

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Efecto de la suplementación con 1-2 propanodiol, propionato de sodio y calcio en
cabras sobre los folículos antrales y la glucosa sérica

Por:

Erik Marin De Gaona Salazar

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto de la suplementación con 1-2 propanodiol, propionato de sodio y calcio en
cabras sobre los folículos antrales y la glucosa sérica

Por:

Erik Marin De Gaona Salazar

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. Alan Sebastián Alvarado Espino

Presidente



MC. Gerardo Arellano Rodríguez

Vocal



Dra. Ariadna Vanessa Alvarado Espino

Vocal externo



Dr. Fernando Arellano Rodríguez

Vocal suplente



MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto de la suplementación con 1-2 propanodiol, propionato de sodio y calcio en
cabras sobre los folículos antrales y la glucosa sérica

Por:

Erik Marin De Gaona Salazar

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino
Asesor Principal



MC. Gerardo Arellano Rodríguez
Coasesor



Dra. Ariadna Vanessa Alvarado Espino
Coasesor externo



MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025

Agradecimientos

La culminación de esta tesis representa un logro significativo en mi formación académica, uno que no habría sido posible sin el invaluable apoyo y la guía de diversas personas e institución a las que deseo expresar mi más sincero agradecimiento

Agradezco a **Dios** por la guía y el apoyo que me ha permitido llegar a este punto, culminando con éxito mi investigación.

Mi profunda gratitud a mi asesor de tesis, **Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino**, por su constante orientación, paciencia infinita y rigor académico. Sus conocimientos, críticas constructivas y entusiasmo fueron fundamentales para el desarrollo y la consecución de este proyecto. Su compromiso con mi aprendizaje y su disposición a compartir su experiencia profesional ha sido una inspiración constante.

Extiendo mi conocimiento a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional y al mismo tiempo proporcionar los recursos y el ambiente propicio para el desarrollo de mi tesis. De manera particular, agradezco a **Dr. Rafael Rodríguez Martínez**, por su apoyo moral, consejos y conocimientos compartidos.

A mis profesores de la carrera, les agradezco la formación académica recibida, la cual sentó las bases para el estudio de este tema. Sus enseñanzas y la pasión con la que transmiten el conocimiento han sido pilares en mi desarrollo intelectual.

A mi amada esposa, **Karla Acevedo Landeros**, a quien debo mi perseverancia y entusiasmo. Su amor y apoyo incondicional han sido el motor que me ha impulsado a continuar adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por ser mi compañera de viaje y mi mayor inspiración.

A mis padres **Margarita, Mateo**; mis hermanas **Jennifer, Aradith** y mis **sobrinas** por su amor incondicional, su comprensión y su apoyo inquebrantable a lo largo de todo este proceso. Su aliento constante fue mi mayor motivación en los momentos de mayor dificultad. A mis amigos, por su compañía en los momentos de estrés y alegría durante este largo camino.

Dedicatoria

A ti, mi querido hijo **Elián Manuel**, que transformaste mi vida con tu llegada, te dedico este trabajo de investigación. Cada página, cada investigación y cada hora de esfuerzo de esta tesis estuvieron impulsadas por la inmensa alegría y la profunda motivación que tu existencia ya me regala. Espero que cuando leas esto en el futuro, sepas que tu vida, desde antes de comenzar, ya le dio un profundo sentido a la mía y me impulsó a alcanzar esta meta. Que este logro sea una pequeña muestra del amor incondicional y eterno que te tendré siempre.

A la memoria de mi querida hermana **Aradith De Gaona Salazar**, mi pensamiento vuela hacia ti. Aunque ya no estás físicamente a mi lado, tu recuerdo y tu esencia han sido la fuerza silenciosa que me impulsó a seguir adelante. Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes, sólo deseo que entiendas que el logro mío, es el logro tuyo, que mi esfuerzo es inspirado en ti, y que mi único ideal eres tú. Esta dedicatoria es un pequeño gesto para honrar la huella imborrable que dejaste en mi vida. Te llevo conmigo, hoy y siempre.

Con amor eterno,

Erik Marin De Gaona Salazar

Índice

Agradecimientos	i
Dedicatoria	ii
Índice de figuras y cuadros	iv
Resumen	v
1. Introducción	1
1.1. Hipótesis.....	2
1.2. Objetivo	2
2. Revisión de literatura	3
2.1. Interacción nutrición-reproducción	3
2.2. Glucosa: Fuente principal de energía	4
2.3. Suplementación energética	4
2.3.1. Precursores gluconeogénicos	5
2.4. Ciclo estral.....	7
2.5. Dinámica folicular	7
3. Materiales y Métodos	9
3.1. Localización.....	9
3.2. Animales y diseño experimental	9
3.3. Análisis estadístico	10
4. Resultados	11
5. Discusión	13
6. Conclusión	16
7. Referencias	17

Índice de figuras y cuadros

Figura 1. Interacciones entre nutrición y reproducción.	3
Figura 2. Representación esquemática de la dinámica folicular durante el ciclo estral.....	8
Figura 3. Niveles de glucosa sérica en las cabras suplementadas con lipofeed (G-Supple) y control (G-Control).	12
Cuadro 1. Numero de folículos antrales y glucosa sérica en cabras suplementadas con Lipofeed (G-Supple) y sin suplementar (G.-Control) durante la época natural de reproducción.	12

Resumen

Se evaluó el efecto de la suplementación con 1-2 propanodiol y propionato de Na y Ca sobre el número de folículos antrales y glucosa sérica en cabras alpinas durante la época natural de reproducción, utilizando 14 cabras multíparas con un peso corporal de 46.6 ± 4.3 kg y una condición corporal (CC) de 2.6 ± 0.36 . Las cabras fueron alimentadas con heno de alfalfa, agua a libre acceso y se encontraban estabuladas en corrales abiertos provistos de sombra, ordeñando una vez al día de forma manual durante todo el estudio. Las hembras se dividieron en dos grupos homogéneos en cuanto a peso y CC ($n=7$). Uno de los grupos de cabras (G-Supple) recibió 8 ml por cada 20 kg de PV de 1-2 propanodiol 4.00% más propionatos de sodio y calcio 11.20% (lipofeed, Prepec, México) vía oral una vez al día por las mañanas durante 42 días; mientras que el otro grupo (G-Control) no recibió suplementación. Se evaluó el número total de folículos antrales (NTFA) mediante ultrasonografía y los niveles séricos de glucosa. Respecto al NTFA no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). Por otra parte, los niveles de glucosa mostraron una diferencia significativa ($p < 0.05$). Concluyendo que la suplementación con lipofeed no mostró ningún efecto sobre el número de folículos totales sin embargo la glucosa si se vio aumentada.

