

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Efecto de la complementación con un precursor gluconeogénico sobre los
metabolitos sanguíneos en ovejas sincronizadas al estro

Por:

José Antonio Neri Hernández

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Efecto de la complementación con un precursor gluconeogénico sobre los
metabolitos sanguíneos en ovejas sincronizadas al estro

Por:

José Antonio Neri Hernández

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

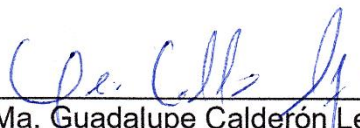
Aprobada por:



Dr. Oscar Ángel García
Presidente



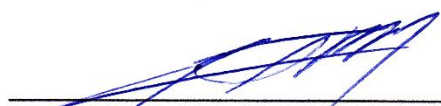
Dr. Fernando Arellano Rodríguez
Vocal



Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Vocal



Dr. Edgar Díaz Rojas
Vocal Suplente



MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Efecto de la complementación con un precursor gluconeogénico sobre los
metabolitos sanguíneos en ovejas sincronizadas al estro

Por:

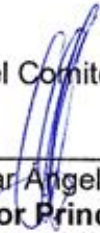
José Antonio Neri Hernández

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Oscar Ángel García
Asesor Principal

F. A. H. R.

Dr. Fernando Arellano Rodríguez
Coasesor



Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino
Coasesor



MVZ Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



AGRADECIMIENTOS

A DIOS por el entendimiento y la paciencia necesaria para superar cada reto y cada obstáculo durante mi carrera universitaria.

A mis padres que con cariño y gratitud este logro no es solo mío, también es de ustedes, porque detrás de cada desvelo y sacrificio siempre estuvieron con su apoyo y confianza incondicional.

A mi asesor de Tesis el Dr. Oscar Ángel García por su el tiempo brindado y el apoyo constante en el trabajo realizado. Sus observaciones y enseñanzas me motivaron a esforzarme siempre por dar lo mejor de mí y a superar cada desafío que se presentó en el camino.

A mis compañeros de licenciatura al haber dejado una huella especial en esta etapa, contribuyendo en mi formación académica. Me llevo grandes recuerdos, aprendizajes y amistades que espero conservar a lo largo del tiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE DE CONTENIDO	ii
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.	iii
RESUMEN	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Enfoque general de la nutrición	3
2.2 Efectos sobre la suplementación sobre los metabolitos sanguíneos.	4
2.2.1 Glucosa.....	5
2.2.2 Cuerpos cetónicos.....	5
2.2.3 Balance energético negativo.....	6
2.2.4 Glucogénesis	8
2.2.5 Gluconeogénesis.....	8
2.3 Uso del precursor de energía.....	9
2.3.1 Propionato de calcio.....	10
2.3.2 Propilenglicol	11
2.3.3 Propionato de sodio	11
2.3.4 Glicerol.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Localización del área de estudio y manejo de los animales	14
3.2 Tratamiento de los animales	15
3.3 Variables evaluadas	16
3.3.1 Peso y condición corporal	16
3.4.1 Análisis estadístico.....	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN	21
VI. CONCLUSIONES	22
VII. LITERATURA CITADA	23

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.

Cuadro 1 Medias ($\pm$ DESVST) para peso corporal y condición corporal de ovejas tratadas con un precursor de glucogénico (Lipofeed®) u ovejas sin tratar (Control) durante 7 días y sincronizadas el estro. 18

Figura 1 Media ($\pm$ DESVST) de glucosa sanguínea de ovejas tratadas con un precursor glucogénico (Lipofeed®) u ovejas sin tratar (Control) durante 7 días y sincronizadas el estro. ns= no significativo ($P>0.05$) 19

Figura 2 Media ($\pm$ DESVST) de cuerpos cetónicos en sangre de ovejas tratadas con un precursor glucogénico (Lipofeed®) u ovejas sin tratar (Control) durante 7 días y sincronizadas el estro. ns= no significativo ($P>0.05$) 19

Figura 3 Media ($\pm$ DESVST) de proteína total en suero de ovejas tratadas con un precursor glucogénico (Lipofeed®) u ovejas sin tratar (Control) durante 7 días y sincronizadas el estro. ns= no significativo ($P>0.05$) 20

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar el efecto de la complementación con un precursor gluconeogénico sobre los metabolitos sanguíneos de ovejas Dorper sincronizadas al estro. Se trabajó con 19 hembras ovinas de la raza Dorper (de 2 a 4 años de edad), uniformes en cuanto a peso vivo (PV; 44.3 ± 3.5 kg) y condición corporal (CC; 2.8 ± 0.1 unidades). Las ovejas se distribuyeron sin un orden preestablecido y fueron clasificadas en 2 grupos: el primer grupo (Tratado; n=10) recibió 50 mL de un precursor de energía (Lipofeed®) que contiene el 11.2% de propionato de sodio y el 4% de 1-2 propilenglicol (127.3 y 101.8 MCal/Kg de EM y EN, respectivamente), al mismo tiempo el segundo grupo (Control; n=9) no recibió complementación alguna. El PV (44.4 ± 3.6), la CC (2.8 ± 0.1), no presentaron cambios significativos por el tratamiento ($P > 0.05$). De la misma manera, los niveles de GLUC (44.3 ± 1.7) y CCET (0.24 ± 0.0) no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$) entre tratamientos. Estos hallazgos del presente estudio evidencian que la administración oral por 7 días con un precursor gluconeogénico no afecta las concentraciones de glucosa y proteína total. En conclusión, la complementación con un precursor de energía no afectó las concentraciones de metabolitos sanguíneos en ovejas Dorper sincronizadas al estro.

