



**Universidad Nacional Autónoma de México**

Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias  
de la Producción y de la Salud Animal

FMVZ FESC IIB

**“Evaluación del efecto de dos fuentes gluconeogénicas sobre el comportamiento  
productivo en diferentes etapas del conejo Nueva Zelanda Blanco”**

**T E S I S**

Que para optar por el grado de

**Maestra en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal**

PRESENTA:

**Liliana Castro Flores**

**TUTOR PRINCIPAL**

**Dr. Benjamín Fuente Martínez**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, FMVZ-UNAM

**COMITÉ TUTOR**

**MC. Xóchitl Hernández Velasco**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, FMVZ-UNAM

**Dr. César Mateo Flores Ortíz**

Facultad de Estudios Superiores FES IZTACALA-UNAM



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## DEDICATORIA

*A mis padres, Flores y Sergio, por ser mis ejemplos de amor y constancia.*

*A mi compañero de vida, José, por elegir acompañarme en este viaje.*

*A mis amores, Vale y Ángel, que los quiero tanto.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a mi *alma mater* la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el estímulo económico brindado durante este proyecto de investigación.

Al Dr. Benjamín Fuente Martínez, por todo su apoyo, por brindarme su confianza, por el tiempo que me ha dedicado, por todas sus enseñanzas y su paciencia, infinitas gracias.

A mi comité tutor, Dra. Xóchitl Hernández Velasco y Dr. César M. Flores Ortíz, por compartir conmigo su conocimiento y experiencias en el transcurso de mi formación académica, por sus consejos y por la confianza muchas gracias.

A los miembros del jurado, Dr. Carlos López Coello, Dr. Francisco A. Castrejón y Dr. Jesús J. Ramírez por enriquecer con sus conocimientos y observaciones este trabajo de tesis, muchas gracias por su tiempo.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión y Producción Avícola (CEIEPAv) y el área de Cunicultura, representado por el Dr. Ernesto Ávila y por la Dra. Pilar Castañeda, por permitir la realización de este trabajo; a todo el equipo del área de conejos, muy en especial a mis grandes amigas, la Dra. Hilda Jandete y la Dra. Marisa Vázquez por su apoyo incondicional. Al Ing. Luis Vilchis, por todo su apoyo durante la elaboración de las dietas en la planta de alimentos. A todo el personal en general muchas gracias.

A la empresa PREPEC en especial a los Dres. Héctor Herrera Gutiérrez y Rodolfo José Medelez Orozco, por proporcionarnos el producto evaluado en esta investigación.

A los Maestros, Rafael Quintanar y Josefina Vázquez M. de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) de la FES-Iztacala de la UNAM, por su colaboración y gran aporte para la realización de este trabajo.

A la Dra. Adriana Correa por brindarme su apoyo, su confianza y su amistad, por preocuparse por mi desarrollo profesional y personal.

A José por utilizar su ingenio en la construcción de equipo necesario para completar las pruebas y por todo su apoyo durante mi proyecto.

## Resumen

Con el objetivo de evaluar diferentes dosis de una mezcla de sustratos gluconeogénicos (MPP) adicionados en la dieta de conejas reproductoras Nueva Zelanda Blanco y su progenie. Se utilizaron 18 reproductoras de 2º parto, las cuales se distribuyeron al azar en tres tratamientos, cada grupo con seis reproductoras, en tres partos consecutivos. Los tratamientos o dietas se elaboraron con alimento comercial de acuerdo a la etapa (reproductores o engorda), adicionando diferentes dosis de la mezcla de propionato de calcio y propilenglicol (MPP). El tratamiento (T) 1.- Testigo (dieta de tipo comercial), T2.- Dieta comercial adicionada con 24g/kg de alimento, T3.- Dieta comercial, adicionada con 48g/kg de alimento. Alimento y agua se ofrecieron *ad libitum*. Se evaluó el peso al nacimiento, la producción láctea diaria en gramos, así como la producción láctea total hasta el día 21, el peso al destete, el número de conejos destetados, y de las reproductoras el peso corporal y los niveles de glucosa en sangre. El peso de los gazapos al nacimiento fue mayor ( $P < 0.05$ ) en T3 ( $67.5 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$ ), seguido del T2 ( $64.7 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$ ) y los más ligeros los de la dieta testigo ( $59.6 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$ ). En promedio los tres tratamientos mostraron la misma cantidad de gazapos vivos por camada ( $9.3 \pm 2.4$ ). Sin embargo, la cantidad de conejos destetados fue mayor en T2 ( $8.1 \pm 0.4$ ) comparada con T1 ( $7.2 \pm 0.4$ ) y menor en T3 ( $6.3 \pm 0.4$  conejos) ( $P < 0.05$ ). En producción de leche se observó disminución de 0.39 g por g de MPP adicionado; la producción láctea aumentó 18.38 g por cada día de lactancia y por cada gazapo adicional en la camada, la producción de leche se incrementó en 56.12 g. Para la etapa de engorda se emplearon 357 conejos de 35 días de edad los cuales se asignaron al tratamiento de engorda con las mismas dosis de MPP que se manejaron con las madres, se evaluaron parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, índice de conversión alimentaria, porcentaje de mortalidad y rendimiento en canal caliente) durante cinco semanas. Los resultados para las variables productivas fueron similares en los tratamientos con MPP y dieta testigo ( $P > 0.05$ ). Se pudo observar en la canal, que cuanto más elevada era la dosis de MPP hubo menos depósitos de grasa a nivel perirrenal.

Palabras clave: conejos, propilenglicol, propionato de calcio, reproductivo, producción láctea, parámetros productivos.

## ABSTRACT

In order to evaluate different doses of a mixture of gluconeogenic substrates (MPP) added to the diet of New Zealand White breeding rabbits and their progeny. 18 breeding females of 2nd birth were used, which were distributed randomly in three treatments, each group with six breeders, in three consecutive deliveries. The treatments or diets were prepared with commercial food according to their production (breeders or fattening), adding different doses of a mixture of calcium propionate and propylene glycol (MPP). The treatments were (T) 1. Control (commercial type diet), T2. Commercial diet added with 24g/kg of food, T3. Commercial diet, added with 48g/kg of food. Food and water were offered *ad libitum*. Birth weight, daily milk production in grams, as well as total milk production until day 21, weaning weight, number of weaned rabbits, and breeders' body weight and blood glucose levels were also evaluated. The weight of the rabbits at birth was greater ( $P < 0.05$ ) in T3 ( $67.5\text{g} \pm 2\text{g}$ ), followed by T2 ( $64.7\text{g} \pm 2\text{g}$ ) and the lighter ones were those of the control diet ( $59.6\text{g} \pm 2\text{g}$ ). On average the three treatments showed the same amount of live rabbits per litter ( $9 \pm 2.4$ ). However, the amount of weaned rabbits was higher in T2 ( $8.1 \pm 0.4$ ) compared to T1 ( $7.2 \pm 0.4$ ) and lower in T3 ( $6.3 \pm 0.4$  rabbits) ( $P < 0.05$ ). In milk production, a decrease of 0.39 g per g of MPP added was observed; Dairy production increased 18.38 g for each day of lactation and for each additional kid that the breeder in its litter, milk production increased by 56.12 g. For the fattening stage, 357 35-day-old rabbits were used, which were assigned to the fattening treatment with the same doses of MPP that were managed with the mothers, the productive parameters were evaluated (feed consumption, weight gain, food conversion rate, percentage of mortality and performance in hot carcass) for five weeks. The results for the productive variables were similar in the treatments with MPP and control diet ( $P > 0.05$ ). It was observed in the canal, that the higher the dose of MPP there was less fat deposits at the perirenal level.

Keywords: rabbits, propylene glycol, calcium propionate, reproductive, milk production, productive parameters.

## Contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>II</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Situación actual de la cunicultura .....	1
Producción láctea en la coneja.....	2
Gestación .....	3
El conejo en crecimiento.....	3
Fuentes energéticas .....	4
Rutas metabólicas .....	5
Glucólisis.....	6
Gluconeogénesis.....	6
Glucogenólisis .....	10
Ciclo de Krebs y cadena respiratoria.....	11
Fuentes gluconeogénicas.....	15
Propionato de calcio.....	15
Propilenglicol (PG) .....	16
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>19</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>20</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES .....</b>	<b>21</b>
<b>Experimento 1. Etapa de reproducción .....</b>	<b>23</b>
Objetivos particulares .....	23
Materiales y métodos.....	23
Diseño experimental .....	25
Resultados.....	27
Conclusiones .....	38
<b>Experimento 2. Comportamiento productivo en la etapa de engorda .....</b>	<b>39</b>
Objetivos particulares .....	39
Material y métodos .....	39
Diseño experimental .....	41
Resultados.....	42
Discusión .....	44
Conclusiones .....	47
Conclusiones generales .....	48
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Conversión de piruvato a fosfoenolpiruvato	8
<b>Figura 2.</b> Reacciones de la glucólisis y la gluconeogénesis	10
<b>Figura 3.</b> Principales reacciones del ciclo del ácido cítrico	13
<b>Figura 4.</b> Cadena respiratoria y fosforilación oxidativa	14
<b>Figura 5.</b> Caseta de ambiente natural con una distribución flat-deck de tipo semitecnificado	21
<b>Figura 6.</b> Producción láctea de conejas NZB durante 21 días, alimentadas con una dieta comercial adicionada con diferente dosis de MPP	30
<b>Figura 7.</b> Porcentaje de mortalidad al nacimiento de gazapos provenientes de conejas reproductoras NZB alimentadas con una dieta comercial adicionada con distinta dosis de MPP	32
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de mortalidad de conejos NZB durante 35 días de lactancia, evaluando tres partos consecutivos de conejas reproductoras, alimentadas con una dieta comercial adicionada con distinta dosis de MPP	32
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de mortalidad acumulada (nacimiento + lactancia) de conejos NZB evaluando tres partos consecutivos de conejas reproductoras, alimentadas con una dieta comercial adicionada con distinta dosis de MPP	33
<b>Figura 10.</b> Acumulación de grasa a nivel perirrenal en la canal de conejos alimentados con una dieta comercial adicionada con distinta dosis de MPP	46

## LISTA DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Comportamiento productivo de tres partos de la coneja Nueva Zelanda Blanco empleando diferentes dosis de MPP como fuentes gluconeogénicas	28
<b>Cuadro 2.</b> Comportamiento productivo acumulado en tres partos de la coneja Nueva Zelanda Blanco empleando diferentes dosis de MPP	29
<b>Cuadro 3.</b> Recopilación de resultados obtenidos por diversos autores respecto a parámetros productivos de hembras reproductoras Nueva Zelanda Blanco	37
<b>Cuadro 4.</b> Resultados promedio de los parámetros productivos obtenidos a los 35 días de engorda de conejos Nueva Zelanda Blanco alimentados con dietas adicionadas a diferentes dosis de MPP	42
<b>Cuadro 5.</b> Rendimiento en canal caliente de conejos NZB a los 70 días de edad alimentados con dietas adicionadas a diferentes dosis de MPP	43
<b>Cuadro 6.</b> Recopilación de resultados obtenidos por diferentes autores respecto a parámetros productivos de la etapa de engorda (35 a 70 días) del conejo Nueva Zelanda Blanco	44
<b>Cuadro 7</b> Peso de la canal caliente de conejos NZB a los 70 días de edad alimentados con dietas adicionadas a diferentes dosis de MPP	46

## **INTRODUCCIÓN**

### **Situación actual de la cunicultura**

La salud de los conejos a través de una conveniente nutrición y saneamiento ha permitido criar y mantener las poblaciones de conejos con mayor eficiencia, permitiendo que resulten cada vez más, como una buena alternativa de alimento de origen animal, así como herramientas de investigación. Los conejos son utilizados como modelos que han contribuido para el estudio y el conocimiento de enfermedades a través de los años; por ejemplo, de la enfermedad cardiovascular, la hipertensión y la aterosclerosis. Los estudios con conejos son fundamentales para muchos aspectos de la investigación médica, incluyendo el cáncer, el glaucoma, las infecciones oculares, las afecciones de la piel, la diabetes, el enfisema, la hiperlipidemia etc. (Animal research, 2014).

Por otro lado, a nivel mundial más del noventa por ciento de la carne que se consume es la del cerdo, res y aves, y solo un 0.5 por ciento la de conejo, cabe mencionar que, entre los países consumidores, China se ubica con un promedio de 0.5 kg de carne consumida por habitante en un año, lo que resulta sumamente bajo en comparación con Malta donde son consumidos 9 kg de carne de conejo por persona, y en México solo se consumieron alrededor de 280 g por persona para el 2011 (PRSPC, 2012). México ocupa el décimo octavo lugar mundial como productor de carne de conejo, con 4,440 toneladas, a diferencia de China (931,834 toneladas) y España (57,258 toneladas) al cierre de 2017 (FAO, 2017).

La carne de conejo, posee una elevada proporción de proteínas (23 g/100 g de carne), comparada con otras carnes (res, cerdo, pollo) y contiene un mejor balance de aminoácidos; además, se caracteriza por su escasa cantidad de grasa (4.6-5.33 g /100 g de carne), contiene poco colesterol (30 a 50 mg /100 g de carne) y una baja cantidad de grasas saturadas (37%), lo cual la hace una carne dietética que disminuye la aterosclerosis. Incluso, tras su ingestión, la generación de ácido úrico es menor que cuando se consumen otros tipos de carne; estas propiedades le permiten ser recomendable para individuos seniles, hipertensos,

convalecientes o artríticos, sobre todo si sus trastornos son causados por gota (Martínez, 2013).

Actualmente en México hace falta difusión sobre las cualidades de la carne de conejo para promover su consumo; sin embargo, se estima que en el país existen 7,500 granjas de conejos, de las cuales el 65% son de traspatio y el 35% de tipo semi-industrial tecnificadas (SAGARPA, 2016).