Palabras clave: Suplementación, Folículos, Glucosa, Reproducción, Nutrición

1. Introducción

El ganado caprino es una de las especies más importantes dentro de la economía y sustento de muchas familias rurales, además de ser una de las especies más explotadas por el hombre debido a su producción de carne y leche. En México, la población de caprinos es de 2,994,403 cabezas (INEGI, 2022). La principal producción se encuentra en zonas áridas y semiáridas la cual se caracteriza por escasez de lluvia y alimento; debido a dichas condiciones la explotación principalmente es en sistema extensivo y sin suplementación adicional (Mellado et al., 2020). A su vez una mala nutrición resulta en una baja producción de carne, leche o desarrollo y el rendimiento productivo y reproductivo se ve afectado directamente por esta escasez nutricional (Flores-Najera et al., 2021). Es por ello que la suplementación con concentrados o subproductos en la producción caprina pueden mejorar dicha actividad significativamente (Berhane & Eik, 2006; Yahya et al., 2020).

En las cabras el crecimiento de los folículos ováricos ocurre en forma de oleadas. Estas ocurren tanto en la época de anestro como en la época natural de reproducción. Por lo general las cabras durante un ciclo estral o un periodo de 21 días tienen 4 oleadas foliculares dependiendo de diversos factores como la época, raza, niveles de progesterona y alimentación (Menchaca & Rubianes, 2012). Varios artículos han evaluado el efecto de la suplementación energética sobre el número y diámetro de los folículos en cabras (Alves et al., 2019; da Silva et al., 2023; Nogueira et al., 2016). El objetivo de este estudio fue comparar el efecto de la suplementación con 1-2 propanodiol y propionatos sobre el número de folículos antrales y glucosa sérica en cabras durante la época natural de reproducción.

1.1. Hipótesis

La hipótesis del presente trabajo fue que la suplementación con 1-2 propanodiol y propionatos influye sobre el número total de folículos antrales y la glucosa sérica en cabras durante la época natural de reproducción.

1.2. Objetivo

Evaluar el efecto de la suplementación con 1-2 propanodiol y propionatos sobre el número de folículos antrales y glucosa sérica en cabras durante la época natural de reproducción.

2. Revisión de literatura

2.1. Interacción nutrición-reproducción

La nutrición juega dos papeles importantes sobre la función ovárica: puede ser inhibidor a nivel hipotalámico permitiendo o previniendo la ovulación, y también puede ser estimulante a nivel ovárico afectando principalmente la tasa de ovulación (Scaramuzzi & Martin, 2008). La energía es uno de los nutrientes más importantes dentro de la reproducción, al momento de suministrar una dieta deficiente en energía se inhibe la liberación de GnRH por consecuente lleva a una menor secreción de LH lo que finalmente causa la anovulación, (Scaramuzzi & Martin, 2008). Tanto la cantidad de reservas energéticas corporales y la energía obtenida en el consumo diario de alimentos influye en la función reproductiva promoviendo un mayor desarrollo folicular y aumento en la tasa ovárica durante la transición al anestro y retorno del estro (Estrada-Cortes et al., 2009). De acuerdo con Forcada y Abecia (2006) la suplementación resulta con mejores tasas de ovulación en periodos cortos. Es por ello que para aumentar la duración de la temporada reproductiva y la tasa ovulatoria la suplementación estratégica es esencial (Nogueira et al., 2016). En la figura 1 se muestran las interrelaciones que existe entre la nutrición y reproducción.

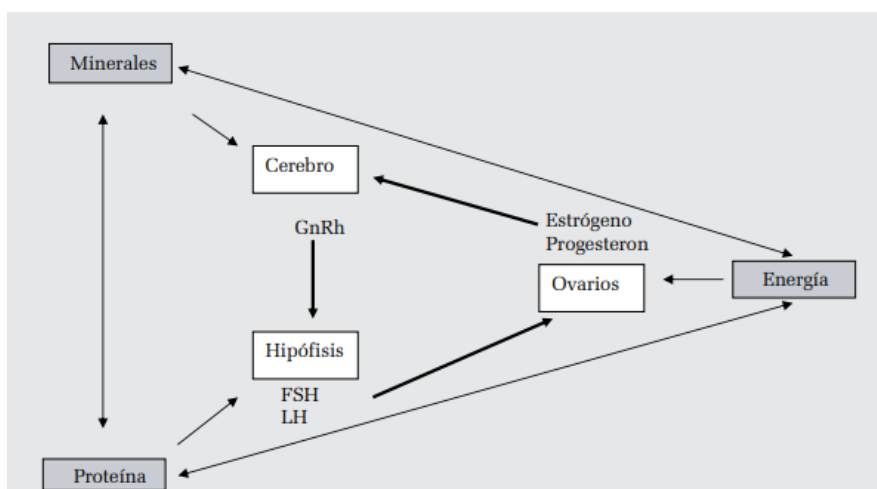


Figura 1. Interacciones entre nutrición y reproducción (adaptado de Ospina, 2007).

