas y está enrollado en tres pliegues y termina en un tubo ciego llamado apéndice vermiforme que contiene tejido linfóide y secreta bicarbonato que amortigua los ácidos cecales y el agua para formar la pasta cecal (Varga, 2013).

La degradación de la materia orgánica en el tracto digestivo de los conejos implica una serie de reacciones hidrolíticas que son catalizadas por enzimas como amilasa, lipasas, ureasa y proteasa de origen endógeno o microbiano, esta reacción y el volumen digestivo se correlacionan positivamente con la eficiencia de la digestión (Marounek *et al.*, 1995), esto favorece la entrada de sustancias solubles en agua y partículas finas (< 0,3 mm) al ciego donde los microorganismos cecales las fermentan (Blas, 2016), ya que estos animales se encuentran clasificados como fermentadores de intestino posterior y se caracterizan por tener un ciego 10 veces más grande que el estómago ocupando 40% de la cavidad abdominal, lugar donde el conejo lleva a cabo la fermentación microbiana de la fibra para la obtención de carbohidratos aprovechables por medio de la acción de bacterias y enzimas (Hume, 2002).

La parte fibrosa se expulsa del organismo cuatro horas post consumo (heces duras), mientras que de la fermentación se forman cecotropos (heces blandas), los cuales son de color verde oliva brillante que contienen microorganismos y productos de fermentación microbiana que son expulsados por ciclos circadianos y reconsumidos (cecotrofia) ocho horas post consumo inicial (Irlbeck, 2001; Caro *et al.*, 2018). Estos procesos de cecotrofia están reguladas por el sistema nervioso

autónomo y la aldosterona y comienzan a la cuarta semana de vida a medida que comienzan a comer alimentos sólidos (Litterio & Aguilar, 2017). Los cecotrofos se forman en el colon proximal y en el ciego, medida que estos pasan a través del colon se les incorpora lisozima que tiene actividad bacteriolítica que degrada las proteínas microbianas para la absorción en el intestino delgado (Varga, 2013).

Debido al corto tiempo de fermentación en el ciego la actividad celulolítica de los microorganismos es baja, sin embargo, esta microbiota puede degradar cantidades significativas de los polisacáridos no solubles de almidón como pectinas, pentosanos y oligosacáridos (Marounek *et al.*, 1995), y con el proceso de cecotrofia permite a los conejos utilizar células microbianas contenidas en las heces blandas como aminoácidos como treonina, lisina y metionina, ácidos grasos volátiles y vitaminas del complejo B y K reciclando así los componentes de la dieta con lo cual se incrementa la digestibilidad (De Blas *et al.*, 1999), además este proceso le permite al conejo realizar altos consumos de materia seca en base a su peso vivo (entre 65 a 80 g/kg de peso corporal) y un rápido tránsito del alimento (19 horas), cubriendo sus requerimientos nutricionales (Carrizo, 2003; García *et al.* 2006).

### **2.3 FERMENTACIÓN CECAL**

Los productos finales de la digestión del estómago e intestino son separadas en el colon en partículas pequeñas que pueden actuar como sustratos para los microorganismos cecales y en partículas grandes indigeribles con gran cantidad de lignina (Varga, 2013; Anaya-Lira *et al.*, 2016).

El ciego en el conejo actúa como un gran depósito de fermentación con importante actividad bacteriana que es responsable de digerir entre 25 y 50% de la materia orgánica (Varga, 2013), la microbiota está conformada por *Bacteroides* ( $10 \times 10^{10}$ ), con una actividad enzimática pectinolítica, hemicelulolítica y celulolítica, protozoos ciliados, levaduras y un pequeño número de *Escherichia coli* y clostridios (García *et al.*, 2006). La actividad enzimática del microbiota cecal se da en el siguiente

orden, primero actúan los microorganismos que aprovechan el amonio, segundo los aprovechadores de urea, posteriormente se da la proteólisis y finalmente la degradación de la celulosa (Varga, 2013).

Estos microorganismos convierten el alimento en subproductos aprovechables por el animal como ácidos grasos volátiles, vitaminas del complejo B y la síntesis de proteínas de alto valor biológico (Anaya-Lira *et al.*, 2016), tal es el caso de la celulosa, hemicelulosa y pectinas que son fermentadas en carbohidratos aprovechables además de la formación de ácidos grasos volátiles, los cuales son directamente absorbidos en el epitelio cecal hacia el torrente sanguíneo (Litterio & Aguilar, 2017). Del mismo modo las proteínas que se encuentran adheridas a la pared celular vegetal, también son degradadas en el ciego formando amonio que a su vez es metabolizado en aminoácidos (Varga, 2013).

Los ácidos grasos volátiles (AGV) proporcionan hasta el 40% de la energía de mantenimiento que requiere el animal (Carrizo, 2003), el AGV predominante es el ácido acético con 60 - 70% (60 - 80 mmol/100 mol), sin importar el tipo de dieta, seguido por el ácido butírico con 15 - 20% (8 - 20 mmol/100 mol) y propiónico entre 10 - 15% (3 - 25 mmol/100 mol), y se producen pequeñas cantidades de isobutirato, isovalerato y valerato, los cuales se absorben en el epitelio cecal (Carrizo, 2003; Mora-Valverde, 2010). El ácido butírico regula la velocidad de paso inhibiendo los movimientos peristálticos en el intestino aumentando así el tiempo de retención en el tracto posterior y dietas ricas en fibra incrementan la producción de acetato (García *et al.*, 2006).

## **2.4 ADITIVOS EMPLEADOS EN DIETAS PARA CONEJOS**

Se reconoce como aditivos para la alimentación animal a las sustancias, microorganismos y pre mezclas diversas que se añaden intencionadamente al agua o alimentos con la finalidad de realizar una o varias funciones (García & García, 2015), por lo que los antibióticos promotores de crecimiento (APC) entran en esta



clasificación y se utilizan en dosis sub terapéuticas para obtener los efectos benéficos que producen en indicadores fisiológicos, productivos y de salud (Ricke, 2003), ya que los conejos al ser destetados a las 4 o 5 semanas de edad su sistema inmune intestinal no está desarrollado y por falta de esta inmunidad pasiva son susceptibles a infecciones intestinales causantes de altas tasas de diarrea y hasta el 71% de mortalidad (Zhu *et al.*, 2014).

La bacitracina de zinc fue el antibiótico más utilizado en la alimentación de conejos al igual que los ionóforos como la monensina de efecto coccidiostático (García & García, 2015). Al ser antibióticos administrados en dosis bajas y durante largos periodos de tiempo comenzaron a generar resistencias microbianas y eventuales residuos de antibióticos en la carne por lo cual fueron prohibidos en la Unión Europea y en los Estado Unidos de América en el 2006 (Kim *et al.*, 2005; Falcão-e-Cunha *et al.*, 2007), motivo por el cual se evalúan e introducen otros aditivos nutricionales y zootécnicos como alternativas a estas sustancias como son los extractos de plantas, probióticos, prebióticos, enzimas, ácidos orgánicos y aceites esenciales (Debi *et al.*, 2010; Dalle Zotte & Szendrő, 2011). Estos promotores aumentan el valor nutritivo de las dietas de los conejos ya que tienen acción antimicrobiana en tracto digestivo, lo que favorecen la absorción intestinal, estimulan la secreción de enzimas digestivas, aumentan la palatabilidad de los alimentos y estimulan su ingestión, además mejoran el estado inmunológico del animal (Marounek *et al.*, 1995) y al mismo tiempo tienen la finalidad de mejorar la estabilidad oxidativa de la carne, disminuir sus cargas microbianas y mejorar su productividad en general (Herrera-Soto *et al.*, 2018).

## **2.5 ÁCIDOS ORGÁNICOS EN LAS DIETAS DE CONEJOS EN FINALIZACIÓN**

Los ácidos orgánicos tienen una estructura de cadena lineal (R-COOH) y la mayoría de los ácidos orgánicos con actividad antimicrobiana específica son ácidos de cadena corta (C1-C7) y tienen un pKa (valor de pH al que se disociará) entre 3 y 5 (Papatsiros *et al.*, 2013), se pueden encontrar también en su forma sólida ligados a sales como

de sodio, potasio o calcio (Ribeiro *et al.*, 2012), se han utilizado como aditivos alimentarios y conservantes de alimentos para prevenir el deterioro y extender la vida útil de los ingredientes perecederos, también se han empleado como acidificantes en las dietas para lechones (Partanen y Mroz, 1999) y se han adicionado en dietas intensivas de producción de conejos, ya sea como ácidos orgánicos o sus sales y las investigaciones se centran principalmente en la salud y el rendimiento productivo (Abecia *et al.*, 2005).

Los resultados de esas investigaciones muestran que pueden mejorar varios rasgos productivos debido al equilibrio en la población microbiana del intestino delgado, la estimulación de las enzimas digestivas, el aumento en la digestibilidad de la dieta y retención de algunos minerales (Romero *et al.*, 2011). Por lo cual se han propuesto varias hipótesis para explicar los efectos positivos de la acidificación, entre ellas el consideran que el ácido reemplaza al ácido clorhídrico gástrico mejorando la activación de las enzimas proteolíticas, su efecto antimicrobiano residual en el intestino, un efecto en la mucosa intestinal y su acción como nutriente para el animal (Falcão-e-Cunha *et al.*, 2007).

Los ácidos orgánicos en su forma no disociados cruzan fácilmente la membrana celular y tienden a disociarse cuando están dentro del pH neutro del citoplasma microbiano, liberando así protones que alteran el metabolismo microbiano, principalmente mediante la inhibición de enzimas y sistemas de transporte (Papatsiros *et al.*, 2012). De acuerdo con sus efectos, pueden clasificarse en dos grupos principales; el primero caracterizado por la reducción indirecta de las poblaciones bacterianas al disminuir el pH en el estómago, y el segundo grupo caracterizado por un efecto directo de un pH más bajo en el tubo digestivo en la pared celular de las bacterias Gram negativas (Dibner & Buttin, 2002). Por lo que estos aditivos son considerados como una alternativa viable a los antibióticos, entre ellos los más prometedores son los ácidos fórmico, acético, propiónico, butírico, láctico, sórbico, fumárico, málico, tartárico y cítrico (Dibner & Buttin, 2002).

## 2.6 PRODUCCIÓN OVINA EN MÉXICO

A pesar de que la producción ovina en México se está desarrollando rápidamente entre pequeños productores y productores comerciales que buscan una mayor rentabilidad, un mejor precio, ciclos de producción más cortos y menor inversión inicial (Castillo *et al.*, 2014), la industria ovina en México está lejos de satisfacer el mercado interno de carne y el precio de la carne de ovino es más alta que las carnes de animales de otras granjas (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2014). A pesar de que la producción ha aumentado aproximadamente un 20 % durante los últimos diez años, por lo que se importa alrededor del 45 % del consumo nacional de países como Nueva Zelanda, Australia, Canadá, Chile y Estados Unidos (Muñoz-Osorio *et al.*, 2015), en el 2014 la población ganadera de ovinos en México fue de 8, 902, 451 cabezas (SIAP, 2017).

Un factor importante en la producción de carne es la alimentación, la cual está basada en forrajes en la mayoría de los rebaños, lo que representa bajo costo, pero genera índices productivos bajos, en comparación con la engorda intensiva basada en granos y pastas de oleaginosas donde se obtienen índices elevados (Mireles *et al.*, 2016). Otro punto a considerarse es la raza, ya que la tasa de crecimiento de los corderos es un factor de suma importancia pues tiene influencia en el tiempo de engorda y los costos de producción por su correlación con la conversión alimenticia (Ramírez-Tello *et al.*, 2013).

En México, el 52 % de la producción se localiza en la región centro, con razas como Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Dorset; 23 % en la zona sur con rebaños de pelo (cruzas de Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper); 14 % en occidente con animales criollos y 11% en el norte con Rambouillet y cruzas de ganado de pelo (Castillo *et al.*, 2014), de estos rebaños el 20 % son finalizados con alimentos balanceados comerciales, el 40 % con una combinación de pastizales y suplementos de energía y proteínas y el 40 % restante se finalizan con pastoreo (Mariezcurrana, 2013), y la ocurrencia de enfermedades entre estos depende factores como el área geográfica, clima, manejo, alimentación, consumo de nutrientes y la susceptibilidad genética (Turkson *et al.*, 2003).

## **2.7 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES EN MÉXICO**

Los ovinos son una especie ampliamente diversificada alrededor del mundo y tienen una gran facilidad de adaptarse a climas adversos lo que le permite sobrevivir ya sea en zonas áridas hasta regiones montañosas frías (Combellas, 1980), estos animales pueden aprovechar prácticamente cualquier tipo de forraje incluyendo los residuos agrícolas (Avendaño-Reyes *et al.*, 2007) y tienen requerimientos más bajos de nutrientes totales y períodos de gestación y lactancia más cortos en comparación con los bovinos (Osoro *et al.*, 2013).

Es por eso que en México ha aumentado la producción ovina en los últimos años sobre todo en la zona norte y centro del país (Sánchez-Dávila *et al.*, 2015), y las características de los sistemas de producción difieren en cuanto a las razas utilizadas, alimentación, manejo, instalaciones, capital invertido, lo que lleva a obtener resultados variables en los rendimientos obtenidos (cantidad/calidad) (Thornton *et al.*, 2009), así mismo dependen de la ubicación geográfica por cuestiones de clima, humedad, forrajes o pastos e insumos disponibles (Villagra y Giraudo, 2013).

Los sistemas de producción son basados principalmente en dos características, el recurso utilizado (pastoreo o esquilmos agrícolas) y en la intensidad del uso de esos recursos en extensivo, semi intensivo e intensivo (Escareño *et al.*, 2012; Cuadro 1).

Los sistemas extensivos se dan en los trópicos y zonas semi áridas, se requieren grandes extensiones de terreno ya que los animales se alimentan pastoreando a voluntad (Aréchiga *et al.*, 2008), a base de forrajes nativos o residuos de cultivos como fuentes principales de alimentación. Presenta la ventaja de abaratar costos en alimentación e instalaciones, pero se obtiene baja productividad, las razas utilizadas son en su mayoría ovinos de pelo (Chay-Canul *et al.*, 2016), bajo un manejo reproductivo y sanitarios deficiente, instalaciones en malas condiciones, ingesta inadecuada con altos índices de desnutrición y parasitosis (Mariezcurrana, 2013; Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2014).

En el sistema intensivo o también conocidos como estabulados se emplean grandes cantidades de granos y concentrados de gran valor proteico y alimenticio como parte de las dietas y cuentan con inversiones elevadas en infraestructura y equipo, lo que ayuda a obtener mejores rendimientos productivos (Muñoz-Osorio *et al.*, 2015).

Los sistemas semi intensivos son una combinación de los anteriores, donde los animales pastorean y por las tardes son estabulados, complementado su alimentación con el uso de esquilmos agrícolas, o pequeñas cantidades de concentrados (Castillo-Rodríguez *et al.*, 2013), requiere la inversión en instalaciones y alimentos concentrados, pero presenta mejores índices productivos que en el sistema extensivo (Aréchiga *et al.*, 2008).

**Cuadro 1. Características principales de los sistemas de producción ovina en México**

	<b>Intensivo</b>	<b>Semi-intensivo</b>	<b>Extensivo</b>
Región	Zona norte	Zona centro	Trópicos seco y húmedo
Alimentación	Concentrado y granos Nitrógeno no proteico	Pastoreo; esquilmos y concentrados	Pastoreo
Genética	Ovinos de carne: Suffolk y Hampshire	Suffolk, Hampshire, Black belly y Pelibuey	Ovinos de pelo: Pelibuey Black Belly, Katahdin y Dorper
Instalaciones	Especializadas	Pobres	Nulas
Tamaño del rebaño	Grande	Medio	Medio

Castillo-Rodríguez *et al.*, 2013; Chay-Canul *et al.*, 201

## 2.8 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL SISTEMA DIGESTIVO DEL RUMIANTE

El aprovechamiento de los nutrientes y eliminación de los desechos se da a través del sistema digestivo (Czerkawski, 2013), el cual consta de una sucesión de estructuras que comienzan en la cavidad oral compuesta por la lengua, glándulas salivales,

dientes y el esófago (parte pre diafragmática) adaptada para la prensión, masticación, insalivación y deglución del bolo alimenticio, mientras que el estómago, hígado, páncreas e intestinos (porción post diafragmática) son responsable de la digestión de los alimentos y la eliminación de los desechos (Solaiman, 2010), a su vez el estómago está conformado por cuatro compartimentos el rumen, retículo, omaso y abomaso (Peng *et al.*, 2015).

El rumen es el compartimiento más grande del estómago y ocupa la mitad izquierda de la cavidad abdominal (Agarwal *et al.*, 2015), y alberga un ecosistema microbiano anaerobio complejo (bacterias, hongos y protozoos) que es capaz de digerir una amplia gama de materiales vegetales, sus funciones incluyen absorción, transporte y actividad metabólica (Jami y Mizrahi, 2012). El rumen está separado del retículo por el pliegue rumino-reticular, el contenido del retículo rumen contiene 65% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 27% de metano (CH<sub>4</sub>), 7 % de nitrógeno (N) y 0.2% de dihidrogeno (H<sub>2</sub>) resultado de la fermentación microbiana que se lleva a cabo en estos compartimentos, así como proteína microbiana y ácidos grasos volátiles que son absorbidos por epitelio ruminal (Kato *et al.*, 2015). Después de que el alimento ha sido fermentado y degradado pasa al siguiente cámara, el omaso, que actúa como un filtro donde las partículas menores a 2 mm pueden pasar y el agua y los minerales son absorbidos al torrente sanguíneo y el resto se desplaza hacia el abomaso (Agarwal *et al.*, 2015). El abomaso es el equivalente al estómago de un no rumiante ya que realiza la digestión enzimática por medio de lisozima la cual degrada la pared celular de las bacterias, sintetizando la proteína bacteriana proveniente del rumen (Mizrahi, 2013).

## **2.9 MICROORGANISMOS RUMINALES**

Los microorganismos ruminales son una población mixta conformada por bacterias, hongos y protozoarios que interactúa entre ellos en una relación sinérgica (Peng *et al.*, 2015) produciendo ácidos grasos volátiles (acético, butírico y propionico) que sirven como fuente de energía para el animal, la cantidad y tipo de microorganismos depende de la dieta del animal (Choudhury *et al.*, 2015).

## **Bacterias**

Las poblaciones bacterianas son el grupo más dominante en el rumen, son responsables de la mayor parte de la degradación y fermentación, y para su funcionamiento requieren un pH de 5.5 a 7.0 y una temperatura de 39 – 40° C (Hungate, 2013) así como un suministro de proteína amino ácidos o sus precursores como el nitrógeno no proteico (Minson, 2012), su concentración en líquido ruminal es de  $10^{10}$  cel/ml, las poblaciones son complejas en términos de taxonomía y funcionalidad (Mizrahi, 2013).

De acuerdo con el sustrato que degrada cada bacteria se pueden clasificar en celulolíticas, hemicelulolíticas, pectinolíticas, aminolíticas, ureolíticas, metanogénicas, lipolíticas, proteolíticas, utilización de azúcares y productoras de amoníaco (Cuadro 2; Valente *et al.*, 2016).