México es el sexto país más importante en la producción de alimentos para animales con 34.81 millones de toneladas fabricadas. Del total de la producción de alimentos balanceados, 42% es destinado al sector avícola, 26% al porcícola; 12% al ganado lechero, 7% al bovino de engorda, 4% para la acuicultura, 2% a mascotas, 1% se destina para los equinos, y el 6% restante para la cunicultura y otros (CONAFAB, 2019).

El conejo visto como animal de producción. En las conejas reproductoras, sus necesidades energéticas son máximas durante la lactación, estimándose en tres, cuatro o más veces las necesidades de mantenimiento, en el ápice de lactación (11-21 días). Incluso las conejas pueden encontrarse en balance energético negativo durante la lactación con movilización de tejidos corporales. La coneja con necesidades diarias para la producción de leche más las necesidades de mantenimiento, superan la cantidad de ingestión diaria para cubrir las necesidades diarias de la coneja reproductora, esto sin considerar una gestación y lactancia al mismo tiempo, por eso es que estaría justificado formular raciones de alta energía para la lactación de la coneja (Cheeke, 1995).

### **Producción láctea en la coneja**

La coneja produce de 200 a 300 g de leche al día. La leche presenta un bajo contenido de agua (69-74%) a comparación de otras especies, es rica en proteína (13-17%) y grasa (9-18%), y contiene poca lactosa (0.2-1.6%), por lo tanto, es una buena fuente de energía y proteína. Cabe considerar el comportamiento alimentario de los gazapos que, normalmente maman una vez al día, sin embargo, se ha observado a las reproductoras que se meten al nido más de una vez al día a

amamantar a su camada, dicho evento dura alrededor de 5 minutos (Cheeke, 1995). La producción de leche puede determinarse fácilmente siguiendo el método de pesar los gazapos antes y después de mamar, aunque también se puede pesar a la coneja antes y después de amamantar (Romers y col., 1999).

### **Gestación**

Durante la última semana de gestación, la ingesta voluntaria de alimento está limitada por la capacidad de ingesta física, incluso durante el último tercio de la gestación (21-30 días), el peso corporal de la hembra disminuye como resultado de las pérdidas de proteínas y grasas y la transferencia de energía a los fetos en rápido crecimiento. Una coneja reproductora pesa alrededor de 4.5 kg. Las conejas reproductoras demandan altos requisitos energéticos por gestación, lactancia y por gestaciones y lactancias recurrentes y que pueden ocurrir al mismo tiempo, aunque a menudo estas fases reproductivas no están cubiertas por una adecuada ingesta voluntaria. A diferencia de las no gestantes que continúan ganando peso y reteniendo energía principalmente en forma de grasa, incluso este exceso de grasa puede provocar un rendimiento reproductivo deteriorado (Xiccato y Trocino, 2010).

### **El conejo en crecimiento**

Los gazapos pesan alrededor de 50 g al nacimiento y tienen un elevado potencial de crecimiento que les permite doblar su peso hacia los 6 días de edad (en comparación a los 14 días que necesita un lechón o a los 47 de un ternero), y alcanzar al destete (30 días) un peso aproximado a 600 g. Los gazapos dependen exclusivamente de la leche hasta los 18-19 días de edad (Fortun-Lamothe y Gidenne, 2000). Durante este período, los conejos recién nacidos tienen altos requerimientos de energía y un bajo aislamiento térmico, por lo tanto, la supervivencia de los gazapos y su aumento de peso dependen exclusivamente de la producción de leche de la coneja. Para un sistema semi-intensivo, el intervalo en que se puede practicar el destete es de 25-35 días. Si se tiene en cuenta que el peso normal de venta de los conejos para este sistema productivo es de 2 kg,

puede estimarse que alrededor de un 25 % de la ganancia total de peso de un conejo se obtiene a partir de la leche materna (De Blas, 1989).

Alrededor del día 18 la cría del conejo comienza a comer alimentos sólidos y disminuye su consumo de leche; el ciego y colon se desarrollan más rápido que el resto del tracto digestivo. De la tercera a la séptima semana de edad el ciego se llena con digesta y microbiota, y su contenido alcanza un pico de alrededor de 6% del peso corporal total a las 7–9 semanas de edad. El pH del ciego también se ve afectado por la edad y disminuye de 6.8 (15 días de edad) a 5.6 (50 días de edad). La presencia de la población microbiana en el ciego, junto con la cecotrofia, permite al conejo obtener energía, aminoácidos y vitaminas adicionales. Se ha estimado que el conejo obtiene hasta 40% de sus requerimientos de energía de mantenimiento de los ácidos grasos volátiles producidos por fermentación en el ciego. La cecotrofia comienza a las 3-4 semanas de edad, cuando los conejos comienzan a consumir alimentos sólidos (Carabaño y *col.*, 2010). En conejos post destetados (4-5 semanas de edad), la producción de heces blandas (cecotrofos) aumenta linealmente con la edad, alcanzando un máximo a los 63 a 77 días (25 g de Materia Seca/día). Este período corresponde a los requisitos de crecimiento máximo y al mayor incremento en la ingesta de alimento (Carabaño y Fraga, 1989). El conejo de engorda en producción bajo buenas condiciones sanitarias naturalmente consume suficiente alimento que cubre sus necesidades energéticas (Xiccato y Trocino, 2010).

### **Fuentes energéticas**

Dentro de las principales fuentes energéticas de una dieta se encuentran los carbohidratos, grasas y proteínas. La grasa, uno de los principales nutrientes esenciales de una dieta, está presente en muchos organismos y tiene funciones tanto estructurales como metabólicas, por lo tanto, de mantenimiento y producción. Como fuentes alternativas de energía adicionados o que sustituyen a la grasa se utilizan los sustratos gluconeogénicos. Estos pueden ser los aminoácidos, lactato, propionatos y glicoles los cuales son diferentes a las fuentes

energéticas tradicionales como los granos de cereales, aceites y cebos (Herrera, 2010).

Los sustratos gluconeogénicos se caracterizan por ser precursores de glucosa y glucógeno, además de excelentes formadores de energía en forma de Trifosfato de Adenosin (ATP) durante la oxidación de la glucosa en la ruta glucolítica (glucólisis) y en el ciclo de Krebs. La molécula de ATP es un nucleótido que posee un alto potencial energético para las células y es un importante transferidor de energía neta de mantenimiento y ganancia de peso (Leningher, 2005).

### **Rutas metabólicas**

Los carbohidratos de la dieta proporcionan más de la mitad de la energía necesaria para el metabolismo, y para que se lleven a cabo el crecimiento, reparación, secreción, absorción, excreción y trabajo mecánico, en la mayoría de los animales de sangre caliente. El mecanismo a través del cual la energía se genera, almacena y posteriormente se libera para su utilización en el funcionamiento de células individuales, se conoce como metabolismo intermediario. El metabolismo es, por tanto, la suma de todas las reacciones anabólicas y catabólicas en un organismo vivo en las que intervienen nutrientes tales como glucosa, aminoácidos, ácidos grasos, purinas, pirimidinas, H<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub>. La mayoría de los carbohidratos de la dieta están en forma de polisacáridos (almidón, ocasionalmente pequeñas cantidades de glucógeno, y, en algunas especies, celulosa, hemicelulosa y pentosano). Otros carbohidratos de la dieta incluyen disacáridos (maltosa, sacarosa y lactosa) y monosacáridos (glucosa, fructuosa, galactosa, manosa y ciertas pentosas) (Reece, 2004).

Cuando la glucosa entra a la célula tiene distintos destinos metabólicos dependiendo del tipo de célula, y del estatus energético de ésta, la glucosa puede ser catabolizada a piruvato (proceso aeróbico) o lactato (proceso anaeróbico) mediante una serie de reacciones conocidas como glucólisis. Las células que utilizan oxígeno, oxidan el piruvato produciendo acetil coenzima A (acetil CoA) y

CO<sub>2</sub>. El acetil CoA puede entrar en el ciclo el ácido cítrico para ser totalmente oxidado, produciendo CO<sub>2</sub>. Al mismo tiempo el acetil CoA es un precursor para la síntesis de otros compuestos tales como ácidos grasos y colesterol. Por otro lado, en particular en el hígado y en el músculo, la glucosa puede polimerizar y ser almacenada en forma de glucógeno (Reece, 2004).

Las rutas metabólicas que están relacionadas para el aprovechamiento de los sustratos gluconeogénicos son la gluconeogénesis y el ciclo de Krebs, sin embargo, es importante recordar la glucólisis, la glucogenólisis y la cadena respiratoria.

**Glucólisis.** Es la vía principal para la utilización de la glucosa y se lleva a cabo en el citosol de todas las células. Es una vía única, dado que puede utilizarse oxígeno si está disponible (aeróbica) o funcionar en ausencia total de éste (anaeróbica). Sin embargo, para que la glucosa se oxide hasta la etapa terminal del piruvato/lactato de la glucólisis requiere no solamente oxígeno molecular, sino también del sistema enzimático mitocondrial como las del complejo piruvato deshidrogenasa, del ciclo del ácido cítrico y de la cadena respiratoria.

La glucólisis no sólo es la ruta principal para el metabolismo de la glucosa que conduce a la producción de acetil-CoA y a su oxidación en el ciclo del ácido cítrico, sino que también proporciona una vía importante para metabolizar fructuosa y galactosa derivada de los alimentos (Harper, 2004).

**Gluconeogénesis.** La glucosa, es el combustible casi universal de los organismos modernos, desde los microbios hasta el hombre. En los mamíferos, algunos tejidos dependen casi por completo de la glucosa para la producción de energía metabólica. Para el cerebro y el sistema nervioso humanos, así como para los eritrocitos, testículos, médula renal y tejidos embrionarios la glucosa de la sangre es la única, o principal fuente de combustible. El suministro de glucosa a partir de los almacenes de glucógeno en músculo e hígado, no siempre es suficiente, entre comidas y durante ayunos prolongados, o incluso después de ejercicio vigoroso, el glucógeno se agota. Por lo tanto, los organismos tienen un

método para sintetizar glucosa a partir de precursores no glucídicos a través de la gluconeogénesis (GNG), que convierte el piruvato y compuestos relacionados de tres y cuatro carbonos en glucosa. La GNG tiene lugar en todos los animales, plantas, hongos y microorganismos, ocurre principalmente en el citosol, aunque algunos precursores se generan en las mitocondrias y deben transportarse al citosol para utilizarse. El principal órgano gluconeogénico en los animales es el hígado, con una contribución menor, aunque significativa, de la corteza renal y epitelio intestinal (Pérez, 2012).

Los principales destinos de la glucosa formada en la gluconeogénesis son el catabolismo por el tejido nervioso y la utilización por el músculo esquelético (Mathews, 2013).

La gluconeogénesis se define como la biosíntesis de hidratos de carbono a partir de precursores de tres o cuatro carbonos que generalmente no tienen naturaleza de hidratos de carbono. Los principales sustratos de la gluconeogénesis son el *lactato*, producido fundamentalmente mediante la glucólisis en el músculo esquelético y los eritrocitos; los *aminoácidos*, generados a partir de las proteínas de la alimentación o a partir de la degradación de las proteínas musculares durante la inanición, el aminoácido específico *alanina*, producido en el músculo mediante el ciclo glucosa-alanina; el *propionato*, procedente de la degradación de algunos ácidos grasos y aminoácidos; y el *glicerol*, procedente del catabolismo de las grasas (en forma de AcetilCoA) (Mathews, 2013).

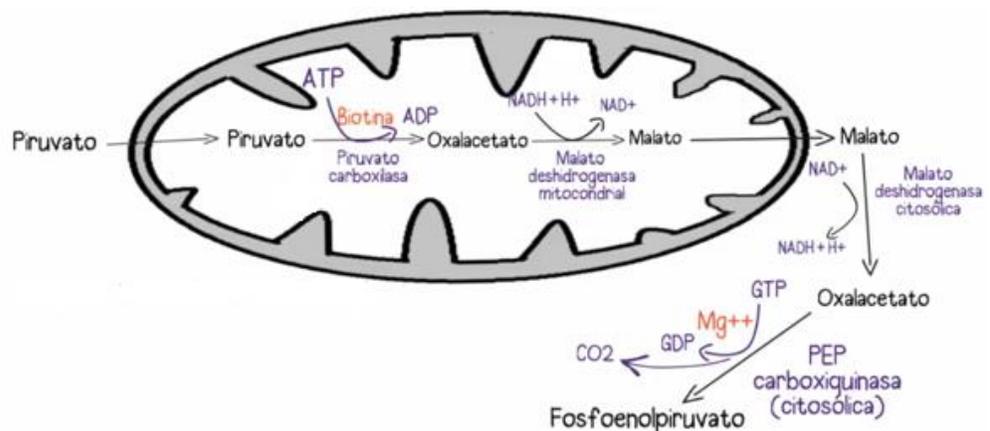
La GNG se relaciona y coordina con otras rutas metabólicas como la glucólisis y el ciclo de Krebs (Leningher, 2005).

La ruta de la gluconeogénesis al contrario de la glucólisis va de piruvato a glucosa (**Figura 2**).

Reacciones de la gluconeogénesis:

1. Conversión de piruvato a fosfoenolpiruvato

La fosforilación del piruvato requiere enzimas tanto del citosol como de la mitocondria. En la mitocondria se localiza la enzima piruvato carboxilasa, la cual en presencia de ATP, la vitamina B biotina y  $\text{CO}_2$ , convierte el piruvato en oxalacetato. Debido a que la membrana mitocondrial no tiene transportador de oxalacetato, antes de ser exportado al citosol, el oxalacetato debe ser reducido a malato mediante la enzima malato deshidrogenasa mitocondrial. El malato abandona la mitocondria y en el citosol el malato se reoxida a oxalacetato con producción de NADH citosólico. La enzima fosfoenolpiruvato (PEP) carboxiquinasa (citosólica), cataliza la conversión del oxalacetato en fosfoenolpiruvato y en esta reacción se necesita fosfato de alta energía en forma de GTP (**Figura 1**).