2.2. Glucosa: Fuente principal de energía

La glucosa actúa como indicador del metabolismo energético de los animales y es el componente con mayor demanda para el funcionamiento del cerebro, eritrocitos, glándula mamaria y otros tejidos (Bedoya et al., 2012). El metabolismo de los hidratos de carbono en los rumiantes es mediante la fermentación obteniendo ácidos grasos volátiles (propionato) que se metaboliza por el hígado, el propionato es el principal formador de glucosa por lo que se considera neoglucogénico (Pechin, 1999). En los rumiantes la glucosa es escasa debido a las condiciones alimenticias para la degradación de los hidratos de carbono y también se debe por la velocidad de la producción de ácidos grasos mediante la fermentación (Zavaleta, 1976). Por otra parte, Bedoya (2012) menciona que la glucosa no puede convertirse en ácidos grasos, solamente forma parte del metabolismo del glicerol en el tejido adiposo convirtiéndose en un mecanismo conservador de la glucosa. La suplementación ejerce una influencia positiva en la reproducción de los rumiantes sobre el desarrollo folicular y la tasa de ovulación estos efectos a corto plazo son regulados por la glucosa y ácidos grasos, así mismo, al administrar insulina éste tiene efecto en aumentar el número de folículos (Nogueira, 2016).

2.3. Suplementación energética

Los suplementos son concentrados que se le ofrece al animal cuando comienzan a decrecer en la CC ya sea por la baja disponibilidad del forraje o de baja calidad (Baldi et al., 2008). Estos se pueden clasificar en energéticos, proteicos, inorgánicos, minerales y vitamínicos (Andrés & Novoa, 1983). En etapas de crecimiento, al final de la gestación y principio de la lactación las necesidades nutricionales se elevan, por lo que es necesaria la suplementación (Gioffredo & Petryna, 2010). Las estrategias de suplementación tienen como objetivo adicionar o incrementar en la dieta de las cabras todos sus requerimientos nutricionales para su mantenimiento, incrementar el peso corporal, la tasa de ovulación y niveles productivos esperados (Andrés & Novoa, 1983; Luginbuhl & Pietrosevoli, 2004).

2.3.1. Precursores gluconeogénicos

Los precursores gluconeogénicos son compuestos bioquímicos que actúan sobre vías gluconeogénicas que permiten la síntesis de la glucosa a través del ciclo del ácido tricarboxílico, los precursores reconocidos en mamíferos son el glicerol, lactato, piruvato, aminoácidos y ácidos grasos (Odle & Tetrick, 2020). Según Livas (2017), las grasas, los aceites vegetales, los almidones y los cereales se utilizan principalmente como fuentes energéticas, los sustratos glucogénicos no generan calor, por lo que el animal no pierde energía al consumirlo y se alimenta mejor, éstas se componen principalmente de propilenglicol, propionatos, lactatos, glicoles y aminoácidos glucoformadores que al ser ingerida no es considerada como alimento, por lo que se absorbe en el intestino y se dirige al hígado; en el hígado se transforma en glucosa también conocida como glucógeno hepático, después, a nivel celular ingresa al ciclo de Krebs, donde se genera la energía (ATP), así el animal va conservando o produciendo energía.

Actualmente los sustratos gluconeogénicos se ofertan en el mercado de la nutrición animal, gracias al desarrollo biotecnológico dio como resultado el lipofeed que está elaborado a base de 1,2 propanodiol y propionato de calcio; activan y estimulan las vías metabólicas para producir energía y otros diferentes elementos (metabolitos) cuyas posibilidades es aumentar las expresiones de genes (nutrigenómica) mejorando así la utilización de los ingredientes de una ración (carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales), promoviendo a los animales a expresar su máximo potencial genético, de acuerdo a su función zootécnica (Murillo-Ortiz et al., 2018).

Propilenglicol. El propilenglicol también conocido (1,2 propanodiol) es un líquido dulce, viscoso y capaz de absorber y exhalar la humedad además de tener propiedades gluconeogénicas (Butler et al., 2006). Se sintetiza a través de dos vías: en la primera vía el propilenglicol se fermenta en el rumen transformándose parcialmente en ácido propiónico, que luego es convertido por las mitocondrias del hígado en succinilCoA para posterior integrarse en el ciclo de Krebs (Ingvarsen &

Nielsen, 2004). En tanto, en la segunda vía el propilenglicol se absorbe intacto y se metaboliza en el hígado para producir lactato; después se convierte en piruvato y finalmente en oxaloacetato (Kristensen & Raun, 2007).

Uno de los principales usos del propilenglicol es para tratar la cetosis en vacas, en ovejas gestantes mejora los parámetros energéticos metabólicos, siendo de suma importancia el uso de esta sustancia gluconeogénica para disminuir el balance energético negativo al final de la gestación (Pereira et al., 2017). El propilenglicol es esencialmente seguro para reducir la concentración de ácido β -hidroxibutirato (BHB), mientras que el glicerol es más eficaz para aumentar la concentración de glucosa plasmática, como resultado a la reducción del trastorno metabólico más frecuente; toxemia de gestación (Alon et al., 2024). Estudios de El-Nasser et al. (2021), informan del efecto beneficioso del propilenglicol de ovejas en Farafra obteniendo un mejor desempeño reproductivo, postparto, involución uterina rápida, reanudación más temprana de la función ovárica, gran número de folículos pequeños, medianos y grandes, disminución de servicios por concepción y una mejor tasa de embarazo.

Propionato de calcio. El propionato de calcio es un precursor gluconeogénico hepático en rumiantes, actúa como conservante en los alimentos, aditivo para ensilaje, brinda un aporte de calcio a la nutrición animal y una adecuada protección antimicrobiana (Cifuentes-López et al., 2018). Unos de los beneficios al suministrar propionato de calcio en cabras durante la sincronización del estro con progestágenos es la obtención de un incremento en los niveles de glucosa en sangre, de mismo modo, aumenta la cantidad y el tamaño de folículos ováricos al final de la sincronización del estro y a su vez incrementa la prolificidad, mejora la fertilidad, buena respuesta y distribución del estro (Flores et al., 2021). Recientes estudios por Pérez et al. (2023), determinaron los efectos de la suplementación materna con propionato de calcio sobre la productividad de las crías y el perfil metabólico de la carne en ovejas, durante la primera mitad de la gestación, la segunda mitad de la gestación y durante toda la gestación; al suplementar la madre con propionato de calcio durante los diferentes periodos de gestación se origina cambios positivos en la productividad de la

descendencia, a su vez, mejora la textura de la carne cruda de las crías, y más ácidos grasos insaturados en el perfil metabólico de la carne de los corderos, también resulta beneficiosa para tratar la fiebre de la leche, así mismo, se considera que tiene un efecto preventivo para la metritis (Kara et al., 2009).

