

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



Uso de propionato de sodio como fuente de energía para mejorar parámetros productivos y actividad ovárica en cabras

Por:

Jaqueline Esquivel Juárez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Agosto 2023

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

Uso de propionato de sodio como fuente de energía para mejorar parámetros productivos y actividad ovárica en cabras

Por:

Jaqueline Esquivel Juárez

TESIS


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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



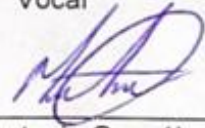
Dr. Oscar Angel Garcia
Presidente



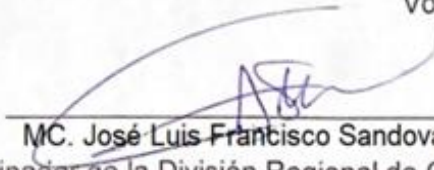
Dr. Alan Sebastian Alvarado Espino
Vocal



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Vocal



Dr. Marco Antonio González Ramos
Vocal Suplente (externo)



MC. José Luis Francisco Sandoval Elias
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal
Torreón, Coahuila, México
Agosto 2023



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

Uso de propionato de sodio como fuente de energía para mejorar parámetros productivos y actividad ovárica en cabras

Por:

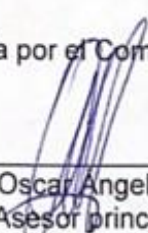
Jaqueline Esquivel Juárez

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


Aprobada por el Comité de Asesoría:



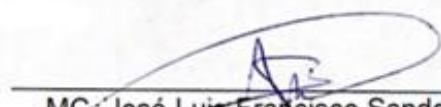
Dr. Oscar Angel Garcia
Asesor principal



Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino
Coasesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Coasesor



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

Torreón, Coahuila, México
Agosto 2023



AGRADECIMIENTOS

A DIOS por la salud y fuerza que me ha dado a lo largo de mi vida, por acompañarme en cada proyecto que he decidido emprender y ayudarme a lograrlo.

A mi asesor de Tesis el Dr. Oscar Ángel García por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto y brindarme todas las facilidades para poder concluir con éxito esta investigación.

A mis compañeros de licenciatura y posgrado por ayudarme a culminar esta etapa.

A mis padres Lucia Juárez Ramírez y Noe Esquivel Martínez por el cariño, consejos y valores que me han otorgado, por el trabajo que realizan día con día para salir adelante, por apoyarme incondicionalmente en cada una de mis decisiones.

A mis hermanas Noemi Esquivel Juárez y Aracely Esquivel Juárez por su cariño y apoyo en los momentos que lo necesitaba

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ii
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Situación actual de la caprinocultura.....	2
2.2 Enfoque general sobre el plano nutricional.....	3
2.3 Efecto de la suplementación sobre la respuesta reproductiva.....	6
2.4 Efecto de la nutrición sobre la actividad ovárica.....	7
2.5 Uso de precursores de energía.....	7
2.5.1 Propilenglicol.....	7
2.5.2 Propionato de sodio.....	8
III. MATERIALES Y METODOS.....	10
3.1 Localización del estudio y manejo de los animales.....	10
3.2 Confirmación del estatus de anestro y tratamiento de los animales.....	10
3.3 Variables evaluadas.....	11
3.3.1 Peso y condición corporal.....	11
3.3.2. Actividad estral.....	11
3.3.3. Niveles de glucosa.....	11
3.3.4 Porcentaje de ovulación.....	11
3.3.5 Número de cuerpos lúteos.....	11
3.3.6 Análisis estadístico.....	11
IV. RESULTADOS.....	13
V. DISCUSIÓN.....	15
VI. CONCLUSIÓN.....	17
VII. LITERATURA CITADA.....	18

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1 Medias (\pm EEM) para peso vivo y condición corporal de cabras multíparas suplementadas por 21 días con 100 mL de propionato de sodio (tratado) y cabras sin suplementar (control) durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN). ns= no significativo, * indica diferencia a $P < 0.05$, ** indica a diferencia a $P < .001$. ($P \leq 0.05$)..... 13

Figura 2 Medias (\pm EEM) niveles de glucosa (mg/dL) de cabras multíparas suplementadas por 21 días con 100 mL de propionato de sodio (tratado) y cabras sin suplementar (control) durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN). ns= no significativo, * indica diferencia a $P < 0.05$, ** indica a diferencia a $P < .001$. ($P \leq 0.05$)..... 14

Cuadro 1 Respuesta reproductiva de cabras multíparas de la raza Alpino-Frances suplementadas con 100 mL de propionato de sodio (tratado) y sin suplementar (control) por 21 días durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN). 14