Palabras clave: Propionato de sodio, Glucosa, Proteína total, Ovejas

I. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de poder mejorar el aprovechamiento de los alimentos por parte del animal, y cubrir adecuadamente las demandas nutricionales por parte del animal y poder producir alimento para la humanidad. Existen varias alternativas que mejoran el plano nutricional en rumiantes (Valverde *et al.*, 2023). Los precursores de glucosa (GLUC), compuestos que favorecen la activación de rutas metabólicas encargadas de generar energía y otros metabolitos cuya función es optimizar la utilización de los ingredientes de una ración estimulando la gluconeogénesis que se lleva a cabo en principalmente el hígado, de esta vía se genera GLUC como fuente de energía para llevar a cabo los procesos fisiológicos como son la reproducción, la ganancia de peso vivo y producción de leche (Chiofalo *et al.*, 2005; Mohammed *et al.* 2021; Alon *et al.*, 2020).

La GLUC es un nutriente clave para la producción de energía ya que aporta casi el 80% de la energía metabolizable consumida por los animales (Flores- Santiago *et al.*, 2022). Las enfermedades metabólicas que ocurren principalmente durante el inicio de lactancia en rumiantes con alta producción de leche se deben a la alta demanda de energéticas y a el bajo consumo dietario de carbohidratos, así como a alteraciones en los mecanismos de adaptación del balance energético negativo (BEN), esto da lugar a niveles elevados de cuerpos cetónicos en los tejidos y fluidos corporales (Alon *et al.*, 2020; Mohammed *et al.* 2021). Durante este período se observa una disminución que conlleva a alteraciones de la dinámica de los folículos, así como, la calidad de los

ovocitos, la ingesta y la utilización de los alimentos, además de los perfiles de metabolitos y hormonales (Mohammed *et al.* 2021).

Los aditivos alimentarios y la estrategia de manejo durante este período son factores importantes y críticos con el fin de mejorar el uso de los nutrientes del alimento, la salud corporal a través de los valores sanguíneos y de metabolitos, la producción y composición de la leche, y la restauración de la actividad ovárica en pequeños rumiantes (Mohammed *et al.* 2021).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Enfoque general de la nutrición

En el ámbito de los pequeños rumiantes existe un creciente interés por evaluar y optimizar los sistemas de producción y su impacto ambiental. Esto se debe a su gran capacidad de adaptación a diversos ecosistemas y al aprovechamiento de una amplia variedad de recursos forrajeros. Además, el pastoreo aporta beneficios tanto productivos y económicos como ambientales (Chávez *et al.*, 2022).

Los ovinos y caprinos destacan por su eficiencia en el aprovechamiento de los forrajes en comparación con otras especies pecuarias. Para lograr niveles adecuados de producción, es indispensable que su dieta proporcione un equilibrio apropiado entre energía y proteína (Pacheco y Jerónimo, 2023). La ovinocultura constituye una de las actividades ganaderas de mayor relevancia en las zonas rurales, ya que permite convertir subproductos agrícolas y residuos de cosecha en alimentos de alto valor biológico y económico, contribuyendo al sustento de numerosas familias dedicadas a esta actividad (Herrera *et al.*, 2019).

La alimentación de los rumiantes en las zonas tropicales se basa principalmente en el consumo de gramíneas mediante el pastoreo. A lo largo del año, la cantidad y calidad de estos forrajes varían, por lo que los sistemas de alimentación deben ajustarse a los requerimientos energéticos de los animales y a la capacidad de uno o varios alimentos para satisfacer sus necesidades nutricionales según la especie y su estado fisiológico. La principal fuente de energía en los rumiantes se obtiene en el rumen mediante la fermentación anaerobia de los carbohidratos contenidos en la dieta. Este proceso es

llevado a cabo por microorganismos ruminales, los cuales generan energía para su crecimiento y producen simultáneamente ácidos grasos volátiles, metano, dióxido de carbono y calor como productos de la fermentación (Vera *et al.*, 2014).

2.2 Efectos sobre la suplementación sobre los metabolitos sanguíneos

La suplementación energética suministrada a las cabras en la etapa de preñez, especialmente el último tercio de la gestación no produjo cambios significativos en las concentraciones séricas de glucosa, Esto nos sugiere que, aunque la suplementación no genere un efecto evidente, las elevadas demandas energéticas propias de la gestación obligan a las cabras a movilizar sus reservas corporales para asegurar el adecuado crecimiento fetal, favorecer un peso adecuado al nacimiento y garantizar la producción de calostro. Esta movilización podría explicar ser la disminución o el mantenimiento de bajas concentraciones de glucosa sérica observadas en este periodo (García *et al.*, 2021).

En las cabras manejadas en sistemas de pastoreo, las variaciones estacionales tienen un efecto importante sobre los parámetros sanguíneos. Durante la temporada invernal suelen registrarse mayores carencias nutricionales, principalmente en animales en etapa de crecimiento y producción. Por esta razón, es indispensable adecuar las prácticas de manejo y proporcionar suplementación en los periodos donde el forraje es limitado o presenta baja calidad, con el propósito de conservar la salud y favorecer un adecuado rendimiento del hato (García- Sánchez *et al.*, 2023).