El propionato de calcio desempeña un papel eficaz en la superación de los problemas relacionados con el equilibrio energético durante la gestación y reducir el riesgo de cetosis e hipocalcemia durante la lactancia en vacas lecheras (Zhang et al., 2020). Además, la suplementación con propionato de calcio y sales de propionato, puede mejorar los retornos económicos en vacas jóvenes de carne y la eficiencia reproductiva al aumentar el suministro dietético de precursores glucógenos (Mulliniks et al., 2011).

2.4. Ciclo estral

La cabra es una hembra poliéstrica estacional de días cortos, con estros que se manifiestan cada 19 a 21 días, el estro generalmente presenta una duración de 24 a 36 horas y la ovulación ocurre de 30 a 36 horas después de iniciado el estro (Cueto et al., 2000). La duración de la estación sexual depende de factores ambientales, el fotoperiodo, estrés, nutrición, factores feromonales y el medio social del hato, esta estación reproductiva se caracteriza por presentar una disminución de horas de luz (fotoperiodo decreciente), en México la estación sexual ocurre en otoño-invierno la cabra permanece en una fase de anestro o reposo sexual durante el resto de las estaciones del año (Cueto et al., 2000) y (Bonilla, 2001).

2.5. Dinámica folicular

Uno de los mecanismos o patrones que se han manejado para determinar con exactitud las características de la dinámica del crecimiento folicular es el uso de técnicas ecográficas de alta resolución (González et al., 1995). La foliculogénesis se inicia en la vida embrionaria y continúa a lo largo de la vida reproductiva de la cabra, es un desarrollo o proceso donde los folículos inmaduros (primordiales) se convierten

en folículos preovulatorios (Dioguardi, et al., 2024). Existen factores sistémicos e intraováricos que modulan la dinámica folicular, están limitadas por los mecanismos de estimulación y de inhibición que son pertenecientes al eje hipotálamo-hipófisis-ovario; se recalcan las gonadotropinas hipofisiarias (LH y FSH), de acción estimulante, y el estradiol e inhibina de acción inhibidora (González et al., 2002). Como todos los animales domésticos, principalmente en la cabra, el crecimiento folicular ocurre en forma de oleadas, lo cual varía según las condiciones ambientales que va desde dos a cinco oleadas por ciclo estral (López et al., 2010). Como se representa en la figura 2, el reclutamiento es el inicio de cada oleada folicular dependiente de gonadotropinas, se refiere a la formación de una población de folículos antrales que crecen de manera continua debido a la FSH alcanzando 0.85 mm de diámetro de las células de granulosa, la selección ocurre al final de la fase común de crecimiento, el folículo dominante crece a una tasa constante y mientras los otros regresan por inhibición de su desarrollo (Uribe-Velázquez et al., 2009) y (Espinoza-Villavicencio et al., 2007).

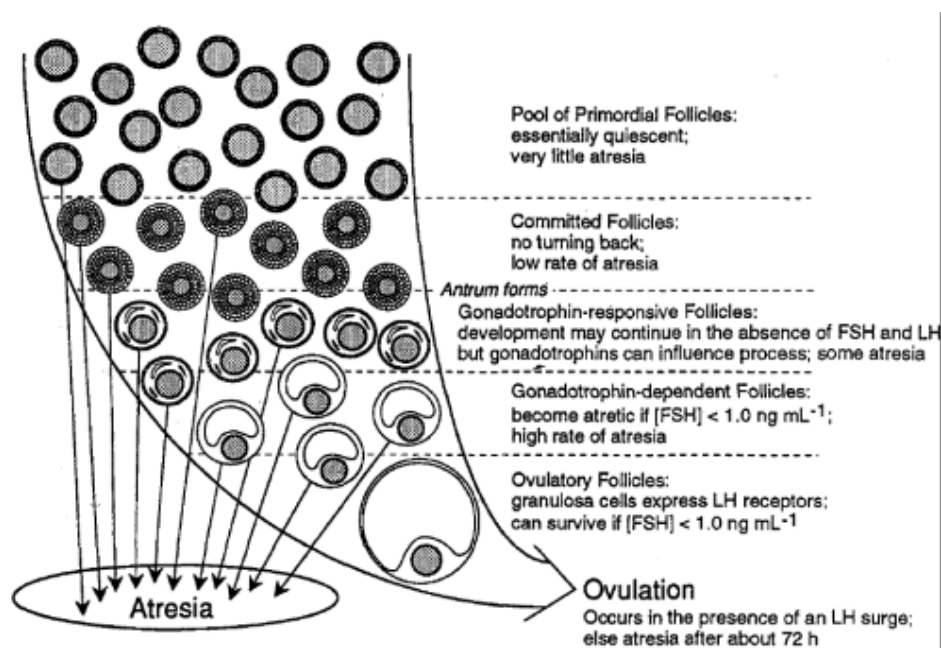


Figura 2. Representación esquemática de la dinámica folicular durante el ciclo estral (adaptado de Uribe-Velázquez et al., 2009).

3. Materiales y Métodos

3.1. Localización

El estudio se realizó en el Centro de Investigación en Producción Animal (CIPA-UL) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el municipio de Torreón, Coahuila (latitud 25°32'40'', longitud 103°26'30'') que se encuentra a una altitud 1120 m sobre el nivel del mar. Este municipio se caracteriza por tener una temperatura mínima de 6° C durante el invierno y una máxima de 36° C durante el verano. La temporada de lluvias comprende las estaciones de primavera, verano y otoño siendo el promedio de 250 mm anuales.