**Figura 1. Conversión de piruvato a fosfoenolpiruvato (Salvatto, 2018)**

2. Conversión de la fructosa-1,6-bifosfato en fructosa-6-fosfato

La conversión de fructosa 1,6-bifosfato en fructosa-6-fosfato, necesaria para lograr la reversión de la glucólisis es catalizada por una enzima específica, la fructosa-1,6-difosfatasa. Esta es una enzima clave en el sentido que su presencia determina si un tejido es o no capaz de sintetizar glucosa (o

glucógeno) a partir del piruvato. Está presente en hígado, riñones y músculo estriado, pero no en músculo cardíaco ni liso.

### 3. Conversión de la glucosa-6-fosfato en glucosa

La conversión de glucosa-6-fosfato en glucosa es catalizada por otra fosfatasa específica, la glucosa 6-fosfatasa. Esta enzima se encuentra en hígado y riñones, pero no en tejidos muscular y adiposo. Su presencia permite a un tejido agregar glucosa a la sangre (Murray, 1994).

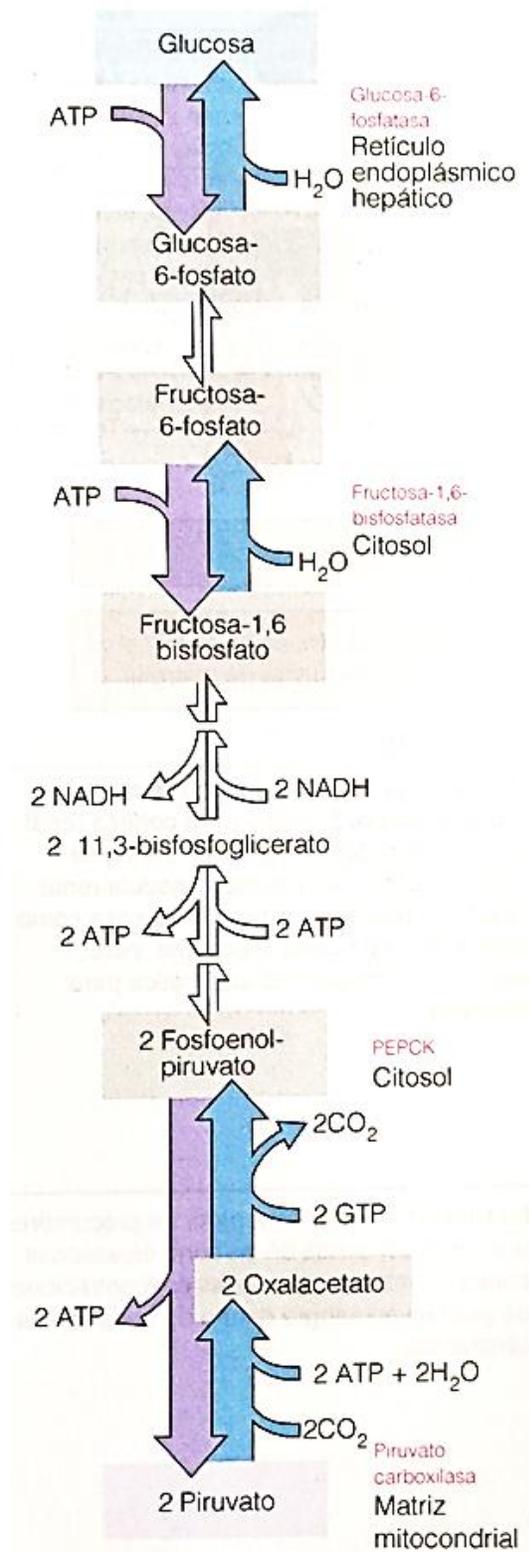


Figura 2. Reacciones de la glucólisis y la gluconeogénesis (Mathews, 2013)

**Glucogenólisis.** El papel fisiológico de la glucogenólisis es la rotura intracelular del glucógeno para formar glucosa, proporcionando glucosa libre para ser oxidada. La glucogenólisis en el hígado proporciona glucosa a la sangre para el mantenimiento de un aporte constante de glucosa en otros tejidos. En el músculo esquelético, la glucogenólisis es necesaria para formar glucosa que sea oxidada y genere el ATP necesario para la contracción muscular. Esta ruta produce principalmente glucosa 1-fosfato (G-1-P) y en menor medida glucosa libre. La G-1-P puede convertirse en G-6-P y entrar en la ruta glucolítica o en la de las pentosas fosfato, a través de la acción de la glucosa-6-fosfatasa en el hígado y contribuir directamente a la glucosa en sangre.

La regulación de la glucogenólisis del hígado es debida a la acción del glucagón como hormona principal que estimula la formación de AMP cíclico. Una baja concentración de glucosa en sangre estimula la liberación de glucagón por las células  $\alpha$  pancreáticas de manera que el glucógeno del hígado sea utilizado para normalizar la concentración de glucosa en sangre (Reece, 2004).

**Ciclo de Krebs y cadena respiratoria.** El ciclo del ácido cítrico o ciclo de Krebs, es un conjunto de reacciones bioquímicas que utilizan los organismos aerobios para liberar la energía química almacenada en el grupo acetilo de dos carbonos de la acetil-CoA, la cual está formada por un grupo acetilo que procede de la degradación de los hidratos de carbono, los lípidos y algunos aminoácidos y que a su vez está unido a la molécula transportadora coenzima A (McKee, 2014).

Conversión del piruvato en Acetil-CoA

La glucólisis que se lleva a cabo en el citosol y el ciclo de Krebs que ocurre en la matriz mitocondrial, donde son conectados por medio de una reacción aeróbica de oxidación que transforma el piruvato, el cual viaja del citosol a la matriz por medio de simporte a través de la membrana interna, el complejo de la piruvato deshidrogenasa cataliza la descarboxilación oxidativa del piruvato en Acetil-CoA (McKee, 2014).

## Reacciones del ciclo del ácido cítrico

El ciclo del ácido cítrico está formado por ocho reacciones que tienen lugar en dos fases:

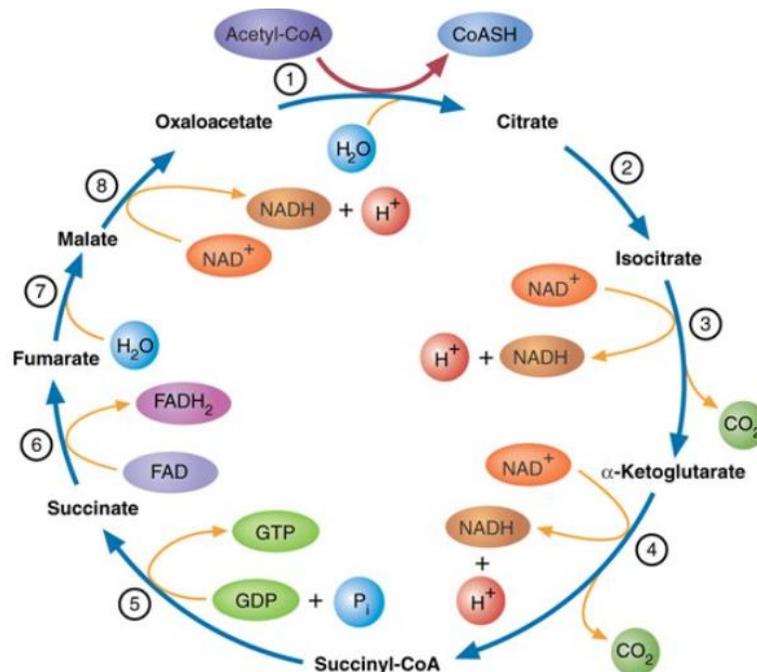
- I. El grupo acetilo de dos carbonos de la Acetil-CoA entra en el ciclo al reaccionar con el compuesto de cuatro carbonos oxalacetato (reacciones 1-4), liberándose dos moléculas de CO<sub>2</sub>.
- II. El oxalacetato se regenera de forma que pueda reaccionar con otra acetil-CoA (reacciones 5-8) (McKee, 2014).

Las reacciones son:

1. Introducción de dos carbonos como acetil-CoA, y comienza la condensación de la acetil-CoA con el oxalacetato para formar citrato, con la intervención de la citrato sintasa.
2. El citrato se isomeriza para formarse en isocitrato por la enzima aconitasa.
3. El isocitrato se oxida para formar NADH y CO<sub>2</sub>, por medio de la enzima citrato deshidrogenasa (una oxidorreductasa) que descarboxila el isocitrato para formar  $\alpha$ -cetoglutarato.
4. El  $\alpha$ -cetoglutarato se oxida para formar una segunda molécula de NADH y de CO<sub>2</sub>, por la acción del complejo multienzimático  $\alpha$ -cetoglutarato deshidrogenasa resultando en succinil CoA, la coenzima que interviene es pirofosfato de tiamina y un CoA.
5. La CoA de la succinil CoA se sustituye con un grupo fosfato que luego es transferida a ADP para obtener ATP, en algunas células se utiliza GDP en lugar de ADP con lo que se obtiene GTP como producto, la molécula de cuatro carbonos producida en este paso es el succinato.
6. La succinato deshidrogenasa no se encuentra dentro de la matriz mitocondrial, sino que está firmemente unida a la membrana interna de la mitocondria, cataliza la oxidación del succinato para formar fumarato, liberando FADH<sub>2</sub> con la intervención del FAD<sup>+</sup>.

7. Hidratación del fumarato. El fumarato se convierte en L-malato en una hidratación reversible por la fumarasa.
8. Por último, la malato deshidrogenasa convierte el L-malato en oxalacetato, utilizando como agente oxidante el  $\text{NAD}^+$ .

En resumen, el ciclo del ácido cítrico comienza con la condensación de una molécula de acetil-CoA con el oxalacetato para formar citrato, que posteriormente se vuelve a convertir en oxalacetato. Durante este ciclo se producen dos moléculas de  $\text{CO}_2$ , tres de  $\text{NADH}$ , una molécula de  $\text{FADH}_2$  y una de  $\text{GTP}$  (**Figura 3**) (McKee, 2014).

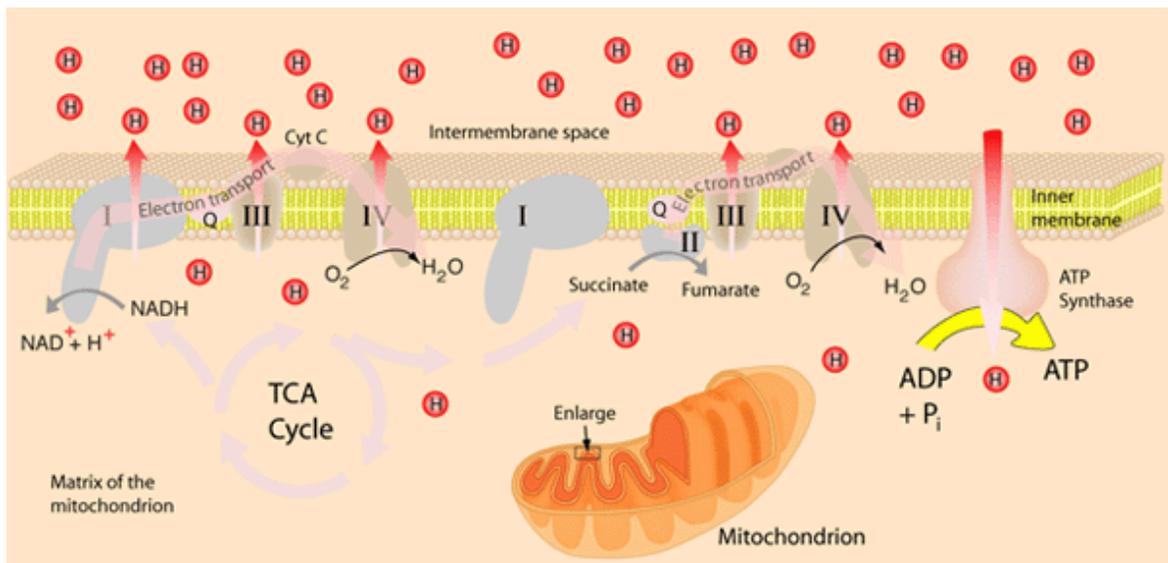


**Figura 3. Principales reacciones del ciclo del ácido cítrico (McKee, 2014)**

Los equivalentes de reducción constituidos como  $\text{NADH}$  y  $\text{FADH}_2$  sirven como donadores de electrones para la cadena respiratoria o transportadora de electrones que cataliza una cascada de reacciones redox, que transcurre por grandes complejos enzimáticos de la membrana mitocondrial interna. Con el paso de los electrones por los complejos de la cadena respiratoria se va creando

un gradiente de protones, este proceso tiene lugar en la mitocondria, específicamente en la membrana mitocondrial interna, donde se localizan los complejos de proteínas. Al final de la cadena el aceptor de electrones es el oxígeno que se adquiere por medio de la respiración y se reduce a agua. Con este paso se logra el metabolismo completo de glucosa a  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Acoplada a esta oxidación está la fosforilación de ADP en ATP. En el flujo de los electrones a través de la cadena de transporte se utiliza su contenido de energía de modo gradual para la formación de un gradiente de protones, cuya fuerza protón-motriz conduce a la síntesis de ATP o fosforilación oxidativa (McKee, 2014) (**Figura 4**).

La fosforilación oxidativa consiste en dos pasos; el primero es el paso de electrones, este transporte de electrones se acopla a la translocación de protones ( $\text{H}^+$ ) desde la matriz hasta el espacio intermembrana. En la segunda fase la concentración generada por el gradiente de protones en el espacio intermembrana es empleada para producir ATP con el regreso de los iones de  $\text{H}^+$  a la matriz por medio de su paso por el complejo V (ATP sintasa) que produce ATP a partir de ADP y  $\text{P}_i$  (McKee, 2014).