2.2.1 Glucosa

La glucosa una de las fuentes de energía para tejidos con alta demanda metabólica, como el cerebro y los eritrocitos. Además, actúa como precursor principal para la producción de lactosa en la glándula mamaria. Su concentración en sangre se regula mediante la acción hormonal: la insulina favorece su captación por los tejidos, el glucagón promueve la degradación del glucógeno y la gluconeogénesis, mientras que la somatotropina prioriza el transporte de glucosa hacia la glándula mamaria (Bedoya Mejía *et al.*, 2012).

La glucosa cumple una función esencial en la síntesis y actividad celular, ya que actúa como una fuente energética indispensable para el mantenimiento del metabolismo fisiológico en los animales. En los rumiantes, los microorganismos presentes en el rumen degradan los alimentos y generan metabolitos como ácidos grasos volátiles (AGV), proteínas y vitaminas. Posteriormente, estos compuestos son transportados desde el rumen hacia el hígado mediante el eje intestino-hígado, donde intervienen en la producción de glucosa mediante el proceso de gluconeogénesis llevado a cabo por los hepatocitos (Zhu *et al.*, 2025).

2.2.2 Cuerpos cetónicos

En el periodo de parto, las cabras con hipercetonemia subclínica, caracterizada por concentraciones elevadas de β -hidroxibutirato (BHBA), presentan un mayor nivel de estrés oxidativo en comparación con animales sanos. Esto ocurre debido a la intensa movilización de grasa corporal y a la acumulación de cuerpos cetónicos. El

incremento de BHBA se relaciona con daño oxidativo y alteraciones en los sistemas antioxidantes, lo que evidencia un mayor esfuerzo metabólico para conservar el equilibrio fisiológico. Por ello, el monitoreo de BHBA junto con marcadores oxidativos durante el parto puede ser útil para detectar cabras en riesgo y prevenir trastornos metabólicos que afecten su salud y productividad (Huang *et al.*, 2021).

2.2.3 Balance energético negativo

El BEN es un proceso de adaptación fisiológica, el BEN estimula la lipomovilización en forma de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y, posteriormente, de beta-hidroxibutirato (BHB) en la sangre, considerado el tipo más abundante (78%) de cuerpos cetónicos producidos por el hígado, para compensar la deficiencia energética (El-Kasrawy *et al.*, 2020). Un nivel elevado de cuerpos cetónicos en los fluidos corporales indica una lipomovilización excesiva y suele asociarse con inapetencia y disminución de la producción de leche. Cuando el ganado lechero no logra superar este desafío, aparecen trastornos metabólicos e infecciosos que afectan su rendimiento productivo y reproductivo. En un intento por minimizar el BEN, disminuir la lipomovilización y reducir la incidencia y gravedad de la cetosis en los rebaños lecheros, la evaluación de la suplementación con precursores gluconeogénicos en la dieta de las vacas en transición ha recibido gran atención.

El balance energético negativo (BEN) constituye uno de los problemas más importantes que afectan a las vacas durante el periodo posparto, ya que la energía requerida para producción de leche supera la cantidad de energía consumida. Esta

situación ocurre porque la vaca debe cubrir tanto sus requerimientos nutricionales como los del ternero. El BEN puede evaluarse mediante la condición corporal, ya que durante la lactancia es común que las vacas experimenten una pérdida de reservas corporales. Asimismo, la alteración en el equilibrio de minerales esenciales necesarios para el adecuado funcionamiento reproductivo está estrechamente relacionada con el BEN, lo que incrementa la probabilidad de presentar trastornos reproductivos (Huerta-Vargas 2019).

Por otro lado, se conoce que la hipoglucemia y la hipercetonemia son los principales indicadores de enfermedades metabólicas, entre ellos la toxemia de la preñez en ovejas debido a la alta demanda de energía. De esta manera, los tratamientos utilizados tienen como objetivo principal proporcionar precursores glucogénicos, con el único fin de que puedan aumentar la GLUC sanguínea, reduzcan la lipomovilización y disminuyan los niveles de BHB. Los precursores glucogénicos que se consideran son el propilenglicol (1,2-propanodiol) y el glicerol (1,2,3-propanotriol), siendo los tratamientos más comunes para las ovejas con síntomas de toxemia de la preñez (Alon *et al.*, 2020).

2.2.4 Glucogénesis

La glucogénesis es una vía metabólica encargada de convertir la glucosa en glucógeno, la principal forma de reserva energética en los animales. Este mecanismo anabólico permite unir moléculas de glucosa para formar estructuras más complejas de glucógeno. Su lleva a cabo principalmente en el hígado y, en menor medida, en tejido muscular, favoreciendo el almacenamiento de glucosa cuando existe una concentración elevada en la sangre. En los rumiantes, debido a que la absorción intestinal directa de glucosa es reducida por la intensa fermentación ruminal, la formación de glucógeno depende en gran medida de la glucosa producida por gluconeogénesis hepática a partir de precursores como el propionato, los aminoácidos y el lactato (Cortez-Suárez *et al.*, 2024).

2.2.5 Gluconeogénesis

La gluconeogénesis cumple una función esencial para mantener la homeostasis de la glucosa cuando el suministro nutricional resulta insuficiente. En los rumiantes, los carbohidratos consumidos son fermentados de manera eficiente en el rumen para producir ácidos grasos de cadena corta; por esta razón, tras el destete, gran parte de sus necesidades de glucosa se satisfacen mediante la producción endógena de este compuesto a través de la gluconeogénesis (Aschenbach *et al* 2010).