**Cuadro 2. Clasificación de bacterias ruminales por sustrato específico**

Sustratos	Bacterias	Producto final del metabolismo
Almidón	<i>Ruminobacter amylophilus</i> <i>Succinomonas amylolitica</i> <i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Prevotella ruminicola</i>	Ácidos grasos volátiles principalmente propionato
Celulosa	<i>Fibrobacter succinogenes</i> <i>Ruminococcus albus</i> <i>Ruminococcus flavefasciens</i> <i>Bacteroides succinogenes</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	Ácidos grasos volátiles especialmente acetato
Pectina	<i>Treponema bryantii</i> <i>Lachnospira multiparus</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Streptococcus bovis</i>	Ácidos grasos volátiles principalmente propionato
Urea	<i>Succinivibrio dextrinosolvens</i> <i>Treponema sp.</i> <i>Ruminococcus bromii</i> <i>Selenomonas sp.</i>	Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) y dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )
Lípidos	<i>Treponema bryantii</i> <i>Eubacterium sp.</i> <i>Anaerovobrio lipolytica</i>	Ácidos grasos libres especialmente propionato
Proteínas	<i>Prevotella</i> <i>Selenomonas</i> <i>Butyrivibrio</i>	Ácidos grasos volátiles Amoníaco (NH <sub>3</sub> )
Azúcares simples	<i>Lactobacillus ruminus</i> <i>Lactobacillus vitulinus</i> <i>Pentostreptococcus elsdenii</i>	Ácidos grasos volátiles Fundamentalmente Butirato
Productoras de amoníaco	<i>Selenomonas ruminantium</i> <i>Megasphaera elsdenii</i> <i>Bacteroides ruminicola</i>	Amoníaco (NH <sub>3</sub> )
Metanógenicas	<i>Methanobacterium</i> <i>Metanomicrobial</i> <i>Metanococcal</i> y <i>Methanosarcina</i>	Metano (CH <sub>4</sub> )

Czerkawski, 2013; Valente *et al.*, 2016



## Hongos

Un propósito de los hongos en el rumen es la producción de enzimas (xilanasas, celulasas, glucanasas, glucosidasas, etc) para degradar la pared celular de las plantas, ya que digieren casi el 70% de la celulosa y el 34% de la lignina que llegan al rumen lo que facilita el acceso para las bacterias y protozoarios (Shakaram *et al.*, 2015). Los géneros presentes en el rumen son *Neocallimastix*, *Piromyces*, *Caecomyces*, *Orpinomyces*, *Anaeromyces* y *Cyllamyces* (Gruninger *et al.*, 2014).

La concentración de hongos en líquido ruminal es de  $10^5$  cel/ml y constituyen el 20% del total de la biomasa microbiana, ese porcentaje está directamente relacionada con el contenido en fibra de la dieta, y su proporción disminuye en dietas ricas en almidón o azúcares solubles (Minson, 2012).

## Protozoarios

Existen más de 200 especies de protozoarios conocidas, la mayoría son ciliados (asimétricos) y se dividen en dos grupos principales primero los holotrichous que contienen capas flexibles cubiertas totalmente de cilios y usan carbohidratos y segundo los entodiniomorfidos los cuales tienen una morfología más compleja, en general los protozoarios pueden ingerir partículas pequeñas de alimento y bacterias (Williams y Coleman, 2012; Czerkawski, 2013). Entre los géneros de los ciliados se pueden encontrar *Isotrichidae*, *Dasytricha*, *Entodinium*, *Diplodinium*, entre otras, y existe una pequeña cantidad de flajelados como los *Monocercomonas ruminantium*, *Callimastix frontalis*, *Chilomastix*, *Tetratrichomonas* (Hungate, 2013).

La principal fuente de energía para los protozoarios son los hidratos de carbono (almidón y azúcares), y la concentración de protozoarios en líquido ruminal es de  $10^6$  cel /ml y levaduras  $10^4$  cel/ml, los cuales necesitan que el alimento permanezca al menos 48 h dentro del rumen para permitir su crecimiento (Czerkawski, 2013).

## 2.10 LOS RUMIANTES Y SU ALIMENTACIÓN

Los rumiantes están adaptados para convertir de manera anaerobia en su tracto digestivo la biomasa vegetal rica en celulosa en ácidos grasos de cadenas cortas también llamados ácidos grasos volátiles (AGV), utilizadas como fuente de energía por los animales (Weimer y Kohn, 2016), por lo que esa es su principal característica, la capacidad de transformar los insumos fibrosos no aprovechables para otras especies o por los humanos en productos de alto valor biológico, como la carne (Dijkstra *et al.*, 2013).

Para la producción de carne, leche y lana los rumiantes necesitan una dieta balanceada que cubran sus requerimientos nutricionales, la cual debe involucrar carbohidratos, proteínas, grasas, minerales, y otros compuestos orgánicos (Minson, 2012) por lo cual es importante conocer y tomar en cuenta sus requerimientos nutricionales de acuerdo con su edad o etapa fisiológica para formular una dieta adecuada para tener mejores rendimientos (Annicchiarico y Taibi, 2004).

Los alimentos que comúnmente se les dan a los rumiantes se clasifican en dos, los voluminosos, conformados por pastos, rastrojos, ensilados y henos, obtenidos de cosechas de maíz, avena, trigo, sorgo entre otros, y los granos y concentrados como la urea, melaza, harinas, grasas, minerales y vitaminas (Vásquez, 2010), el uso de estos depende en gran medida de los precios y de las disponibilidades. La calidad de los alimentos voluminosos varía en la cantidad de proteína cruda (PC), y la digestibilidad de las fibras detergentes ácida y neutra estacionalmente (Salem *et al.*, 2015), y es ampliamente conocido que la paja o rastrojos de cereales son ampliamente utilizados como fuente de energía, insumos que tienen un aporte inadecuado de nutrientes que se ve reflejado en los parámetros productivos de los animales (Ghasemi *et al.*, 2013) ya que la cantidad absorbida de cada nutriente depende de la cantidad de materia seca consumida y la concentración y disponibilidad de cada nutriente en particular por cada kilogramo de materia seca (Minson, 2012). Para compensar la mala calidad de los insumos se puede complementar la alimentación con suplementos que ayudan a mejorar la tasa de crecimiento o producción y cubrir deficiencias en la dieta (Hinton, 2007).

### 2.10.1 GRANOS Y FORRAJES

El uso tanto de forrajes como de diferentes clases de granos en la producción animal es una necesidad de día con día, por el creciente uso de alimentos energéticos de las raciones de engorda, las cuales contiene un porcentaje en la dieta de 60 - 80% de grano y de 20 - 40% de forrajes (Peel *et al.*, 2012; Weller *et al.*, 2015).

En dietas basadas en forraje los carbohidratos son el principal componente y la principal fuente de energía, los forrajes son utilizados como fuente única de alimentación por su abundancia y bajo costo, aunque en las dietas de finalización los insumos más comúnmente utilizados son los granos (Ferraro *et al.*, 2009).

Las principales fuentes de carbohidratos contenidas en los concentrados corresponden a cereales con alto contenido de almidón (maíz, trigo, cebada, etc) que aportan la mayor parte de la energía y gran cantidad de proteína, también los concentrados son ricos en fibra digestible, que se caracterizan por su elevado contenido de carbohidratos altamente fermentables que presentan una menor velocidad de degradación que el almidón (Barrientos *et al.*, 2013), esto se ve reflejado en que los cultivos dominantes a nivel mundial son el trigo, maíz y arroz (Shewry *et al.*, 2013), y en menor cantidad cebada, centeno, avena, sorgo y mijo, ya que son la principal fuente de calorías, lípidos, aminoácidos no esenciales, azúcares libres y proteína para las dietas del ganado (Lafiandra *et al.*, 2014).

De estos granos el maíz es el cultivo más importante en México ocupando la mayor superficie de siembra pero también es el de mayor demanda y carencia dado que se encuentra entre los principales insumos utilizados para el engorde de los animales en estabulación (Hellin *et al.*, 2013) y tenemos que la demanda nacional de grano para la alimentación de rumiantes al año es de 8,308,665 ton, mientras que la de forraje es de 12,276,767 ton, de praderas 147,877,873 ton y 38,000,909 de residuos agrícolas (Beuchelt *et al.*, 2015).

## 2.11 COMPONENTES ESTRUCTURALES DE LOS GRANOS

La composición estructural de los granos está formada por tres grupos de componentes principales carbohidratos, proteínas y polisacáridos de la pared celular, que en conjunto representan aproximadamente el 90% del peso seco, y componentes menores que incluyen lípidos, terpenos, fenoles, minerales y vitaminas (Beloshapka *et al.*, 2016).

Los carbohidratos pueden clasificarse en función de sus azúcares en monosacáridos (glucosa y fructosa) y disacáridos (sacarosa y maltosa), oligosacáridos (rafinosa y fructooligosacáridos), almidón (amilosa y amilopectina) y polisacáridos de la pared celular o no amiláceos (celulosa, hemicelulosa y pectina) (Lafiandra *et al.*, 2014).

### **Carbohidratos no amiláceos**

La celulosa es una cadena lineal sin ramificaciones con más de 10,000 unidades de glucosa por molécula, la hemicelulosa contiene tanto cadenas lineales como ramificadas y contiene 50-200 unidades de pentosa (xilosa y arabinosa) y hexosa (glucosa, galactosa, manosa, ramnosa) y la pectina se compone principalmente de cadenas de ácido galacturónico intercalados con unidades de ramnosa y son ramificados con cadenas de unidades de pentosa y hexosa (Mudgil y Barak, 2013).

### **Almidón**

Es el componente dominante en el grano, es un polisacárido compuesto de muchas unidades de glucosa, vinculadas con enlaces glicosídicos  $\alpha$ -1,4 y o ramificados  $\alpha$ -1,6, siendo el componente principal de almacenamiento energético (Beloshapka *et al.*, 2016), el almidón representa aproximadamente el 80% del peso seco del grano y comprende una mezcla de dos polímeros de glucosa la amilosa y la amilopectina, en

una relación de aproximadamente 1: 3, difieren en su nivel de ramificación, la amilosa es una molécula esencialmente lineal con enlaces de tipo  $\alpha$ -1,4 es su mayoría, y la molécula de amilopectina es más larga y altamente ramificada con enlaces  $\alpha$ -1,6 (Kumar *et al.*, 2016). De acuerdo con el contenido de almidón los granos se clasifican en orden decreciente de la siguiente manera: trigo (0,78), maíz y sorgo (0,72), y cebada y avena (0,58), mientras que el contenido de fibra detergente neutra sigue el patrón opuesto (González *et al.*, 2012).

## **2.12 LOS ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES Y SU IMPORTANCIA PARA LOS RUMIANTES**

Los productos finales de la fermentación microbiana anaeróbica de los alimentos ingeridos en el tracto gastrointestinal de los rumiantes son ácidos grasos volátiles (AGV), hidrogeno ( $H_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) y proteína microbiana (Pickering *et al.*, 2015). Los ácidos grasos volátiles (AGV) son ácidos mono carboxílicos que contienen de uno a seis átomos de carbono (Weimer y Moen, 2013), se producen AGV como el acético, propiónico, butírico, isobutírico, valérico e isobutírico (Valente *et al.*, 2016), pero los principales son el acético, propionico y butírico que representan más del 95% de los AGV producidos (Wanapat, *et al.*, 2015), estos son fácilmente absorbidos a través de la pared ruminal hacia el torrente sanguíneo y se transportan a los tejidos donde se utilizan para la gluconeogénesis, la lipogénesis y la síntesis de leche, con esto cubren el 80% de las necesidades energéticas del animal (Aluwong *et al.*, 2013).

La relación molar entre estos AGV puede variar entre 7.5:15:10 a 40:40:20 dependiendo de la dieta de los animales (Aluwong *et al.*, 2013), por ejemplo los insumos fibrosos presentan una menor velocidad de degradación que el almidón, incrementando la relación de ácido acético: propiónico, mientras que los concentrados amiláceos o harinosos acidifican el pH, disminuyen la actividad celulolítica, la velocidad de paso y el consumo de MS, pero aumenta la producción de ácido propiónico (Barrientos *et al.*, 2013).

## 2.13 GLUCONEOGÉNESIS

La glucosa es el combustible universal empleado en las vías de síntesis de las células y en el metabolismo energético (Aschenbach *et al.*, 2010), por lo cual su suministro en los rumiantes es necesario para el buen funcionamiento y mantenimiento, y como precursor de la biosíntesis de componentes esenciales (ácidos grasos de cadena larga), lo cual es fundamental para las funciones fisiológicas como el crecimiento o la lactación (Aguerre *et al.*, 2015).

La gluconeogénesis en los rumiantes es un proceso continuo y crítico porque todos los carbohidratos ingeridos son fermentados a ácidos grasos volátiles y la cantidad disponible para absorción directa es muy baja (Noro, 2013), por lo que dependen de la síntesis de glucosa en el hígado por medio de precursores aportando de esta manera el 90% de la glucosa requerida por el rumiante para satisfacer sus requerimientos (Li *et al.*, 2013), este proceso se realiza en el hígado donde los hepatocitos los cuales sintetizan glucosa a partir de piruvato para mantener los niveles de glucosa en la sangre y por consecuente en los tejidos (Xiong *et al.*, 2011).

Entre los principales precursores glucogénicos están los ácidos grasos volátiles propionato, isobutirato y valerato; también el L-lactato, glicerol y algunos aminoácidos, sin embargo, otros metabolitos menores como D-lactato y propanol pueden también contribuir a la gluconeogénesis hepática (Larsen y Kristensen, 2013), de los ácidos grasos volátiles el propionato es el más abundante de los tres contribuyendo con un 60-74% de carbón para la síntesis de glucosa (que representa 90-95% de la glucosa liberada), el lactato 16-26%, valetaro e isobutirato 5-6%, alanina 3-5%, otros aminoácidos 8-11% y el glicerol de 0.5- 3% (Aschenbach *et al.*, 2010).

La velocidad del gluconeogénesis en el hígado es controlado por la actividad de varias enzimas incluyendo fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PCK), glucosa 6-fosfatasa (G6PC), y la piruvato carboxilasa (PC), que son sensibles a la regulación por la insulina, el glucagón y el suministro de precursores hacia el hígado (Aguerre *et*

*al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2015). En la primera reacción el piruvato carboxilasa (enzima mitocondrial) dependiente de biotina forma oxaloacetato, después el fosfoenolpiruvato carboxicinasa (enzima mitocondrial o citoplásmica) lo convierte en fosfoenolpiruvato y finalmente la glucosa 6-fosfatasa (enzima de membrana) localizada en el retículo endoplásmico, permite al hígado aportar glucosa al torrente sanguíneo (Pérez-Mendoza *et al.*, 2012).

## **2.14 ADITIVOS UTILIZADOS EN LAS DIETAS DE OVINOS**

Tradicionalmente, la mayoría de los ganaderos utilizan concentrados comerciales para su ganado, sin embargo, con el aumento constante del precio de los granos, esto no es rentable hoy en día, obligando a los productores a buscar recursos alimenticios alternativos como los aditivos (Esquivel-Mimenza *et al.*, 2014), un aditivo es productos utilizado en la alimentación animal con fines de mejorar la calidad de los alimentos o el rendimiento y la salud de los animales, por lo cual es cualquier sustancia que añadida en baja inclusión a los alimentos incrementa la calidad nutricional o modifica las propiedades organolépticas del alimento (Clouard y Val-Laillet, 2014).

Algunos de los aditivos más empleados son los probióticos, prebióticos, ionoforos, promotores del crecimiento, beta agonistas, aceites esenciales, antioxidantes y gluconeogénicos, por ejemplo los antibióticos a dosis sub terapéuticas se emplean para mejorar la tasa de crecimiento y la eficiencia de utilización del alimento, así como reducir la morbilidad y la mortalidad (Zeng *et al.*, 2015), los probióticos ayudan a incrementar la fermentación, la eficiencia alimentaria, estimulan funciones inmunológicas y mantiene un balance en la microflora ruminal (Wang *et al.*, 2016).

Los aditivos pueden tener efectos directos sobre el pH ruminal, que dan como resultado cambios en las poblaciones microbianas o en las condiciones físico-químicas del rumen (por ejemplo, capacidad de amortiguación y la velocidad de paso) y otros efectos indirectos que incluyen cambios en el comportamiento de alimentación como el tamaño de la comida o de la frecuencia, por cambios en el sabor o en la concentración de nutrientes (González *et al.*, 2012).

### 2.14.1 ADITIVOS GLUCONEOGENICOS

Los precursores glucogénicos como propionato de calcio, propilenglicol, glicerol y sus combinaciones se han utilizado para aumentar la glucosa en sangre para cubrir los requerimientos y para reducir los problemas nutricionales en rumiantes (Ferraro *et al.*, 2016). El propionato de calcio y el propilenglicol se emplean para corregir problemas metabólicos en el ganado, pero el propilenglicol es metabolizado en compuestos, que sólo el propionato de calcio puede ser incorporado en la dieta en dosis bajas (Lee-Rangel *et al.*, 2012).

El propionato es el precursor principal para la síntesis de glucosa en rumiantes y contribuye hasta en un 60 - 74% del carbono empleado para la formación de glucosa, la producción de glucosa hepática es proporcional a propionato ofrecido y consumido en la alimentación (Zhang *et al.*, 2015).

El glicerol es un componente estructural importante de los triglicéridos y los fosfolípidos, tiene propiedades glucogénicas, que es utilizado cuando son movilizadas las reservas de grasa corporal para emplearse como fuente de energía, el glicerol y los ácidos grasos se liberan al torrente sanguíneo y en el hígado o los riñones son convertidos en glucosa por para proporcionar energía para el metabolismo celular (Khattab, 2015). Incluir glicerol en las raciones de rumiantes no solo como energético sino también para la sustitución de otros ingredientes como los granos de cereales puede a su vez reducir los costes de alimentación (Mach *et al.*, 2009)

El propilenglicol se utiliza para disminuir las concentraciones en sangre de ácidos grasos libres y para incrementar el ácido propiónico, la glucosa y la insulina, sin embargo, largos períodos de administración de propilenglicol y dosis mayores de 500 g por día deben evitarse porque propilenglicol se metaboliza en compuestos tóxicos (Ferraro *et al.*, 2016).



### 2.14.2 USO DE PROPIONATO DE CALCIO EN RUMIANTES

Los ácidos grasos volátiles resultantes de la fermentación ruminal, son la fuente de energía primaria en rumiantes, por lo cual el propionato juega un papel importante en el metabolismo ya que es precursor primario de la gluconeogénesis, pero un exceso de producción de propionato puede provocar disminución de la ingesta de alimento ya que es oxidado después de su conversión a acetyl CoA y el aumento de energía intracelular que se obtiene puede conducir a la saciedad (Bradford *et al.*, 2006), provocando un efecto hipofágico, es decir una ingesta insuficiente de alimentos, que conduce a menor consumo diario de alimento (González *et al.*, 2012).

Se han realizado diversas investigaciones sobre el uso del propionato de calcio en rumiantes, como la investigación realizada por Mendoza-Martínez *et al.* (2015), que evaluaron el efecto de adicionar dos niveles de propionato de calcio (10 o 20 g) sobre el rendimiento de borregos en finalización y las características de la canal; en los resultados obtenidos no encontraron cambios significativos en el consumo de alimento, conversión alimenticia, ganancia de peso ni en el peso de la canal y ojo de la chuleta. En China Xinzhuang *et al.* (2013) adicionando 200 g/d de propionato de calcio a bovinos en finalización no obtuvieron cambios en el consumo de materia seca (MS), ganancia diaria de peso, ni en la conversión alimenticia, pero el grupo suplementado mostró disminución en el consumo de MS en la tercera y quinta semana, así mismo la glucosa y los triglicéridos disminuyeron en el grupo experimental con respecto al grupo control ( $p > 0.10$ ).

Por su parte Lee-Rangel *et al.* (2012), evaluaron el efecto de adicionar 10 g/d de propionato de calcio con un nivel de grano de 550 o 650 g/d, y reportan que no hubo cambios en el consumo de MS, la ganancia de peso o pH ruminal y se obtuvo mejor peso en canal caliente en los animales que consumieron propionato de calcio. Oba y Allen (2003), observaron el comportamiento alimenticio en vacas lecheras por medio de infusiones intra ruminales con duración de 14 h, utilizando ácido propiónico y ácido acético en ocho diferentes concentraciones en su primer experimento, y propionato de sodio en cuatro concentraciones más acetato de sodio, y observaron un efecto lineal decreciente conforme aumentaba la dosis de propionato.

### 3. JUSTIFICACIÓN

En la producción animal a nivel mundial se ha dado una intensificación para poder satisfacer a la población que aumenta rápidamente y demanda alimentos de alto valor biológico entre los cuales podemos situar los de origen ovino y cunicula, además de los cambios alimenticios de los consumidores se busca producir carnes libres de antibióticos, lo cual ha influenciado la composición de las dietas empleadas en la finalización de estas especies animales donde se ha intensificado el uso de alimentos concentrados para tener una densidad energética elevada, además del uso de altas cantidades de grano como complemento a otros forrajes en el caso de los rumiantes, pero debido al incremento en los costos de estos insumos por una parte por la competencia con la alimentación humana y por la otra por el uso de estos para biocombustibles, es necesario buscar nuevas alternativas que ofrezcan las garantías de calidad y demuestren su eficacia para mejorar los índices productivos de los animales. Lo cual se puede lograr eficientizando el uso de aditivos nutricionales que tengan efecto eficaces sobre los parámetros productivos y calidad de los productos, que sean inocuos para el animal y el consumidor.