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el uso del propionato de sodio como fuente de energía para mejorar el peso vivo, condición corporal, niveles sanguíneos de glucosa y actividad ovárica. Se utilizaron 15 hembras multíparas de la raza Alpina-francesa, homogéneas en cuanto al peso vivo (PV; 48.4 ± 3.0 kg) y condición corporal (CC; 3.1 ± 0.3 unidades). Las cabras se asignaron al azar y fueron divididas en 2 grupos: un primer grupo (Tratado; n=8) recibió 100 mL de un adyuvante metabólico (15% de Propionato de sodio y 3.5% de propilenglicol (127.3 MCal/Kg de EM y 101.8 MCal/Kg de EN), un segundo grupo (Control; n=7) sin ninguna suplementación. El PV promedio (48.4 ± 2.0) no mostró diferencia para ambos grupos ($P > 0.05$). Sin embargo, la CC fue mayor en el grupo tratado ($P < 0.05$) al día 14 del periodo de estudio. El porcentaje de hembras en estro (87% vs 71%; $P > 0.05$), el número de cuerpos lúteos (1.6 ± 0.3 vs 1.4 ± 0.2 ; $P > 0.05$) no mostraron diferencia significativa en ambos grupos respectivamente. En conclusión, la suplementación con propionato de sodio no mejoro el peso vivo, niveles sanguíneos de glucosa ni la actividad ovárica, sin embargo, la condición corporal fue mayor en el día 14 del periodo experimental en cabras de la raza Alpina-francesa.

Palabras clave: Propionato de calcio, Propilenglicol, Peso vivo, Cabra, Actividad ovárica, Condición corporal.

I. INTRODUCCIÓN

En la producción animal intensiva los aportes energéticos de la dieta están constituidas principalmente a base de granos. Sin embargo, existen pérdidas económicas, y con el objetivo de disminuir estas pérdidas, existen estrategias de suplementación enfocadas en el manejo nutricional de la explotación (Mendoza *et al.*, 2007, 2008), una de ellas es el uso de precursores gluconeogénicos, para disminuir el porcentaje de granos en la ración (Abo El-Nor *et al.*, 2010).

En las últimas décadas uno de los precursores de energía más utilizado en rumiantes es el propilenglicol (PPG), el propionato de calcio (PCa), así como, el propionato de sodio (PNa) (Berthelot *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2012; Mendoza *et al.*, 2016). En ganado lechero se conoce que debido a su potencial gluconeogénico nos permiten contrarrestar las demandas de energía durante el balance energético negativo (BEN) (Mikula *et al.*, 2020).

Cabe mencionar que la mayor parte del PPG se metaboliza en el rumen a ácido propiónico y ácido láctico, que es el sustrato principal para la gluconeogénesis hepática en rumiantes (Everton *et al.*, 2004). El PPG se usa con frecuencia como aditivo energético en ganado lechero al inicio de la lactancia para disminuir las concentraciones sanguíneas de B-hidroxibutirato y ácidos grasos, y aumentar los niveles de glucosa e insulina (Ferraro *et al.*, 2015; Mikula *et al.*, 2020).

Desde el punto de vista reproductivo, el uso de PPG en vacas lecheras tiene un efecto positivo al acortar el período de ovulación, mayor tasa de concepción y menor número de servicios por concepción. Además, tiene un efecto sobre el perfil metabólico y los parámetros de fertilidad (Mikula *et al.*, 2020). En este sentido, nosotros nos planteamos la siguiente hipótesis, que el uso de propionato de sodio mejorará el peso vivo, condición corporal, niveles sanguíneos de glucosa y la actividad ovárica en cabras. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el uso de propionato de sodio como fuente de energía para mejorar el peso vivo, condición corporal, niveles de sanguíneos de glucosa y la actividad ovárica en cabras de la raza Alpina-francesa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Situación actual de la caprinocultura

La caprinocultura tiene un papel importante dentro del sustento alimenticio humano, principalmente en los países subdesarrollados donde se conoce que la ingesta de proteína animal no rebasa los 10 g/d, mientras, que en los países desarrollados se alcanzan más de 55 g/d. En este sentido, más de 280,000 toneladas de carne y 7.2 millones de litros de leche son aportados por las cabras, convirtiéndose en una fuente importante de alimento (Arechiga *et al.*, 2008). Se estima que en el mundo existen 924 millones de cabezas de cabras, donde la mayor parte está distribuida en los continentes de Asia y África (93%), en Europa se concentra el (1.9%), en Oceanía solo se encuentra el 0.5% del total de la población. Mientras que Latinoamérica y el caribe cuentan con el 4.1% de los cuales destacan los países de Brasil y México con aproximadamente 9 millones de cabezas de cabras (Vélez *et al.*, 2015).