3.2. Animales y diseño experimental

Para el estudio se utilizaron 14 cabras multíparas adultas de la raza Alpina-francés. Las cabras pesaban 46.6 ± 4.3 kg y tenían una condición corporal (CC) de 2.6 ± 0.36 (escala de 1 a 5). Éstas fueron alojadas en corrales abiertos con un espacio techado el cual les proporcionaba sombra todo el día. Las cabras eran alimentadas a base de heno de alfalfa con lo cual se cubría sus requerimientos nutricionales de mantenimiento. El agua se le suministraba a libre acceso. Finalmente, las cabras eran ordeñadas por la mañana normalmente. Las cabras fueron divididas en dos tratamientos de acuerdo al peso vivo y CC. Las cabras del grupo uno (G-Supple, n=7) recibieron 8mL de 1-2 propanodiol 4.00% más propionatos de sodio y calcio 11.20% (lipofeed, Prepec, México) por cada 20 kg de peso vivo por vía oral durante 42 días por las mañanas, en tanto las cabras del grupo control no recibieron ningún tratamiento (G-Control, n=7). Ambos grupos se alimentaron con heno de alfalfa.

Al inicio del estudio las cabras de ambos grupos recibieron un protocolo de sincronización a base de progesterona inyectable (20 mg progesterona, Zoetis) más hCG (200 UI de hCG, Chorulon, MSD) para sincronizar la ovulación de las cabras y comenzarán el ciclo estral al mismo tiempo. Después de la aplicación de hCG a las

cabras se les realizó ultrasonografía transrectal (ECO 2, Chison, MHz=) una vez al día durante el periodo de la suplementación para determinar el momento de la ovulación y la tasa ovulatoria. Así mismo se tomaron muestras de sangre para determinar los niveles de glucosa sérica, para lo cual se tomó una gota de sangre para poder determinar la concentración de glucosa por medio de un glucómetro (FreeStyle) antes de proporcionar la suplementación y 1, 2, 3, 4 h posteriores a la suplementación.

3.3. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS V9.1 (SAS, 2005). El número de cuerpos lúteos se analizó mediante la T-TEST. Los niveles de glucosa sanguínea se analizaron el proc MIXED de SAS considerando el efecto del tratamiento, del tiempo y de la interacción tratamiento* tiempo. Se consideró que hubo diferencia estadística si el valor de $p < 0.05$.

4. Resultados

En el cuadro 1 se muestran los niveles de glucosa sérica y NTFA en las cabras suplementadas con lipofeed (G-Supple) y sin suplementar (G-Control). En cuanto a los niveles de glucosa en sangre, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$). En el G-Supple se observó un mayor nivel de glucosa en sangre que en el G-Control (Figura 3). Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas en el NTFA en ambos grupos ($p > 0.05$).

Cuadro 1. Numero de folículos antrales y glucosa sérica en cabras suplementadas con Lipofeed (G-Supple) y sin suplementar (G-Control) durante la época natural de reproducción

	NTFA	GLUCOSA
(G-Supple)	6.28 ± 0.44^a	46.54 ± 3.28^a
(G-Control)	6.15 ± 0.19^a	44.17 ± 3.17^b

NTFA= Numero totales de folículos antrales

Literales diferentes significan diferencia estadística significativa $p < 0.05$

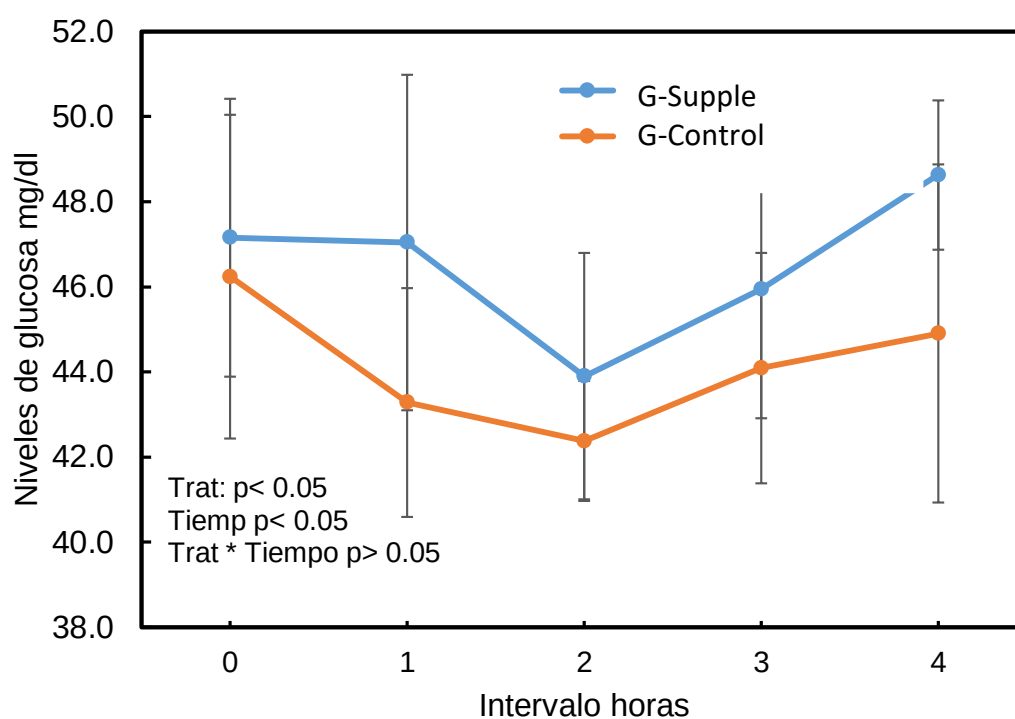


Figura 3. Niveles de glucosa sérica en las cabras suplementadas con lipofeed (G-Supple) y control (G-Control).

5. Discusión

En nuestro estudio los niveles de glucosa fueron mayores en el grupo suplementado que en el grupo control. Diversos estudios mencionan que al suplementar soluciones gluconeogénicas, las concentraciones séricas de glucosa e insulina aumentan (Aguilar et al., 2016). dos Santos et al. (2017) observaron que al suplementar 3.0 y 4.5% de propilenglicol en ovejas gestantes aumentó la glucosa y mejoraron los parámetros metabólicos energéticos. Asimismo, la suplementación con 20 g de propionato de calcio en cabras mostró un aumento en las concentraciones de glucosa en sangre (Flores-Santiago et al., 2021). El propilenglicol se metaboliza a propionato, sin embargo, la mayor parte sale del rumen sin transformarse para ser convertido en glucosa por el hígado, a través de la ruta del lactaldehído, con oxidación a lactato. El propionato es transportado al hígado a través del sistema portal, donde se transforma en piruvato y finalmente en glucosa vía oxalacetato (Ordóñez et al., 2006).