Tal es el caso de las sales propionicas como el propionato de calcio y propionato de sodio, ya que estas aparecen en la lista de aditivos autorizados por la Unión Europea, dentro del grupo de los conservadores, y que han sido empleados en dietas para conejos, sin embargo no hay estudios donde se reporte el efecto del propionato en las variables productivas de conejos, mientras que en rumiantes se sabe que ejercen su acción a nivel ruminal donde estimulan el metabolismo del ácido láctico para producir acético y propiónico previniendo el descenso del pH ruminal, además los ácidos orgánicos como los propionatos son precursores de glucosa la cual provee hasta el 80 % de los requerimientos energéticos del animal ayudando a mantener los rendimientos productivos y al mismo tiempo disminuir el porcentaje de grano incluido en la dieta.

## **4. OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar el efecto de la adición de sales propiónicas sobre el comportamiento productivo, características de la canal, calidad de la carne y parámetros fermentativos en ovinos y conejos en finalización.

### **Específicos**

- Analizar las variables productivas peso final, consumo voluntario, ganancia de peso y conversión alimenticia en la etapa de finalización de ovinos y conejos.
- Medir las características de la canal peso de canal caliente, canal fría, rendimiento de la canal y pH de ovinos y conejos finalizados con propionato.
- Analizar calidad de la carne pérdida de agua por presión y cocción, colorimetría y contenido de ácidos grasos.
- Determinar las variables cecales y ruminales pH, ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal y lactato.

## **4.1 OBJETIVOS EXPERIMENTO 1**

### **General**

Evaluar el efecto de la adición de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 % de propionato de calcio sobre el comportamiento productivo, características de la canal, calidad de la carne y variables cecales en conejos en finalización.

### **Específicos**

- Analizar las variables productivas (peso final, consumo voluntario, ganancia de peso y conversión alimenticia) en la etapa de finalización de conejos.
- Medir las características de la canal (peso de canal caliente, canal fría, rendimiento de la canal, color, pH) de conejos en finalización.
- Analizar la calidad de la carne mediante pérdida de agua por presión y cocción así como el contenido de ácidos grasos.
- Determinar las variables cecales (pH, ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal, lactato) en conejos alimentados con propionato de calcio.

## **4.2 OBJETIVOS EXPERIMENTO 2**

### **General**

Evaluar la inclusión de 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 % de propionato de sodio por la sustitución de 5.0, 8.7 y 14.0 % de grano, sobre el comportamiento productivo, variables ruminales y características de la carne en raciones de ovinos en etapa de finalización.

### **Específicos**

- Analizar el comportamiento productivo (consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia) en ovinos finalizados con propionato de calcio.
- Determinar el peso de canal caliente, canal fría, rendimiento de la canal, color y pH de ovinos en finalización.
- Analizar la pérdida de agua por presión y cocción para de la carne de ovinos adicionados con propionato de sodio.
- Determinar las variables ruminales pH, ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal y lactato al adicionar propionato de sodio.

## **5. HIPÓTESIS GENERAL**

La adición de sales propiónicas en la dieta de conejos incrementa los parámetros productivos, características de la canal, calidad de la carne y variables cecales, mientras que en la ración de ovinos mantiene todas estas variables.

### **5.1 HIPÓTESIS EXPERIMENTO 1**

La adición de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5% de propionato de calcio en la dieta de conejos incrementa los parámetros productivos, variables cecales así como las características y calidad e la carne.

### **5.2 HIPÓTESIS EXPERIMENTO 2**

La adición de 1.0, 2.0 y 3.0 % de propionato de sodio sodio en la alimentación de ovinos permite disminuir el porcentaje de grano en la dieta, sin alterar la respuesta productiva, variables ruminales y calidad de la carne.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Posta Zootécnica de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, así como en el Laboratorio Multidisciplinario de Investigación del Centro Universitario UAEM Amecameca, de la Universidad Autónoma del Estado de México, bajo los lineamientos establecidos por el Comité Académico del Departamento de Ciencia Animal, de acuerdo con las regulaciones establecidas por la Ley de Protección Animal de México.

### **6.2. EXPERIMENTO 1**

#### **6.2.1 ANIMALES Y TRATAMIENTOS**

El período experimental tuvo una duración de 32 días y se emplearon 36 conejos machos Nueva Zelanda x California de 45 días de edad, con un peso de 1.4 kg  $\pm$  0.10 gr, alojados en jaulas individuales provistas de comedero y bebedero. Cada conejo fue considerado como unidad experimental y fueron distribuidos aleatoriamente en un diseño completamente al azar formado por cuatro tratamientos y nueve repeticiones (conejos).

Los tratamientos constaron de la inclusión de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 % de propionato de calcio en la dieta testigo, la cual estuvo basada en un alimento comercial con 16 % de proteína, 3.0 % de grasa, cenizas 9.0 %, 15 % de fibra cruda y 44 % de extracto libre de nitrógeno. Las dietas fueron ofrecidas *ad libitum* al igual que el agua.

## **6.2.2 METODOLOGÍA**

### **Análisis del alimento**

A cada una de las dietas experimentales se les analizó la composición química a partir de la materia seca (MS; 930.15), cenizas (942.05) y proteína cruda (N; 954.01) por medio de las técnicas de la AOAC (2005), así como la fibra detergente neutra y detergente ácida mediante la técnica de Van Soest *et al.* (1991).

### **Ensayo de comportamiento productivo**

Las variables evaluadas fueron el consumo de materia seca obtenido mediante la diferencia entre el peso de la materia seca ofrecida menos el rechazada en kg d<sup>-1</sup>, los animales se pesaron en ayunas al inicio del experimento, cada semana, así como al final del periodo experimental con la finalidad de determinar la ganancia diaria de peso y peso al sacrificio, además del cociente del consumo voluntario y ganancia de peso se calculó la conversión alimenticia.

La digestibilidad *in vivo* de la materia seca del alimento se determinó mediante marcadores internos empleado la técnica de cenizas ácido-insolubles (Van Keulen y Young, 1977), para lo fue necesario recolectar muestras de heces directamente del recto de cada animal durante tres días a mitad del periodo experimental (día 14, 15 y 16), las cuales fueron secadas en estufa a 60°C por 3 días, para su posterior análisis.

### **Características de la canal y calidad de la carne**

Al día 33 se realizó el sacrificio de los conejos en concordancia a la NOM-033-SAG-ZOO-2014. Dentro de las características de la canal se evaluó el peso de la canal caliente y fría, rendimiento de la canal, peso de piel, órganos torácicos (pulmones, corazón y tráquea) y gastrointestinales (esófago, estómago e intestinos), riñones e hígado (sin vesícula biliar), grasa escapular, perirenal e inguinal, así como la desarmable (suma de las anteriores) (Blasco y Ouhayoun, 1993). A las 24 h post



sacrificio se realizaron las mediciones para calidad de la carne, comenzando por la medición del pH de la carne en el músculo *Longissimus dorsi* empleando un potenciómetro portátil con cuchilla de penetración (Meineri *et al.*, 2010), con muestras del mismo músculo se llevo a cabo la técnica de pérdida de agua por presión y por cocción a través de la metodología propuesta por Cañeque y Sañudo (2005), para la cual se tomó una muestra de cinco gramos de carne por triplicado para cada técnica. Por otra parte, se midió el color de la carne en el músculo *Bíceps femoris* (Wang *et al.*, 2016) por triplicado, por medio de un colorímetro tricromático registrando los valores L\* (luminosidad), a\* (enrojecimiento) y b\* (amarillez) en un sistema de eje ortogonal, H\* (Hue =  $\text{tg}^{-1}(b^*/a^*)$ ) y C\* (Chroma =  $(a^*^2 + b^*^2)^{0.05}$ ) a través del sistema de CIELAB (CIE, 1976).

Por último con muestras de *Longissimus dorsi* se realizó una transesterificación directa siguiendo la técnica propuesta por Cert *et al.* (2000), para determinar la cantidad de ácidos grasos contenidos en la carne de los conejos, por medio de cromatografía de gases, empleando el instrumento Clarus 580 (Perkin Elmer), provisto con automuestreador, una columna capilar de 100 m x 0.25 mm x 0.2  $\mu\text{m}$  (SupelcoTM-2560), utilizando nitrógeno como gas de arrastre y el estándar de esteres metílicos (SupelcoTM 37 component FAME MIX). Para este procedimiento el puerto de inyección se mantuvo a una temperatura de 240° C y a 250°C el detector de ionización de llama (FID).

### **Variables cecales**

Se colectaron 10 ml del contenido cecal en tubos de plástico estéril de cada unidad experimental al momento de la matanza para determinar el pH con la ayuda de un potenciómetro digital de mesa, el contenido fue conservado con ácido metafosfórico con una relación de 8:2, las muestras fueron congeladas a -20 ° C, para posteriormente determinar la cantidad de ácidos grasos volátiles por cromatografía de gases (Erwin *et al.*, 1961) con el instrumento Clarus 580 (Perkin Elmer), provisto con

detector de ionización de flama (FID) y una columna capilar de 30 m x 0.25 mm x 0.25  $\mu\text{m}$  (Agilent Technologies), utilizando nitrógeno como gas portador.

Otras variables evaluadas fueron el contenido de nitrógeno amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) cecal mediante la técnica de hipoclorito de fenol de McCullough (1967) por medio de un espectrofotómetro a una absorbancia de 630 nm, los resultados expresados en  $\text{mg dl}^{-1}$ , mientras que la concentración de lactato se determinó por la técnica parafenil fenol y lactato de litio siguiendo la metodología de Madrid *et al.* (1999) por espectrofotómetro a una absorbancia de 570 nm, los resultados fueron expresados en  $\text{mg/ml}$ .

## **6.3 EXPERIMENTO 2**

### **6.3.1 ANIMALES Y TRATAMIENTOS**

Para este experimento se emplearon 28 ovinos criollos, machos con un peso vivo inicial de  $25 \pm 1.5$  kg y cuatro meses de edad, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y ocho repeticiones (ovinos), alojados en corraletas individuales metálicas con piso de concreto y una superficie de  $0.84 \text{ m}^2$ , provistas con comederos y bebederos, el periodo fue de 58 días dentro de los cuales hubo un periodo de adaptación de 15 días a las dietas experimentales.

Las dietas fueron balanceadas siguiendo las recomendaciones del NRC (2007) para ovinos con una relación forraje: concentrado (30:70), utilizando como insumos maíz en grano, melaza, urea, pasta de soya, sales minerales, buffer, rastrojo de maíz y heno de avena, más la inclusión de propionato de sodio en 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0%, por la sustitución de 5.8, 8.7 y 14% de grano, las raciones fueron ofrecidas dos veces al día en un horario de 10:00 y 1:00 h, a libre acceso al igual que agua fresca.

### **6.3.2 METODOLOGÍA**

#### **Análisis del alimento**

La composición química de las dietas experimentales se determinó a través del análisis de la materia seca (MS; 930.15), cenizas (942.05) y proteína cruda (N; 954.01) siguiendo las técnicas de la AOAC (2005), mientras que las fracciones de la fibra detergente neutra y detergente ácida mediante la metodología propuesta por Van Soest *et al.* (1991).

#### **Ensayo de comportamiento productivo**

Entre las variables evaluadas se encontraron el consumo de materia seca, la cual fue obtenida mediante la diferencia entre el peso de la materia seca ofrecida menos la materia rechazada ( $\text{kg d}^{-1}$ ), además los ovinos se pesaron en ayunas al inicio del experimento, cada 14 días y al final del periodo experimental con el objetivo de calcular la ganancia diaria de peso y peso al sacrificio, además del cociente del consumo voluntario y ganancia de peso se calculó la conversión alimenticia.

Para determinar la digestibilidad *in vivo* de la materia seca del alimento mediante la técnica de cenizas ácido-insolubles por la metodología de Van Keulen y Young (1977), a través de marcadores internos, con muestras de heces recolectadas directamente del recto de cada animal durante tres días a mitad del periodo experimental (día 28, 29 y 30), secadas en estufa a 60°C por 3 días.

#### **Características de la canal y calidad de la carne**

Al final del periodo experimental se sacrificaron cuatro ovinos por tratamiento, para evaluar las características y calidad de la carne, los parámetros de la canal incluyeron el peso de la canal caliente, peso de piel, órganos torácicos (corazón, tráquea y pulmones) y gastrointestinales (Intestinos), rumen lleno y rumen vacío, riñones e

hígado, con los cuales se determinó la pérdida por enfriamiento (%), rendimiento de la canal caliente (%), rendimiento de la canal fría (%) y rendimiento verdadero (%).

También se midió el pH de la carne a los 45 min y 24 h después del sacrificio empleando un potenciómetro portátil con cuchilla de penetración, así como el color a través del sistema de CIELAB (CIE, 1976) con la ayuda de un colorímetro tricromático, registrando los valores de la escala  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (enrojecimiento) y  $b^*$  (amarillez), con los cuales se determinan los índices de cromaticidad  $H^*$  ( $Hue = \text{tg}^{-1}(b^* / a^*)$ ) y  $C^*$  ( $Chroma = (a^*^2 + b^*^2)^{0.05}$ ), todo esto siguiendo la metodología de Cañeque *et al.*, 2004.

La capacidad de retención de agua de la carne se determinó a través de las técnicas de pérdida de agua por presión y por cocción mediante la metodología propuesta por Cañeque y Sañudo (2005), realizadas a las 24 h post sacrificio para lo cual se tomaron muestras (20 g) del musculo *Longissimus dorsi* de cada ovino

### **Variables ruminales**

La última semana de experimentación, se extrajeron 10 ml de líquido ruminal de cada cordero, por sonda esofágica de forma preprandrial, filtrando el líquido con gasas (cuatro capas), para las determinaciones de pH, N-NH<sub>3</sub> y lactato.

El pH fue medido de manera inmediata con la ayuda de un potenciómetro digital de mesa; entre cada medición el electrodo del potenciómetro será lavado con agua destilada y secado con papel absorbente. El contenido fue conservado con ácido metafosfórico con una relación de 8:2, y almacenados en frascos de plástico esteril, identificados con el número de animal y tratamiento y congeladas a -20 ° C para los análisis posteriores.

La cuantificación del nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) expresados en mg dl<sup>-1</sup>, se realizó mediante espectrofotometría de luz ultravioleta midiendo la absorbancia a 630 nm, con la técnica de McCullough (1967), de igual manera el contenido de lactato

fue determinado por espectrofotómetro a una absorbancia de 570 nm, siguiendo la técnica de Madrid *et al.* (1999), empleando parafenil fenol y lactato de litio, los resultados fueron expresados en mg/ml.

Posteriormente se determinó la concentración de ácidos grasos volátiles a través de cromatografía de gases (Erwin *et al.*, 1961) con el instrumento Clarus 580 (Perkin Elmer), provisto con detector de ionización de flama (FID), una columna capilar de 30 m x 0.25 mm x 0.25  $\mu$ m (Agilent Technologies), para lo cual se utilizó nitrógeno como gas portador a una presión de 80 - 90 psi, el inyector se mantuvo a 250°C, horno 140 °C y detector 240 °C, con un volumen de inyección será de 1  $\mu$ l.

#### **6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con un análisis de polinomios ortogonales para obtener los efectos lineales y cuadráticos por medio del JMP del SAS (Sall *et al.*, 2012), con un nivel de significancia de 0.05 (Steel *et al.*, 1997).

## 7. RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras esta investigación son la publicación de dos capítulos de libro y el envío de un artículo científico a una revista integrante del JCR.

### Capítulos de libro

1. **“Propionato de sodio sobre los parámetros productivos y variables ruminales de ovinos en finalización”** publicados en el libro Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Editores José Herrera Camacho *et al.* - Primera edición. – Morelia, Michoacán, México 2018, con registro ISBN: 978-607-542-022-6.
2. **“Efecto del propionato de calcio sobre la calidad y perfil de ácidos grasos de la carne de conejos”**, publicados en el libro Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Editores José Herrera Camacho *et al.* - Primera edición. – Morelia, Michoacán, México 2018, con registro ISBN: 978-607-542-022-6.

### Artículo científico

Envío de un artículo científico a la Revista MVZ Cordoba, titulado **“Addition of calcium propionate on the productive response and rabbit meat quality”**, dicha revista se encuentra dentro del Journal Citation Report (JCR).

## 7.1 Capítulo de libro propionato de sodio



# Avances de la Investigación sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México



### Editores:

José Herrera Camacho, Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo,  
Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez, Liliana Márquez Benavides, Evelia Santillán  
Ferreira, José Arce Menocal

## EDITORES Y ADSCRIPCIONES

### EDITORES

**José Herrera Camacho**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

**Alfonso Juventino Chay Canul**

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

### EDITORES ASOCIADOS

**Fernando Casanova Lugo**

Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Tecnológico Nacional de México.

**Angel Piñeiro Vázquez**

Instituto Tecnológico de Conkal, Tecnológico Nacional de México.

### UMSNH CA-273 CAMBIO CLIMATICO, PRODUCCION Y SUSTENTABILIDAD

**Liliana Márquez Benavides**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

**Evelia Santillán Ferreyra**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

**José Arce Menocal**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



"Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México"/ Editores José Herrera Camacho *et al.* -- Primera edición. – Morelia, Michoacán, México 2018

1327 páginas en las que se incluye cuadros, figuras, ilustraciones y referencias bibliográficas en cada uno de los temas contenidos en la obra

ISBN: 978-607-542-022-6

1. Agricultura – Investigación - México. \ 2. Ganadería – Investigación – México. \ 3. Seguridad Alimentaria – Biotecnología – Investigación México.

---

**Primera edición, 2018**

D. R. © Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Francisco J Múgica, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México. [www.umich.mx](http://www.umich.mx)

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Editores, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la editores los apruebe o recomienden de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas. **Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación.**

ISBN: 978-607-542-022-6

Coordinadores de la edición: José Herrera Camacho y Alfonso Juventino Chay Canul

Responsable de la edición: Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Diseño de portada: Fernando Casanova Lugo, Alfonso Juventino Chay Canul, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Asistentes editoriales: Jessica Herrera Ojeda y Alejandra Sosa Solá

Impreso y hecho en Morelia, Michoacán, México.

## CONTENIDO

PRUEBA DE COMPORTAMIENTO EN GANADO ANGUS.....	795
Musa-Valladares M. A., Rivera-Sandoval J. P., Gutiérrez-Michel J. F., Martínez-González J. C., Castillo-Rodríguez S. P.	
COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN UN HATO HOLSTEIN DE LOS ALTOS DE JALISCO.....	801
Estrella Quintero H., Mariscal Aguayo V., Salas Barboza J. E., Martínez Cuevas A.	
EFFECTO DE SELENIO Y CROMO ORGÁNICO EN LA PRODUCTIVIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN CORDEROS.....	807
Lee-Rangel H. A., Zumaran-García A., Vázquez-Valladolid A., Roque-Jiménez J. A., Cifuentes- López R. O., Cayetano-De Jesús J. A., Oviedo-Ojeda M. F., Herrera-Corredor C. A.	
EFFECTO DE LA FUENTE DE ZINC SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS EN ENGORDA CON ALIMENTACION INTENSIVA.....	813
Rodríguez-Maya M.A., Domínguez-Vara I.A., Bórquez-Gastelum J.L., Sánchez-Torres J.E., Trujillo- Gutiérrez D.	
PRODUCTIVIDAD AL DESTETE DE OVEJAS PELIBUEY TROPICAL: EFECTO DEL TIPO Y NÚMERO DE PARTOS .....	821
García-Chavéz C. A., Luna-Palomera C.	
VALOR NUTRICIONAL DE LA CÁSCARA DE SEMILLA DE CALABAZA EN OVINOS DE PELO EN CRECIMIENTO .....	827
Dzul L. F., Solís D.P., Aguilar C.F., Ayala A.J.	
EVALUACIÓN DE UN MANANO-OLIGOSACARIDO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CABRITOS EN PRE-DESTETE .....	833
González-García A.O., Pérez-Álvarez J.G., Carlos-Valdez L.	
CONSUMO VOLUNTARIO Y DIGESTIBILIDAD APARENTE EN OVINOS ALIMENTADOS CON <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Manihot esculenta</i> .....	839
Sánchez-Ramos A., Moo-Blanco O., Díaz-Echeverría V.F., Casanova-Lugo L., Oros-Ortega I., Chavarría-Díaz A.C., Chay-Canul A.J.	
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN CORDEROS DE PELO ENGORDADOS CON DIFERENTES FUENTES DE PROTEÍNA .....	845
González-García A.O., Domínguez-Viveros J., Rodríguez-Almeida F. A., Carlos-Valdez L.	
PROPIONATO DE SODIO SOBRE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS Y VARIABLES RUMINALES DE OVINOS EN FINALIZACIÓN.....	851
Acho Martínez Y. C., Hernández García P. A., Espinosa Ayala E., Mendoza Martínez G. D., Bautista Gómez L.G.	