**Figura 4. Cadena respiratoria y fosforilación oxidativa (Olmo, 2017)**

Si hay gran cantidad de ATP y poco ADP se reduce la síntesis de ATP y el flujo de protones se ve disminuido, por lo que no se oxida suficiente NADH y  $FADH_2$  y la falta de la forma oxidada (NAD y FAD) de estos sustratos hace girar el ciclo de Krebs más lentamente. Este control respiratorio adapta el cambio de energía de una célula a sus verdaderas necesidades energéticas y con esto impide desperdicio de la energía metabólica (Müller, 2008).

### **Fuentes gluconeogénicas**

**Propionato de calcio.** Es un polvo sólido, blanco, inodoro, soluble en agua, se utiliza como aditivo alimentario (EFSA, 2014), como conservante (es efectivo para prevenir el desarrollo de bacilos y hongos) (Casas-Forero, 2011), en una amplia variedad de productos; como el pan, productos horneados, carne procesada y productos lácteos, figura como E282 en el Codex Alimentarius. El propionato de calcio se utiliza para prevenir la fiebre de leche en vacas (Goof y *col.*, 1996).

Los propionatos, en forma de ácido propiónico (ácido graso), se absorben en ciego y colon, principalmente por difusión pasiva. Una vez que entra el ácido graso a la célula es transportado hacia torrente sanguíneo a través de la membrana vasolateral por medio de difusión (Bugaut, 1987). El propionato es transportado al hígado a través de la vena porta (Hatch y Geaghan, 1989), se transforma en el hígado en succinil CoA (intermediario del ciclo del ácido cítrico) y posteriormente en oxalacetatos, que condensándose con la acetil CoA, entran en el ciclo tricarboxílico, incrementando la formación de glucosa y favoreciendo el almacenamiento de glucógeno en hígado (Medeles, 2012).

Méndez (2011), reportó que las cabras suplementadas con propionato de calcio a lo largo de su estudio, y que fueron monitoreadas, previo al empadre, durante tres meses de gestación y antes del parto, presentaron una condición corporal significativamente mayor de 3.31 comparado con el grupo no suplementado, que obtuvo 3.22 en la escala de condición corporal. Y en relación

con el peso vivo al nacimiento de los cabritos no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ese experimento.

En un estudio con gallinas de postura suplementadas con propionato de calcio (1.47g/ton), se reportó el incremento en el tamaño del huevo, sin embargo, el grosor del cascarón no fue suficiente, haciéndolo más frágil puesto que el ave sigue depositando una misma cantidad al huevo (Linares, 2017).

**Propilenglicol (PG).** Se conoce como 1,2-propanodiol, es un alcohol polihídrico incoloro, inodoro, ligeramente dulce al gusto, es soluble en agua, con la que tiene bastante afinidad, y en glicerol, metileno, etileno, acetona, éter, cloroformo y etilacetato. Es absorbido en el intestino, rápidamente ya que es una pequeña molécula (76.095 Da) altamente soluble en agua, que cruza membranas con flujo de agua a través de poros acuosos (EMA, 2014) y metabolizado a nivel hepático en ácido láctico y ácido pirúvico (piruvato) y su posterior transformación a oxalacetato para entrar en la ruta de la gluconeogénesis, es parcialmente excretado en la orina (Barbieri et al. 2001).

Tiene la más baja toxicidad y está clasificado por la Food and Drug Administration (FDA) como “generalmente conocida como segura”. Es usado como anticongelante automotriz, como solvente artificial y farmacéutico, en cosmética y como aditivo en alimentos procesados para el consumo humano y animal. Es un compuesto precursor de la glucosa con un alto contenido energético (21 MJ Energía Bruta/kg de PG), y por ello se ha utilizado para prevenir la cetosis en vacuno lechero (Nielsen e Ingvarsen, 2004). Aunque se considera no tóxico en comparación con el etilenglicol, puede causar depresión del sistema nervioso y acidosis láctica cuando se ingiere en grandes cantidades. Se utilizó como aditivo en comida semihúmeda para gatos lo que ayudaba a retener agua y darle textura y sabor, sin embargo, causaba la formación de cuerpos de Heinz en eritrocitos (inclusiones dentro de los glóbulos rojos compuestos de hemoglobina desnaturalizada), no causaba anemia cuando se ingería en pequeñas cantidades (1.6 g/kg de peso corporal). En los gatos, la

ingestión de una dieta que contenga un 6% a 12% de PG puede resultar en la formación del cuerpo de Heinz y en la disminución de la supervivencia de los glóbulos rojos. En consecuencia, el uso de PG en alimentos para gatos está prohibido en los Estados Unidos (FDA, 2017).

La dosis letal media oral de PG en perros es tan baja como 9 ml/kg de peso vivo (PV) ( $\approx 8.7$  g/kg de PV). Se reportó un caso fatal de toxicosis con propilenglicol en un caballo que recibió 7.6 ml/kg de PV por vía oral en lugar de aceite mineral (Gupta, 2018). En el conejo la dosis letal ( $DL_{50}$ ) por vía oral es de 19 g/kg de PV (García, 2010), o 18 ml/kg de PV (Barbieri, 2001).

En un experimento realizado en conejas reproductoras, con la finalidad de evaluar *in vivo* el posible efecto de flushing sobre la prolificidad y fertilidad, aplicando al grupo de tratamiento 2 ml de propilenglicol en el agua de bebida 48 horas antes de la inseminación artificial, incrementó significativamente la prolificidad (de  $9.15 \pm 1.37$  a  $10.05 \pm 1.32$  gazapos nacidos/parto) (Mular, 2013). Por otro lado, Luzi y *col.*, estudiaron el efecto de la adición de un 2% de propilenglicol en el agua de bebida observando un aumento de la fertilidad de un 10% con respecto al grupo control (Luzi y *col.*, 2001).

Nicodemus y *col.* en 2005, utilizaron 2.5% de propilenglicol, en sustitución parcial del almidón (de 16 a 10.6 %) en dietas para conejas reproductoras (Nueva Zelanda Blanco-California), evaluadas durante cuatro partos consecutivos y 21 días de lactancia. La dieta se ofreció durante todo el ciclo reproductivo, bajo un sistema intensivo, con monta natural al cuarto día postparto, y destetaron a los 25 días; este manejo redujo la mortalidad de los gazapos al nacimiento en un 2.52 %, incluso comprobaron el efecto positivo en cuanto a la mejora de la fertilidad como lo hicieron Luzi y *col.*

En el trópico seco veracruzano se utilizó una mezcla de propionato de calcio y propilenglicol (MPP) como precursor gluconeogénico en una prueba con toretes de media ceba, durante 120 días, adicionando en la dieta diferentes dosis: 0, 20 y 40 g de la MPP/animal/día; tratando de incrementar las tasas de ganancia de peso, eficiencia alimenticia a bajo costo, con la finalidad de no dejar

residuos tóxicos en carne y reducir los ciclos de crecimiento y engorda. Los resultados muestran que el tratamiento más eficiente fue el que contenía 20 g/animal/día, el cual mejoró las ganancias diarias de peso, obteniendo como peso final 377.25 kg, con diferencia estadística significativa en comparación con el testigo 360.0 kg y el tratamiento de 40 g con 370.1 kg, en este estudio se logró un menor consumo tanto de forraje y complemento alimenticio, lo cual disminuyó costos de producción (Livas, 2016).

Debido a que existe poca información sobre el uso de sustratos gluconeogénicos en las dietas del conejo como animal de producción, se planteó el siguiente estudio como una alternativa de energía, para las etapas de reproducción y engorda del conejo Nueva Zelanda Blanco.

## **HIPÓTESIS**

Al incrementar la dosis de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio (MPP) en la dieta del conejo en su etapa reproductiva y en su etapa de engorda se obtendrán mejores parámetros reproductivos y productivos que con una dieta comercial.

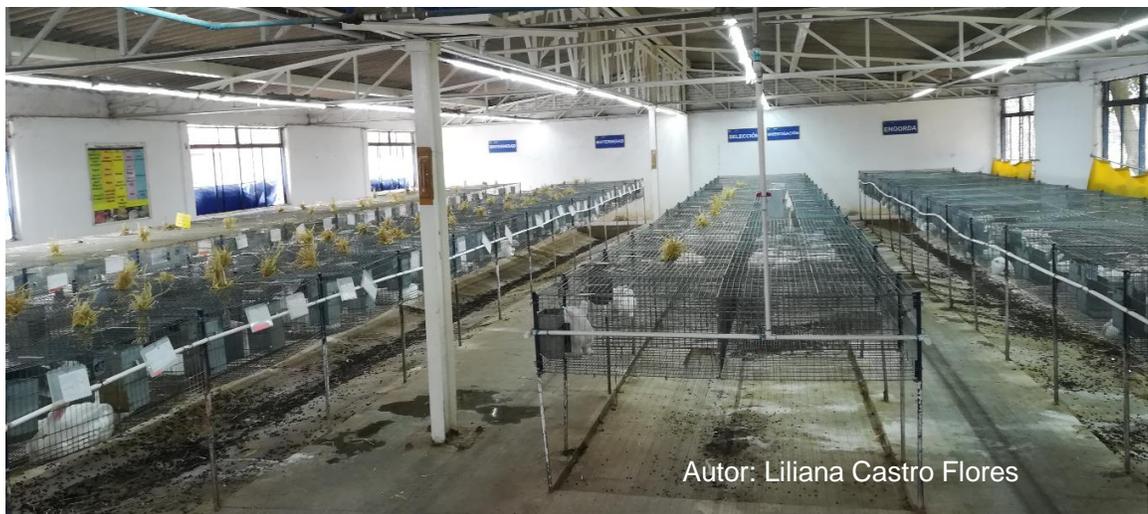
## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el comportamiento reproductivo y productivo de conejos Nueva Zelanda Blanco al emplear diferentes dosis de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio.

## MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av.) en la sección de cunicultura de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en Manuel M. López S/N, colonia Santiago Zapotitlán, Alcaldía Tláhuac, Ciudad de México; a una altura promedio de 2200-2800 m.s.n.m. entre el paralelo 19°13'10" latitud Norte y el meridiano 99°02'40" longitud Oeste. Bajo condiciones de clima templado subhúmedo, siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso, con temperatura promedio anual de 16°C y con una precipitación pluvial anual de 600-800mm (INEGI, 2009).

Todos los procedimientos de manejo de los conejos cumplieron con los requisitos señalados por el Subcomité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales Experimentales (SICUAE) de la FMVZ de la UNAM, con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, protocolo número: MC-2018/2-3.



**Figura 5. Caseta de ambiente natural con una distribución flat-deck de tipo semitecnificado**

Los conejos y las reproductoras Nueva Zelanda Blanco estuvieron bajo un sistema semi-intensivo de ciclo completo de tipo semanal, en instalaciones de ambiente natural, en alojamientos de tipo americano 90 x 60 x 40 cm, con una

distribución en flat-deck, con la posibilidad de nidos internos por jaula, comederos tipo tolva y bebederos automáticos (Figura 5).

La prueba se dividió en dos fases, la primera fase fue la etapa de reproducción (experimento 1) y la segunda fase fue la de engorda (experimento 2).

Para la preparación del alimento para ambos experimentos se utilizaron: un alimento tipo comercial que fue molido en un molino de martillos triturador de granos; una mezcla de gluconeogénicos pesada a diferentes dosis para cada tratamiento, utilizando una báscula digital (Ohaus® SPU 2001 Scout Pro, México, con 6000g de capacidad). El alimento molido se mezcló con la adición de los productos, en una mezcladora horizontal tipo listón con capacidad de 40 kg, dicha mezcla se peletizó en una peletizadora California Pellet Mill Co., San Francisco California. El alimento se ofreció en forma de pellet cilíndrico (en un rango de 4-5 mm de diámetro y 7-20 mm de longitud) para las conejas reproductoras y los conejos de engorda.

## **Experimento 1. Etapa de reproducción**

### **Objetivos particulares**

Evaluar los parámetros reproductivos de conejas de segundo parto, alimentadas con diferentes dosis de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio (MPP).

1. Medir el número de gazapos al nacimiento y al destete, así como el peso de las camadas al nacimiento y al destete, de conejas reproductoras de segundo parto, alimentadas con diferentes dosis de MPP.
2. Determinar el peso corporal y el nivel de glucosa en sangre de las conejas después del parto y al destete.
3. Calcular la producción láctea durante los primeros 21 días de lactancia de conejas que fueron alimentadas con diferentes dosis de MPP.
4. Estimar el porcentaje de mortalidad al nacimiento y durante los 35 días de lactancia de gazapos provenientes de conejas que fueron alimentadas con diferentes dosis de MPP.

### **Materiales y métodos**

Se utilizaron 18 reproductoras de la raza Nueva Zelanda Blanco (NZB) de 2º parto con un peso corporal promedio de  $4620 \pm 84.73$  g, al azar se dividieron en tres grupos, seis reproductoras por grupo, las cuales fueron evaluadas durante tres gestaciones, partos, lactancias y destetes consecutivos. El agua y el alimento se ofrecieron a libre acceso, desde la primera gestación y hasta el tercer destete de la prueba.

Los tratamientos fueron:

1. Testigo, alimento comercial para reproductoras (PC 18%, FC 15%, Grasa 4%).
2. Dieta comercial para reproductoras, adicionando 24 g de la MPP\*/ kg de alimento.
3. Dieta comercial para reproductoras, adicionada con 48 g de la MPP/ kg de alimento.

Las conejas reproductoras, se pesaron antes de la monta para conocer su peso inicial, trece días después del apareamiento se diagnosticó gestación mediante palpación abdominal, las conejas que resultaron positivas se sortearon y se asignaron a cada uno de los tratamientos, las que resultaron negativas o no gestantes o las que perdieron su camada alrededor del parto, se les dio la oportunidad de cubrirse en los días sucesivos hasta que fueron receptivas y aceptaron al macho.