México ocupa el primer lugar entre los países latinoamericanos en el inventario de ganado caprino (Orona *et al.*, 2013). En México existen 494,000 unidades caprinas de las cuales, el 1.5 millones de personas se dedican a la caprinocultura, ya sea en actividad primaria o complementaria. El 64% de estos sistemas se encuentran en las zonas áridas y semiáridas, mientras que el 36% pertenece a las zonas templadas. La producción anual es de aproximadamente 43,000 toneladas de carne y >160 millones de litros de leche (Aréchiga *et al.*, 2008).

La ganadería caprina en México se centra en mayor medida en un ámbito familiar dentro de un entorno rural en donde prevalecen condiciones de pobreza, escasez de agua y sequía, caracterizada mayormente por una baja cantidad de animales en la unidad de producción, instalaciones precarias, baja calidad genética, sin asistencia técnica, siendo la mayoría de estas producciones pertenecientes a personas o productores de bajos recursos, que dependen del pastoreo donde la vegetación es escasa, por ende se tiene baja productividad, por lo cual las familias emplean sus propios recursos y conocimientos para incrementar la productividad (Escareño *et al.*, 2011; Vázquez *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2019).

La población de cabras se distribuye por todo el país, agrupándose mayormente en el mosaico mixteco, el centro o el bajo y el norte lagunero (Silva *et al.*, 2019). El 60% de este sector productivo se concentra en las zonas áridas y semiáridas del país, extendido desde el sur al norte (Montemayor, 2017).

La Comarca Lagunera en el norte de México, es el área más importante de producción de leche caprina en el país, donde se involucran aproximadamente 9 mil unidades productoras de leche caprina pertenecientes a los pequeños productores (Escareño *et al.*, 2011). Según SIAP (2020), existe una población caprina nacional aproximada de 8, 791,894, población de la cual se obtienen a nivel nacional 163,648 miles de litros de leche y 40,001 toneladas de carne, en la comarca Lagunera se estima que aproximadamente se producen 2,280 toneladas de carne y 57,622 miles de litros de leche.

2.2 Enfoque general sobre el plano nutricional

Los caprinos se clasifican como una especie intermedia ya que el alimento lo pueden consumir a través del pastoreo y el ramoneo, siendo su selectividad de la dieta una de las características, que depende de la disponibilidad, el valor nutritivo de los forrajes y la estación del año (Rúa, 2015). Cabe mencionar que la alimentación de la cabra representa entre el 50 y 85% del costo total de la producción de leche. La nutrición tiene un impacto directo sobre los componentes del sistema de producción (salud y reproducción). Por esto la alimentación debe ser de forma que a cada animal se le ofrezca los nutrientes de acuerdo a sus necesidades (Zapata-Campos y Mellado, 2021).

En el ganado caprino es recomendable abarcar todas las necesidades, teniendo en cuenta que a través de estos se estará generando una cierta cantidad de ingresos familiares. Estos requerimientos nutricionales dependen de varios factores, siendo uno de ellos la edad del animal, sexo, el estado fisiológico. Por tanto, una cabra con una nutrición deficiente presentará bajos niveles productivos y será más propensa a enfermedades acortando su vida útil (Cruz, 2015).

La deficiencia que comúnmente se presenta en la dieta de los animales corresponde a la energía, la cual induce que exista en el macho o la hembra un bajo peso vivo, una reducción del tamaño, baja fertilidad, y disminución en la producción de leche, además de acortar los periodos de producción de leche y disminuir la resistencia parasitaria y así como a otras enfermedades (Sánchez, 2003)

En los sistemas de producción de cabras en pastizales de las zonas áridas de México, el éxito depende del logro de un rendimiento reproductivo moderado y una producción de leche restringida. El pastoreo de cabras es el único método de cría de cabras en estas zonas áridas; por lo tanto, la productividad de las cabras se ve limitada por el escaso consumo de alimento y la reducción del contenido de nutrientes de los forrajes durante la estación seca, cabe mencionar que durante esta época las cabras pueden satisfacer sus necesidades nutricionales a través del ramoneo durante la mayor parte del año, sin embargo, estas plantas no cuentan con los nutrientes para satisfacer la demanda (Mellado *et al.*, 2020; Orona *et al.*, 2013).