CALIDAD DE LA CARNE Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS FINALIZADOS EN SISTEMAS SILVOPASTORIL Y ALIMENTACIÓN INTENSIVA .....	857
Colín-Navarro V., Avilés-Nova F., Domínguez-Vara I.A., Olivares-Pérez J., Trujillo-Gutiérrez D., Morales-Almaráz E.	
EFFECTO DEL PROPÓLEO EN VARIABLES PRODUCTIVAS, CÉLULAS BLANCAS, COMPONENTES QUÍMICOS DE LA SANGRE Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LA PECHUGA DE POLLO .....	863
Gómez Soto C. E., Gutiérrez Arenas D.A., Angel Sahagún C.A., José Antonio Marín Hernández J.A., Avila Ramos F.	
EFFECTO DEL ACCESO AL EXTERIOR SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DEL POLLO DE ENGORDA EN EL TRÓPICO .....	869
Arrieta-García L.M., González-Espinoza A., Sarmiento-Franco L., Sánchez-Casanova R.E.	
FUNCIONES NO LINEALES PARA DESCRIBIR LA CURVA DE LACTANCIA DE VACAS HOLSTEIN- CEBÚ EN PASTOREO EN EL TRÓPICO MEXICANO ....	875
Castillo G.E.	
RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO A LA INCLUSIÓN DE ENSILADO DE TRITICALE EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA .....	881
González-Alcántara F. J., Arriaga-Jordán C. M., López-Gonzalez F., Mórals-Almaraz E., Estrada- Flores J. G.	
ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOMO DE CERDO MARINADO CON ULTRASONIDO .....	87
Contreras-López G., Carrillo-López L.M., Carnero-Hernández A., Huerta-Jiménez M., Alarcón-Rojo A.D.	
EFFECTO DEL PROPIONATO DE CALCIO SOBRE LA CALIDAD Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CONEJOS .....	893
Acho Martínez Y. C., Hernández García P.A., Espinosa Ayala E., Mendoza Martínez G.D., Lee Rangel H.A.	
EFFECTO DEL USO DE CASTAÑA ( <i>Artocarpus camansi</i> ) COMO SUPLEMENTO	

PREINICIADOR EN LECHONES

..... 8  
99

Gómez Solís M.I., Cruz-Bacab L.E., Hernández Hernández

## PROPIONATO DE SODIO SOBRE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS Y VARIABLES RUMINALES DE OVINOS EN FINALIZACIÓN

Acho Martínez Y. C.<sup>1</sup>, Hernández García P. A.<sup>1\*</sup>, Espinosa Ayala E.<sup>1</sup>, Mendoza Martínez G. D.<sup>2</sup>, Bautista Gómez L.G.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca, Estado de México, 56900.

<sup>2</sup>Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Ciudad de México, 04960.

\*Autor de correspondencia: pedro\_abel@yahoo.com

---

		Resumen
<b>Palabras clave:</b> gluconeogénico, sustitución de granos, digestibilidad, respuesta productiva		El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la inclusión de 1.0, 2.0 y 3.0 % de propionato de sodio con la intención de sustituir la inclusión de granos sobre las variables productivas y ruminales en ovinos en finalización. Se emplearon 28 ovinos criollos machos, con un peso vivo de $25 \pm 1.5$ kg, el periodo experimental fue de 58 días, las dietas contenían una relación forraje: concentrado (30:70). Se evaluó el peso final, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, digestibilidad <i>in vivo</i> , además de variables ruminales (pH, lactato y nitrógeno amoniacal). Los datos se analizaron con un diseño completamente al azar, con polinomios ortogonales para efectos lineales y cuadráticos. Los resultados muestran que no existieron efectos en las variables productivas ( $p > 0.05$ ) con la inclusión de propionato de sodio, sin embargo, se obtuvo un efecto lineal en la digestibilidad total de la materia seca ( $p = 0.01$ ). El pH ruminal y nitrógeno amoniacal no mostraron cambios ( $p > 0.05$ ), mientras que el contenido de lactato tuvo un efecto cuadrático ( $p = 0.03$ ), lo cual es benéfico ya que eficientiza el metabolismo de los carbohidratos (piruvato a ácido propiónico). Se puede concluir que el uso de propionato de sodio al sustituir granos mantiene las variables productivas, así como el pH y nitrógeno ruminal, mejorando la digestibilidad y disminuye el contenido de lactato ruminal.
		<hr/> <b>SODIUM PROPIONATE ON PRODUCTIVE PARAMETERS AND RUMINAL VARIABLES OF FINISHING LAMBS</b> <hr/>
<b>Keywords:</b> gluconeogenic, replacing the inclusion of grains, digestibility, performance		<b>Summary</b> The objective of this investigation was to determine the effect of the inclusion of 1.0, 2.0 and 3.0% of sodium propionate with the intention of replacing the inclusion of grains on the productive and ruminal variables in lambs in finalization. Twenty eight male lambs were used, with a live weight of $25 \pm 1.5$ kg, the experimental period was 58 days, the diets contained a forage: concentrated ratio (30:70). The final weight, dry matter consumption, daily weight gain and feed conversion, <i>in vivo</i> digestibility, as ruminal variables (pH, lactate and ammoniacal nitrogen) were evaluated. The data were analyzed with a completely random design, with orthogonal polynomials for linear and quadratic effects. The results show that there were no effects on the performance ( $p > 0.05$ ) with the inclusion of sodium propionate, however, a linear effect was obtained in the total digestibility of the dry matter ( $p = 0.01$ ). The ruminal pH and ammonia nitrogen showed no changes ( $p > 0.05$ ), while the lactate content had a

---

---

quadratic effect ( $p = 0.03$ ), which is beneficial since it makes the metabolism of carbohydrates (pyruvate to propionic acid) more efficient. We can concluded that the use of sodium propionate when replacing grains maintains the performance, as the ruminal pH and nitrogen, improving digestibility and decreasing ruminal lactate content.

---

## INTRODUCCIÓN

La producción animal se enfrenta con el reto de generar la cantidad necesaria de alimentos para satisfacer la creciente demanda de la población, para lo cual se busca acelerar los procesos de finalización mediante una alimentación que cubra los requerimientos nutricionales de los rumiantes (Sorensen *et al.*, 2006), por tal motivo se emplean dietas ricas en granos que aportan energía (almidón), los cuales en el rumen son metabolizados a ácidos grasos volátiles por las bacteria amilolíticas, destinando principalmente a la liberación de ácido propiónico (Liu *et al.*, 2009).

Debido a las variaciones en los costos de los granos, se ha buscado alternativas, las cuales ofrezcan una disminución en la inclusión de estos en las raciones, para tal efecto se ha empleado aditivos gluconeogénicos, como glicerol, propilen glicol y propionatos (Ferraro *et al.*, 2009; Mendoza-Martínez *et al.*, 2015), los cuales son transformados en ácido propiónico e incorporados en la sangre a través de la pared ruminal, transportado al hígado donde se convierte en glucosa, la cual proporciona hasta el 70% de energía para el metabolismo celular (Mach *et al.*, 2009). El empleo de propionato de sodio puede sustituir la cantidad de grano en la dieta, además de mantener el consumo voluntario sin mostrar cambios en el rendimiento productivo (Majdoub *et al.*, 2003), tal como lo muestra la investigación realizada por Berthelot *et al.* (2001) quienes al adicionar 5.65% de propionato de sodio en corderos, no reportaron cambios en el peso final, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. De igual manera Velázquez-Cruz *et al.* (2016) al sustituir 10.0%

de grano con la adición de 1.0 % de propionato de sodio en corderos en finalización, no obtuvieron cambios en el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y peso final de los animales. Por tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 % de propionato de sodio con la intención de sustituir la inclusión de granos en las variables productivas, digestibilidad *in vivo* y variables ruminales de ovinos en etapa de finalización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Posta Zootécnica del Centro Universitario UAEM Amecameca, así como en el Laboratorio de Investigación del Centro Universitario UAEM Amecameca, de la Universidad Autónoma del Estado de México, bajo los lineamientos establecidos por el Comité Académico y de Ética del Departamento de Ciencia Animal.

Se emplearon 28 ovinos criollos machos con un peso vivo de  $25 \pm 1.5$  kg y cuatro meses de edad, fueron alojados individualmente en corraletas con piso de concreto, provistas con comedero y bebedero. El periodo experimental consistió de 58 días con un periodo de adaptación de 15 días. Las dietas fueron formuladas siguiendo las recomendaciones del NRC (2007) para ovinos con una relación forraje: concentrado (30:70), utilizando como insumos maíz en grano, melaza, urea, pasta de soya, sales minerales, buffer, rastrojo de maíz y heno de avena, más la inclusión de propionato de sodio en 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 %, por la sustitución de 5.0, 8.7 y 14.0 % de grano, las dietas fueron ofrecidos dos veces al día (10:00 y 17:00 h) así como agua *ad libitum*.

Se analizó la composición química de las dietas, materia seca (MS; 930.15), cenizas (942.05) y proteína cruda (N; 954.01) siguiendo las técnicas de AOAC (2005) y por la técnica de Van Soest *et al.* (1991) la cuantificación de fibra detergente neutra y ácida. En los animales se registró el peso al inicio, cada 14 días y al final del periodo experimental, para determinar la ganancia diaria de peso y peso al sacrificio. Así mismo por la diferencia del alimento ofrecido y rechazado se calculó el consumo de materia seca (kg d<sup>-1</sup>), además del cociente de consumo voluntario y ganancia de peso, se obtuvo la conversión alimenticia.

La digestibilidad *in vivo* de la materia seca fue determinada mediante marcadores internos empleado la técnica de ceniza ácido insoluble (Van Keulen y Young, 1977), para lo cual se tomaron muestras de heces de cada animal a mitad del experimento durante tres días consecutivos esto se realizó mediante colecta directa. En la última semana de experimentación se colectaron 10 ml de líquido ruminal de cada animal por sonda esofágica de forma preprandial y se midió el pH con un potenciómetro digital, posteriormente este fluido fue depositado en frascos de plástico estéril conservándolos con ácido metafosfórico con una relación de 8:2 y congelados a -20 °C, para determinar el contenido de nitrógeno amoniacal, así como de lactato. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el JMP del SAS (Sall *et al.*, 2012) mediante un diseño completamente al azar, con un análisis de polinomios ortogonales para obtener los efectos lineales y cuadráticos, con un nivel de significancia de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La adición de niveles de propionato de sodio, muestran que el peso final, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia no presentaron efectos significativos ( $p > 0.05$ ), similar a lo reportado por Mendoza-Martínez *et al.* (2015) quienes adicionaron 1.0 y

2.0 % de propionato de calcio en la ración de ovinos no obtuvieron efectos sobre estas variables productivas, lo cual lo atribuyen a que la energía contenida en las dietas fue similar, siendo así insuficiente para modificar las características productivas, en el mismo sentido, Berthelot *et al.* (2001), al incluir 5.6 % de propionato de sodio en la dieta de corderos, no reportaron cambios en el peso final, ganancia diaria de peso, consumo voluntario y conversión alimenticia por lo que reportan que no se produjo ningún aumento en la cantidad de energía metabolizable y propionato absorbido. Por su parte, Bradford y Allen (2007) reportan que el uso de propionato de sodio genera un efecto hipofágico en vacas lecheras, debido a que se incrementa la energía disponible generando saciedad, en este estudio no se observó una disminución en el consumo de materia seca. En cuanto a la digestibilidad total de la materia seca, se obtuvo un efecto lineal por el incremento de la inclusión de propionato de sodio, aumentando un 2.0 % la digestibilidad en las dietas con 1.0 y 2.0 %, mientras que el 3.0 % de propionato de sodio incrementó la digestibilidad en 2.7 % con respecto al testigo. Lo cual no difiere con Velázquez-Cruz *et al.* (2016) quienes al adicionar 1 % de propionato de sodio no reportaron diferencias sobre la digestibilidad de la materia seca. El incremento en la digestibilidad puede obedecer a que el propionato de sodio favorece el desarrollo microbiano ruminal (Matras *et al.*, 2012), mejorando los parámetros productivos ya que estos autores evaluaron la inclusión de propionato de calcio y propileno glicol (relación 1:1) en vacas productoras de leche y obtuvieron una diferencia del 3.0% en la digestibilidad de los nutrientes con respecto al testigo.

Dentro de las variables ruminales no se encontraron efectos en pH y nitrógeno amoniacal, lo cual no coincide con Liu *et al.* (2009) quienes emplearon propionato de calcio en novillos a dosis de 100, 200 y 300 g d<sup>-1</sup> animal<sup>-1</sup> y obtuvieron un efecto lineal y cuadrático en el pH ruminal, disminuyendo

conforme se aumentó la inclusión de propionato de 6.7 a 6.5, mientras que en nitrógeno amoniacal no reportaron efecto alguno. En otro estudio realizado por Lee *et al.* (2012) utilizaron 1.0 % de propionato de calcio en dietas de corderos no reportan cambios significativos en el pH, lo que atribuyen a la dosis baja del aditivo, por lo que podría ser necesario más del 3% de propionato en la dieta para observar una caída en el pH. El lactato reflejó un efecto

cuadrático ( $p = 0.03$ ) donde el menor contenido fue en la dieta de 3.0 % de propionato de sodio ( $0.07 \text{ mg mL}^{-1}$ ), como resultado de una menor disponibilidad y transferencia de hidrógeno entre las bacterias productoras de lactato mejorando su utilización y evitando el catabolismo del piruvato a lactato, produciéndose más ácido propiónico por la ruta de piruvato (Sosa *et al.*, 2007).

**Cuadro 1.** Respuesta productiva de borregos en finalización con adición de propionato de sodio

	Propionato de sodio (%)				EEM	P	
	0.0	1.0	2.0	3.0		Lin	Cua
Peso Inicial, kg	25.97	25.55	25.74	25.61	1.94	0.91	0.94
Peso final, kg	37.54	36.08	36.57	37.88	2.74	0.90	0.61
Consumo de materia seca, g	1225.05	1247.75	1265.83	1308.18	86.04	0.49	0.91
Ganancia diaria de peso, g	269.10	244.85	251.83	285.38	26.33	0.63	0.28
Conversión alimenticia	4.73	5.13	5.14	4.76	0.31	0.93	0.22
Digestibilidad <i>in vivo</i> , %	83.05	85.02	85.29	85.77	0.74	0.01	0.32

EEM: error estándar de la media; Lin: efecto lineal; Cua: efecto cuadrático; ( $p < 0.05$ )

**Cuadro 2.** Variables ruminales en corderos alimentados con propionato de sodio

	Propionato de Calcio (%)				EEM	P	
	0.0	1.0	2.0	3.0		Lin	Cua
pH ruminal	7.17	7.01	7.06	7.06	0.10	0.56	0.44
Lactato ( $\text{mg mL}^{-1}$ )	0.10	0.10	0.19	0.07	0.02	0.92	0.03
N-NH <sub>3</sub> ( $\text{mg dL}^{-1}$ )	9.52	6.81	8.73	6.13	0.84	0.06	0.51

N-NH<sub>3</sub>: Nitrógeno amoniacal; Lin: efecto lineal; Cua: efecto cuadrático; ( $p < 0.05$ )

## CONCLUSIÓN

La inclusión de propionato de sodio sustituyendo el grano en dietas para ovinos en finalización mantuvo los parámetros productivos, además aumentó la digestibilidad hasta un 2.7 % con la inclusión del 3% del aditivo, disminuyó el lactato ruminal, por lo que se sugiere continuar con investigaciones de este gluconeogénico en la alimentación de pequeños rumiantes.

## BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Ed. Horwitz, W.; Latimer, W., J. 18th edition U.S.A.
- Berthelot, V., Bas, P., Schmidely, P., & Duvaux-Ponter, C. 2001. Effect of dietary propionate on intake patterns and fatty acid composition of adipose tissues in lambs. *Small Ruminant Research*. 40(1), 29-39.
- Bradford, B. J., y Allen, M. S. (2007). Phlorizin administration does not attenuate hypophagia induced by intraruminal propionate infusion in lactating dairy



- cattle. *The Journal of nutrition*. 137(2), 326-330.
- Ferraro, S. M., Mendoza, G. D., Miranda, L. A., & Gutiérrez, C. G. (2009). 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., & González, S. S. (2012). Effect of calcium propionate and sorghum level on lamb performance. *Animal feed science and technology*. 177(3), 237-241.
- Liu, Q., Wang, C., Guo, G., Yang, W. Z., Dong, K. H., Huang, Y. X., y He, D. C. 2009. Effects of calcium propionate on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *The Journal of Agricultural Science*. 147(2), 201-209.
- Mach, N., Bach, A., & Devant, M. 2009. Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*. 87(2), 632-638.
- Majdoub, L., Vermorel M, Ortigues-Marty I. 2003. Intraruminal propionate supplementation modifies hindlimb energy metabolism without changing the splanchnic release of glucose in growing lambs. *British Journal of Nutrition*. 89, 39-50.
- Mendoza-Martínez, G. D., Pinos-Rodríguez, J. M., Lee-Rangel, H. A., Hernández-García, P. A., Rojo-Rubio, R., & Relling, A. 2016. Effects of dietary calcium propionate on growth performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Animal Production Science*. 56(7), 1194-1198.
- NRC (2007) Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC: National Academy Press.
- Sall, J., Lehman, A., Stephens, M. L., & Creighton, L. 2012. *JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP*. SAS Institute.
- Sorensen, J. T., Edwards, S., Noordhuizen, J., & Gunnarsson, S. 2006. Animal production systems in the industrialised world. *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties*. 25(2), 493-503.
- Sosa, A., Galindo, J., & Bocourt, R. 2007. Metanogénesis ruminal: aspectos generales y manipulación para su control. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 41(2):105-114.
- Van Keulen, J.V., Young, B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal Dairy Science*. 44: 282-287.
- Van Soest, P.; Robertson, J.; Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74: 3583-3597.
- Velázquez-Cruz, L. A., Espinosa, P. A. H. G. E., & Ayala, G. D. 2016. Efecto en la adición de propionato de calcio y de sodio por la sustitución de grano en el comportamiento productivo de ovinos en finalización. En: *Perspectivas y Avances de la Producción Animal en México*. San Luis Potosí, México. pp. 94-99.

## 7.2 Capítulo de libro propionato de calcio



# Avances de la Investigación sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México



### Editores:

José Herrera Camacho, Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo,  
Ángel Trinidad Piñero Vázquez, Liliana Márquez Benavides, Evelia Santillán  
Ferreyra, José Arce Menocal

## EDITORES Y ADSCRIPCIONES

### EDITORES

**José Herrera Camacho**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

**Alfonso Juventino Chay Canul**

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

### EDITORES ASOCIADOS

**Fernando Casanova Lugo**

Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Tecnológico Nacional de México.

**Angel Piñeiro Vázquez**

Instituto Tecnológico de Conkal, Tecnológico Nacional de México.

### UMSNH CA-273 CAMBIO CLIMATICO, PRODUCCION Y SUSTENTABILIDAD

**Liliana Márquez Benavides**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

**Evelia Santillán Ferreyra**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

**José Arce Menocal**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

"Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México"/ Editores José Herrera Camacho *et al.* -- Primera edición. – Morelia, Michoacán, México 2018

1327 páginas en las que se incluye cuadros, figuras, ilustraciones y referencias bibliográficas en cada uno de los temas contenidos en la obra

ISBN: 978-607-542-022-6

2. Agricultura – Investigación - México. \ 2. Ganadería – Investigación – México. \ 3. Seguridad Alimentaria – Biotecnología – Investigación México.