Los precursores gluconeogénicos pueden estimular la síntesis de glucosa, incrementar su concentración en el torrente sanguíneo y disminuir la utilización de las reservas lipídicas del organismo. Entre los más utilizados se encuentran el propilenglicol (PG) y

el glicerol (G). Aunque el glicerol genera un aumento más rápido de la glucosa plasmática, el propilenglicol permite mantener concentraciones elevadas de glucosa durante un periodo más prolongado después de su administración. No obstante, el suministro de cantidades elevadas de PG (superiores a 500 g/día) puede ocasionar efectos adversos en los animales, posiblemente debido a la formación de gases con contenido de azufre durante su fermentación ruminal. Además, el propilenglicol puede transformarse en propionato dentro del rumen o ser absorbido y posteriormente convertido en glucosa a nivel hepático (Rodríguez-Valverde *et al.*, 2023).

2.3 Uso del precursor de energía

En cuanto al empleo de precursores energéticos, aditivos metabólicos y micronutrientes como el propilenglicol, los propionatos, la colina y la metionina protegida, estos contribuyen significativamente a optimizar el estado energético de los rumiantes. Su suplementación favorece la reducción de los niveles de NEFA y BHBA, lo que resulta fundamental para mitigar el balance energético negativo y disminuir el riesgo de trastornos metabólicos asociados al periodo posparto. Por esta razón, dichos compuestos son considerados estrategias nutricionales esenciales para promover la homeostasis metabólica y mejorar el desempeño reproductivo en los sistemas de producción animal (Grijalva y López., 2026).

2.3.1 Propionato de calcio

El propionato de calcio, cuya fórmula química es $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Ca}$, corresponde a una sal orgánica obtenida mediante la reacción entre el ácido propiónico y el hidróxido de calcio. Este compuesto puede encontrarse en forma de polvo o como cristales. Aunque genera soluciones de naturaleza alcalina, su capacidad para inhibir el crecimiento bacteriano, conocida como efecto bacteriostático, es más efectiva en medios ácidos. Para su producción se emplean diversas fuentes de calcio, entre ellas el carbonato de calcio (CaCO_3), el óxido de calcio (CaO), el hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ y materiales naturales como cáscaras de huevo u ostras. Posteriormente, estos materiales reaccionan con ácido propiónico y el producto resultante es sometido a etapas de concentración, secado y deshidratación hasta obtener el compuesto final (Zhang *et al.*, 2020).

En los rumiantes, el ácido propiónico constituye una fuente importante para la producción de glucosa. En este sentido, la suplementación con propionato de calcio constituye una estrategia nutricional para incrementar la disponibilidad de glucosa mediante el aporte de una fuente externa. Se ha observado que la inclusión de este compuesto mejora la producción de leche y modifica diversas rutas metabólicas vinculadas al metabolismo de los ácidos grasos en ovejas en lactación (Pérez-Segura *et al.*, 2025).

2.3.2 Propilenglicol

La inclusión de propilenglicol en la dieta de cabras productoras de leche sometidas a altas temperaturas no se tradujo en mejoras apreciables en el volumen de leche obtenido ni en la concentración de proteína láctea. Aun así, este compuesto favoreció el equilibrio energético de los animales, ya que elevó los niveles circulantes de glucosa e insulina y redujo las concentraciones de ácidos grasos no esterificados y β -hidroxibutirato. Estos cambios sugieren una menor dependencia de las reservas corporales como fuente de energía. De igual manera, las cabras suplementadas presentaron una menor reducción de peso corporal. Sin embargo, se observó un descenso en el contenido de grasa de la leche, por lo que se plantea la necesidad de administrar cantidades más bajas de propilenglicol que permita aprovechar sus efectos positivos sobre el metabolismo sin deteriorar las características del producto final (Hamzaoui *et al.*, 2020).

2.3.3 Propionato de sodio

La suplementación de la dieta con propionato de sodio (NaPr) favorece la reserva de energía en las vacas, mejora las características de la leche e incrementa la deposición de grasa corporal. Asimismo, contribuye a reducir las consecuencias del balance energético negativo (BEN) durante la etapa posparto en bovinos lecheros (Jiang *et al.*, 2025).

Por otra parte, en el estudio realizado por Velázquez-Cruz *et al.* (2016), se analizó el reemplazo del 10.0 % del grano mediante la inclusión de 1.0 % de propionato de sodio

en corderos en fase de engorda. Los resultados indicaron que esta estrategia no generó cambios en el consumo de alimento, la ganancia de peso, la eficiencia de conversión alimenticia ni en el peso final de los animales.

2.3.4 Glicerol

La suplementación con propilenglicol en cabras lecheras sometidas a estrés térmico no generó aumentos importantes en la producción ni en el contenido proteico de la leche. Sin embargo, favoreció el estado energético de los animales, evidenciado por el incremento de glucosa e insulina en sangre, así como por la disminución de ácidos grasos no esterificados y β -hidroxibutirato, lo que sugiere una menor movilización de reservas corporales. Además, el propilenglicol ayudó a reducir la pérdida de peso corporal. A pesar de ello, se detectó una disminución en el porcentaje de grasa láctea, por lo que se recomienda evaluar dosis más bajas que permitan conservar los beneficios metabólicos sin afectar la calidad de la leche (Cabrera, 2019).