La alimentación caprina en los sistemas extensivos por lo general se basan en el pastoreo, derivando principalmente en la escasa disponibilidad del forraje en la diferentes estaciones del año, en este contexto las cabras aprovechan forrajes nativos o introducidos, como fuente fundamental de nutrientes, sin embargo, estos no satisfacen las necesidades nutricionales de estas, debido a que existe una oscilación de la disponibilidad de los pastos la cual sucede comúnmente durante la época seca, por ende debe suplementarse con subproductos como pajas, rastrojos de maíz y diversos arboles (Quiroz *et al.*, 2015; Maldonado *et al.*, 2017; Palechor, 2019).

Dado que las cabras como son considerados un consumidor intermedio, debido a sus características de consumidor selectivo, eficiencia en la masticación y ruminal; aprovechamiento de dietas altas en fibra y concentrados, aparato digestivo amplio, bajo consumo de agua, elevada secreción de saliva, cuentan con una alta superficie de absorción de gran parte del epitelio digestivo, lo anterior, hacen que la cabra se adapte a cualquier condición de alimentación (Arias *et al.*, 2019). Sin embargo, la deficiencia en el consumo de energía, en los mamíferos puede afectar algunas regiones del hipotálamo que son las encargadas de regular la liberación y producción

de hormonas a través de la glándula pituitaria que están íntimamente involucradas en los procesos reproductivos que se reflejan en el desempeño productivo y reproductivo (Orona *et al.*, 2013; Palechor, 2019).

Cabe señalar, que además del plano nutricional los eventos endocrinos son uno de los principales problemas que disminuyen la producción ya sea de carne o leche de los pequeños rumiantes, estos eventos modifican la eficiencia reproductiva, lo anterior, es provocado por el bajo consumo de energía en la dieta que provoca una deficiencia hipofisiaria en la liberación de hormona luteinizante que retrasa la ovulación impidiendo en consecuencia el restablecimiento de la actividad ovárica, por ende el éxito de los sistemas de producción de carne y de leche de caprinos depende, en gran medida, de un desempeño reproductivo eficiente (Herrera *et al.*, 2012; Salvador *et al.*, 2011).

Debido a la variabilidad en cantidad y calidad de los forrajes en ciertas épocas del año, (primavera, invierno) es necesario la suplementación con algunos subproductos alimenticios durante la época de reproducción y período de gestación de las cabras en el norte de México, los cuales ocurren durante los períodos secos, y los requerimientos de nutrientes para las hembras preñadas no se corresponden con los nutrientes disponibles en los pastizales. Para mejorar la industria caprina en los pastizales, las explotaciones comerciales de cabras pasaron principalmente de operaciones de recolección oportunistas a rebaños de cabras mejor administrados y una mejor nutrición de las cabras lecheras durante la estación seca (Mellado *et al.*, 2020).

Ya que en este tipo de producciones los pastos y los forrajes son la base de alimentación y se emplean alimentos concentrados a base de cereales como principal fuente de suplementación; la ausencia de programas de fertilización, sistemas de riego y renovación de praderas, además de los altos costos de estos alimentos concentrados, reducen notablemente el margen de rentabilidad para los productores pecuarios, obligando a buscar nuevas alternativas nutricionales, por ende el uso de subproductos generados en la agroindustria en la alimentación de rumiantes, han permitido dar un manejo adecuado tanto a los desechos generados en estos sistemas de producción mejorando a su vez la calidad de la alimentación, además generando

muchas alternativas de alimentación como fuentes de solución en favor de la reducción de costos y mejorar la eficacia reproductiva (Flores *et al.*, 2018).

2.3 Efecto de la suplementación sobre la respuesta reproductiva

La alimentación es el factor externo que influye sobre la eficiencia reproductiva. En este sentido, el factor nutricional está involucrado en la modulación de procesos reproductivos, modulando el inicio del ciclo estral, el desarrollo folicular, la calidad del ovocito y el desarrollo embrionario (Meza-Herrera *et al.*, 2006). Una de las causas más comunes en la alimentación de las cabras es la energía, la cual puede verse reflejada en un bajo peso corporal, baja fertilidad y producción de leche (Sánchez *et al.*, 2003).

Lo anterior, ha llevado a utilizar suplementos alimenticios con el fin de cubrir las necesidades de requerimientos nutricionales de los animales, por ejemplo, el uso de precursores de energía, como el propilenglicol y el propionato de calcio, que son utilizados para prevenir o corregir problemas de tipo metabólicos en ganado lechero, debido a la alta demanda de energía que supera el aporte que ofrece la dieta (Flores *et al.*, 2021).