---

**Primera edición, 2018**

D. R. © Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Francisco J Múgica, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México. [www.umich.mx](http://www.umich.mx)

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Editores, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la editores los apruebe o recomienden de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas. **Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación.**

ISBN: 978-607-542-022-6

Coordinadores de la edición: José Herrera Camacho y Alfonso Juventino Chay Canul

Responsable de la edición: Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Diseño de portada: Fernando Casanova Lugo, Alfonso Juventino Chay Canul, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Asistentes editoriales: Jessica Herrera Ojeda y Alejandra Sosa Solá

Impreso y hecho en Morelia, Michoacán, México.

## CONTENIDO

PRUEBA DE COMPORTAMIENTO EN GANADO ANGUS.....	795
Musa-Valladares M. A., Rivera-Sandoval J. P., Gutiérrez-Michel J. F., Martínez-González J. C., Castillo-Rodríguez S. P.	
COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN UN HATO HOLSTEIN DE LOS ALTOS DE JALISCO.....	801
Estrella Quintero H., Mariscal Aguayo V., Salas Barboza J. E., Martínez Cuevas A.	
EFFECTO DE SELENIO Y CROMO ORGÁNICO EN LA PRODUCTIVIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN CORDEROS.....	807
Lee-Rangel H. A., Zumaran-García A., Vázquez-Valladolid A., Roque-Jiménez J. A., Cifuentes- López R. O., Cayetano-De Jesús J. A., Oviedo-Ojeda M. F., Herrera-Corredor C. A.	
EFFECTO DE LA FUENTE DE ZINC SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS EN ENGORDA CON ALIMENTACION INTENSIVA.....	813
Rodríguez-Maya M.A., Domínguez-Vara I.A., Bórquez-Gastelum J.L., Sánchez-Torres J.E., Trujillo- Gutiérrez D.	
PRODUCTIVIDAD AL DESTETE DE OVEJAS PELIBUEY TROPICAL: EFECTO DEL TIPO Y NÚMERO DE PARTOS .....	821
García-Chavéz C. A., Luna-Palomera C.	
VALOR NUTRICIONAL DE LA CÁSCARA DE SEMILLA DE CALABAZA EN OVINOS DE PELO EN CRECIMIENTO .....	827
Dzul L. F., Solís D.P., Aguilar C.F., Ayala A.J.	
EVALUACIÓN DE UN MANANO-OLIGOSACARIDO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CABRITOS EN PRE-DESTETE .....	833
González-García A.O., Pérez-Álvarez J.G., Carlos-Valdez L.	
CONSUMO VOLUNTARIO Y DIGESTIBILIDAD APARENTE EN OVINOS ALIMENTADOS CON <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Manihot esculenta</i> .....	839
Sánchez-Ramos A., Moo-Blanco O., Díaz-Echeverría V.F., Casanova-Lugo L., Oros-Ortega I., Chavarría-Díaz A.C., Chay-Canul A.J.	
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN CORDEROS DE PELO ENGORDADOS CON DIFERENTES FUENTES DE PROTEÍNA .....	845
González-García A.O., Domínguez-Viveros J., Rodríguez-Almeida F. A., Carlos-Valdez L.	
PROPIONATO DE SODIO SOBRE LOS PARAMETROS PRODUCTIVOS Y VARIABLES RUMINALES DE OVINOS EN FINALIZACIÓN.....	851
Acho Martínez Y. C., Hernández García P. A., Espinosa Ayala E., Mendoza Martínez G. D., Bautista Gómez L.G.	

CALIDAD DE LA CARNE Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS FINALIZADOS EN SISTEMAS SILVOPASTORIL Y ALIMENTACIÓN INTENSIVA .....	857
Colín-Navarro V., Avilés-Nova F., Domínguez-Vara I.A., Olivares-Pérez J., Trujillo-Gutiérrez D., Morales-Almaráz E.	
EFFECTO DEL PROPÓLEO EN VARIABLES PRODUCTIVAS, CÉLULAS BLANCAS, COMPONENTES QUÍMICOS DE LA SANGRE Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LA PECHUGA DE POLLO .....	863
Gómez Soto C. E., Gutiérrez Arenas D.A., Angel Sahagún C.A., José Antonio Marín Hernández J.A., Avila Ramos F.	
EFFECTO DEL ACCESO AL EXTERIOR SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DEL POLLO DE ENGORDA EN EL TRÓPICO .....	869
Arrieta-García L.M., González-Espinoza A., Sarmiento-Franco L., Sánchez-Casanova R.E.	
FUNCIONES NO LINEALES PARA DESCRIBIR LA CURVA DE LACTANCIA DE VACAS HOLSTEIN- CEBÚ EN PASTOREO EN EL TRÓPICO MEXICANO ....	875
Castillo G.E.	
RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO A LA INCLUSIÓN DE ENSILADO DE TRITICALE EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA .....	881
González-Alcántara F. J., Arriaga-Jordán C. M., López-Gonzalez F., Mór ales-Almaraz E., Estrada- Flores J. G.	
ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOMO DE CERDO MARINADO CON ULTRASONIDO .....	87
Contreras-López G., Carrillo-López L.M., Carnero-Hernández A., Huerta-Jiménez M., Alarcón-Rojo A.D.	
EFFECTO DEL PROPIONATO DE CALCIO SOBRE LA CALIDAD Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CONEJOS .....	893
Acho Martínez Y. C., Hernández García P.A., Espinosa Ayala E., Mendoza Martínez G.D., Lee Rangel H.A.	
EFFECTO DEL USO DE CASTAÑA ( <i>Artocarpus camansi</i> ) COMO SUPLEMENTO PREINICIADOR EN LECHONES .....	899.

# EFFECTO DEL PROPIONATO DE CALCIO SOBRE LA CALIDAD Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CONEJOS

Acho Martínez Y. C.<sup>1</sup>, Hernández García P.A.<sup>1\*</sup>, Espinosa Ayala E.<sup>1</sup>, Mendoza Martínez G.D.<sup>2</sup>, Lee Rangel H.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca, Estado de México, 56900.

<sup>2</sup>Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Ciudad de México, 04960. <sup>3</sup>Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

\*Autor de correspondencia: pedro\_abel@yahoo.com

---

<b>Palabras clave:</b>		<b>Resumen</b>
Acidificante	alimentos, carne de conejos y calidad de carne	El objetivo fue determinar el efecto de la inclusión alimentaria de cuatro niveles de propionato de calcio 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5%, sobre la calidad y perfil de ácidos grasos de la carne conejos, para lo cual se alimentaron a 36 conejos Nueva Zelanda × California por un periodo de 35 días (finalización), los animales se sacrificaron al término de la engorda y se obtuvieron las canales y los fragmentos de músculo <i>Longissimus dorsi</i> , para determinar la pérdida de agua por cocción y presión, pH, color y perfil de ácidos grasos; los datos se analizaron mediante un diseño completamente al azar, además de obtener los efectos lineales y cuadráticos mediante polinomios ortogonales. No se observaron cambios significativos en las características de la canal; pH, colorimetría (L*, a*, b*, Hue y Cromo) y pérdida de agua por cocción, únicamente en la pérdida de agua por presión, presentado un efecto lineal (P = 0.003). El perfil de ácidos grasos no presentó cambios por efecto de la inclusión de propionato de calcio. Por lo cual se concluye que el uso alimenticio de propionato de calcio en conejos no modificó las características y perfil de ácidos grasos, aunque mejoró la jugosidad de la carne al aumentar la capacidad de retención de agua.

---

<b>Palabras clave:</b>		<b>Summary</b>
Food acidifier	meat rabbit and meat quality	The objective was to determine the effect of dietary inclusion of four levels of calcium propionate 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5% on the quality and fatty acid profile of rabbit meats, for which 36 New Zealand X California rabbits were fed for a period of 35 days (finishing period), the carcasses and fragments of Longissimus dorsi muscle were obtained when they were sacrificed, to determine the loss of water by cooking and pressure techniques, pH, color characteristics and fatty acid profile; the data were analyzed by a completely random design, in addition to obtaining the linear and quadratic effects by orthogonal polynomials. There were no significant changes in the characteristics of the carcasses; pH, colorimetry (L*, a*, b*, Hue and Chroma) and loss of water by cooking, only in the loss of water by pressure, presented a linear effect (P = 0.003). The fatty acid profile did not present changes due to the inclusion of calcium propionate. Therefore, it was concluded that the nutritional use of calcium propionate in rabbits did not modify the characteristics and fatty acid profile, although it

---

---

improved the juiciness of the meat by increasing the water retention capacity.

---

## INTRODUCCIÓN

La tendencia actual de los consumidores es buscar alimentos con bajos contenidos de grasas saturadas, lo cual sitúa a la carne de conejo dentro de los productos de origen animal de importancia para la nutrición y la salud humana, ya que su grasa contiene 60% de ácidos grasos insaturados, además de bajos niveles de sodio y colesterol (Simonová *et al.*, 2010), a pesar de las ventajas naturales que ofrece esta carne, es posible modificar la calidad y valor nutricional mediante el manejo alimenticio con el uso de aditivos (Hernández *et al.*, 2000), que no solo mejoran las características de la carne, sino que previenen enfermedades, mejoran la eficiencia mediante la disminución de la mortalidad y estimulan el aumento de peso (Castillo-López *et al.*, 2017), un ejemplo de estos aditivos son los promotores de crecimiento (antibióticos), los cuales han sido prohibidos en países europeos y Estados Unidos de América (Falcão *et al.*, 2007), por lo cual se han buscado alternativas efectivas que ofrezcan los beneficios de esas sustancias sin alterar las características de calidad de la carne, por lo que se han utilizado probióticos, prebióticos, enzimas y ácidos orgánicos (Upadhyay y Vishwa, 2014). Dentro de los ácidos orgánicos se ha dirigido un creciente interés en el uso de sales acidificantes como son formatos, diformatos y propionatos, debido a que su forma sólida presenta ventajas ya que son inodoras, fáciles de manejar, menos volátiles y menos corrosivas en comparación con su forma de ácidos libres (Kim *et al.*, 2005), su mecanismo de acción es el favorecer el ecosistema microbiano cecal optimizando la digestión, absorción intestinal de proteínas y minerales, ayudando a convertir los nutrientes no absorbidos en intestino delgado en ácidos grasos volátiles y con esto mejorar el

rendimiento productivo y calidad de la carne (Zentek *et al.*, 2013), tal es el caso del propionato de calcio. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5% de propionato de calcio sobre las características y perfil de ácidos grasos de la carne de conejos en finalización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Posta Zootécnica y en el Laboratorio Multidisciplinario del Centro Universitario UAEM Amecameca de la Universidad Autónoma del Estado de México, siguiendo los lineamientos de Ley de Protección Animal. Se utilizaron 36 conejos Nueva Zelanda X California con un peso de  $1.4 \pm 0.070$  kg, los cuales se les proporcionó durante 32 días de experimentación un alimento comercial con 16% de proteína cruda y la inclusión de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5% de propionato de calcio, cada tratamiento contó con ocho conejos como repeticiones, los cuales se consideraron unidades experimentales, para la obtención de la carne, los conejos fueron sacrificados siguiendo lo establecido por la NOM 033-SAG-ZOO-2014. A la carne obtenida del *Longissimus dorsi* se les determinó la pérdida de agua por presión y por cocción por medio de la técnica de Cañeque y Sañudo (2005), el pH fue medido a las 24 h post sacrificio por medio de un potenciómetro de penetración (Meineri *et al.*, 2010) y el color de la carne en el músculo *Biceps femoris* empleando un colorímetro tricromático a las 24 h postmortem (Wang *et al.*, 2016), registrando los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de CIE (Commission l'Éclairage), además se calcularon los valores de Hue y Cromo, y finalmente con una muestra de *Longissimus dorsi* se realizó una trans-esterificación directa siguiendo la técnica propuesta por Cert *et al.* (2000), para



determinar el perfil de ácidos grasos mediante cromatografía de gases con el instrumento Clarus 580, a través de una columna capilar de 100 m x 0.25 mm x 0.2  $\mu$ m (Supelco<sup>TM</sup>-2560), utilizando nitrógeno como gas de arrastre y el estándar de ésteres metílicos (Supelco<sup>TM</sup> 37 component FAME MIX). Los datos obtenidos fueron analizados mediante el JMP del SAS (Sall *et al.*, 2012), siguiendo un diseño completamente al azar, obteniendo los efectos lineales y cuadráticos mediante polinomios ortogonales con un nivel de significancia de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la pérdida de agua por cocción (Cuadro 1) no sufrió cambios ( $P > 0.05$ ) y se mantuvo entre 28 y 29%, dichos valores son semejantes a lo reportado por Celia *et al.* (2016) al utilizar un producto poli herbal en el periodo post destete hasta las 12 semanas de edad, reportando que no obtuvieron diferencias en la prueba de pérdida de agua por cocción siendo el valor para el tratamiento control 28.9 % y para el tratamiento poli herbal de 28.7%, en contraste, Hernández *et al.* (2006) al realizar la comparación de las características de la canal de tres líneas de conejos dentro de las cuales se encontraban Nueva Zelanda X California, alimentados con una dieta comercial con 16% de proteína cruda, establecen que no encontraron modificaciones en la pérdida de agua por presión entre las líneas teniendo una media de 30.7 % de pérdida, dato que es igual a lo obtenido en esta investigación para el tratamiento control, pero en los tratamientos con propionato de calcio el porcentaje de pérdida fue disminuyendo, lo cual indica una mejor capacidad de retención del agua presente dentro de las miofibrillas con lo que se obtiene como resultado una mayor jugosidad y ternura de la carne (Offer y Trinick, 1983).

Por otra parte el pH de la carne a las 24 h no mostró cambios entre tratamientos ( $P > 0.05$ ), manteniéndose entre 5.7 y 5.8, valores

similares a lo establecido por Hulot y Ouhayoun (2010) quienes indican que el pH de la carne de conejos híbridos de 77 días de edad baja de 6.4 a 5.8 a las 24 h post mortem, además en un estudio realizado por Simonová *et al.* (2010) donde emplearon extracto de orégano y salvia, productos con efectos antioxidantes y antimicrobianos, obtuvieron un pH a las 48 h de 5.6 y 5.7 respectivamente; en otra investigación realizado por Pascual *et al.* (2014) proporcionaron tres dietas adicionales con promotores de crecimiento (bacitracina de zinc) y coccidiostatos en conejos y al final de los 63 días de experimentación los sacrificaron sin encontrar en el pH de la carne a las 24 h post sacrificio, ya que se mantuvo en 5.6 en todos los tratamientos. Cabe destacar que el pH es un aspecto base para el mantenimiento de la calidad de la carne durante el almacenamiento ya que puede alterar la estructura de las proteínas afectando el color y la capacidad de retención de agua (Hulot y Ouhayoun, 2010).

Con respecto a los parámetros de color del músculo *Biceps femoris* (Cuadro 1) en sus valores  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue y croma no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ), resultados que concuerdan con lo realizado por Kone *et al.* (2016) donde al enriquecer la dieta para conejos con extractos ricos en polifenoles (cebolla, arandano, fresa y aceites esenciales) no encontraron diferencias entre tratamientos en los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  al ser medidos en *Longissimus dorsi*, pero indican un cambio en el color rojo al ser medido en el *Biceps femoris* en el tratamiento con arandano ( $a^* = 3.23$ ) en comparación con el control ( $a^* = 2.11$ ), y carne con menos luminosidad en el tratamiento con fresa ( $L^* = 50.6$ ) que en el control ( $L^* = 53.6$ ). El color de la carne se ve influenciado por el contenido de mioglobina y luminosidad aumentó con la acidificación del músculo y la desnaturalización de la miosina (Hulot y Ouhayoun; 2010).

Finalmente en el perfil de ácidos grasos de la carne (Cuadro 2) se encontraron los ácidos

grasos saturados caproico, mirístico, palmítico y esteárico, los insaturados palmitoleico y eicosanoico, así como los insaturados con isómeros tras eláidico y linoleadico (Cuadro 2), dichos ácidos grasos no presentaron cambios significativos entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ), los porcentajes obtenidos concuerdan con los datos recopilados por Dalle Zotte

(2002) para perfil de ácidos grasos en carne de conejo, quien indica que el contenido de ácido palmítico es de 27.3 %, esteárico de 7.9 %, 6.6% palmitoleico, linoleico 20.7%, 25.4% de oleico y linolenico 3.14% aún que estos últimos ácidos insaturados no fueron encontrados por la metodología realizada.

**Cuadro 1.** Pérdida de agua, pH y colorimetría de la carne de conejos adicionados con propionato de calcio

	Propionato de Calcio (%)				EEM	P	
	0.0	0.5	1.0	1.5		Lin	Cua
PA por cocción (%)	28.08	29.02	28.86	28.36	0.70	0.83	0.32
PA presión (%)	30.77	29.16	27.62	24.11	1.40	0.003	0.53
pH	5.83	5.76	5.81	5.81	0.03	0.90	0.34
L*	48.71	47.43	46.09	47.15	0.72	0.07	0.11
a*	12.70	13.98	15.07	14.64	0.85	0.07	0.32
b*	6.33	6.17	6.97	6.86	0.42	0.21	0.95
Croma	14.21	15.29	16.22	16.62	0.90	0.07	0.42
Hue	26.60	23.65	24.91	25.50	1.20	0.70	0.15

PA: pérdida de agua; Lin: efecto lineal; Cua: efecto cuadrático; ( $P < 0.05$ )

**Cuadro 2.** Perfil de ácidos grasos de carne de conejos adicionados con propionato de calcio

	Propionato de Calcio (%)				EEM	P	
	0.0	0.5	1.0	1.5		Lin	Cua
Caproico (C6:0)	7.69	3.80	2.24	5.95	1.72	0.56	0.16
Mirístico (C14:0)	2.39	2.73	2.52	2.30	0.29	0.72	0.38
Palmítico (C16:0)	25.57	28.97	26.64	26.86	0.58	0.85	0.37
Palmitoléico (C16:1)	5.84	5.62	6.08	5.93	0.46	0.78	0.95
Esteárico (C18:0)	5.36	5.91	5.58	6.50	2.25	0.16	0.70
Eláidico (C18:1 N9t)	29.16	32.19	29.61	29.09	2.36	0.78	0.44
Linoleadico (c18:2n6t)	22.43	23.38	24.01	21.58	0.89	0.85	0.48
Eicosanoico C20:1 (cis-11)	2.57	2.91	2.77	3.12	0.54	0.60	0.99

Lin: efecto lineal; Cua: efecto cuadrático; ( $P < 0.05$ )

## CONCLUSIÓN

El uso alimenticio de propionato de calcio en conejos en etapa de finalización presenta un comportamiento similar al testigo en cuanto a las características de calidad y perfil de ácidos de la carne, pero cabe destacar que se mostró un incremento en la capacidad de retención de agua, con lo cual se mejora la jugosidad de la carne. Por lo anterior se sugiere continuar con investigaciones sobre el efecto del propionato

de calcio en las características de la carne de conejo.