HIPÓTESIS

La complementación con un precursor gluconeogenico aumentará los niveles de glucosa y reducirá los cuerpos cetónicos en ovejas sincronizadas al estro.

OBJETIVO

Evaluar si el uso de un precursor gluconeogénico aumenta los niveles de glucosa y reduce los cuerpos cetónicos en ovejas sincronizadas al estro.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

General

Todos los procedimientos y manejo de las unidades experimentales empleados en esta investigación se llevaron a cabo conforme a las normas nacionales e internacionales relacionadas con el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002).

3.1 Localización del área de estudio y manejo de los animales

La investigación se llevó a cabo en la unidad ovino-caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. El periodo experimental se comprendió en los meses de febrero y abril del 2025, coincidiendo con la temporada reproductiva. El sitio de estudio está situado a una altitud 1120 msnm, presenta una precipitación media anual de 230 mm y una temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2023).

Durante el desarrollo del experimento, las ovejas recibieron alimento dos veces al día (800 y 1800 h) con pacas de heno de alfalfa (22% PC) y 1.5 Mcal de energía metabolizable (EM)/ kg de MS para cubrir sus requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Las hembras permanecieron en corrales con medidas de 9 x 5 mts, equipados con áreas de sombra y bajo un sistema de manejo intensivo.

3.2 Confirmación del estatus de anestro

Las ovejas fueron evaluadas mediante ecográfica transrectal realizada por un técnico capacitado, utilizando un ultrasonido Chison ECO2, Chison de México en tiempo real con un transductor lineal de 2.5 a 11.0 MHz. Durante la exploración, las hembras se encontraban en una trampa de metal especial para el manejo adecuado. Se colocó una porción de gel conductivo hipoalérgico sobre el transductor como medio de resolución para optimizar la calidad de la imagen. Una vez identificados los cuernos uterinos, el transductor se 90° en el sentido de las agujas del reloj y 180° en el sentido contrario a las agujas del reloj a lo largo del tracto reproductivo hasta localizar claramente ambos ovarios determinar su actividad funcional. Todas las ovejas fueron sincronizadas al estro utilizando una dosis de 75 mg de prostaglandina (D-Cloprostenol, Sanfer.) con un intervalo de 7 días, y al momento del retorno se le administró 200 UI de Gonadotropina coriónica equina (Chorolum®, Intervet México) vía IM.

3.2 Tratamiento de los animales

Se utilizaron 19 hembras ovinas raza Dorper (de 2 a 4 años de edad), uniformes en cuanto a peso vivo (PV; 44.3 ± 3.6 kg) y condición corporal (CC; 2.8 ± 0.1 unidades) según escala de Russel et al. (1993).

Las ovejas fueron distribuidas aleatoriamente y separadas en 2 grupos: un primer grupo (Tratado; n=10) recibió 50 mL de un precursor de energía (Propionato de sodio

11.2%. 1-2 propilenglicol 4%) (127.3 y 101.8 (MCal/Kg de EM y EN), mientras que el segundo grupo (Control; n=9) no recibió ninguna complementación. El tratamiento se aplicó durante 7 días previos al empadre.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Peso y condición corporal

El peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) fueron registrados al comienzo del estudio y posteriormente cada 7 días durante el periodo experimental. La evaluación de la CC se realizó mediante una escala de 1 a 5, donde 1 correspondió a animales muy delgados y 5 a animales con exceso de condición corporal, de acuerdo con la metodología descrita por Walken-Brown *et al.* (1993). Para medir el PV se empleó una báscula digital Torrey® modelo EQM 400-800, con una capacidad máxima de 400 kg.

3.3.2 Niveles de glucosa y proteína total

Se determinaron los niveles de glucosa sanguínea (GS) y proteína total (PT) al inicio y posteriormente cada 7 días del periodo experimental; para lo cual se utilizó un glucómetro (Accu-Chek® Active) y que consistió en la toma de muestra de sangre por venopunción yugular (10 µl) a través de una tira reactiva para GS y los resultados se expresaron en mg/ dL, mientras que para la determinación de PT se recolectaron muestras a través de tubos vacutainer de 5 mL por venopunción yugular y posteriormente fueron centrifugados a 3500 rpm. y se utilizó una muestra de suero (20 microlitros) en un refractómetro (CVQ- 30301 VET) y los resultados se expresaron en mg por cada 100 mL.

3.3.3 Cuerpos cetónicos

Los cuerpos cetónicos se midieron directamente en sangre colocando una gota de la misma en un glucómetro portátil FreeStaley Optium B-Ketone, para lo cual se utilizó un glucómetro (Accu-Chek® Active). Para ello se obtuvieron muestras sanguíneas mediante venopunción yugular (10 µl) a través de una tira reactiva para cetonas y los resultados se expresaron en mmol/dL.

3.4.1 Análisis estadístico

La información recopilada fue evaluada mediante un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento del Modelo Lineal General (GLM). Las medias correspondientes a peso vivo, condición corporal, glucosa, cuerpos cetónicos y proteína total se compararon mediante la prueba *t*. El procesamiento estadístico se efectuó con el software SAS (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA, V9.1). Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas a un valor de $P \leq 0.05$.