Por otra parte, la suplementación energética puede ayudar a mantener una buena condición corporal que va desde 2.5 a 3.0 unidades (escala del 1-5), durante el periodo de gestación puede disminuir el número de abortos, principalmente en las cabras bajo condiciones de pastoreo donde los requerimientos nutricionales aumentan conforme avanza la gestación. Por tal razón, el plano nutricional es crucial y especialmente durante el último tercio de la gestación, debido al crecimiento acelerado del feto (Agredo-Palechor, 2018). En efecto, la tasa de mortalidad de los cabritos de cabras en condiciones extensivas es elevado en cabras subalimentadas, lo anterior, debido a que las crías nacen con un bajo peso vivo y por consecuencia la tasa de mortalidad es elevada. Otro factor que puede afectar la sobrevivencia de las crías es el desarrollo de la ubre en las cabras subalimentadas (Luna-Orozco *et al.*, 2015).

2.4 Efecto de la nutrición sobre la actividad ovárica

La limitación de los alimentos en los mamíferos puede alterar las regiones del hipotálamo que regulan la liberación y producción de hormonas de la glándula pituitaria las cuales están implicadas en los procesos reproductivos. En los rumiantes domésticos la restricción de energía en la dieta causa un retraso en el inicio de la pubertad, alteraciones en la ciclicidad de las hembras sexualmente maduras, anestro posparto prolongado y posiblemente la prolongación del anestro estacional en las especies con ciclo reproductivo estacional (Rosales *et al.*, 2006).

Los efectos de la suplementación durante la fase lútea de las hembras con un crecimiento folicular y rangos de ovulación son mayores en las hembras suplementadas y con un doble de la dieta de mantenimiento. La condición corporal y el nivel nutricional es un factor muy importante en el desarrollo de la conducta sexual de los caprinos ya que determinan el tiempo de exposición de los machos con las hembras, aunado a la condición corporal baja disminuye la respuesta al efecto macho, indican que el aumento en la condición corporal y en el nivel nutricional antes y durante el empadre mejoran la respuesta al efecto macho y la prolificidad al final de la temporada de anestro (Monroy *et al.*, 2013).

2.5 Uso de precursores de energía

2.5.1 Propilenglicol

El propilenglicol (PPG) es una sustancia líquida sintética que absorbe agua. El PPG se utiliza en varias industrias. En cuanto a la industrias química, alimentaria y farmacéutica utilizan el PPG como anticongelante. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) ha clasificado el propilenglicol como un aditivo "generalmente reconocido como seguro" para su uso en alimentos.

2.5.2 Propionato de sodio

El uso de la suplementación estratégica es un instrumento importante en el aporte de los requerimientos nutricionales para los animales que pueden repercutir en la fertilidad, mejorando de manera favorable la eficiencia reproductiva (Martin y Kadokawa, 2006). Entre las estrategias de suplementación utilizadas para la sustitución de los granos en la dieta de los animales, es a través de uso de precursores de energía como el propionato de sodio (PNa), que nos ayuda a mantener el consumo voluntario de alimento por el animal, sin mostrarse cambios en el desempeño productivo (Majdoub *et al.*, 2003). En una investigación realizada por Berthelot *et al.* (2001) quienes al adicionar 5.65% de propionato de sodio en corderos, no encontraron cambios en el peso final, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, lo anterior, demuestra que no se afecta el consumo de alimento. De igual manera, Velázquez-Cruz *et al.* (2016) estudiaron la sustitución del 10.0% de granos más la adición del 1.0 % de propionato de sodio en corderos en finalización, observado que no hubo cambios en el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y peso final de los animales.

Lo anterior, puede explicarse debido a que el propionato se considera un estimulador de la secreción de la insulina, hormona que actúa en el control de la saciedad. Cabe señalar que en los rumiantes el 25% de la glucosa se obtiene del almidón de la dieta y siendo el proceso de la gluconeogénesis la principal vía que da como resultado la producción de esta, sin embargo, de la producción total de glucosa en hígado, la producción de propionato de calcio es de aproximadamente 70% (Huntington, 2006).

HIPÓTESIS

El uso de propionato de sodio como fuente de energía mejorará el peso vivo, condición corporal, glucosa y actividad ovárica en cabras de la raza Alpino-Francesa.

OBJETIVO

Evaluar el uso de propionato de sodio como fuente de energía para mejorar el peso vivo, condición corporal, glucosa y actividad ovárica en cabras de la raza Alpina-Francesa.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio y manejo de los animales

El experimento se llevó a cabo en la unidad caprina de la UAAAN UL, que se encuentra bajo las siguientes coordenadas, altitud 1120 msnm y una precipitación promedio anual de 230 mm y una temperatura promedio de 24°C y una máxima de 41°C (CONAGUA, 2015). El estudio se llevó a cabo en la época reproductiva de septiembre y octubre de 2022.