Al momento del parto se pesó y se anotó el número de gazapos por camada.

A los 35 días de edad de los gazapos, se pesaron por camada y se contó el número de conejos destetados por reproductora.

Al día post-parto y al día post-destete, se obtuvo el peso corporal de las conejas reproductoras. El peso corporal se monitoreó pesando a cada reproductora dentro de una caja plástica (tipo Montreal cerrada 28 DM plast®, Guadalajara, México) con dimensiones de 60 cm x 40 cm x 28 cm, que fue colocada sobre una báscula electrónica (Torrey® MFQ40, México).

Los niveles de glucosa en sangre de la reproductora, se midieron al primer día postparto y al primer día postdestete, obteniendo una gota de sangre de la vena marginal, logrando la lectura con un glucómetro digital marca ACCU-CHEK® Performa y tiras reactivas para glucemia.

Para determinar indirectamente la producción láctea de las conejas por los primeros 21 días, se pesaron a los gazapos de cada camada antes y después de amamantar por la mañana (Romers y col., 1999).

## Diseño experimental

Se empleó un diseño factorial 3 x 3 para las variables: número de gazapos, peso al nacimiento, número de conejos destetados, peso al destete, peso corporal y nivel de glucosa en sangre, donde para el primer factor, fueron los niveles de MPP (0, 24 y 48 g/kg de alimento) y el segundo factor, fue el parto de la hembra (2º, 3º y 4º parto).

Mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \mathcal{E}(ijk)$$

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo parto

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Interacción entre tratamiento y parto

$\mathcal{E}(ijk)$  = Error experimental

$i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2, 3$

$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

La diferencia entre medias se comparó mediante la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$  con el programa computacional JMP ver 8.

Para la producción láctea se utilizó una regresión lineal múltiple donde se emplearon como variables independientes los tratamientos (0, 24 y 48 g de MPP/kg de alimento), el número de gazapos vivos y los días de lactación.

Mediante el siguiente modelo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 (\text{MPP}) + \beta_2 (\text{GV}) - \beta_3 (\text{GV})^2 + \beta_4 (\text{DL}) - \beta_5 (\text{DL})^2$$

$Y$  = Producción láctea

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  y  $\beta_5$  = Coeficientes de regresión

MPP = Mezcla de propionato de calcio y propilenglicol

GV = Número de gazapos vivos

DL = Días de lactación

Los análisis se realizaron con el programa computacional JMP ver 8.

## Resultados

Los resultados obtenidos de tres partos de las conejas alimentadas con distintas dosis de MPP se muestran en el **Cuadro 1**, se observa que para la variable peso al nacimiento, con la dieta que contenía 48 g de MPP/kg de alimento se obtuvieron los gazapos más pesados (67.5g), seguidos del tratamiento 2 (64.7g) y los más ligeros fueron los del tratamiento 1 (59.6g) ( $P < 0.05$ ). Todos los tratamientos mostraron el mismo número de gazapos al nacimiento ( $9.3 \pm 2.4$ ) ( $P > 0.05$ ).

El peso al destete se registró en promedio en  $839.3 \pm 29.4$  g no siendo afectado por la adición de la MPP ( $P > 0.05$ ). Y el número de conejos destetados fue mayor para el tratamiento 2 (promedio 8.1), seguido por el tratamiento sin MPP y el menor fue para el tratamiento 3 (promedio 6.3) ( $P > 0.05$ ). Aunque las reproductoras del T2 destetaron más conejos que los demás tratamientos, el peso promedio corporal de las conejas entre destetes ( $4654 \pm 87$  g) fue similar (**Cuadro 2**) en todos los tratamientos ( $P > 0.05$ ).

Los niveles de glucosa en sangre evaluados postparto y postdestete se muestran en el **Cuadro 2**, donde se observaron valores similares en la fase de postdestete, tanto en los diferentes partos como en los diferentes tratamientos ( $P > 0.05$ ), sin embargo, conforme la coneja tuvo más partos, el nivel de glucosa disminuyó en 14.6 mg/ dl de sangre con respecto al segundo parto (129.1 mg/ dl de sangre) encontrándose todos éstos valores dentro del rango normal (Liber-Laird, 1996; Özkan, y col., 2012).

En los 21 días en que fue evaluada la producción láctea (**Figura 6**) se observó una disminución de 0.39 g de leche por cada gramo adicionado de MPP y esta producción se fue incrementando 18.38 g por cada día que estuvieron lactando los gazapos. El número de gazapos influyó en esta variable siendo que por cada gazapo que tuviera la coneja, la producción de leche en el periodo total de 21 días se incrementó en 56.12 g ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 1. Comportamiento productivo de tres partos de la coneja Nueva Zelanda Blanco empleando diferentes dosis de MPP como fuentes gluconeogénicas**

Tx g MPP/kg alimento	No. de gazapos		Mortalidad, %			Peso, g	
	Nacidos vivos	Destetados	Nacimiento	Lactancia	Acumulada	Nacimiento	Destete
0	9.5	7.2 <sup>ab</sup>	11.08	12.17 <sup>a</sup>	21.86	59.6 <sup>b</sup>	855.5
24	9.5	8.1 <sup>a</sup>	8.13	4.26 <sup>b</sup>	12.33	64.7 <sup>ab</sup>	839.7
48	8.9	6.3 <sup>b</sup>	12.39	12.89 <sup>a</sup>	24.12	67.5 <sup>a</sup>	822.7
EEM	2.4	0.4	13.71	2.58	15.73	2.0	29.4
Parto							
2°	9	7.2	10.78	6.14	16.62	62.4	850.6
3°	9.3	7.2	10.44	11.70	21.20	64.2	818.0
4°	9.6	7.2	10.38	11.48	20.49	65.3	849.4
EEM	0.61	0.51	3.23	2.90	4.0	2.1	34.0
Probabilidad							
Tx	0.79	0.05	0.67	0.052	0.090	0.04	0.79
Parto	0.77	1.00	0.99	0.26	0.66	0.62	0.73
Tx * Parto	0.13	0.53	0.052	0.03	0.04	0.48	0.52

MPP=Mezcla de propionato de calcio y propilenglicol

Diferentes letras en una misma columna muestran diferencia estadística (P<0.05)

EEM= error estándar de la media

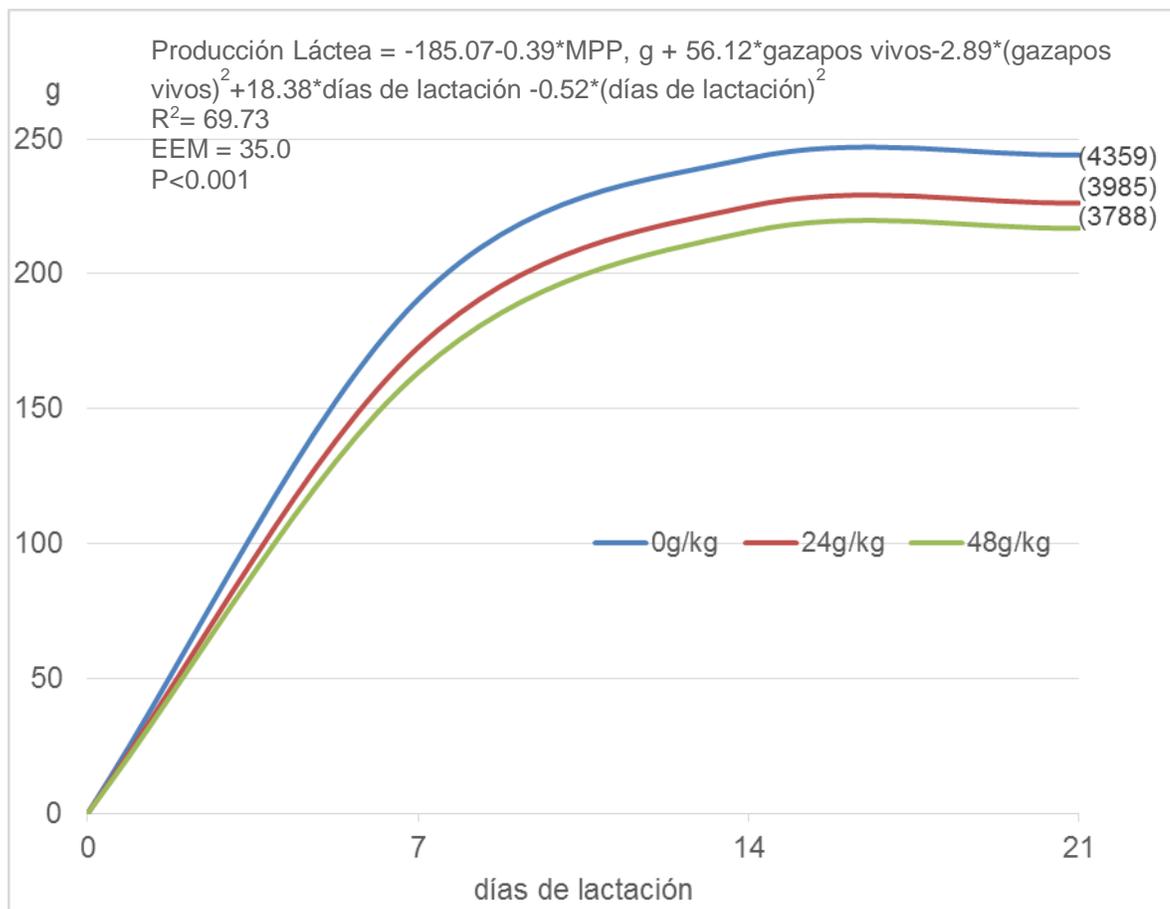
**Cuadro 2. Comportamiento productivo acumulado en tres partos de la coneja Nueva Zelanda Blanco empleando diferentes dosis de MPP**

Tx g MPP/kg alimento	Peso corporal, g		Ganancia de peso, g	Glucosa en sangre, mg/dl	
	Postparto	Al destete		Post-parto	Post-destete
0	4333	4681	347.5	126.5	105.2
24	4225	4615	390.0	120.4	102.3
48	4283	4669	358.6	116.7	103.8
EEM	72	76	57.5	2.9	3.85
Parto					
2°	4134	4586	452.7	129.1 <sup>a</sup>	109.0
3°	4341	4730	361.9	120 <sup>ab</sup>	101.0
4°	4366	4648	281.3	114.5 <sup>b</sup>	101.3
EEM	77.83	87	66.3	3.42	3.56
Probabilidad					
Tx	0.57	0.81	0.86	0.12	0.80
Parto	0.069	0.47	0.15	0.00	0.16
Tx * Parto	0.91	0.98	0.74	0.90	0.95

MPP=Mezcla de propionato de calcio y propilenglicol

Diferentes letras en una misma columna muestran diferencia estadística (P<0.05)

EEM= error estándar de la media



**Figura 6. Producción láctea de conejas NZB durante 21 días, alimentadas con una dieta comercial adicionada con diferentes dosis de MPP**

Con base en los datos de la ecuación que se muestra en la **Figura 6**, se calculó el día de máxima producción láctea y el máximo número de gazapos que podría alimentar una coneja reproductora mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Producción máxima de leche} = 18.38 / 2(-0.52).$$

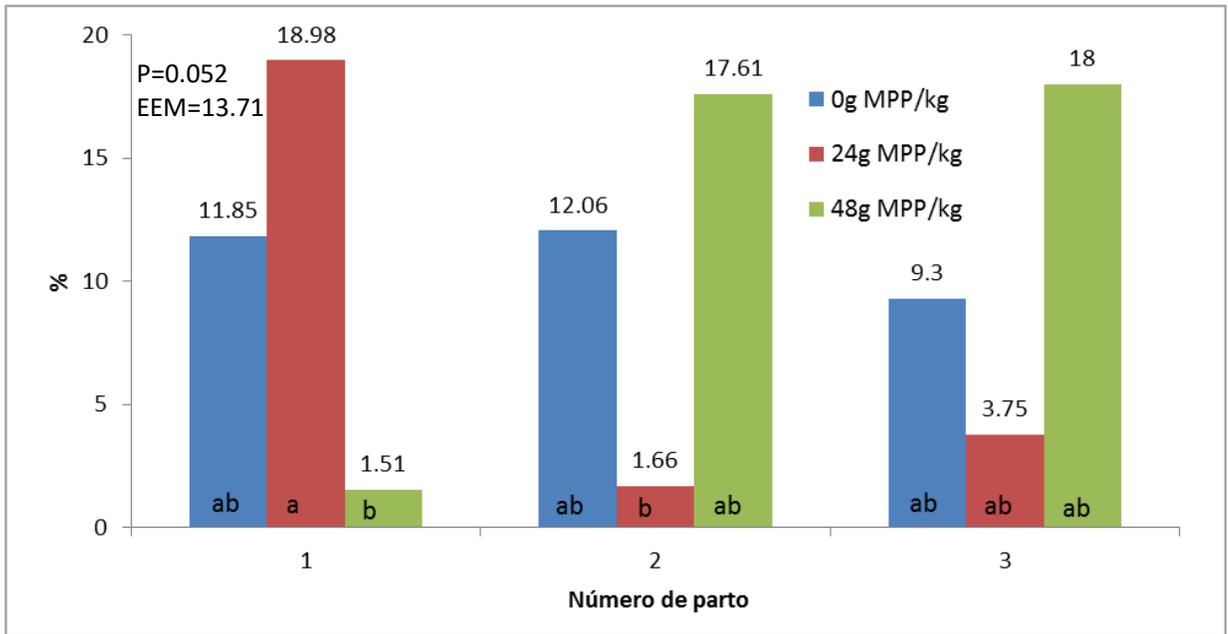
$$\text{Máximo número de gazapos} = 56.12 / 2(-2.89).$$

Se obtuvo que la máxima producción láctea fue a los 17 días con 9.7 gazapos.