IV. RESULTADOS

Los resultados para peso vivo y metabolitos sanguíneos se muestran en el cuadro 1. No se encontraron diferencias para PV (44.4 ± 3.6 ; $P > 0.05$), ni para la CC (2.8 ± 0.1 ; $P > 0.05$) para ambos tratamientos. De la misma manera las concentraciones de glucosa sanguínea (44.3 ± 1.7) no mostraron diferencias.

Cuadro 1 Medias ($\pm$ DESVST) para peso corporal y condición corporal de ovejas tratadas con un precursor de glucogénico (Lipofeed®) u ovejas sin tratar (Control) durante 7 días y sincronizadas el estro.

Variables	Inicio		Final	
	Tratado (n=10)	Control (n=9)	Tratado (n=10)	Control (n=9)
Peso corporal (kg)	43.4 ± 12^a	45.1 ± 9.7^a	43.4 ± 11.8^a	45.5 ± 9.1^a
Condición corporal (1-5, unidades)	2.7 ± 0.4^a	2.9 ± 0.4^a	2.7 ± 0.4^a	2.9 ± 0.2^a

^{a,b} Literales desiguales entre columnas difieren a $P < 0.05$

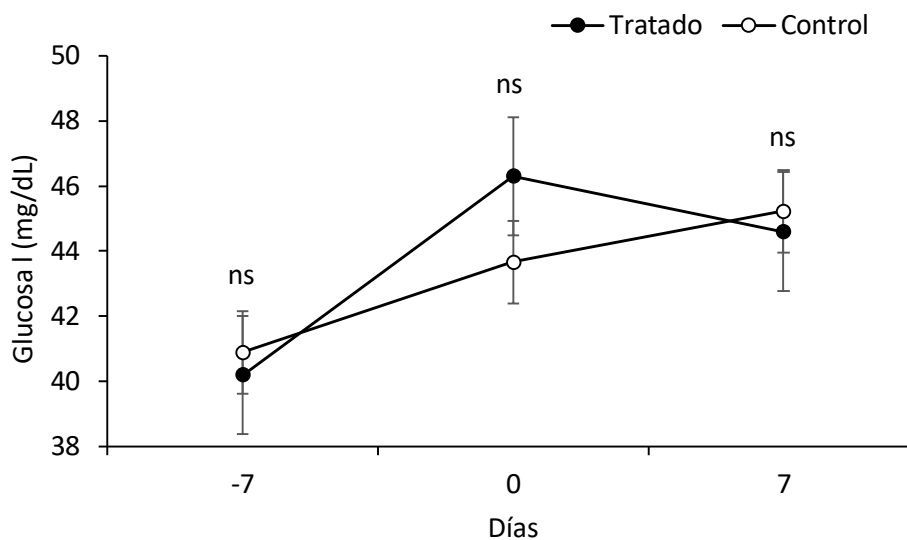


Figura 1 Media ($\pm$ DESVST) de glucosa sanguínea de ovejas tratadas con un precursor glucogénico (Lipofeed®) u ovejas sin tratar (Control) durante 7 días y sincronizadas el estro. ns= no significativo ($P>0.05$)

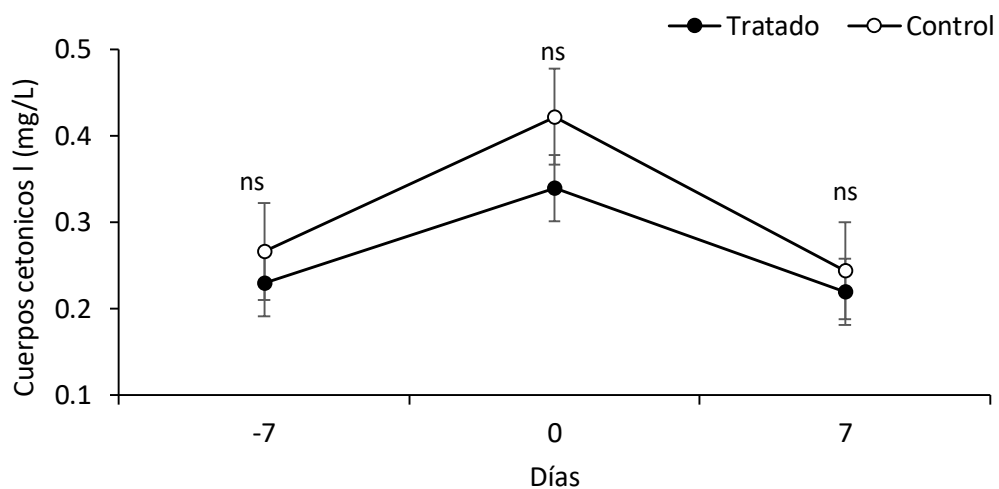


Figura 2 Media ($\pm$ DESVST) de cuerpos cetónicos en sangre de ovejas tratadas con un precursor glucogénico (Lipofeed®) u ovejas sin tratar (Control) durante 7 días y sincronizadas el estro. ns= no significativo ($P>0.05$)