Durante el periodo experimental, las cabras fueron alimentadas dos veces al día (800 y 1800 h) con heno de alfalfa (22% PC y 1.5% E M), en base a sus requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Las hembras tuvieron agua limpia y sales minerales a libre acceso y un periodo de adaptación de 5 días previos al periodo experimental.

3.2 Confirmación del estatus de anestro y tratamiento de los animales

Las cabras se sometieron a una exploración ecográfica transrectal, utilizando un Aloka 500 con un transductor de 7.5 MHz (Corometrics Medical Systems, Inc., Wallingford, CT, EE. UU.). Una vez que los cuernos uterinos fueron ubicados, el transductor se giró 90° en el sentido de las agujas del reloj y 180° en el sentido contrario a las agujas del reloj a través del tracto reproductivo hasta que se escanearon ambos ovarios para evaluar el estado funcional ovárico. Las cabras con cuerpo lúteo se descartaron del estudio.

Se seleccionaron 15 cabras multíparas adultas de la raza Alpino-francés (de 2 a 4 años de edad), homogéneas en cuanto a peso vivo (PV; 48.4 ± 3.0 kg) y condición corporal (CC; 3.1 ± 0.3 unidades) en una escala de 0 a 5 según Russel et al. (1969).

Las cabras se asignaron al azar y fueron divididas en 2 grupos: un primer grupo (Tratado; n=8) recibió 100 mL de un adyuvante metabólico (15 g/animal) de Propionato de sodio y 3.5 g/animal de propilenglicol (127.3 y 101.8 MCal/Kg de EM y EN), mientras que el segundo grupo (Control; n=7) no recibió suplementación. Ambos tratamientos fueron aplicados durante 21 días, al final del tratamiento las hembras fueron sincronizadas con un protocolo a base de progesterona y prostaglandinas.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Peso y condición corporal

Los animales fueron identificados individualmente y se registró el peso vivo (PV) y condición corporal (CC) al inicio y posteriormente cada 7 días del periodo experimental. La CC fue medida en una escala del 1 al 5 (donde 1 es muy delgado y 5 es muy gordo; Russel, 1984); para la determinación de PV se utilizó una báscula digital (Torrey®, Modelo EQM 400-800) con capacidad de 400 kg.

3.3.2. Actividad estral

Se registró la ocurrencia diaria de cabras que mostraban signos de celo durante el período de empadre de 7 días. Posteriormente, se calculó la tasa de respuesta al estro considerando el número de hembras en celo hasta 7 días después de la administración de PG y P4 / número de hembras tratadas \times 100. El estro se observó durante 15 minutos dos veces al día (0800 y 1800 h).

3.3.3. Niveles de glucosa

Se determinaron antes del inicio del estudio y posteriormente cada 7 días hasta el final del periodo del estudio, para esto se utilizó un glucómetro portátil (Accu-check).

3.3.4 Porcentaje de ovulación

El porcentaje de hembras ovuladas se estimó como el número de cabras que presentan cuerpo lúteo (CL) con respecto al total de cabras por grupo.

3.3.5 Número de cuerpos lúteos

La tasa de ovulación se determinó contando el número de cuerpos lúteos en la superficie de ambos ovarios de todas las cabras alrededor de 13 días después del apareamiento, utilizando ecografía transrectal.

3.3.6 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros de peso vivo, condición corporal, niveles de glucosa, número y tamaño de los cuerpos lúteos fueron comparadas usando una prueba de *t-Student*. Mientras que el porcentaje de hembras en estro, ovulación y preñez fueron comprados por medio de una Chi- cuadrada. Todos

los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.1). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de $P \leq 0.05$.

IV. RESULTADOS

En la Figura 1, se muestra el PV y CC. No se encontró diferencia en el PV para ambos grupos (48.2 ± 2.0 kg; $P > 0.05$). La CC (2.5 ± 0.1) fue mayor en el grupo tratado al día 14 del periodo experimental ($P < 0.05$). En la figura 2, se observa que en los niveles de glucosa sanguínea, no se encontró diferencia para glucosa en ambos grupos (48.2 ± 2.0 kg; $P > 0.05$). La CC (2.5 ± 0.1) mayor al día 14 del periodo experimental ($P > 0.05$) en el GT. La respuesta reproductiva de las hembras se muestra en el Cuadro 1.