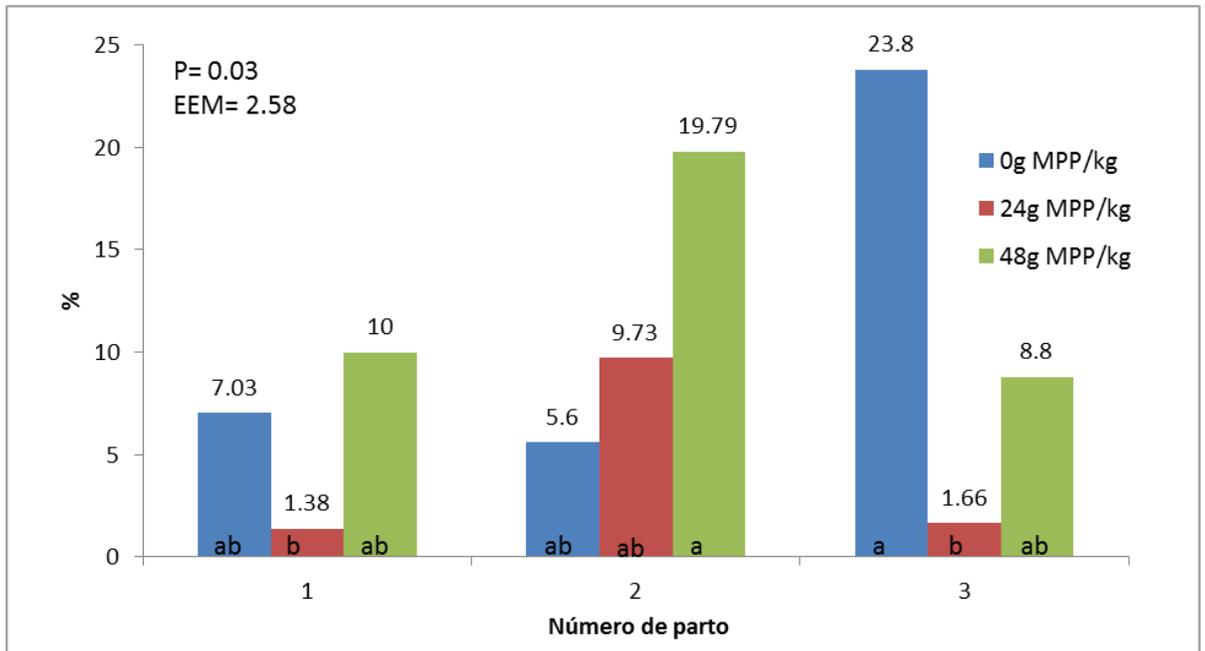
En la **Figura 7, Cuadro 1**, se muestra una interacción y se observa que el T2 en el parto 2 y 3 mostró la menor mortalidad al nacimiento con respecto al T3. El tratamiento testigo no mostró cambio en las mortalidades durante los partos.

En la **Figura 7** se muestran los resultados de la mortalidad al nacimiento en los tres partos evaluados, donde se observó que en el primer parto la menor mortalidad lo obtuvo el tratamiento con la máxima adición de MPP (1.51%) y para los partos subsecuentes la mortalidad se mantuvo constante en este tratamiento alrededor de 17.8%, efecto contrario se observó en el tratamiento con la adición de 24 g de MPP/ kg de alimento, que registró mayor mortalidad en el primer parto experimental (18.98%) y se redujo en los subsecuentes partos (2.7% en promedio) ( $P=0.052$ ). Durante la lactancia (**Figura 8**) la mortalidad se fue incrementando en el tratamiento testigo llegando a ser en el último parto de 23.8% y fue menor en los tratamientos con adición de MPP, siendo la menor mortalidad registrada en el tratamiento con 24 g de MPP/kg de alimento ( $P<0.03$ ).

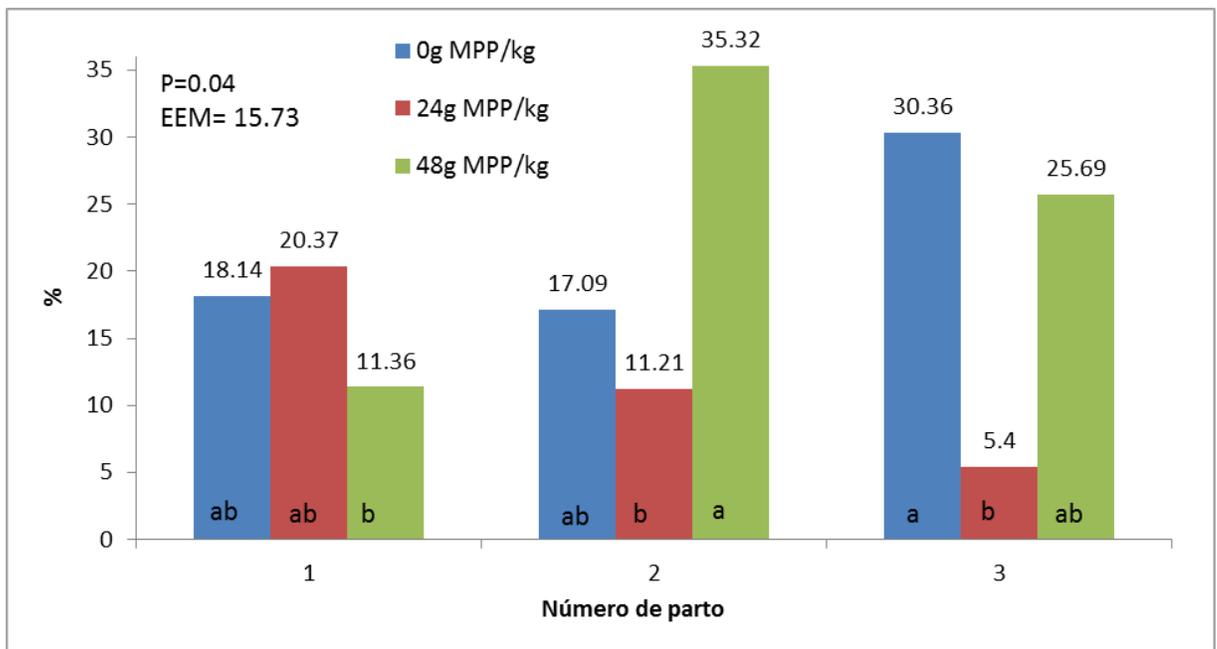
En cuanto a la mortalidad acumulada (nacimiento y lactancia) se registró una disminución gradual en el T2 (24 g MPP/kg de alimento) y se observó una mayor mortalidad en el T3 y T1 conforme la coneja va teniendo más partos. Debido a esto es que el T3 mostró el menor número de gazapos destetados (**Figura 9**). Se observó una interacción entre los diferentes niveles de adición de la MPP con los partos, encontrándose que para el tratamiento sin la adición de la mezcla la mortalidad fue similar en los tres partos evaluados (18.14, 17.09 y 30.36% respectivamente); para el tratamiento con la adición de 24 g de MPP/ kg de alimento la menor mortalidad se muestra en el tercer parto (5.4%) con respecto al primer parto (20.37%); y en el tratamiento con 48 g MPP se observó un incremento en el segundo parto (35.32%) y disminuye en el tercer parto (25.69%) ( $P<0.05$ ).



**Figura 7. Porcentaje de mortalidad al nacimiento de gazapos provenientes de conejas reproductoras NZB alimentadas con una dieta comercial adicionada con distinta dosis de MPP**



**Figura 8. Porcentaje de mortalidad de conejos NZB durante 35 días de lactancia, evaluando tres partos consecutivos de conejas reproductoras, alimentadas con una dieta comercial adicionada con distinta dosis de MPP**



**Figura 9. Porcentaje de mortalidad acumulada (nacimiento + lactancia) de conejos NZB evaluando tres partos consecutivos de conejas reproductoras, alimentadas con una dieta comercial adicionada con distinta dosis de MPP**

## Discusión

El peso al nacimiento de los gazapos de las conejas alimentadas con la adición y sin la adición de la MPP se mantuvo dentro del peso considerado para la especie (50-80 g) (De Blas, 1989; y Martínez, 2004), con resultados similares en las mismas condiciones, realizadas por otros investigadores 70 g (Neri, 2004) y 68.4 g (Diosdado, 2011). Sin embargo, el mayor peso al nacimiento correspondió al tratamiento con 48 g de MPP (67.5 g), y ese aumento de peso de los animales recién nacidos fue similar al comportamiento que manifestaron los huevos de gallinas de postura, que en su alimentación incluyeron MPP (Linares, 2017). Este fenómeno de mayor peso al nacimiento puede deberse a que la coneja necesita un mayor aporte energético durante la última fase de la gestación para el rápido crecimiento de los fetos (Xiccato y Trocino, 2010) y por ello remueve parte de sus tejidos corporales (Cheeke, 1995), por lo que la mezcla gluconeogénica aportó la energía necesaria para cubrir las demandas fisiológicas de la reproductora y los fetos con mayor eficiencia.

En cuanto al tamaño de la camada al nacimiento, fue similar a lo mencionado por Maertens *y col.* (2006) y superior a lo obtenido por Neri (2004) y Diosdado (2011) (**Cuadro 3**) aunque aquellos autores no mencionan el número de parto evaluado, y debido al manejo y mejora genética de las reproductoras en la actualidad.

El peso individual al destete para todos los tratamientos estuvo dentro de los valores de referencia (Lebas, 1996), y aunque los conejos del T3 mostraron un mayor peso al nacimiento, no afectó el peso al destete, debido a que pudo haber un crecimiento compensatorio por parte de los gazapos en todos los tratamientos al consumir alimento sólido de la madre.

En cuanto al número de conejos al destete, el T2 (24 g de MPP/kg de alimento) destetó (8.1) uno más a diferencia del testigo, y 2 conejos más a diferencia del T3 (48 g/kg de alimento), debido tal vez a que la leche del T2 sea de

mejor calidad, y a que las reproductoras del T2 produjeron menos leche que las del tratamiento testigo.

El peso de los conejos al destete alrededor de los 850 g, fue similar al mencionado por Diosdado (**Cuadro 3**) y no se registró diferencia entre tratamientos, debido a que son animales en crecimiento y consumen suficiente alimento que cubre sus necesidades energéticas (Cheeke, 1995).

El peso corporal de las reproductoras al destete no fue diferente en ninguno de los tratamientos empleados (**Cuadro 2**), debido a que se encontraron dentro del peso promedio establecido para la raza (4.5 kg) (Martínez, 2004). Sin embargo, se observó en la ganancia de peso una tendencia ( $P < 0.15$ ) a que conforme la coneja reproductora tuviera más partos, la ganancia de peso fuera menor, esto puede ser debido al alto costo energético que demanda el crecimiento fetal durante el último tercio de gestación; por gestaciones y lactancias recurrentes, que fueron a la par, ya que 11 días postparto las conejas se vuelven a aparear; donde el coste energético para la producción de leche fue muy alto, ya que ésta es muy rica en grasa y proteína, y si el alimento no cubrió por completo las necesidades energéticas, conforme las conejas producían más, se movilizaron grasas y proteínas, reflejándose en pérdidas corporales para la reproductora (Xiccato y Trocino, 2010). Efecto que podría ser verificado en futuros experimentos con un mayor número de partos, para poder verificar esta hipótesis, debido a que en este experimento sólo se evaluaron tres partos de hasta ocho posibles.

La producción total de leche calculada durante los 21 días de lactación y empleando la fórmula de la **Figura 6**, manifestó que el tratamiento testigo se registró dentro del rango de producción diaria, con 208 g (200-300 g) mencionada por Cheeke (1995) y De Blas (2010), dentro de los valores y periodo de lactancia mencionados por Maertens y col. (2006) ( $3898 \pm 910$  g)., la mayor cantidad producida la registró el tratamiento testigo y la menor producción total fue para el tratamiento con mayor dosis de productos gluconeogénicos; esto debido a que la

adición de la mezcla aumentó la disponibilidad de los sustratos gluconeogénicos los cuales se metabolizaron como intermediarios de piruvato a glucosa, adaptando la energía necesaria para la producción de leche, incluso mejorando la calidad de ésta; lo que influyó en un menor estímulo para las reproductoras. La menor producción del T2 y T3 pudo deberse a que los gazapos obtenían a menor tiempo saciedad, por la posible mejora en la calidad de la leche, esto pudo ser posible pensando que la leche tuviese mayor cantidad de ácidos grasos, y por lo tanto, la liberación de péptidos como la colecistoquinina que responde a la ingesta de grasas y que tiene un efecto saciante (Huda y *col.*, 2006); ocasionando en las conejas un menor estímulo para la producción de leche; efectos (tiempo de amamantamiento y calidad de leche) que podrían ser revisados en futuras investigaciones.

Como mencionan Nicodemus y *col.*, en un estudio donde utilizaron propilenglicol al 2.5% en la dieta en sustitución del almidón, y disminuyeron la mortalidad al nacimiento en un 2.52%; en cambio para esta prueba se utilizó el 0.07% de propilenglicol (0.792 g de PG/kg de alimento) y la mortalidad al nacimiento disminuyó en un 2.95% para el caso del T2 con respecto al testigo.

**Cuadro 3. Recopilación de resultados obtenidos por diversos autores respecto a parámetros productivos de hembras reproductoras Nueva Zelanda Blanco**

Variable / Autor	Resultados experimentales, gMPP/kg de alimento			Neri, 2004	Diosdado, 2011
	0	24	48		
Peso del gazapo al nacimiento, g	59.6	64.7	67.5	70	64.8
Número de gazapos al nacimiento	9.5	9.5	8.9	7.2	7.32
Número de conejos destetados	7.2	8.1	6.3	7.0	6.2
Peso del conejo al destete, g	855.5	839.7	822.7	545.8*	871
Producción láctea total (21 días), g	4359	3985	3788	3600	ND
Mortalidad en la lactancia, %	12.17	4.26	12.89	2.3	4.07

\*Sistema intensivo, destete a los 28 días  
ND= No determinado

## **Conclusiones**

Con los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas, se puede concluir que el empleo de la mezcla de propionato de calcio y propilenglicol en la fase de reproducción, la dosis de 48 g MPP/ kg de alimento incrementó el peso al nacimiento y disminuyó el número de conejos al destete con respecto a una dieta sin la MPP.