Una de las principales causas de la baja producción en rumiantes es de origen nutricional y metabólico (García et al., 2023). Una alternativa para aumentar los niveles de energía en los animales durante las etapas críticas es el propionato de Ca el cual se ha utilizado como sustrato energético en dietas para corderos sin efectos adversos sobre variables productivas o fermentación ruminal (Martínez-Aispuro et al., 2018). De igual forma la suplementación con propilenglicol en ovejas gestantes mejora los parámetros metabólicos evitando la toxemia y balance energético negativo (Pereira et al., 2017). Estudios de Zhang et al. (2020) quienes emplearon propionato de calcio en vacas donde se trató el balance energético negativo y se evitó la fiebre de la leche.

En el presente estudio no se observaron diferencias significativas en el NTFA entre las cabras suplementadas con Lipofeed® y las no tratadas. Estos resultados son similares a los de Molina et al. (2018) quienes suplementaron propilenglicol en vacas para la

producción de embriones *in vivo* sin encontrar un aumento en el número ni el tamaño de los folículos, ni la calidad de los embriones. Similar a lo observado por Aguilar et al. (2016) en ovejas sometidas a tratamientos de sincronización de 12 días donde no se observó un aumento en la tasa de ovulación, la prolificidad, ni la tasa de gestación. En estudios previos se observó que la suplementación energética aumentaba significativamente el día cinco después de la suplementación (Alves et al., 2019). Es probable que en nuestro estudio no se encontraran diferencias en el NTFA por la raza empleada o al número de animales utilizados. En su estudio, Alves et al. (2019) emplearon cabras Anglo nubias las cuales son menos estacionales que las alpinas empleadas en nuestro trabajo. Además, el tipo de suplementación que se usó en este estudio fue diferente en comparación del estudio de Alves et al. (2019) quienes emplearon linaza molida la cual contiene un alto valor de lípidos por lo que pudo tener un efecto positivo sobre la tasa de crecimiento folicular.

El peso vivo y la cantidad de energía ingerida son factores que influyen en el número total de folículos antrales (Flores et al., 2021). Da Silva et al. (2023) menciona que una dieta con mayor nivel de energía afecta positivamente al número total de folículos antrales, mientras que, por el contrario, un nivel menor de energía se degenera el folículo. Efectivamente, la nutrición es uno de los factores que actúa sobre la dinámica folicular; diversos componentes dietéticos como lípidos, glucosa, aminoácidos y minerales influyen en el eje hipotalámico-adenohipofisario y afecta las gónadas (Flores et al., 2021). Otro factor importante que influye es el periodo de tiempo de la nutrición o la suplementación, Gutiérrez et al. (2011) menciona sobre el efecto estático de la nutrición o suplementación a largo plazo donde las ovejas con mayor peso vivo logran aumentar el número de folículos ovulatorios, mientras que el efecto agudo de la nutrición afecta al desarrollo folicular cuando la suplementación nutricional es a corto plazo, pero sin afectar la condición corporal y el peso vivo.

Los resultados en cuanto a Número Total de Folículos Antrales de las cabras no se encontró diferencia significativa para ambos grupos, es probable que esto se deba a la duración de la suplementación y a las altas exigencias nutricionales por la etapa de

lactancia, en su estudio Nogueira et al. (2017) suplementó en cabras a corto plazo durante 9 días con maíz por lo cual afectó positivamente el ovario originando la mayor cantidad de folículos y así aumentó la tasa de ovulación. Una onda folicular no dura más de 6 a 7 días por lo tanto el folículo alcanza su capacidad ovulatoria en un corto periodo de tiempo, en su estudio Gutiérrez et al. (2011) suplementó glicerol 100mL a ovejas en periodos cortos comenzando tres días antes de finalizar la fase lútea, por lo cual, fue suficiente para el aumento de la tasa ovulatoria.

6. Conclusión

En conclusión, la suplementación con Lipofeed no mostró ningún efecto sobre el número de folículos totales. Sin embargo, los niveles de glucosa sérica si aumentaron. Se sugieren estudios donde se aumente el tiempo de suplementación o bien aplicarlo en cabras de sistemas extensivos.

7. Referencias

- Aguilar, U., Hernández, C. J., Domínguez, Y., & Gutiérrez, C. G. (2016). Tasa de ovulación, prolificidad y tasa de gestación en cabras tratadas con glicerol por vía oral. *Veterinaria México OA*, 3(1)<https://doi.org/10.21753/vmoa.3.1.360>
- Alon, T., Rosov, A., Lifshitz, L., y Moallem, U. (2024). The distinctive short-term response of late-pregnant prolific ewes to various doses and mixtures of propylene glycol and glycerol drenching. *Animal Feed Science and Technology*, 311, 115957. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2024.115957>
- Alves, J. P. M., Fernandes, C. C. L., Rossetto, R., Silva, C. P. da, Galvão, I. T. O. M., Bertolini, M., & Rondina, D. (2019). Impact of short nutrient stimuli with different energy source on follicle dynamics and quality of oocyte from hormonally stimulated goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 54(9), 1206–1216.
- Andres, R. y Novoa, B. (1983). Aspectos nutricionales en la producción de leche. Compilación de documentos presentados en actividades de capacitación, Vol. 1.
- Baldi, F., Mieres, J. y Banchemo, G. (2008). Suplementación en Invernada Intensiva: “La suplementación sigue siendo una alternativa económicamente viable”. *Jornada de Producción Animal*, (39-52).
- Bedoya, M. O., Arenas, S. F., Rosero, N. R. y Posada, O. S. (2012). Efecrto de la suplementación dde ensilajes sobre perfiles metabólicos en cabras lactantes. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, 1(1), 26-37.
- Berhane, G., & Eik, L. O. (2006). Effect of vetch (*Vicia sativa*) hay supplementation on performance of Begait and Abergelle goats in northern Ethiopia: I. Milk yield and composition. *Small Ruminant Research*, 64(3), 225–232.
- Bonilla, E. W. 2001. Manejo reproductivo de la cabra. En P. Cofré (Ed.) *Producción de cabras lecheras* (43-50). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Butler, S. T., Pelton, S. T. y Butler, W. R. (2006). Energy balance, metabolic status, and the first postpartum ovarian follicle wave in cows administered propylene glycol. *Journal of Dairy Science*, 89(8), 2938-2951.
- Cifuentes López, R. O., Lee Rangel, H. A., García López, J. C., Vicente Martínez, J.