## BIBLIOGRAFÍA

Cañeque, V., Sañudo, C. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasas) en los rumiantes. (Instituto Nacional de Investigación y

- Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA: Madrid).
- Castillo-López, R. I., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Leyva-López, N., López-Martínez, L. X., Heredia, J. B. 2017. Natural alternatives to growth-promoting antibiotics (GPA) in animal production. *Journal of Animal & Plant Sciences*. 27(2).
- Celia, C., Cullere, M., Gerencsér, Z., Matics, Z., Tasoniero, G., Dal Bosco, A., Dalle Zotte, A. 2016. Effect of pre-and post-weaning dietary supplementation with Digestarom® herbal formulation on rabbit carcass traits and meat quality. *Meat Science*. 118: 89-95.
- Cert, A., Moreda, W., Pérez-Camino, M. 2000. Methods of preparation of fatty acid methyl esters (FAME). Statistical assessment of the precision characteristics from a collaborative trial. *Grasas y Aceites*. 51: 447-456.
- Dalle Zotte, A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*. 75: 11-32.
- Falcão-e-Cunha, L., Castro-Solla, L., Maertens, L., Marounek, M., Pinheiro, V., Freire, J. 2007. Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: a review. *World Rabbit Science*. 15: 127-140.
- Hernández, P., Pla, M., Oliver, M. A., Blasco, A. 2000. Relationships between meat quality measurements in rabbits fed with three diets of different fat type and content. *Meat Science*. 55: 379-384.
- Hernández, P., Ariño, B., Grimal, A., Blasco, A. 2006. Comparison of carcass and meat characteristics of three rabbit lines selected for litter size or growth rate. *Meat Science*. 73: 645-650.
- Hulot, F., Ouhayoun, J. 2010. Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Science*. 7(1), 15-36.
- Kim, Y. Y., Kil, D. Y., Oh, H. K., Han, I. K. 2005. Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feed. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 18: 1048.
- Kone, A. P., Cinq-Mars, D., Desjardins, Y., Guay, F., Gosselin, A., Saucier, L. 2016. Effects of plant extracts and essential oils as feed supplements on quality and microbial traits of rabbit meat. *World Rabbit Science*. 24: 107-119.
- Meineri, G., Cornale, P., Tassone, S., Peiretti, P. G. 2010. Effects of Chia (*Salvia hispanica* L.) seed supplementation on rabbit meat quality, oxidative stability and sensory traits. *Italian Journal of Animal Science*. 9: 44-49.
- Offer, G., Trinick, J. 1983. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Science*. 8: 245-281.
- Pascual, M., Soler, M. D., Cervera, C., Pla, M., Pascual, J. J., Blas, E. 2014. Feeding programmes based on highly-digestible fibre weaning diets: Effects on health, growth performance and carcass and meat quality in rabbits. *Livestock Science*, 169: 88-95.
- Sall, J., Lehman, A., Stephens, M. L., Creighton, L. 2012. *JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP*. SAS Institute.
- Simonová, M. P., Chrástínová, L., MoJto, J., Laukova, A., Szabóová, R., Rafay, J. 2010. Quality of rabbit meat and phyto-additives. *Czech Journal of Food Sciences*. 28: 161-167.
- Upadhayay, U. P. P. D. D., Vishwa, P. C. V. 2014. Growth Promoters and Novel Feed Additives Improving Poultry Production and Health, Bioactive Principles and Beneficial Applications: The Trends and Advances—A Review. *International Journal of Pharmacology*. 10: 129-159.
- Wang, J., Su, Y., Elzo, M. A., Jia, X., Chen, S., Lai, S. 2016. Comparison of Carcass and Meat Quality Traits among Three Rabbit Breeds. *Korean Journal for Food*

Science of Animal Resources. 36: 84-89.

Zentek, J., Ferrara, F., Pieper, R., Tedin, L., Meyer, W., Vahjen, W. 2013. Effects of dietary combinations of organic acids and medium chain fatty acids on the gastrointestinal microbial ecology and bacterial metabolites in the digestive tract of weaning piglets. Journal of Animal Science. 91: 3200-3210.

## 7.3 Artículo científico

• Fw: [RevMVZ] Acuse de recibo de su manuscrito para sometimiento: Addition of calcium propionate on the productive response and rabbit meat quality" ⓘ

Yahoo/Enviados ↕



Editor Revista MVZ Córdoba <editormvzcordoba@correo.unicordoba.edu.co>

Para: PEDRO A. HERNÁNDEZ

CC: LUIS 1aCARLOS\_ASISTENTE\_EDITOR\_MVZ, Revista MVZ Contacto Institucional, CINDY aCORREA\_ASISTENTE\_REV\_MVZ\_CORDOBA



7 abr. a las 9:38 a. m. ↕

Dr.

**PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA**

Cordial saludo:

Acuso recibo de su artículo "**Addition of calcium propionate on the productive response and rabbit meat quality**", el cual será sometido a verificación de cumplimiento de normas, estructura, plagio, pertinencia, referencias, figuras, tablas, fotos y demás requisitos.

Le agradecemos su interés por publicar en nuestra revista.

Cordialmente,

**MARCO GONZALEZ TOUS, MVZ, M.Sc.**

Editor en Jefe Rev.MVZ Córdoba ISSN 0122-0268

<http://www.unicordoba.edu.co/revistas/revistamvz/index.htm>

## **Addition of calcium propionate on the productive response and rabbit meat quality**

Yanitl C. Acho M. M.Sc. <sup>1</sup>, Pedro A. Hernández G Ph.D. <sup>1\*</sup>, Enrique Espinosa A. Ph.D. <sup>1</sup>, Germán D. Mendoza M. Ph.D. <sup>2</sup>, Amada I. Osorio T. Ph.D. <sup>1</sup>, Juan J. Ojeda C.3 Ph.D. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Amecameca, Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. 56900, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Departamento de Producción Agrícola y Animal. 04960, Ciudad de México, México.

\*pedro\_abel@yahoo.com Tel: 52555544495224

### **ABSTRACT**

**Objective.** This research was conducted to evaluate the effect of calcium propionate on the productive response and quality of rabbit meat.

**Materials and methods.** Thirty six rabbits were randomly assigned to four treatments which consisted in the inclusion of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5% of calcium propionate in the basal diet. The productive parameters, *in vivo* digestibility, carcass characteristics, fatty acid profile in meat and caecal fermentation parameters were recorded and data were tested for linear and quadratic effects of calcium propionate level by orthogonal polynomials.

**Results.** The productive variables did not present significant changes ( $p > 0.05$ ), while *in vivo* digestibility was improved (linear  $p = 0.01$ ; quadratic  $p = 0.012$ ) by calcium propionate addition in the diets. Regarding to carcass and meat fatty acid profile, there were no treatment effects ( $p > 0.05$ ). Caecal fermentation volatile fatty acids and caecal pH were not affected in ( $p > 0.05$ ), but lactate was reduced linearly ( $p = 0.04$ ) and ammonia N showed a quadratic response ( $p = 0.009$ ). **Conclusion.** The inclusion of calcium propionate in the diet of rabbits does not affect the productive response, meat quality, or volatile fatty acids, although an increase in

digestibility was observed in vivo, as well as a decrease in ammoniacal nitrogen and lactate at the cecal level.

**Key words:** Additives, Meat, Digestibility, Fatty acids

## **INTRODUCTION**

For decades the antibiotics used as growth promoters have been used in animal production, being prohibited in 2006 in the European Union and in the United States of America (1), for this reason the interest in finding effective alternatives has increased, safe for replacement, among which are the use of organic acids, probiotics, prebiotics, plants, enzymes and essential oils (2, 3); in the case of organic acids and their salts have been used as feed preservatives (4), highlighting propionic acid and its salts such as calcium, sodium or ammonium propionate, these products have bactericidal, fungicidal and insecticidal action, whose efficacy is given by the conformation of a non-dissociated acid that penetrates the cell membrane of microorganisms and inhibits the intracellular enzymes that are essential for the metabolism of carbohydrates (5).

On the other hand, there is evidence that by using organic acids such as formic, fumaric, citric, butyric, acetic, lactic, and salts such as sodium butyrate, in rabbit feeding they increase the productive yield and maintain the state of health (6, 7), since bacterial populations decrease in the digestive tract by reducing the cytoplasmic pH of bacteria (8), mainly pathogenic ones such as *Escherichia coli*, *Clostridium* spp. and *Salmonella* spp. (9), in addition the addition of organic acids in rabbits favour the caecal microbial ecosystem (10) and optimize digestion due to a greater activation of pepsin, intestinal absorption of proteins and minerals, by the release of hormones such as gastrin and cholecystokinin, which regulate digestion (11, 12), which improves the productive performance as the weight gain and yield of the carcass (13), there is no evidence of the use of propionic salts, which may have an effect equivalent to the addition of organic acids.

Considering the above, the objective of this investigation was to evaluate the effect of the addition of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5% of calcium propionate on the productive behaviour, caecal variables and meat characteristics in rabbits in finalization.

## **MATERIALS AND METHODS**

**Ethical aspects.** The Academic and Ethics Committee of the Department of Animal Science, in accordance with the regulations established by the Animal Protection Law of the State of Mexico, Mexico, approved the present study.

**Study site.** The experiment was carried out in the Zootechnical Post of the UAEM Amecameca University Campus of the Autonomous University of the State of Mexico.

**Test of productive response.** The experiment lasted 32 days, for which 36 New Zealand X California 45 day old male rabbits with an initial weight of 1.4 kg  $\pm$  0.22 g were used, which were housed in individual cages equipped with feeders and drinking with water and feed ad libitum. Rabbits were randomly assigned to four treatments with eight repetitions; the treatments consisted of the inclusion of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5% of calcium propionate in the basal diet that consisted of a balanced feed with 16% crude protein, 3.0% fat, ash 9.0%, 12% crude fiber and 44% nitrogen-free extract. To prepare the experimental diets the additive was added to the milled feed and then was pelleted. Experimental diets were analyzed for crude protein content (N; 954.01), ash (942.05) and dry matter (MS; 930.15) (14), as well as neutral and acid detergent fiber by (15) using a fiber determinant. TE-149 (Table 1).

For the productive test, rabbits were weighed at the beginning, every week and at the end of the experiment to determine the daily weight gain (ADG), the dry matter intake (DMI) was obtained with the difference of the offered



and rejected feed ( $\text{kg d}^{-1}$ ), the feed conversion by the quotient between weight gain and voluntary intake. In addition, the total dry matter digestibility was estimated with insoluble acid ash as internal marker (16) collecting faecal grab samples on day 20 of the experiment.

**Carcass quality.** On day 33 rabbits were slaughtered in accordance with official regulations (NOM-033-SAG-ZOO-2014). The characteristics of the carcass were determined, evaluating the weight of the hot and cold carcass, carcass yield, scapular, perirenal and inguinal fat, as well as the disassemblable one (17). At 24 h post slaughter the water loss was determined by pressure and by cooking (18), and the pH of the meat in the *Longissimus dorsi* muscle (19) using a portable potentiometer with a penetration blade and the color in the *Biceps femoris* muscle (20) by means of a tricomatic colorimeter recording the values  $L^*$  (luminosity),  $a^*$  (redness) and  $b^*$  (yellowness) in an orthogonal axis system,  $H^*$  (Hue) and  $C^*$  (Chroma) through the CIELAB system.

Using *Longissimus dorsi* samples a direct trans-esterification was carried out following the technique proposed by (21), to determine fatty acids by gas chromatography, using a capillary column of  $100 \text{ m} \times 0.25 \text{ mm} \times 0.2 \mu\text{m}$  (Supelco<sup>TM</sup>-2560), using nitrogen as the carrier gas and the standard methyl esters the injection port was maintained at a temperature of  $240^\circ \text{C}$  and the flame ionization detector (FID) was set at  $250^\circ \text{C}$ .

**Caecal variables.** Ten ml of the caecal content of each experimental unit were collected at the time of slaughter to determine the pH with a digital table potentiometer, this content was deposited in sterile plastic tubes preserving them with metaphosphoric acid with a ratio of 8:2 and frozen to  $-20^\circ \text{C}$ , to later determine volatile fatty acids by gas chromatography (22) with the Clarus 580 instrument equipped with a flame ionization detector (FID) and a capillary column of  $30 \text{ m} \times 0.25 \text{ mm} \times 0.25 \mu\text{m}$ , using nitrogen

as carrier gas , with the detector at 240° C, the oven at 140° C and the injector at 250° C. Finally, ammonia nitrogen (N-NH<sub>3</sub>) and lactate concentration.

**Statistical analysis.** The data obtained were analyzed by the JMP of the software (23) as a completely randomized design testing the linear and quadratic effects by orthogonal polynomials with a level of significance of  $p < 0.05$ .

## **RESULTS**

Weight gain, feed conversion, feed intake and final weight (Table 2) showed no effects by inclusion of the additive ( $p > 0.05$ ), but with respect to the dry matter digestibility was improved and a linear effect was observed ( $p = 0.01$ ), highlighting that the treatment with 1.0% of calcium propionate increased the digestibility by 7% with respect to the control (Table 2). Regarding the characteristics of the carcass, there were no modifications ( $p > 0.05$ ) in the weight of the hot carcass, cold carcass, carcass yield, water loss by cooking, as well as scapular, peri-renal, and inguinal fat. However, the loss of water by pressure showed a linear effect ( $p = 0.003$ ), being the treatment with 1.5% the one that presented the least reduction, since it increased the water retention capacity by 22% with respect to the control (Table 2). In the same way the pH of the meat and the color parameters of the meat were not modified ( $p > 0.05$ , Table 3).

Quantification of fatty acids in meat, showed no change ( $p > 0.05$ ) and saturated caproic, myristic, palmitic and stearic acid were, unsaturated palmitoleic and eicosanoic and unsaturated isomers after eladic and linoleadic (Table 3).

The caecal parameters did not differ according to the level of the additive in the content of volatile fatty acids and caecal pH ( $P > 0.05$ ), but the lactate showed a linear effect ( $p = 0.04$ ) and the content of ammoniacal nitrogen

a quadratic effect ( $p = 0.009$ ) by the addition of calcium propionate (Table 4).

The cercal pH values obtained were 6.6 in all the treatments except the 0.5% of calcium propionate that had 6.7, on the other hand the volatile fatty acids content of the caecal content was not modified, but the lactate decreased when using 1.0% of calcium propionate (0.67 mg / mL) with respect to the control diet (0.73 mg / mL) as well as the ammoniacal nitrogen (N-NH<sub>3</sub>) that reflected a decrease being the lowest when adding 0.5% of calcium propionate with 9.94 mg / dL.

## **DISCUSSION**

The productive parameters did not show effects when using the additive, a situation that contrasts with that reported by Romero et al. (24) who added citric acid (0.4%) and formic acid (0.2%) in rabbits, observed a significant effect by increasing the daily gain of 8.6%, which can be attributed to the fact that these weak acids optimize the use of the protein by the activation of proteolytic enzymes, and in this way a lower flow of nitrogen to the caecum is generated, in addition to decreasing the growth of pathogenic bacteria, improving with this the productive performance (25, 26) situation that was not reflected in this experiment.

On the other hand, Abecia et al. (10) when adding to the diet of rabbits, fumaric acid in 0.5 and 1.0% did not find changes in the digestibility with respect to the control. Results that differ from what was obtained in this research because the use of this additive improves the absorption of minerals and proteins, through the stimulation of pepsin (13), besides the organic acids modify the structure of the fiber allowing enzymatic digestion and facilitate the use of nutrients (7).

Meat characteristics pH and water retention are closely linked since, the closer to the isoelectric point of the proteins, the myofibrillar contraction decreases due to the binding of bivalent ions such as calcium in the negative

charges of the proteins, lower retention of cellular water (27), so that maintaining the pH of the meat is in 5.3 to 6.0 will favour the water retention capacity.

Within the color parameters of the meat, the results are similar to that reported by Lazzaroni et al. (28), in rabbits fed a commercial diet (20.9% crude protein) with a value of 47.3 in luminosity (L \*), 11.4 redness (a \*) and 5.5 yellowness (b \*), in the Biceps femoris muscle. These results are possibly due to the relationship with pH, since it alters the texture of the muscle and the oxidation of the pigments (29). With regard to the fatty acids of meat in a study conducted by Dalle Zotte (30) establishes that rabbit meat contains 3.14% of myristic acid, while in the present study the values found were 2.30 to 2.73%, likewise establishes that the amount of palmitic acid is 27.3% similar to that found in this study, which was 27%, on the other hand Ramírez et al. (31) using rabbits fed commercial pellets with 16% crude protein and 3.4% fat, they report a myristic acid content of 2.48% in the meat, being 2.73, 2.52 and 2.30 in the treatments with calcium propionate the obtained in this research, while for palmitic acid they report a value of 26.5%, being similar to that found in the Longissimus dorsi muscle when using 1.0 and 1.5% of calcium propionate (26.64 and 26.84), finally in stearic acid I present a value of 6.91 and in this experiment the values are below that value 5.91, 5.58 and 6.50% (Table 3).

In addition, rabbits obtain up to 30% of their maintenance energy from the volatile fatty acids that are produced in caecal fermentation (32), in this study it is shown that adding calcium propionate to the diet did not alter the production of these compounds to maintain the concentrations between the established ranges from 60 to 80% in acetic acid, 8 to 20% butyric and 3 to 10% propionic (6).

In the results obtained by Romero et al. (24) when analyzing the concentration of volatile fatty acids using citric acid (0.4%) and formic (0.2%) found 79.2% acetic acid, 7.8% propionic and 8.7% butyric, which

are values that differ from those found when using calcium propionate since values higher than 80% were found for acetic acid, and more than 8.0% for propionic acid, while for butyric acid were lower with 4.0 and 5.0%, although this value increased to 8.6% with the addition 1.5% calcium propionate.

At the same time in the caecal pH values obtained there were no differences, so it can be inferred that the calcium propionate did not generate a decrease in the pH of the caecal content, giving an optimal status to maintain the balance of the caecal bacterial population and the fermentation (26), in the test conducted by Uddin et al., (7) where they used citric acid in 0, 0.5, 1.0 and 1.5% found that caecal pH remained stable in 5.7 in all treatments, which was lower to the results derived from this investigation, in the same way in an investigation carried out by Carraro et al. (6) adding sodium butyrate did not report an effect on the caecal pH of the animals when kept in 6.2 and 6.1 in the highest doses of the additive. The lactate content was lower with the use of calcium propionate because the bacteria produced lower amounts of lactate from the carbohydrates in the diet, mainly in the cecotrophy stage, and was absorbed more efficiently in the blood (32), while the ammoniacal nitrogen (N-NH<sub>3</sub>) showed a decrease due to the fact that there was a better protein metabolism different from that found by Carraro et al. (6) who reported not finding changes in the content of N-NH<sub>3</sub> when using sodium butyrate (0.05, 0.1 and 0.2 %) since in the control treatment they had a value of 14.36 mg/dL and 11.61, 14.67, 13.91 mg/dL in the experimental diets, the tendency to decrease the concentrations of N-NH<sub>3</sub> is attributable to a greater use of ammonia by the cecal microorganisms for the synthesis of protein (33).

It can be concluded that the use of calcium propionate showed a positive tendency in the final weight, daily weight gain and digestibility of the dry matter which was related to the decrease in the content of N-NH<sub>3</sub> and lacto, in addition there was no Changes in the characteristics of the carcass,

decreased the loss of water by pressure which helps a lower loss of juiciness and the profile of fatty acids showed no difference keeping the quality of the meat within the standards for this type of meat, and Finally, the fermentative pattern was maintained at the cecal level, which is why this additive can be used in finishing diets for rabbits.

#### LITERATURE CITED

1. Falcão-e-Cunha, L., Castro-Solla, L., Maertens, L., Marounek, M., Pinheiro, V., & Freire, J. Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: a review. *World Rabbit Sci* 2007; 15(3): 127-140.
2. Debi, M. R., Islam, K. M. S., Akbar, M. A., Ullha, B., & Das, S. K. Response of growing rabbits to different levels of dietary citric acid. *BJAS* 2010; 39(1-2): 125-133.
3. Dalle Zotte, A., & Szendrő, Z. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Sci* 2011; 88(3): 319-331.
4. Huang, Y., Wilson, M., Chapman, B., & Hocking, A. D. Evaluation of the efficacy of four weak acids as antifungal preservatives in low-acid intermediate moisture model food systems. *Food microbiol* 2010; 27(1): 33-36.
5. Rusul, G., & Marth, E. H. Food additives and plant components control growth and aflatoxin production by toxigenic aspergilli: a review. *Mycopathologia* 1988; 101(1): 13-23.
6. Carraro, L., Xiccato, G., Trocino, A., & Radaelli, G. Dietary supplementation of butyrate in growing rabbits. *Ital J Anim Sci* 2005; 4(2): 538-540.
7. Uddin, M. J., Islam, K. M. S., Reza, A., & Chowdhury, R. Citric acid as feed additive in diet of rabbit-effect on growth performance. *JBAU* 2014; 12(1): 87-90.