El uso de MPP no afectó el número de gazapos nacidos vivos por camada, el porcentaje de nacidos muertos, el porcentaje de mortalidad en la lactancia, ni el peso al destete.

El uso de MPP durante la gestación de las conejas no afectó el peso corporal postparto o postdestete ni los niveles de glucosa en sangre de la coneja reproductora NZB. La dosis de 24 g MPP/kg de alimento, produjo menos leche que el testigo, destetó un conejo más en promedio por camada. Con 10 gazapos se alcanza la producción láctea máxima para la reproductora al día 17.

## **Experimento 2. Comportamiento productivo en la etapa de engorda**

### **Objetivos particulares**

1. Evaluar los parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, índice de conversión alimentaria y mortalidad) de la etapa de engorda de conejos NZB provenientes de conejas reproductoras alimentadas con diferentes niveles de propilenglicol y propionato de calcio (MPP).
2. Medir el rendimiento de la canal caliente y sus componentes (piel, cabeza, hígado y riñones) de conejos de engorda NZB alimentados con diferentes niveles de MPP.

### **Material y métodos**

Se emplearon 357 conejos NZB recién destetados de 35 días de edad, provenientes de las reproductoras del experimento 1, con un peso promedio de  $839.3 \pm 29.4$  g, los conejos fueron asignados a los tratamientos de acuerdo a la dosis manejada en la coneja reproductora. Para el T1 se asignaron 18 réplicas, con 7.2 conejos en promedio; para el T2 se asignaron 18 réplicas con 8.16 conejos en promedio conejos y para el T3 se asignaron 12 réplicas con 6.58 conejos en promedio, esto fue debido a que el tratamiento con la mayor inclusión de la MPP destetó menos gazapos (6.3 gazapos en promedio) **(Cuadro1)**.

Conforme las reproductoras de cada tratamiento destetaban los conejos cada semana (6 a 10 conejos/camada), las camadas fueron alojadas en jaulas del área de engorda en la misma nave, durante cinco semanas, máximo seis conejos por jaula, alimentados con el tratamiento que contenía la misma dosis de MPP que la madre. El agua y el alimento se ofrecieron a libertad.

Los tratamientos experimentales fueron:

Tratamiento 1. Testigo, dieta comercial para etapa de engorda (PC 16%, FC 16%, Grasa 3%).

Tratamiento 2. Dieta comercial, adicionada con 24 g de MPP/kg de alimento.

Tratamiento 3. Dieta comercial, adicionada con 48 g de MPP/kg de alimento.

Al inicio y cada semana se pesaron a los conejos durante el periodo de engorda (5 semanas) y posteriormente se calculó la ganancia de peso. Los conejos por jaula se colocaron dentro de una caja plástica (tipo Montreal cerrada 28 DM plast®, Guadalajara, México) con dimensiones de 60 cm x 40 cm x 28 cm, la cual fue colocada sobre una báscula electrónica (Torrey® L-PCR 20, México). A cada jaula se le colocaron dos comederos tipo tolva de lámina galvanizada, con capacidad para 1.300 kg de alimento aproximadamente. Se sirvió alimento cada tercer día o como fuera necesario. Se utilizó la misma báscula digital (que para el pesaje de los conejos) y una cubeta (plástica rígida 12) para el control del alimento servido y de los sobrantes por semana, para medir el consumo de alimento.

Al final de la engorda los conejos se pesaron en forma individual y se sacrificaron (202 conejos en total: 75, 67 y 60, para T1, T2 y T3 respectivamente), se insensibilizaron como lo menciona la NOM-033-SAG/ZOO-2014 y se pesaron en canal caliente, para obtener el rendimiento en canal, adicionalmente se pesó individualmente la piel, la cabeza, el hígado y los riñones.

## Diseño experimental

Al final del experimento a las variables obtenidas se les realizó un análisis conforme a un diseño completamente al azar donde:

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

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

$i$  = 0, 24 y 48g/kg de la Mezcla de propionato de calcio y propilenglicol (MPP)

$j$  = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

La diferencia entre las medias se comparó mediante la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$  con el programa computacional JMP ver 8.

## Resultados

Los resultados obtenidos para las variables productivas en la fase de engorda evaluadas durante 35 días, se muestran en el **Cuadro 4**.

**Cuadro 4. Resultados promedio de los parámetros productivos obtenidos a los 35 días de engorda de conejos Nueva Zelanda Blanco alimentados con dietas adicionadas a diferentes dosis de MPP**

g de MPP/ kg alimento	Consumo de alimento, g/conejo	Consumo diario, g	Ganancia de peso, g/conejo	Ganancia diaria de peso, g	Índice de Conversión Alimentaria kg:kg	Mortalidad, %
0	4513	129	1289.2	37	3.683	6.0
24	4659	133	1265.4	36	3.652	7.0
48	4433	127	1170.5	33	3.618	5.8
EEM	495	14	154.5	4	0.43	12.6

No se encontró diferencia estadística significativa ( $P>0.05$ )

Peso inicial de la prueba  $839.3 \pm 29.4g$

MPP=Mezcla de propionato de calcio y propilenglicol

EEM= Error estándar de la media

Los rangos para las variables productivas fueron: consumo de alimento de 4433 a 4659 g; ganancia de peso de 1170.5 a 1289.2 g; índice de conversión alimentaria de 3.618 a 3.683 kg: kg y para el porcentaje de mortalidad un rango de 5.8 a 7%. No se registró efecto de la adición de la MPP sobre estas variables ( $P>0.05$ ).

El rendimiento de la canal con cabeza, hígado y riñones (Canal A), o bien sin cabeza, hígado ni riñones (Canal B), fueron similares ( $P>0.05$ ), no se encontró efecto de la MPP sobre estas variables productivas (**Cuadro 5**).

La norma mexicana NMX-FF-105-SCFI-2005 clasifica las canales de conejo de acuerdo con la edad (9-14 semanas) y el peso al sacrificio (1,8-2,4 kg) como sigue: México Extra (hasta 77 días de edad, peso de la canal de 1-1,5 kg), México

1 (hasta 100 días y peso en canal de 0,9-1,8 kg) y México 2 (cualquier edad y peso en canal menor de 0,9 o mayor de 1,8 kg). En este experimento los tratamientos 1 y 2 se clasificaron como México Extra y el tratamiento 3 quedó clasificado como México 1.

Para la piel, la cabeza, el hígado y los riñones (**Cuadro 5**) no se observó un efecto de la MPP sobre estas variables ( $P>0.05$ ).

**Cuadro 5. Rendimiento en canal caliente de conejos NZB a los 70 días de edad alimentados con dietas adicionadas a diferentes dosis de MPP**

g de MPP/ kg alimento	% con respecto a la canal				Rendimiento, %	
	Piel	Cabeza	Hígado	Riñones	Canal A	Canal B
0	10.27	5.09	6.47	0.72	56.9	47.7
24	10.10	5.30	6.24	0.71	56.9	47.7
48	9.87	4.98	6.23	0.67	56.6	47.5
EEM	0.97	0.05	0.54	0.08	2.2	2.3

MPP=Mezcla de propionato de calcio y propilenglicol

EEM= error estándar de la media

A= con cabeza, hígado y riñones

B= sin cabeza, hígado ni riñones

## Discusión

Barbieri y *col.* en 2001, mencionan que si a los conejos se les administra una ingesta oral diaria de 8 ml de propilenglicol /kg de peso vivo (PV), durante 50 días consecutivos, este no presenta residuos en el organismo. Considerando una densidad para el propilenglicol de 1.04 g/ml se calculó un consumo de 3.43 ml de propilenglicol /kg de PV en el presente estudio, lo que sugiere que la dosis fue inferior a la que menciona aquel autor, mientras que, estuvo 5.24 veces por debajo de la dosis letal (18 ml de propilenglicol /kg de PV).

El consumo de alimento total para la etapa de engorda que se registró en este experimento fue de  $4535 \pm 495$  g, muy similar a lo mencionado por otros autores que realizaron experimentos en las mismas condiciones teniendo en promedio  $4083 \pm 484$  g (Tratamiento testigo) (**Cuadro 6**).

### **Cuadro 6. Recopilación de resultados obtenidos por diferentes autores respecto a parámetros productivos de la etapa de engorda (35 a 70 días) del conejo Nueva Zelanda Blanco**

Variable / Autor	Peso inicial, g	Ganancia total de peso, g	Consumo de alimento, g	ÍCA kg:kg	Rendimiento en canal, %	Mortalidad, %
0g MPP*	849	1289	4513	3.587	56.9	6.0
24g MPP*	822	1265	4659	3.650	56.9	7.0
48g MPP*	813	1170	4433	3.657	56.6	5.8
Flores, 2019	854	1300	4269	3.300	58.9	21.8
Diosdado, 2011	917	1329	4488	3.400	57.4	6.0
Vázquez, 2007	809	1506	3952	2.620	59.1	ND
Neri, 2007	734	1324	3407	2.570	51.0	10
Morales, 2003	917	1290	4301	3.350	58.62	ND

\*Resultados experimentales

ND: No determinado

ICA: Índice de Conversión Alimentaria

Para la ganancia total de peso en promedio por conejo, Morales en 2003 reportó una ganancia de 1290 g, mientras que Vázquez (2007) obtuvo 1506 g, y la ganancia obtenida en este experimento fue de 1289 g, en comparación con el

primer resultado no hubo diferencia, pero con el segundo autor la diferencia fue de 217 g, lo que pudo ser ocasionado por el tipo de dieta empleada, ya que en el experimento de Vázquez se hizo el alimento a partir de varios ingredientes y probablemente se cubrieron las necesidades nutricionales más eficientemente que con la dieta comercial utilizada en la presente investigación.

Al comparar la conversión alimentaria reportado por varios autores (Diosdado, 2011; y Flores, 2019) (3.30 y 3.40 kg:kg) (**Cuadro 6**), y la obtenida en esta prueba (3.58 kg:kg), los valores fueron muy cercanos, pero superiores a los reportados por Neri y Vázquez en 2007 (2.62 y 2.57 respectivamente), los primeros autores emplearon un alimento comercial y los segundos formularon las dietas a partir de varios ingredientes, posiblemente de mejor calidad, por lo que disminuyó el consumo de alimento y se incrementó la ganancia de peso.

La mortalidad en la etapa de engorda estuvo dentro de los parámetros mencionados por la literatura (4 a 10%) (Maertens y col., 2006). Fue menor a lo evaluado por dos de los investigadores (Flores, 2019; y Neri, 2007) (**Cuadro 6**).

En cuanto al rendimiento en canal caliente se obtuvo un porcentaje similar a lo obtenido por varios autores (Flores, 2019; Morales 2003; y Vázquez, 2007) (**Cuadro 6 y 7**) pero mayor a Neri en 2007, ya que la dieta elaborada por ese investigador tuvo gran cantidad de fibra, la cual puede repercutir en este parámetro ya que al aumentar el consumo de fibra se incrementa el peso del contenido gastrointestinal debido al aumento de tiempos de retención del alimento (Neri, 2007).

Se pudo observar en la canal, que cuanto más elevada era la dosis de MPP hubo menos depósitos de grasa a nivel perirrenal (**Figura 10**), esto posiblemente porque al utilizar la MPP, se aprovechó en mejor forma la energía que éstos proveen, reflejándose en un menor acúmulo de grasa.

**Cuadro 7. Peso de la canal caliente de conejos NZB a los 70 días de edad alimentados con dietas adicionadas a diferentes dosis de MPP**

Resultados experimentales/Autor	Peso vivo final, g	Peso en canal, g		
		A	B	C
0 g*	2210	1243	1152	1042
24 g*	2153	1237	1151	1036
48 g*	2014	1177	1096	990
Flores, 2019 (2g*)	2143	1202	1118	1004
Diosdado, 2011	2209	1132	ND	ND
Vázquez, 2007	2299	1386	1266	1151
Neri, 2007	2058	ND	ND	1014.6**
Morales, 2003	2221	ND	ND	ND

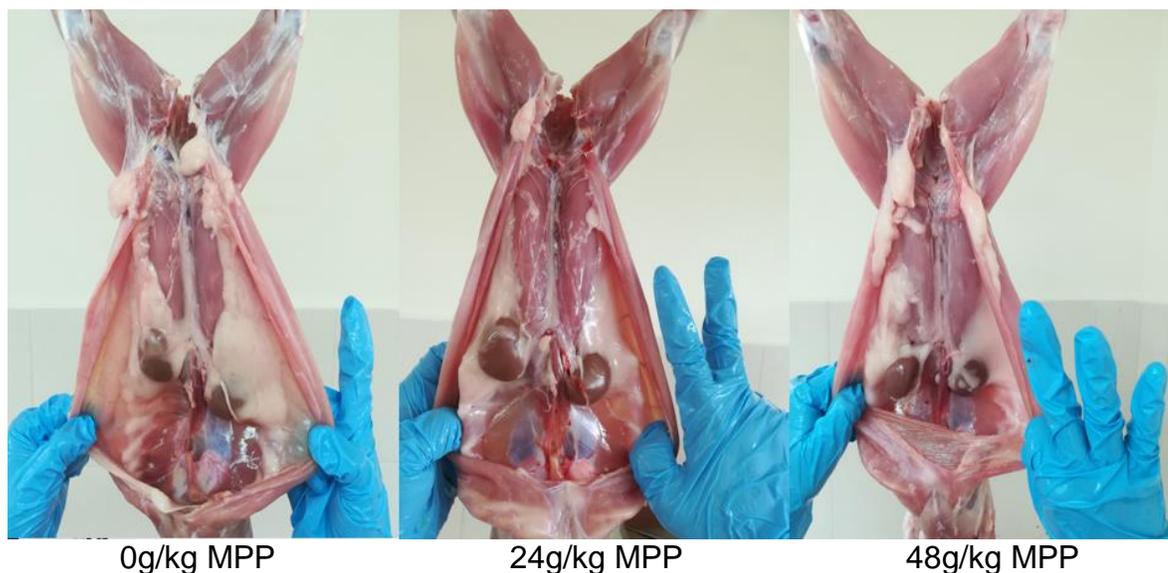
\*MPP=Mezcla de propionato de calcio y propilenglicol (g de MPP/kg de alimento)

\*\* incluye riñones en la canal

A= con cabeza, hígado y riñones

B= con cabeza y eviscerado

C=sin cabeza, hígado ni riñones



**Figura 10. Acumulación de grasa a nivel perirrenal en la canal de conejos alimentados con una dieta comercial adicionada con distinta dosis de MPP**

## **Conclusiones**

De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas, se puede concluir que el uso de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio a dosis de 24 y 48 g de MPP/kg de alimento, administrado a conejos de engorda y provenientes de reproductoras alimentadas con las mismas dosis durante 35 días, no mostraron diferencia en la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimentaria ni rendimiento en canal con respecto a una dieta sin la mezcla; debido a que son animales en crecimiento que consumen suficiente alimento, el cual cubre sus necesidades energéticas y posiblemente porque como animales jóvenes, su aparato digestivo aún no sea lo suficientemente maduro para metabolizar en mejor forma los sustratos gluconeogénicos.