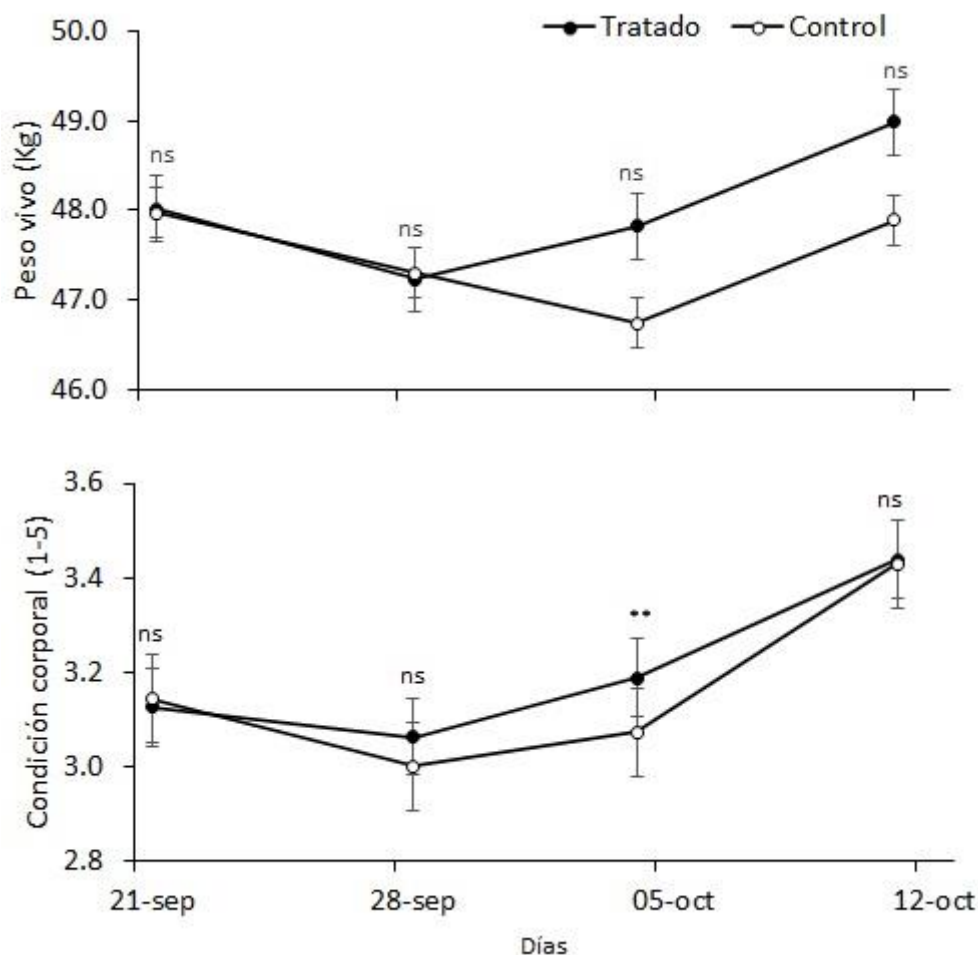


Figura 1 Medias (\pm EEM) para peso vivo y condición corporal de cabras multíparas suplementadas por 21 días con 100 mL de propionato de sodio (tratado) y cabras sin suplementar (control) durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN). ns= no significativo, * indica diferencia a $P < 0.05$, ** indica a diferencia a $P < 0.001$. ($P \leq 0.05$).