- G., Flores Primo, A., & Pinos Rodríguez, J. M. (2018). Efecto del propionato de calcio en el peso vivo, consumo y canal de corderos alimentados con heno de alfalfa (*Medicago sativa*). *Agrociencia*, 52(1), 81–88.
- Cueto, M., Gibbons, A. E. y Abad, M. (2000). Reproducción en caprinos. Eea bariloche centro regional patagonia norte Grupo de Reproducción Área de Producción Animal.
- da Silva, C. P., Fernandes, C. C. L., Alves, J. P. M., de Oliveira, F. B. B., Silva, A. M., de Souza, F. C., Cavalcante, C. M., Conde, A. J. F., do Rego, A. C., & Rondina, D. (2023). Effect of Short-Term Glycerin Supplementation on Follicle Dynamics and Pregnancy Rate in Goats. *Ruminants*, 3(4), 445–456.
- Dioguardi, G. H., Saban, I., Pieruzzini, G., Ferreyra, E., Fernandez, B., Luque, E. H., y Rivera, O. E. (2024). Caracterización de la población folicular ovárica en ovejas pre púberes de raza frisona. 11(2), (29-47).
- El-Nasser Mohammed, A., Mohammed, A., & Al-Shaheen, T. (2021). effects of propylene glycol on ovarian restoration, reproductive performance, metabolic status and milk production of farafra ewes in subtropics. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(7), 8192-8202.
- Espinoza-Villavicencio, J. L., Ortega, P. R., Palacios, E. A., Valencia, M. J., & Aréchiga, F. C. F. (2007). Crecimiento folicular ovárico en animales domésticos: una revisión. *Interciencia*, 32(2), 93–99. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Estrada-Cortes, E., Vera-Avila, H. R., Urrutia-Morales, J., Villagomez-Amezcu, E., Jimenez-Severiano, H., Mejia-Guadarrama, C. A., Rivera-Lozano, M. T. y Gamez-Vazquez, H. G. (2009). Nutritional status influences reproductive seasonality in Creole goats: 1. Ovarian activity during seasonal reproductive transitions. *Anim Reprod Sci*. 116(3-4), 282- 290.
- Flores-Najera, M. J., Cuevas-Reyes, V., Vázquez-García, J. M., Beltrán-López, S., Meza-Herrera, C. A., Mellado, M., Negrete-Sánchez, L. O., Rivas-Jacobo, M. A., & Rosales-Nieto, C. A. (2021). Milk yield and composition of mixed-breed goats on rangeland during the dry season and the effect on the growth of their progeny.

- Biology, 10(3), 220.
- Flores-Santiago, E. del J., Sosa-Montes, E., Alejos-de la Fuente, J. I., Germán-Alarcón, C. G., Hernández-Marín, J. A., & Cadena-Villegas, S. (2021). Actividad ovárica y prolificidad de cabras sincronizadas con progestágenos y suplementadas con propionato de calcio. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), 1-11.
- Forcada, F. y Abecia, J. (2006). The effect of nutrition on the seasonality of reproduction in ewes. *Reprod. Nutr. Dev*, 46(4), 355-365.
- García-Sánchez, H. D., Castellanos-Pérez, E., Gallegos-Robles, M. Á., García-Hernández, J. L., García-Sánchez, H. D., Castellanos-Pérez, E., Gallegos-Robles, M. Á., & García-Hernández, J. L. (2023). Parámetros sanguíneos de caprinos en pastoreo en tres etapas fisiológicas a lo largo del año. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1). <https://doi.org/10.19136/ERA.A10N1.3506>
- González, De B. A., Santiago, M. J., Gómez, B. A., Cabellos, B., García, L. M., y López, S. A. (1995). Dinámica del crecimiento folicular durante el ciclo sexual de la cabra. *Área reproducción animal*, (368-370).
- Gonzalez, De B., García, G. R., Cocero, A. M., y Santiago, M. J. (2002). Patrones y mecanismos de control del desarrollo folicular durante la administración de protocolos superovulatorios en pequeños rumiantes. *Dialnet*, 17(1-2), 37-48.
- Gutierrez, C. G., Ferraro, S., Martinez, V., Saharrea, A., Cortez, C., Lassala, A., Basurto, H., & Hernández, J. (2011). Increasing ovulation quota: more than a matter of energy. *Acta Sci. Vet. (Impr.)*, s305–s316. https://www.ufrgs.br/actavet/39-suple-1/38%20Supl_s305-s316.pdf
- INEGI (2022). Número de unidades de producción con cría y explotación de caprinos, existencias y función zootécnica de los caprinos, y producción de leche de cabra por entidad federativa. Consultado el día 11/06/2025.
- Ingvarsten, K. L. y Nielsen, N. I. (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*, 115(3-4), 191-213.
- Kara, Ç., Orman, A., Udum, D., Melih Yavuz, H., & Kovanlikaya, A. (2009). Effects of calcium propionate by different numbers of applications in first week postpartum