8. Costa, L. B., Luciano, F. B., Miyada, V. S., & Gois, F. D. Herbal extracts and organic acids as natural feed additives in pig diets. *S Afr J Anim Sci* 2013; 43(2): 181-193.
9. Sánchez-Silva, M., Carcelén, F., Ara, M., Gonzáles, R., Quevedo, W., & Jiménez, R. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). *RIVEP* 2014; 25(3): 381-389.
10. Abecia, L., Fondevila, M., Balcells, J., & Belenguer, A. Effect of fumaric acid on diet digestibility and the caecal environment of growing rabbits. *Animal Research* 2005; 54(6): 493-498.
11. Maertens, L. L. C. Strategies to reduce antibiotic use in rabbit production. *J Agric Sci Technol* 2011; 1:783-792.
12. Zentek, J., Ferrara, F., Pieper, R., Tedin, L., Meyer, W., & Vahjen, W. Effects of dietary combinations of organic acids and medium chain fatty acids on the gastrointestinal microbial ecology and bacterial metabolites in the digestive tract of weaning piglets. *J Anim Sci* 2013; 91(7): 3200-3210.
13. Papatsiros, V. G., Christodoulopoulos, G., & Filippopoulos, L. C. The use of organic acids in monogastric animals (swine and rabbits). *J Cell Anim Biol* 2012; 6: 154-159.
14. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Ed. Horwitz, W.; Latimer, W., J. 2005. 18th edition U.S.A.
15. Van Soest, P.; Robertson, J.; Lewis, B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991; 74: 3583-3597.
16. Van Keulen, J.V., Young, B.A. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J Dairy Sci* 1977; 44: 282-287.
17. Liu, H. W., Gai, F., Gasco, L., Brugiapaglia, A., Lussiana, C., Guo, K. J., & Zoccarato, I. (2009). Effects of chestnut tannins on carcass

- characteristics, meat quality, lipid oxidation and fatty acid composition of rabbits. *Meat Sci*, 2009; 83(4): 678-683.
18. Cañeque, V., & Sañudo, C. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasas) en los rumiantes. 2005. (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA: Madrid).
  19. Meineri, G., Cornale, P., Tassone, S., & Peiretti, P. G. Effects of Chia (*Salvia hispanica* L.) seed supplementation on rabbit meat quality, oxidative stability and sensory traits. *Italian J. Anim Sci* 2010; 9(10): 44-49
  20. Wang, J., Su, Y., Elzo, M. A., Jia, X., Chen, S., & Lai, S. Comparison of Carcass and Meat Quality Traits among Three Rabbit Breeds. *Korean J Food Sci An* 2016; 36(1): 84-89.
  21. Cert, A., Moreda, W., & Pérez-Camino, M. Methods of preparation of fatty acid methyl esters (FAME). 2000. Statistical assessment of the precision.
  22. Erwin, E. S., Marco, G. J., & Emery, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J Dairy Sci* 1961; 44(9): 1768-1771.
  23. Sall, J., Lehman, A., Stephens, M. L., & Creighton, L. *JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP*. 2012. SAS Institute.
  24. Romero, C., Rebollar, P. G., Dal Bosco, A., Castellini, C., & Cardinali, R. Dietary effect of short-chain organic acids on growth performance, mortality and development of intestinal lymphoid tissues in young non-medicated rabbits. *World Rabbit Sci* 2011; 19(3): 133-142.
  25. Partanen, K. H., & Mroz, Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutr Res Rev* 1999; 12(1): 117.
  26. Trocino, A., Fragkiadakis, M., Radaelli, G., & Xiccato, G. Effect of dietary soluble fiber level and protein source on growth, digestion,



- caecal activity and health of fattening rabbits. *World Rabbit Sci* 2010; 18(4): 199-210.
27. Hulot, F., & Ouhayoun, J. Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Sci* 2010; 7(1): 15-36.
28. Lazzaroni, C., Biagini, D., & Lussiana, C. Different rearing systems for fattening rabbits: Performance and carcass characteristics. *Meat Sci* 2009; 82(2): 200-204.
29. Simonová, M. P., Chrastinová, L., Mojto, J., Laukova, A., Szabóová, R., & Rafay, J. Quality of rabbit meat and phyto-additives. *Czech J Food Sci* 2010; 28(3): 161-167.
30. Dalle Zotte, A. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest Prod Sci* 2002; 75(1): 11-32.
31. Ramírez, J. A., Díaz, I., Pla, M., Gil, M., Blasco, A., & Oliver, M. À. Fatty acid composition of leg meat and perirenal fat of rabbits selected by growth rate. *Food Chem* 2005; 90(1): 251-256
32. Vernay, M. Origin and utilization of volatile fatty acids and lactate in the rabbit: influence of the faecal excretion pattern. *Br J Nutr* 1987; 57(03): 371-381.
33. Saleh, S. Y., Amal, A. Z., & Safaa, S. A. E. H. Growth performance, cecal fermentation and blood biochemistry of rabbits fed diet supplemented with urea-bentonite combination. *J Agric Sci* 2011; 3(1): 14-21.

**Table 1.** Chemical composition of experimental diets

	Calcium propionate (%)			
	0.0	0.5	1.0	1.5
Dry matter	89.93	88.05	89.19	88.37
Organic matter	80.25	78.00	78.84	77.57
Ashes	9.68	10.05	10.35	10.80
Neutral detergent fiber	30.60	27.96	27.75	28.33
Acid detergent fiber	17.70	16.43	16.71	16.64

Table 2. Productive variables and characteristics of the carcass in rabbit at the end with the addition of calcium propionate

	Calcium propionate (%)				SEM	p-value	
	0.0	0.5	1.0	1.5		L	Q
Initial Weight (kg)	1.42	1.36	1.50	1.44	0.07	0.60	0.99
Final weight (kg)	2.26	2.10	2.34	2.25	0.09	0.63	0.74
Dry matter intake (kg)	143.48	138.46	146.38	158.87	9.52	0.21	0.36
Daily weight gain (g)	33.72	32.18	34.90	34.05	2.65	0.75	0.89
Feed conversion	4.40	5.21	4.31	4.67	0.59	0.97	0.70
Digestibility <i>in vivo</i> (%)	65.60	70.98	72.58	70.67	1.37	0.01	0.01
Hot carcass (kg)	1.35	1.30	1.42	1.37	57.82	0.50	0.94
Cold carcass (kg)	1.32	1.28	1.40	1.34	57.25	0.49	0.93
Carcass performance (%)	58.88	61.25	60.10	59.99	1.52	0.77	0.40
Water Loss cooking (%)	28.08	29.02	28.86	28.36	0.70	0.83	0.32
Water Loss pressure (%)	30.77	29.16	27.62	24.11	1.40	0.003	0.53

Scapular fat (g)	10.33	8.88	11.88	9.55	1.29	0.90	0.73
Peri renal fat (g)	39.77	34.22	42.55	39.11	5.77	0.80	0.85
Inguinal fat (g)	3.36	3.31	3.83	3.55	0.61	0.69	0.85
Removable fa (g)	53.47	46.42	58.27	52.22	7.11	0.80	0.94

---

L: linear effect; Q: quadratic effect.

**Table 3.** Color and fatty acid profile of rabbit meat with calcium propionate

	Calcium propionate (%)				SEM	p-value	
	0.0	0.5	1.0	1.5		L	Q
pH	5.83	5.76	5.81	5.81	0.03	0.90	0.34
L*	48.71	47.43	46.09	47.15	0.72	0.07	0.11
a*	12.70	13.98	15.07	14.64	0.85	0.07	0.32
b*	6.33	6.17	6.97	6.86	0.42	0.21	0.94
Croma	14.21	15.29	16.22	16.62	0.90	0.07	0.42
Hue	26.60	23.65	24.91	25.50	1.20	0.70	0.15
Caproic (C6: 0)	7.69	3.80	2.24	5.95	1.722	0.56	0.16
Miristico (C14: 0)	2.39	2.73	2.52	2.30	0.291	0.72	0.38
Palmythic (C16: 0)	25.57	28.97	26.64	26.86	0.584	0.85	0.37
Palmitoleic (C16: 1)	5.84	5.62	6.08	5.93	0.464	0.78	0.95
Stearic (C18: 0)	5.36	5.91	5.58	6.50	2.252	0.16	0.70
Elaidic (C18: 1 n9t)	29.16	32.19	29.61	29.09	2.365	0.78	0.44
Linolelaidic (c18: 2n6t)	22.43	23.38	24.01	21.58	0.894	0.85	0.48
Eicosanoic C20: 1 (cis-11)	2.57	2.91	2.77	3.12	0.541	0.60	0.99

Fatty acid profiles as percentage of the total fatty acid. L: linear effect; Q: quadratic effect.

**Table 4.** Cecal parameters in finishing rabbits added with calcium propionate

	Calcium propionate (%)				SEM	p-value	
	0.0	0.5	1.0	1.5		L	Q
Acetic, %	85.0	83.0	87.5	81.7	0.15	0.22	0.32
Propionic, %	9.62	11.8	8.33	9.61	0.02	0.16	0.41
Butyric, %	5.1	4.9	4.1	8.6	0.03	0.79	0.22
Acetic: Propionic	8.57	8.40	10.57	9.22	1.34	0.50	0.66
Caecal pH	6.60	6.70	6.62	6.61	0.06	0.83	0.41
Lactate (mg/mL)	0.73	0.94	0.67	1.52	0.22	0.04	0.16
N-NH <sub>3</sub> (mg/dL)	13.60	9.94	12.87	13.26	0.708	0.54	0.009

N-NH<sub>3</sub>: ammonia nitrogen; L: linear effect; Q: quadratic effect.

## **8. CONCLUSIONES GENERALES**

El uso alimenticio de sales propiónicas como el propionato de calcio en la finalización de conejos mostró una tendencia positiva en el peso final, ganancia diaria de peso y digestibilidad de la materia seca lo cual se estuvo relacionado con la disminución en el contenido de N-NH<sub>3</sub> y lacto, además no hubo cambios en las características de la canal, disminuyó la pérdida de agua por presión lo que ayuda a una mejor jugosidad y el perfil de ácidos grasos no mostró diferencia, manteniendo la calidad de la carne dentro de los estándares para esta especie, y finalmente se mantuvo el patrón fermentativo a nivel cecal por lo cual este aditivo se puede utilizar en las dietas de finalización para conejos.

Por otra parte, la inclusión de propionato de sodio sustituyendo 5.0, 8.7 y 14.0 % de grano en dietas para ovinos en finalización mantuvo los parámetros productivos, además aumentó la digestibilidad un 2.7 % con la inclusión del 3% del aditivo, disminuyó el lactato ruminal, por lo que se sugiere continuar con investigaciones de este gluconeogénico en la alimentación de pequeños rumiantes.

Por lo anterior se sugiere continuar con investigaciones sobre el efecto del propionato de calcio en las características de la carne de conejo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Abecia, L., Fondevila, M., Balcells, J., & Belenguer, A. (2005). Effect of fumaric acid on diet digestibility and the caecal environment of growing rabbits. *Animal Research*, 54(6), 493-498.
- Agarwal, N., Kamra, D. N., & Chaudhary, L. C. (2015). Rumen Microbial Ecosystem of Domesticated Ruminants. In *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution* (pp. 17-30). Springer India.
- Aguerre, M., Carriquiry, M., Astessiano, A. L., Cajarville, C., & Repetto, J. L. (2015). Effect of sorghum grain supplementation on glucose metabolism in cattle and sheep fed temperate pasture. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(3), 465-473.
- Aluwong, T., Kobo, P. I., & Abdullahi, A. (2013). Volatile fatty acids production in ruminants and the role of monocarboxylate transporters: A review. *African Journal of Biotechnology*, 9(38), 6229-6232.
- Anaya-Lira, M., Gutiérrez-Olvera, C., Ducoing-Watty, A. M., & Jiménez-Gómez, F. (2016). Descripción de una técnica quirúrgica de canulación en conejos para la obtención de contenido cecal. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 48(1), 133-137.
- Annicchiarico, G., & Taibi, L. (2004). 4 Dietary Intake of Vitamins and Minerals, and Water Requirements. *Dairy Sheep Nutrition*, 51.
- AOAC (2005). *Official Methods of Analysis*. 17th edition. Arlington, VA; Association of Official Analytical Chemists
- Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., De Lara, S. M., Bañuelos, V. R., & Meza-Herrera, C. A. (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina



- ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 1-14.
- Aschenbach, J. R., Kristensen, N. B., Donkin, S. S., Hammon, H. M., & Penner, G. B. (2010). Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough. *IUBMB life*, 62(12), 869-877.
- Avendaño-Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F. D., Molina-Ramírez, L., Rangel-Santos, R., Correa-Calderón, A., Rodríguez-García, J., & Famula, T. R. (2007). Reproduction performance of Pelibuey ewes in response to estrus synchronization and artificial insemination in Northwestern Mexico. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(6): 807-812.
- Barrientos, L. E., Noro, M., Wittwer, F. G., & Pulido, R. G. (2013). Respuesta metabólica en vacas a pastoreo en otoño alimentadas con dos ofertas de pastura y suplementadas con concentrado amiláceo o fibroso. *Revista Científica*, 23(4), 318-324.
- Blasco, A., Ouhayoun, J. 1993. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Science*, 4(2), 93–99.
- Beloshapka, A. N., Buff, P. R., Fahey, G. C., & Swanson, K. S. (2016). Compositional analysis of whole grains, processed grains, grain co-products, and other carbohydrate sources with applicability to pet animal nutrition. *Foods*, 5(2), 23.
- Beuchelt, T. D., Villa, C. T. C., Göhring, L., Rodríguez, V. M. H., Hellin, J., Sonder, K., & Erenstein, O. (2015). Social and income trade-offs of conservation agriculture practices on crop residue use in Mexico's central highlands. *Agricultural Systems*, 134, 61-75.

- Blas Beorlegui, J. C. D. (2016). Cambios de la alimentación en Cunicultura en las últimas décadas y perspectivas de futuro.
- Bradford, B. J., Oba, M., Ehrhardt, R. A., Boisclair, Y. R., & Allen, M. S. (2006). Propionate is not an important regulator of plasma leptin concentration in dairy cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, 30(2), 65-75.
- Cañeque, V., Pérez, C., Velasco, S., Diaz, M. T., Lauzurica, S., Álvarez, I., & De la Fuente, J. 2004. Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. *Meat Science*, 67(4), 595-605.
- Cañeque, V., & Sañudo, C. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasas) en los rumiantes. (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA: Madrid).
- Caro, Y., Bustamante, D., Dihigo, L. E., & Ly, J. (2018). Macroarchitecture of digestive organs in rabbits fed with varying levels of moringa (*Moringa oleifera*) forage meal. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(4).
- Carraro, L., Xiccato, G., Trocino, A., & Radaelli, G. 2005. Dietary supplementation of butyrate in growing rabbits. *Italian Journal of Animal Science*, 4(2), 538-540.
- Carrizo, J. M. (2003). Equilibrio en la flora intestinal del conejo. *Cunicultura*, 28 (165): 323-326.
- Castillo, I. O., Martínez, J. D. L., Vázquez, C. V., Sosa, E. S., & Ramírez, M. E. R. (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*, 18(34): 720-728.

- Castillo, J. G. C., Romero, A. A., & Franco, J. Q. (2014). Productive performance, composition and carcass yield of lambs treated with zeranol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(6): 310-314.
- Castillo-Rodríguez, S., Rivera-Sandoval, J., González-Reyna, A., & Martínez-González, J. (2013). Pre-weaning performance of crossbred goat kids from Guanajuato, Mexico. *Revista MVZ Córdoba*, 18, 3607-3611.
- Castrillón Quintana, O., Jiménez Pérez, R. A., & Bedoya Mejía, O. (2004). Porquinaza en la alimentación animal. *Revista LASALLISTA de investigación*, 1(1): 72-76.
- Chay-Canul, A. J., Magaña-Monforte, J. G., Chizzotti, M. L., Piñeiro-Vázquez, A. T., Canul-Solís, J. R., Ayala-Burgos, A. J., & Tedeschi, L. O. (2016). Requerimientos energéticos de ovinos de pelo en las regiones tropicales de Latinoamérica. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(1): 105-125.
- CIE, 1976: Official recommendations on uniform colour spaces, colour differences equations and metric colour terms. Supplement n.2 to CIE Publications n.15. Commission Internationale de Eclairage, Colorimetry. Paris, France.
- Cert, A., Moreda, W., & Pérez-Camino, M. (2000). Methods of preparation of fatty acid methyl esters (FAME). Statistical assessment of the precision characteristics from a collaborative trial. *Grasas y Aceites* 51(6): 447-456.
- Choudhury, P. K., Salem, A. Z. M., Jena, R., Kumar, S., Singh, R., & Puniya, A. K. (2015). Rumen Microbiology: An Overview. In *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution* (pp. 3-16).

- Clouard, C., & Val-Laillet, D. (2014). Impact of sensory feed additives on feed intake, feed preferences, and growth of female piglets during the early postweaning period. *Journal of Animal Science*, 92(5), 2133-2140.
- Cornejo-Espinoza, J. G., Rodríguez-Ortega, L. T., Pro-Martínez, A., González-Cerón, F., Conde-Martínez, V. F., Ramírez-Guzmán, M. E., & Hernández-Cázares, A. S. (2016). Efecto del ayuno ante mortem en el rendimiento de la canal y calidad de la carne de conejo. *Archivos de Zootecnia*, 65(250), 171-175.
- Costa, L. B., Luciano, F. B., Miyada, V. S., & Gois, F. D. (2013). Herbal extracts and organic acids as natural feed additives in pig diets. *South African Journal of Animal Science*, 43(2), 181-193.
- Combellas, J. D. (1980). Production and reproduction parameters of tropical sheep breeds in improved production systems. *Tropical Animal Production*, 5(3): 266-272.
- Czerkawski, J. W. (2013). *An introduction to rumen studies*. Pergamon press. ISBN: 0-08-025487-X.
- Dalle Zotte, A. (2014). Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers*, 4(4), 62-67.
- Dalle Zotte, A., & Szendrő, Z. 2011. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*, 88(3), 319-331.
- De Blas, C., García, J., & Carabaño, R. (1999). Role of fibre in rabbit diets. A review. In *Annales de Zootechnie* (Vol. 48, No. 1, pp. 3-13).
- Debi, M. R., Islam, K. M. S., Akbar, M. A., Ullha, B., & Das, S. K. 2010. Response of growing rabbits to different levels of dietary citric acid. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 39(1-2), 125-133.

- Dibner, J. J., & Buttin, P. (2002). Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of Applied Poultry Research*, 11(4), 453-463.
- Dijkstra, J., Reynolds, C. K., Kebreab, E., Bannink, A., Ellis, J. L., France, J., & Van Vuuren, A. M. (2013). Challenges in ruminant nutrition: towards minimal nitrogen losses in cattle. In *Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production* (pp. 47-58). Wageningen Academic Publishers.
- Erwin, E. S., Marco, G. J., & Emery, E. M. (1961). Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, 44(9), 1768-1771.
- Escareño, L., Salinas-Gonzalez, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., & Meza-Herrera, C. (2012). Dairy goat production systems. *Tropical Animal Health and Production*, 45(1): 17-34.
- Esquivel-Mimenza, H., Ibrahim, M., Harvey, C. A., Benjamin, T., & Sinclair, F. L. (2014). Pod availability, yield and nutritional characteristics from four fruit bearing tree species dispersed in pastures as a complementary feed for animal production in the dry tropics. *Livestock Research for Rural Development*, 26(9).
- Falcão-e-Cunha, L., Castro-Solla, L., Maertens, L., Marounek, M., Pinheiro, V., & Freire, J. 2007. Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: a review. *World Rabbit Science*, 15(3), 127-140.
- FAO; The Rabbit - Husbandry, Health and Production. 1997. Lebas F., Coudert P., de Rochambeau H., Thébault R. G. FAO Animal Production and Health Series No. 21. ISSN 1010-9021. <http://www.fao.org/docrep/t1690E/t1690E00.htm>

- Ferraro, S. M., Mendoza, G. D., Miranda, L. A., & Gutiérrez, 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.
- Flores, A. D. 2016. Análisis situacional y propuesta de estrategias para apoyar el desarrollo de la cunicultura de tipo semi-industrial en el municipio de Texcoco, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México
- Galaviz-Rodríguez, J. R., Ramírez-Bribiesca, J. E., Vargas-López, S., Zaragoza-Ramírez, J. L., Guerrero-Rodríguez, J. D., Mellado-Bosque, M., & de los Alimentos, D. D. C. (2014). Effect of three production systems of central Mexico on growth performance of five lamb genotypes. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 24, 1303-1308.
- García Hernández, Y., & García Curbelo, Y. (2015). Uso de aditivos en la alimentación animal: 50 años de experiencia en el Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2).
- García, D. E., Medina, M. G., Domínguez, C., Baldizán, A., Humbría, J., & Cova, L. (2006). Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia tropical*, 24(4), 401-415.