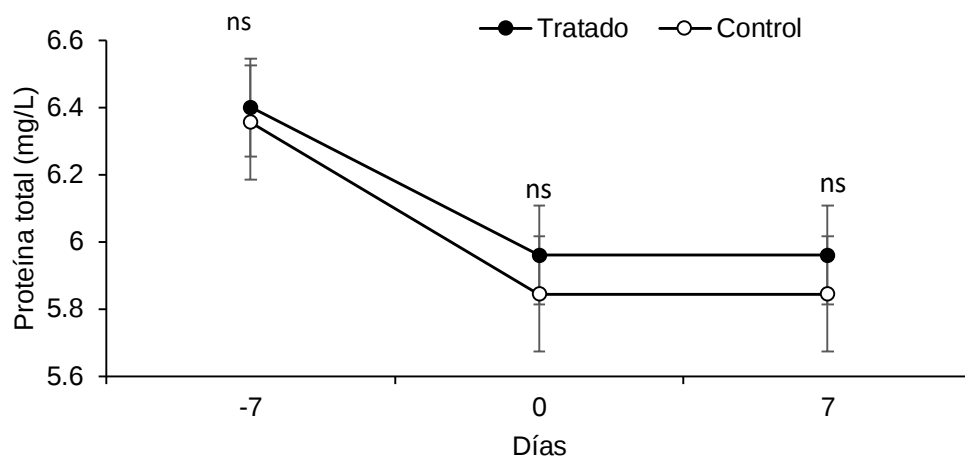


Figura 3 Media ($\pm$ DESVST) de proteína total en suero de ovejas tratadas con un precursor glucogénico (Lipofeed®) u ovejas sin tratar (Control) durante 7 días y sincronizadas el estro. ns= no significativo ($P > 0.05$)

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que la suplementación con un precursor gluconeogénico (Lipofeed®) no produjo cambios significativos en los metabolitos sanguíneos de ovejas sincronizadas al estro. De igual manera, estos hallazgos coinciden con lo reportados por Rodríguez-Valverde *et al.* (2023), quienes evaluaron la inclusión de propionato de calcio y propilenglicol con el objetivo de optimizar variables productivas como la ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, conversión alimenticia y la eficiencia alimentaria, sin encontrar diferencias estadísticas significativas. No obstante, los autores señalaron que el reemplazo parcial del maíz por propionato de calcio y propilenglicol no perjudica el desempeño productivo de los animales, aunque es importante considerar las variaciones en la rentabilidad asociadas a cada tratamiento.

Por otro lado, López-Vargas (2017) evaluó el impacto del PPD en variables productivas, metabolitos sanguíneos y actividad ruminal en ovinos destinados al engorde. Las evaluaciones se realizaron cada quince días e incluyeron parámetros como peso corporal promedio, consumo de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión alimenticia. Asimismo, se recolectaron muestras de sangre para analizar las concentraciones de glucosa, β -hidroxibutirato, lípidos totales, triglicéridos y colesterol. Los resultados relacionados con los metabolitos sanguíneos mostraron que la concentración de glucosa aumentó conforme avanzó el tiempo, alcanzando los valores más altos al final del periodo experimental.

VI. CONCLUSIONES

El efecto de la complementación con un precursor gluconeogénico no generó cambios significativos en el estado corporal ni en las concentraciones de glucosa y cuerpos cetónicos de ovejas sincronizadas al estro.

Estos resultados podrían estar relacionados con el tiempo de administración del tratamiento, el cual posiblemente no fue suficiente para provocar modificaciones profundas que influyeran en la eficiencia de los metabolitos sanguíneos.

VII. LITERATURA CITADA

- Ahmed E. Kholif, Glycerol use in dairy diets: A systemic review. *Animal Nutrition*, Volume 5, Issue 3, 2019, Pages 209-216, ISSN 2405-6545, <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.06.002>.
- Alon, T., Rosov, A., Lifshitz, L., Dvir, H., Gootwine, E., & Moallem, U. (2020). The distinctive short-term response of late-pregnant prolific ewes to propylene glycol or glycerol drenching. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 10245-10257.
- Alon, T., Rosov, A., Lifshitz, L., Dvir, H., Gootwine, E., & Moallem, U. (2020). La respuesta distintiva a corto plazo de las ovejas prolíficas preñadas tardías al empapado de propilenglicol o glicerol. *Revista de Ciencia de los Lácteos*, 103(11), 10245-10257.
- Armando Pacheco Hernández, & Diana Itzel Jerónimo Hernández. (2023). Alimentación de pequeños rumiantes en pastoreo del trópico. *Brazilian Journal of Development*, 9(12), 31017–31039. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n12-030>
- 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.
- Bedoya Mejía, O., Arenas Sánchez, F. A., Rosero Noguera, R., & Posada Ochoa, S. (2012). Efecto de la suplementación de ensilajes sobre perfiles metabólicos en cabras lactantes.
- Cabrera-Cruz, M. A. (2019). Metabolismo del glicerol en rumiantes. *Agro Productividad*, 12(4), 81–85. <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i2.138>
- Camino Grijalva, F. M., & Guerrero López, J. R. (2026). Suplementos energéticos tradicionales y alternativos en vacas lecheras. *Anatomía Digital* 9(1), 60-81. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v9i1.3576>
- Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., & Montañez-Valdez, O. D. (2022). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1), e2246. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2246>
- Chiofalo, V., Todaro, M., Liotta, L., Margiotta, S., Manzo, T., & Leto, G. (2005). Efecto del propilenglicol en el rendimiento pre y postparto de las ovejas lecheras. *Investigación sobre pequeños rumiantes*, 58(2), 107-114.