- of dairy cows on hypocalcemia, milk production and reproductive disorders. Italian Journal of Animal Science, 9(2), 259–270. <https://doi.org/10.4081/IJAS.2009.259>
- Kristen, N. B. y Raun, B. M. (2007). Ruminal and intermediary metabolism of propylene glycol in lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science, 90(10), 4707-4717.
- Livas, F. (2017). Sustratos Gluconeogénicos ¿Cómo funcionan? <https://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/videos/sustratosgluconeogenicos-como-funcionan-t46000.htm> Consultado el día 10/08/2024.
- Londoño, G. R. (2020). Fármacos metabólicos y endocrinos en veterinaria, pequeñas especies y bovinos. 1-10.
- López, G. J., Mejía, V. A., Ramírez, V. S., Hernández, H. H., Duarte, M. G., Delgadillo, S. J., y Flores, C. J. (2010). La introducción de un macho al inicio de la fase luteal modifica las características de las oleadas foliculares en las cabras. Revista Agraria, 7(1,2,3), 41-47.
- Luginbuhl, J. M. y Pietrosevoli, S. (2004). Evaluación y preparación del plantel reproductor de cabras de carne. https://content.ces.ncsu.edu/evaluacion-y-preparacion-del-plantel-reproductor-de-cabras-de-carne#section_heading_6955. Consultado el día 06/03/2025.
- Martínez-Aispuro, J. A., Sánchez-Torres, M. T., Mendoza-Martínez, G. D., Cordero-Mora, J. L., Figueroa-Velasco, J. L., Ayala-Monter, M. A., & Crosby-Galván, M. M. (2018). Addition of calcium propionate to finishing lamb diets. Veterinaria México OA, 5(4), 0.
- Mellado, M., Rodríguez, I. J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F. G., Mellado, J., & García, J. E. (2020). reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. Tropical Animal Health and Production, 52(5), 2737–2741.
- Menchaca, A., & Rubianes, E. (2012). Avances en el control ovárico en la oveja. Memorias Reunión Bianual Sobre Reproducción Animal. Estado de México. Pags, 76–83.
- Molina, C. R., Arroyo, O. C., Carballo, G. D., y Elizondo, S. J. (2018). Respuesta a la suplementación con propilenglicol en vacas multiovuladas, para la producción de

- embriones. *Agron. Mesoam.* 29(3), 519-533.
- Mulliniks, J. T., Kemp, M. E., Cox, S. H., Hawkins, D. E., Cibils, A. F., Vanleeuwen, D. M., & Petersen, M. K. (2011). The effect of increasing amount of glucogenic precursors on reproductive performance in young postpartum range cows. *Journal of Animal Science*, 89(9), 2932–2943. <https://doi.org/10.2527/JAS.2010-3198>
- Murillo-Ortiz, M., Carrillo-Herrera, J. D., Pamanes-Carrasco, G., Muro-Reyes, A. y Herrera-Torres, E. (2018). Patrones de fermentación ruminal en respuesta a la adición de un precursor glucogénico a la dieta de becerros en engorda. *Agro productividad*, 11(9), 155-159.
- Nivia-Osuna, A., Ramírez-Peña, A., Porras-Sánchez, C. J., & Marentes-Barrantes, D. L. (2020). Glycerol: dietary supplement and response in dairy cattle. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 821–833. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.39259>
- Nogueira, D. M., Cavalieri, J., Fitzpatrick, L. A., Gummow, B., Blache, D., & Parker, A. J. (2016). Effect of hormonal synchronisation and/or short-term supplementation with maize on follicular dynamics and hormone profiles in goats during the non-breeding season. *Animal Reproduction Science*, 171, 87–97.
- Nogueira, D. M., Eshtaeba, A., Cavalieri, J., Fitzpatrick, L. A., Gummow, B., Blache, D., & Parker, A. J. (2017). Short-term supplementation with maize increases ovulation rate in goats when dietary metabolizable energy provides requirements for both maintenance and 1.5 times maintenance. *Theriogenology*, 89, 97–105. <https://doi.org/10.1016/J.THERIOGENOLOGY.2016.10.014>
- Ordóñez, C. O. H., Miguel, C. T., Piñeiro, E. G., Fernandez, N. F., & Manforte, C. D. (2006). El propilenglicol mejora los resultados de la transferencia de embriones. *Sito Argentino de Producción Animal ARG*.
- Ospina, R. O. (2007). Interrelaciones entre nutrición y reproducción. Análisis y experiencias de campo. *Revista de Medicina Veterinaria*, 13, 39-47.
- Pechin, G. H. (1999). Metabolismo ruminal de los hidratos de carbono y los lípidos. *Anuario de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 1(1), 179-190.
- Pereira, D. R., Macedo, J. G., da Silva, S. P., Fernandes, S. L. y Barbosa, A. M. (2017). The propylene glycol supplementation improves energy metabolism in pregnant sheep. *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias*, 12(4), 561-566.

- Pérez, S. L., Ramirez, R. F., Relling, A. E., Roque-Jimenez, J. A., Zhang, N., Vargas-Bello-Pérez, E., & Lee-Rangel, H. A. (2023). Effects of maternal calcium propionate supplementation on offspring productivity and meat metabolomic profile in sheep. *PLOS ONE*, 18(12), 1-14.
- Scaramuzzi, R. J. y Martín, G. B. (2008). The Importance of Interactions Among Nutrition, Seasonality and Socio-sexual Factors in the Development of Hormone-free Methods for Controlling Fertility. *Reproduction in Domestic Animal*, 43(2), 129-136.
- Tetrack, M. A. y Odle, J. (2020). What Constitutes a Gluconeogenic Precursor? *The Journal of Nutrition*, 150(9), 2239-2241.
- Uribe-Velásquez, L. F., Correa-Orozco, A., y Osorio, J. H. (2009). características del crecimiento folicular ovárico durante el ciclo estral en ovejas. *Biosalud*, 8(1), 117-131.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S165795502009000100015&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Yahya, M. M., Umar, F., & Yakubu, A. K. (2020). Effect of feeding graded levels of probiotic supplemented sugarcane bagasse on performance and haematological parameters of red sokoto goats. *Journal of Agriculture and Environment*, 16(1), 41–48.
- Zavaleta, De L. E. (2012). Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en rumiantes. En R. Moreno. (Ed.), *Ciencia Veterinaria*, (223-240). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zhang, F., Nan, X., Wang, H., Guo, Y., & Xiong, B. (2020). Research on the Applications of Calcium Propionate in Dairy Cows: A Review. *Animals: An Open Access Journal from*, 10(8), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ANI10081336>