- Ghasemi, E., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Emami, M. R., & Karimi, K. (2013). Dry chemical processing and ensiling of rice straw to improve its quality for use as ruminant feed. *Tropical Animal Health and Production*, 45(5), 1215-1221.
- González, L. A., Manteca, X., Calsamiglia, S., Schwartzkopf-Genswein, K. S., & Ferret, A. (2012). Ruminant acidosis in feedlot cattle: Interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *Animal Feed Science and Technology*, 172(1), 66-79.
- Gruninger, R. J., Puniya, A. K., Callaghan, T. M., Edwards, J. E., Youssef, N., Dagar, S. S., & McAllister, T. (2014). Anaerobic fungi (phylum Neocallimastigomycota): advances in understanding their taxonomy, life cycle, ecology, role and biotechnological potential. *FEMS microbiology ecology*, 90(1), 1-17.
- Hellin, J., Erenstein, O., Beuchelt, T., Camacho, C., & Flores, D. (2013). Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop–livestock systems in Mexico. *Field Crops Research*, 153, 12-21.
- Hernández, P. & Dalle Zotte, A. 2010. Influence of diet on rabbit meat quality. In *The nutrition of the rabbit* (2nd ed) (ed. JC de Blas and J Wiseman), pp. 163-178. CABI Publishing CAB International, Wallingford, UK.
- Herrera-Soto, I., García-Flores, M., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., & Ayala-Martínez, M. (2018). Plantas aromáticas en la alimentación de conejos y su efecto en la carne. *Abanico Veterinario*, 8(2), 81-87.
- Hinojosa-Cuéllar, J. A. (2009). Prenatal and preweaning growth of Pelibuey, Dorper, Katahdin lambs and their cross in the south-east of Mexico. *Revista Científica*, 19(5).

- Hinton, D. G. (2007). Supplementary feeding of sheep and beef cattle. Landlinks Press. (pp: 1-4)
- Huang, Y., Wilson, M., Chapman, B., & Hocking, A. D. (2010). Evaluation of the efficacy of four weak acids as antifungal preservatives in low-acid intermediate moisture model food systems. *Food Microbiology*, 27(1), 33-36.
- Hume, I. D. Digestive strategies of mammals. *Acta Zoologica Sinica*. 48(1):1-19, 2002
- Hungate, R. E. (2013). The rumen and its microbes. Elsevier. (pp 2-8)
- Irlbeck, N. A. (2001). How to feed the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science*, 79: 343-346.
- Jaramillo Villanueva, J. L., Vargas López, S., Rodríguez, G., & de Dios, J. (2015). Preferencias de consumidores y disponibilidad a pagar por atributos de calidad en carne de conejo orgánico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(2), 221-232.
- Jami, E., & Mizrahi, I. (2012). Composition and similarity of bovine rumen microbiota across individual animals. *PloS one*, 7(3), e33306.
- Johnson-Delaney, C. A. (2006). Anatomy and physiology of the rabbit and rodent gastrointestinal system. In *Proc. Assoc. Avian Vet* (pp. 9-17).
- Kato, D., Suzuki, Y., Haga, S., So, K., Yamauchi, E., Nakano, M., & Roh, S. G. (2015). Utilization of digital differential display to identify differentially expressed genes related to rumen development. *Animal Science Journal* 87,584–590.
- Khattab, M. S. (2015). Glycerol as Feedstuff for Ruminant. *Science International*, 3(3), 90-94.



- Kim, Y. Y., Kil, D. Y., Oh, H. K., & Han, I. K. (2005). Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feed. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(7), 1048.
- Kumar, R., Kumar, A., Sharma, N. K., Kaur, N., Chunduri, V., Chawla, M., & Garg, M. (2016). Soft and Hard Textured Wheat Differ in Starch Properties as Indicated by Trimodal Distribution, Morphology, Thermal and Crystalline Properties. *PLoS one*, 11(1), e0147622.
- Lafiandra, D., Riccardi, G., & Shewry, P. R. (2014). Improving cereal grain carbohydrates for diet and health. *Journal of cereal science*, 59(3), 312-326.
- Larsen, M., & Kristensen, N. B. (2013). Precursors for liver gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *Animal*, 7(10), 1640-1650.
- Lazzaroni, C., Biagini, D., & Lussiana, C. (2009). Different rearing systems for fattening rabbits: Performance and carcass characteristics. *Meat science*, 82(2), 200-204.
- Le, c. B., & Caj, a. (2015). Is backyard rabbit production a development option for small holders in mexican southeast?. *Investigación en la cunicultura de las américas*, 310.
- Lee-Rangel, H. A., Mendoza, G. D., & González, S. S. (2012). Effect of calcium propionate and sorghum level on lamb performance. *Animal Feed Science and Technology*, 177(3), 237-241.
- Li, Y., Li, X., Song, Y., Shi, X., Ding, H., Yang, W., ... & Liu, G. (2013). Effect of leptin on the gluconeogenesis in calf hepatocytes cultured in vitro. *Cell biology International*, 37(12), 1350-1353.

- Li, X., Li, X., Bai, G., Chen, H., Deng, Q., Liu, Z., & Wang, Z. (2012). Effects of non-esterified fatty acids on the gluconeogenesis in bovine hepatocytes. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 359(1-2), 385-388.
- Litterio, N. J., & Aguilar, M. S. (2017). Consideraciones anatómo-fisiológicas para el uso prudente de fármacos en conejos. *Panorama Actual del Medicamento*, 41(405), 679-684.
- Mach, N., Bach, A., & Devant, M. (2009). Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 87(2), 632-638.
- Madrid, J., Martínez Teruel, A., Hernández, F., & Megías, M. D. 1999. A comparative study on the determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, high performance liquid chromatography and enzymatic methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(12), 1722-1726.
- Mariezcurrera, M. D., Salem, A. Z. M., Tepichín, C., Rubio, M. S., & Mariezcurrera, M. A. (2013). Physical, chemical and sensory factors of Mexican and New Zealand sheep meat commercialized in Central of Mexico. *African Journal of Agricultural*, 8(28): 3710-3715.
- Marounek, M., Vovk, S. J., & Skřivanová, V. (1995). Distribution of activity of hydrolytic enzymes in the digestive tract of rabbits. *British Journal of Nutrition*, 73(3), 463-469.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clínica Chimica Acta*, 17(2), 297-304.

- Meineri, G., Cornale, P., Tassone, S., & Peiretti, P. G. 2010. Effects of Chia (*Salvia hispanica* L.) seed supplementation on rabbit meat quality, oxidative stability and sensory traits. *Italian Journal of Animal Science*, 9(10),44-49.
- Mendoza-Martínez, G. D., Pinos-Rodríguez, J. M., Lee-Rangel, H. A., Hernández-García, P. A., Rojo-Rubio, R., & Relling, A. (2015). Effects of dietary calcium propionate on growth performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Animal Production Science*,56(7), 1194-1198.
- Minson, D. (2012). *Forage in ruminant nutrition*. Elsevier. (pp: 1-5).
- Mireles, E. J., Rodríguez, D., Jordán, H., Valdivia, M., Ramírez, A., García, A., & Olivares, J. (2016). Profile of fatty acids of *Longissimus dorsi* muscle and productive indicators of sheeps, supplemented with pods of *Acacia cochliacantha*, in grasslands native to dry tropics. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(3).
- Mizrahi, I. (2013). Rumen symbioses. In *The Prokaryotes* (pp. 533-544). Springer Berlin Heidelberg.
- Mora-Valverde, D. (2010). Usos de la morera (*Morus alba*) en la alimentación del conejo. El rol de la fibra y la proteína en el tracto digestivo. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2), 357-366.
- Mudgil, D., & Barak, S. (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 1-6.
- Muñoz-Osorio, G. A., Aguilar-Caballero, A. J., Sarmiento-Franco, L. A., Wurzinger, M., & Cámara-Sarmiento, R. (2015). Descripción de los sistemas intensivos de engorda de corderos en Yucatán, México. *Nova Scientia*,7(15): 207-226.

- Noro, M., Bertinat, R., Yáñez, A., Slebe, J. C., & Wittwer, F. (2013). Fructose 1, 6-bisphosphatase and aldolase B location in organs of sheep supplemented with nonprotein nitrogen. *Comparative Clinical Pathology*, 22(4), 795-799.
- NRC (National Research Council) (2007) Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC: National Academy Press.
- Oba, M., & Allen, M. S. (2003). Intraruminal infusion of propionate alters feeding behavior and decreases energy intake of lactating dairy cows. *The Journal of Nutrition*, 133(4), 1094-1099
- Olivares Pineda, R., Gómez Cruz, M. Á., Schwentesius Rindermann, R., & Carrera Chávez, B. (2009). Alternativas a la producción y mercadeo para la carne de conejo en Tlaxcala, México. *Región y Sociedad*, 21(46), 191-207.
- Orskov, E. R. (Ed.). (2012). Energy nutrition in ruminants. Springer Science & Business Media.
- Osoro, K., Ferreira, L. M. M., García, U., Jáuregui, B. M., Martínez, A., García, R. R., & Celaya, R. (2013). Diet selection and performance of sheep and goats grazing on different heathland vegetation types. *Small Ruminant Research*, 109(2), 119-127.
- Papatsiros, V. G., Katsoulos, P. D., Koutoulis, K. C., Karatzia, M., Dedousi, A., & Christodoulopoulos, G. (2013). Alternatives to antibiotics for farm animals. *CAB Reviews*, 8(32), 1-15.
- Papatsiros, V. G., Christodoulopoulos, G., & Filippopoulos, L. C. (2012). The use of organic acids in monogastric animals (swine and rabbits). *Journal of Cell and Animal Biology*, 6(10), 154-159.

- Para P, G. S., Wakchaure, R., Sharma, R., Mahajan, T., & Praveen, P. K. (2015). Rabbit meat has the potential of being a possible alternative to other meats as a protein source: A brief review. *Int J Phar Biomed Res*, 2, 17-19.
- Partanen, K. H., & Mroz, Z. 1999. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutrition Research Reviews*, 12(1), 117.
- Patra, A. K., & Yu, Z. (2014). Effects of vanillin, quillaja saponin, and essential oils on in vitro fermentation and protein-degrading microorganisms of the rumen. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(2): 897-905.
- Peel, D. S., Mathews Jr, K. H., & Johnson, R. J. (2012). Trade, the expanding Mexican beef industry, and feedlot and stocker cattle production in Mexico. *Journal of Current Issues in Globalization*, 5(4), 475.
- Peng, S., Yin, J., Liu, X., Jia, B., Chang, Z., Lu, H., & Chen, Q. (2015). First insights into the microbial diversity in the omasum and reticulum of bovine using Illumina sequencing. *Journal of applied genetics*, 56(3), 393-401.
- Pérez-Mendoza, M., De Ita-Pérez, D., & Díaz-Muñoz, M. (2012). Gluconeogénesis: una visión contemporánea de una vía metabólica antigua. *Revista de Educación Bioquímica*, 31(1), 10-20.
- Pickering, N. K., Oddy, V. H., Basarab, J., Cammack, K., Hayes, B., Hegarty, R. S., & de Haas, Y. (2015). Animal board invited review: genetic possibilities to reduce enteric methane emissions from ruminants. *Animal*, 9(09), 1431-1440.
- Radwan, N. L., & Abdel-Khalek, A. M. 2007. Response of summer stressed growing rabbits to some dietary growth promoters. In *Proc.: 13th International Congress in Animal Hygiene* (pp. 17-12).

- Ramirez-Tello, J. A., Torres-Hernández, G., de la Cruz-Colín, L., Ochoa-Cordero, M. A., & Suárez-Espinosa, J. (2013). Evaluación de factores ambientales que influyen en características de crecimiento del nacimiento al destete de corderos Hampshire. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(1): 117-125.
- Ribeiro, J., Gaspar, S., Pinho, M., Freire, J. P., & Falcão, L. (2012). Sodium butyrate in growing and fattening diets for early-weaned rabbits. *World Rabbit Science*, 20(4): 199 - 207.
- Ricke, S. C. (2003). Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry Science*, 82(4), 632-639.
- Romero, C., Rebollar, P. G., Dal Bosco, A., Castellini, C., & Cardinali, R. 2011. Dietary effect of short-chain organic acids on growth performance, mortality and development of intestinal lymphoid tissues in young non-medicated rabbits. *World Rabbit Science*, 19(3), 133-142.
- Rodríguez A., G. I. 2012. Competitividad del sistema agroalimentario localizado productor de carne de conejo de la zona sur oriente del estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Rodríguez-Alarcón, C., Pérez, E., Martín, U., Rivera, R., Hernández, A., Vivo, J., & Usón, J. (2010). Morfometría del Esófago Abdominal y del Estómago del Conejo (*Oryctolagus cuniculus*): Aplicaciones a la Cirugía Laparoscópica. *International Journal of Morphology*, 28(1), 27-31.
- Salem, A. Z. M., Alseny, H., Camacho, L. M., El-Adawy, M. M., Elghandour, M. M. Y., Kholif, A. E., & Zaragoza, A. (2015). Feed intake, nutrient digestibility, nitrogen utilization, and ruminal fermentation activities in sheep fed *Atriplex halimus*

- ensiled with three developed enzyme cocktails. *Czech J. Anim. Sci*, 60(4), 185-194.
- Sall, J., Lehman, A., Stephens, M. L., & Creighton, L. 2012. *JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP*. SAS Institute.
- Sánchez-Dávila, F., Bernal-Barragán, H., Padilla-Rivas, G., del Bosque-González, A. S., Vázquez-Armijo, J. F., & Ledezma-Torres, R. A. (2015). Environmental factors and ram influence litter size, birth, and weaning weight in Saint Croix hair sheep under semi-arid conditions in Mexico. *Tropical animal health and production*, 47(5): 825-831.
- Santurtún Oliveros, E., Tapia Pérez, G., González-Rebeles, C., & Galindo Maldonado, F. (2012). Actitudes y percepciones de consumidores en la ciudad de México, hacia atributos de la producción sustentable de alimentos de origen animal. *Veterinaria México*, 43(2), 87-101.
- Servicio de información Agroalimentaria y pesquera. (2017), consultado en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412568/Ovino\\_\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412568/Ovino__2017.pdf)
- Shakarami, F., Chaji, M., Eslami, M., Mohammadabadi, T., & Bojarpour, M. (2015). The Comparison of in vitro Digestibility of Wheat Straw by Rumen Anaerobic Fungi of Khuzestan Buffalo and Holstein Cattle. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 5(2), 285-292.
- Sahoo, A., & Jena, B. (2014). Organic acids as rumen modifiers. *International Journal of Science and Reserch*, 3(11), 2262.
- Shewry, P. R., Hawkesford, M. J., Piironen, V., Lampi, A. M., Gebruers, K., Boros, D., ... & Ward, J. L. (2013). Natural variation in grain composition of wheat and related cereals. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(35), 8295-8303.

- Skřivanová, V., & Marounek, M. (2006). A note on the effect of triacylglycerols of caprylic and capric fatty acid on performance, mortality, and digestibility of nutrients in young rabbits. *Animal feed science and technology*, 127(1-2), 161-168.
- Solaiman, S. G. (2010). *Goat science and production*. Wiley-Blackwell. (pp: 109-118).
- Steel, G., D.; Torrie, J., H; Dickey, D., A. 1997. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*. The McGraw-Hill Companies, Inc. Pp. 637.
- Terán Varela O. E., E Espinosa Ayala, L. Brunett Pérez, O. Márquez Molina, H. A. Soto Castilla. 2011. *Programas sectoriales enfocados al desarrollo sustentable de la cunicultura familiar. La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes, Vol. I*, Universidad Autónoma Chapingo.
- Thornton, P.K., Van de Steeg, J., Notenbaert, A., & Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems* 101(3): 113-127.
- Turkson, P.K. (2003). Lamb and Kid Mortality in Village Flocks in the Coastal Savanna Zone of Ghana. *Tropical Animal Health and Production* 35 (6): 477-490.
- Uddin, M. J., Islam, K. M. S., Reza, A., & Chowdhury, R. 2014. Citric acid as feed additive in diet of rabbit-effect on growth performance. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 12(1), 87-90.
- Ulf-Rainer, Samel., Kohler, W., Gamer, A. O., & Keuser, U. (2000). Propionic acid and derivatives. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*.
- Valente, T. N. P., da Silva Lima, E., dos Santos, W. B. R., Cesario, A. E. S., Tavares, C. A. J., & de Freitas, M. A. M. (2016). Ruminant microorganism consideration



- and protein used in the metabolism of the ruminants: A review. *African Journal of Microbiology Research*, 10(14), 456-464.
- Van Keulen, J.V., Young, B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal Dairy Science*. 44: 282-287.
- Van Soest, P.; Robertson, J.; Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Varga, M. (2013). *Textbook of Rabbit Medicine E-Book*. Elsevier Health Sciences. Part 1 rabbit basic science, pp. 12-75.
- Vásquez, R. O. (2010). Alimentación y nutrición de bovinos. *Información Agroalimentaria* 2: 32-39.
- Villagra, S., & Giraudo, C. (2013). Aspectos sistémicos de la producción ovina en la provincia de Río Negro. *Revista Argentina de Producción Animal*, 30(2): 211-224.
- Wanapat, M., Cherdthong, A., Phesatcha, K., & Kang, S. (2015). Dietary sources and their effects on animal production and environmental sustainability. *Animal Nutrition*, 1(3), 96-103.
- Wang, Z., He, Z., Beauchemin, K. A., Tang, S., Zhou, C., Han, X., & Tan, Z. (2016). Comparison of two live *Bacillus* species as feed additives for improving in vitro fermentation of cereal straws. *Animal Science Journal*, 87(1), 27-36.
- Williams, A. G., & Coleman, G. S. (2012). *The rumen protozoa*. Springer Science & Business Media.
- Weimer, P. J. (2015). Ruminal Fermentations to Produce Liquid and Gaseous Fuels. *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution*, 265.

- Weimer, P. J., & Moen, G. N. (2013). Quantitative analysis of growth and volatile fatty acid production by the anaerobic ruminal bacterium *Megasphaera elsdenii* T81. *Applied microbiology and biotechnology*, 97(9), 4075-4081.
- Weimer, P. J., & Kohn, R. A. (2016). Impacts of ruminal microorganisms on the production of fuels: how can we intercede from the outside? *Applied Microbiology and Biotechnology*, 1-10.
- Weller, S., Florentine, S., Sillitoe, J., Grech, C., McLaren, D., & Chauhan, B. S. (2015). The need for speed: Timely prevention of the dispersal of noxious weeds in relief fodder using efficient sampling procedures. *Crop Protection*, 70, 21-27.
- Xinzhuang, Z., Lin, L., & Qingxiang, M. (2013). Effects of supplemental propionate calcium on growth and blood indexes of the high concentrate finishing beef cattle. *Journal of China Agricultural University*, 18, 3, 115- 119.
- Xiong, Y., Lei, Q. Y., Zhao, S., & Guan, K. L. (2011). Regulation of glycolysis and gluconeogenesis by acetylation of PKM and PEPCK. In *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology* (Vol. 76, pp. 285-289).
- Zeng, Z., Zhang, S., Wang, H., & Piao, X. (2015). Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1), 1.
- Zhang, Q., Koser, S. L., Bequette, B. J., & Donkin, S. S. (2015). Effect of propionate on mRNA expression of key genes for gluconeogenesis in liver of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8698-8709.
- Zhu, K. H., Xu, X. R., Sun, D. F., Tang, J. L., & Zhang, Y. K. (2014). Effects of drinking water acidification by organic acidifier on growth performance, digestive enzyme

activity and caecal bacteria in growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 87-94.