## **Conclusiones generales**

1. El empleo de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuentes gluconeogénicas adicionadas en la dieta de conejas reproductoras NZB a una dosis de 24 g de MPP/kg de alimento, produjo mejores parámetros reproductivos.
2. La utilización de la mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuentes gluconeogénicas adicionadas en la dieta de conejos de engorda no tuvo efecto sobre los parámetros productivos ni en rendimiento en canal.

## REFERENCIAS

Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) U.S.A. 2017. Disponible en: <https://www.fda.gov/animal-veterinary/animal-health-literacy/pet-food-labels-general> [Consultado el 6 de febrero de 2017].

AnimalResearch.Info. Londres. 2014. Disponible en: <http://www.animalresearch.info/es/el-diseno-de-la-investigacion/animales-de-investigacion/conejo/> [Consultado el 6 de febrero de 2017].

Barbieri, S., Crimella, C., Hinzi, E y Luzi, F. 2001. "Rol del propilenglicol: pruebas experimentales en el conejo". *Lagomorpha*. 115, 46-52.

Bugaut M. 1987. "Ocurrence, absorption and metabolism of short chain fatty acids in the digestive tract of mammals". *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 86 (3): 439-472.

Carabaño, R., Piquer, J., Menoyo, D. y Badiola, I. 2010. "The digestive system of the rabbit" en De Blas, C., Wiseman, J., *Nutrition of the rabbit*. 2<sup>nd</sup>. Edition. CAB International. USA, UK. 1-7.

Carabaño, R., Fraga, R.J. 1989. "Coprofagia" en De Blas, C., *Alimentación del conejo*, 2<sup>a</sup>. Edición, Editorial Mundiprensa. 15-20.

Casas FN., y Cáez RG. 2011. "Cambios morfométricos y de calidad por aplicación de tres fuentes de calcio bajo tratamiento térmico suave en melón (*Cucumis melo* L.) fresco precortado". *Revista Mexicana de Ingeniería química*, 10 (3), 431-444.

Cheeke, R. 1995. *Alimentación y Nutrición del Conejo*; Acribia S.A. Zaragoza, España. 185-196, 352-356.

Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados (CONAFAB). 2019. "La industria alimentaria animal de México". Disponible en:

<http://conafab.org/informativos/anuario-estadistico> [Consultado el 13 de enero de 2020].

De Blas, C. 1989; *Alimentación del conejo*, 2ª. Edición, Editorial Mundiprensa. 61-68.

De Blas, C., Wiseman, J. 2010; *Nutrition of the rabbit*. 2<sup>nd</sup>. Edition. CAB International. USA, UK. 92-94.

Diosdado, EML. 2011. *Influencia del nivel de proteína en el alimento balanceado, sobre los parámetros productivos del conejo Nueva Zelanda Blanco*. Tesis de Licenciatura. UNAM, Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.

European Medicines Agency (EMA). 2014. "Background review for the excipient propylene glycol". Committee for Human Medicinal Products (CHMP): 6-12.

European Food Safety Authority. 2014. "Scientific opinion on the re-evaluation of propionic acid (E 280), sodium propionate (E281), calcium propionate (E 282) and potassium propionate (E 283) as food additives". *EFSA Journal*. 12 (7):1-45.

FAO-Base de datos estadísticos de la FAO (FAOSTAT). 2017. Base de datos. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL> [Consultado el 1 de marzo 2019].

Flores, GJA. 2019. *Respuesta productiva del conejo Nueva Zelanda Blanco al adicionar sustratos gluconeogénicos en el alimento*. Tesis de Licenciatura. UNAM, Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.

Fortun-Lamothe L., Gidenne T. 2000. "The effects of size of suckled litter on intake behaviour, performance and health status of young and reproducing rabbits". *Annales de Zootechnie*. 49(6): 517-529.

García, RMP. 2010. *Observatorio I+D+i UPM*. España. Disponible en: [http://www.upm.es/observatorio/vi/index.jsp?pageac=actividad.jsp&id\\_actividad=80822](http://www.upm.es/observatorio/vi/index.jsp?pageac=actividad.jsp&id_actividad=80822) [Consultado el 6 de febrero de 2017].

Goof, JP., Horst, RL., Jardon, PW., Borelli, C. and Wedam, J. 1996. "Field trials of an oral calcium propionate paste as an aid to prevent milk fever in periparturient dairy cows". *Journal of dairy science*. 79 (3): 378-383.

Gupta, RC. 2018. *Veterinary Toxicology*; Third edition. Academic Press. London. UK. 647-657.

Harper, HA. 2004. *Harper-Bioquímica ilustrada*; 26ª. Edición. El Manual Moderno. México, D.F. 137-183.

Hatch, M. and Geaghan, J. 1989. "Oxidative metabolism of rabbit and rat intestine with short chain fatty acids and glucose: an evaluation of data analysis". *Comparative Biochemistry and physiology. B, Comparative biochemistry*, 92(4): 779-786.

Herrera, GH. 2010. *Porcicultura*. Disponible en: <https://www.porcicultura.com/destacado/Sustratos-Gluconeog%C3%A9nicos-y-energ%C3%ADa-en-la-nutrici%C3%B3n-porcina> [Consultado el 1 de marzo 2019].

Huda, MSB., Wilding, JPH. and Pinkney, JH. 2006. "Gut peptides and the regulation of appetite". *Obesity Reviews* 7, 163-182.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica delegacional de los Estados Unidos Mexicanos Tláhuac, Distrito Federal.

Laber-Laird, K., Swindle M., Flecknell P. 1996. *Handbook of rodent and rabbit medicine*. Pergamon. Elsevier Science Ltd. UK. 217.

Lebas, F. 1996. *El conejo cría y patología*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 69-89

Leningher, AL. 2005. *Principios de bioquímica*; Ed. Omega. 4ª. Edición. Madrid España. 521-554.

Linares, GIG. 2017. *Adición de una mezcla de propilenglicol y propionato de calcio como fuente energética en dietas para gallinas de postura de segundo ciclo*. Tesis de Licenciatura. UNAM. Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.

Livas, CF. 2016. "Utilización del sustrato gluconeogénico lipofeed® y una levadura viva. Sobre el crecimiento de toretes suizo x cebú semiestabulados en el trópico seco veracruzano". *BM Editores*. Disponible en: <http://bmeditores.mx/utilizacion-del-sustrato-gluconeogenico-lipofeed-una-levadura-viva/> [Consultado el 6 de febrero de 2017].

Luzi F., Barbieri S., Lazzaroni C., Cavani C., Zecchini M., Crimella C. 2001. "Effets de l'addition de propylene glycol dans l'eau de boisson sur les performances de reproduction des lapines". *World Rabbit Science*.9 (1): 15-18.

Maertens L., Lebas F., Sendrö Zs. 2006. "Rabbit Milk: A review of quantity, quality and non-dietary affecting factors". *World Rabbit Science*, 14: 205-230.

Martínez, MA. 2004. *Cunicultura*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Martínez, MA. 2013. "El conejo: importancia en el mundo y usos principales" en Casanueva SFE, *Medicina y Zootecnia Cunícola II*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Educación Continua. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 9-29.

Mathews, CK. 2013. *Bioquímica*. 4ª. Edición. Pearson Educación. Madrid. 518-549.

McKee, T. McKee, JR. 2014. *Bioquímica La base molecular de la vida*. 5a. Edición McGraw-Hill Interamericana. Madrid-México. 287-301.

Medeles, ORJ. 2012. "Suplemento energético para producción animal". *Lipofeed*. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/15525073/leer-mas-prepec> [Consultado el 1 de marzo 2019].

Méndez SR. 2011. *Utilización de compuestos gluconeogénicos en la alimentación previo y posterior al empadre en cabras lecheras*. Tesis Profesional de Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Edo. de México.

Morales, AMA. 2003. *Efecto de la suplementación con forraje verde hidropónico de cebada sobre los parámetros productivos en conejos Nueva Zelanda blanco*. Tesis de Licenciatura. UNAM. Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.

Mular, PI. 2013. *Influencia del flushing nutricional con propilenglicol sobre la prolificidad y el desarrollo embrionario preimplantacional en conejo*. Tesis de Máster. Universitat Politècnica de València.

Müller-Esterl, W. 2008. *Bioquímica Fundamentos para Medicina y Ciencias de la Vida*. Reverté. Barcelona-México, 499-520.

Murray RK. 1994. *Bioquímica de Harper*. Manual Moderno. México.

Neri, HA. 2004. *Valoración del comportamiento reproductivo y productivo en conejas reproductoras Nueva Zelanda Blanco con la inclusión de Chía (Salvia hispanica L.)* Tesis de Licenciatura. UNAM, Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.

Neri, HA. 2007. *Evaluación en el desempeño productivo y propiedades fisicoquímicas en carne de conejo de engorda Nueva Zelanda Blanco, con diferentes niveles de inclusión de Chía (Salvia hispanica L.)* Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

Nicodemus N., Gómez Conde MS., Chamorro S., Rodríguez GJD., García J., De Blas JC. 2005. Efecto de la adición de propilenglicol en el pienso sobre los rendimientos de conejas reproductoras. *XXX Symposium de Cunicultura de ASESCU*, Valladolid, España.107-113.

Nielsen, NI and Ingvarsten, KL. 2004. "Propylene glycol for dairy cows. A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis". *Animal Feed Science and Technology*. 191-213.

Norma Mexicana M. [10 oct 2005]. NMX-FF-105-SCFI-2005. Productos pecuarios – carne de conejo en canal – calidad de la carne – clasificación. México DOF-Secretaría de Economía.

Norma Oficial Mexicana, M. [26 ago 2015]. NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. México: DOF-Segob.

Norma Oficial Mexicana, M. [6 dic 1999]. NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. México: DOF-Segob.

Olmo M. 2017. *Hyperphysics*. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Biology/etrans.html> [Consulta: 18 de enero de 2020].

Özkan C., Kaya A., Akgül Y. 2012. "Normal values of haematological and some biochemical parameters in serum and urine of new zealand white rabbits". *World Rabbit Science*.20: 253-259.

Pérez MM, De Ita PD y Díaz MM. 2012. "Gluconeogénesis: una visión contemporánea de una vía metabólica antigua". *REB*. 31(1): 10-20. Disponible en: [http://bq.unam.mx/wikidep/uploads/Reb/Reb\\_V031\\_No01\\_2012\\_03Mar\\_c.pdf](http://bq.unam.mx/wikidep/uploads/Reb/Reb_V031_No01_2012_03Mar_c.pdf) [Consultado el 6 de febrero de 2017]. Citado el 1 de marzo de 2012.

Plan Rector Sistema Producto Conejos. 2012. Comité Sistema Producto Cunicola del Distrito Federal. Disponible en: <http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/EPT%20COMITE%20SISTEMA%20PRODUCTO%20CUNICOLA%20DF/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PRO>

GRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR\_CUNICOLA\_DF\_2012.pdf [Consultado el 4 de febrero de 2017].

Reece, WO. 2004. *Dukes Fisiología de los animales domésticos*. 12ª. Edición. Zaragoza, España. ACRIBIA S.A. 585-586.

Romers, JM., Kemp, B., Meijerhof, R., Noordhuizen, JPTM. 1999. "Rearing management of rabbit does: A review". *World Rabbit Science* 7:125-138.

Salvatto, MV. 2018. *Studocu*. Disponible en: <https://www.studocu.com/en/document/universidad-de-la-republica/biologia-celular-y-molecular/summaries/gluconeogenesis-resumen/2615956/view> [Consultado el 19 de enero 2020].

Secretaría de Agricultura, Ganadería y desarrollo Rural. 2016. *Impulsa SAGARPA producción de carne de conejo inocua*. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC0143-25.aspx> [Consulta: 5 de febrero de 2017].

Vázquez, GMC. 2007. *Respuesta productiva del conejo de engorda Nueva Zelanda Blanco al sustituir harina de alfalfa por pasta de cártamo*. Tesis de Licenciatura. UNAM, Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.

Xiccato, G., Trocino A. 2010. "Energy and protein metabolism and requirements" en De Blas C, Wiseman J. *Nutrition of the rabbit*. 2<sup>nd</sup>. Edition. CAB International. USA, UK. 83-111.