- Cortez Suárez, L. A., Paltin Pindo, M. K., Jiménez Jiménez, W. J., & Cabrera Casillas, D. O. (2024). La regulación de la glucogénesis: mecanismos y factores influyentes. *RECIMUNDO*, 8(2), 88–94. <https://doi.org/10.26820/recimundo/8>.
- Delgado, A., & Galindo, Juana L.. (2024). Glicerol en la dieta de animales rumiantes: ventajas de su uso. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* , 58.
- El-Kasrawy, N. I., Swelum, A. A., Abdel-Latif, M. A., Alsenosy, A. E.-W. A., Beder, N. A., Alkahtani, S., Abdel-Daim, M. M., & Abd El-Aziz, A. H. (2020). Efficacy of Different Drenching Regimens of Gluconeogenic Precursors during Transition Period on Body Condition Score, Production, Reproductive Performance, Subclinical Ketosis and Economics of Dairy Cows. *Animals*, 10(6), 937. <https://doi.org/10.3390/ani10060937>
- García, J. M. V., Fuentes, G. Á., Gregorio, H. O. O., López, J. C. G., Hernández, M. G., & Nieto, C. A. R. (2021). EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA SOBRE EL PERFIL METABÓLICO DE CABRAS GESTANTES. XVII Congreso Nacional y V Congreso Internacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de San Luis Potosi
- García-Sánchez, Héctor Donaciano, Castellanos-Pérez, Edmundo, Gallegos-Robles, Miguel Ángel, & García-Hernández, José Luis. (2023). Parámetros sanguíneos de caprinos en pastoreo en tres etapas fisiológicas a lo largo del año. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(1), e3506. Epub 04 de agosto de 2023. <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3506>
- Hamzaoui, S., Caja, G., Such, X., Albanell, E., & Salama, AAK (2020). Producción de leche y metabolismo energético de cabras lecheras sometidas a estrés térmico suplementadas con propilenglicol. *Animals* , 10 (12), 2449. <https://doi.org/10.3390/ani10122449>
- Herrera Haro, J. G., Alvarez, G., Bárcena Gama, R., & Núñez Aramburu, J. M. (2019). Caracterización de los rebaños ovinos en el sur de Ciudad de México, México. *Acta Universitaria*, 29, 1-15. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2022>
- Huang Y, Wen J, Kong Y, Zhao C, Liu S, Liu Y, Li L, Yang J, Zhu X, Zhao B, Cao B, Wang J. Oxidative status in dairy goats: periparturient variation and changes in subclinical hyperketonemia and hypocalcemia. *BMC Vet Res*. 2021 Jul 6;17(1):238. doi: 10.1186/s12917-021-02947-1. PMID: 34229683; PMCID: PMC8258950.
- Huertas Vargas, E. (2019). Balance energético negativo. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias de la Salud, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Villavicencio.

Journal of Integrative Agriculture, 2025, ISSN 2095-3119,
<https://doi.org/10.1016/j.jia.2025.07.019>.

Ku Vera, J., Briceño, E., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A., Aguilar, CF, Solorio, F., & Ramírez, L. (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* , 48 (1), 43-53.

Maocheng Jiang, Zitong Meng, Dejin Tan, Zhiqiang Cheng, Zhenwu Wei, Miao Lin, Guoqi Zhao, Kang Zhan, Sodium propionate supplementation improves the negative energy balance in postpartum dairy cattle through regulation of glycolipid metabolism,

Mohammed, A. A., Al-Hizab, F., Al-Suwaiegh, S., Alshaheen, T., Kassab, A., Hamdon, H., & Senosy, W. (2021). Effects of propylene glycol on ovarian Restoration, reproductive performance, Metabolic status and milk production of Farafra ewes in subtropics. *Fresen. Environ. Bull*, 30(7), 8192-8202.

Pérez Segura, L. F., Lee-Rangel, H. A., Garcia Lopez, J. C., Álvarez Fuentes, G., Vázquez Valladolid, A., Negrete Sanchez, L. O., . . . Mejia Delgadillo, M. A. (2025). Impacto de la suplementación con propionato de calcio sobre la curva de lactancia y el análisis metabolómico de leche en ovejas Rambouillet. *Asociacion Latinoamericana de Produccion Animal*.

Rodríguez Valverde, L. A., Gallegos Santiago, M. A., Sánchez Pérez, J. N., Rodríguez Millán, J., Molina Gámez, G., Robles Estrada, J. C., ... & Dávila Ramos, H. (2023). Substitution of corn grain by gluconeogenic precursors in productive performance of sheep in adaptation.

S.M. Ferraro, G.D. Mendoza, L.A. Miranda, C.G. Gutiérrez, 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* Volume 213, 2016, Pages 74-80, ISSN 0377-8401, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.010>.

Santiago Sanabria, L., Islas Tezpa, D., & Flores Ramos, M. (2022). Trastornos del estado de ánimo en el postparto. *Acta Médica Grupo Ángeles*, 20(2), 173-177.

Zhang, F., Nan, X., Wang, H., Guo, Y., & Xiong, B. (2020). Investigación sobre las aplicaciones del propionato de calcio en vacas lecheras: una revisión. *Animals* , 10 (8), 1336. <https://doi.org/10.3390/ani10081336>

Zhu D, Hu Y, Liu Y, Zhou C, Tan Z, Kang J and Wang Z (2025) Multi-omics revealed the promoting effect of dietary inulin supplementation on hepatic gluconeogenesis in goats. *Front. Anim. Sci.* 6:1614869. doi: 10.3389/fanim.2025.1614869