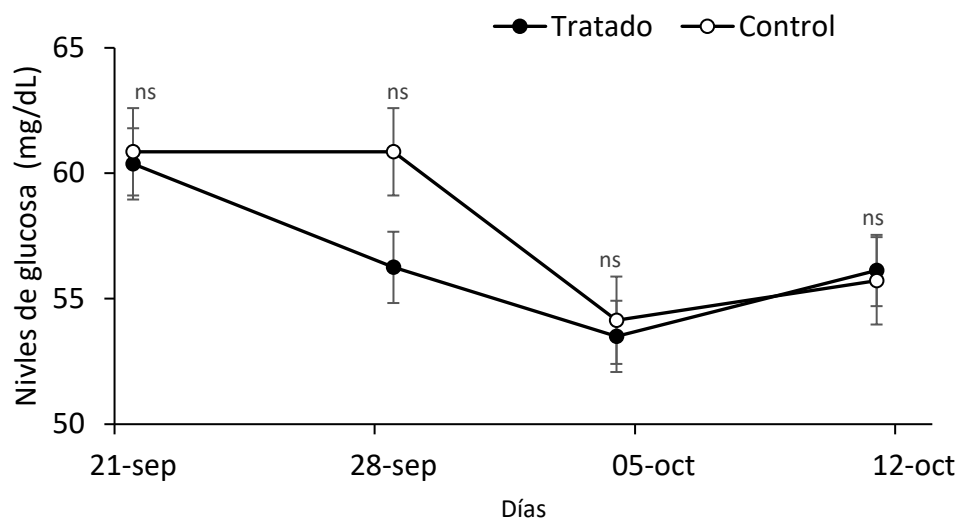


Figura 2 Medias (\pm EEM) niveles de glucosa (mg/dL) de cabras multíparas suplementadas por 21 días con 100 mL de propionato de sodio (tratado) y cabras sin suplementar (control) durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN). ns= no significativo, * indica diferencia a $P < 0.05$, ** indica a diferencia a $P < 0.001$. ($P \leq 0.05$).

Cuadro 1 Respuesta reproductiva de cabras multíparas de la raza Alpino-Frances suplementadas con 100 mL de propionato de sodio (tratado) y sin suplementar (control) por 21 días durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN).

Variables	Tratado (n=8)	Control (n=7)
Hembras en celo (%)	87 (7/8) ^a	71 (5/7) ^a
Ovulación (%)	87 (7/8) ^a	71 (5/7) ^a
Cuerpos lúteos (n)	1.6 \pm 0.3 ^a	1.4 \pm 0.2 ^a
Tamaño del cuerpo lúteo (mm)	10.0 \pm 0.3 ^a	10.0 \pm 0.2 ^a
Preñez (%)	50 (4/8) ^a	43 (3/7) ^a

^{ab}Superíndices desiguales entre columnas indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

V. DISCUSIÓN.

En la figura 1 se muestra los resultados de peso vivo y condición corporal durante el periodo de estudio. Los resultados obtenidos del presente estudio demuestran que la adición de propionato de sodio y propilenglicol no mejoró significativamente las variables productivas como el peso vivo y condición corporal ($P>0.05$). Estos resultados son similares a lo reportado por Acho *et al.* (2018) quienes agregaron 1.0, 2.0 y 3.0% de propionato de sodio en la ración de ovinos en finalización, reportando que no existieron efectos en las variables productivas de peso final, ganancia diaria de peso y consumo de materia seca. Así mismo, adición con 1% de propionato de calcio a dietas para ovinos en etapa de finalización con 55 y 65% de grano obteniendo resultados negativos, debido a que no se observó diferencia significativa con respecto a la variable de ganancia diaria de peso.

Por otra parte, Velázquez *et al.* (2016) realizaron un estudio que consistió en sustituir el 20% de granos de una ración, por el 1% de propionato de calcio o sodio reflejando resultados no significativos en relación con los parámetros productivos (peso final, consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y digestibilidad) no obstante, concluyeron que con la reducción del 20% de grano se puede obtener los mismos beneficios de una dieta convencional. En efecto, el empleo de propionato de sodio, que ayuda a mantener el consumo voluntario de alimento sin mostrar cambios en el rendimiento productivo (Majdoub *et al.*, 2003), lo que coincide con resultados encontrados por Berthelot *et al.* (2001) quienes al adicionar 5.65% de propionato de sodio en corderos, no reportaron cambios en el peso final.

De igual manera Velázquez-Cruz *et al.* (2016) al sustituir 10.0% de grano con la adición de 1.0 % de propionato de sodio en corderos en finalización, no obtuvieron cambios en el consumo de alimento, ganancia de peso y peso final de los animales. Es probable, que los resultados encontrados en nuestro estudio se deben a las dosis y a la duración del tratamiento, ya que existe evidencia que en tratamiento por 60 días utilizando 10 y 20 g de PPG al día por animal no provocó cambios en los parámetros nutricionales, lo que también coincide con Chiofalo *et al.* (2009), quienes no encontraron diferencias en los parámetros nutricionales en cabras.

En cuanto a los resultados encontrados en nuestro estudio con respecto a los niveles de glucosa no se encontró diferencia en ambos grupos. Lo que es contrario a los resultados reportados por Salama *et al.* (2014), que muestran un aumento en la glucosa sanguínea, pero disminuyó la ingesta de materia seca, los ácidos grasos no esterificados en sangre y el β -hidroxibutirato, lo que resultó en una reducción de la grasa de la leche. En este mismo sentido, tanto el propilenglicol tiene un efecto positivo al aumentar la concentración de glucosa en sangre a los 28 días después del parto.

Cabe mencionar que existe la sugerencia de que la concentración de glucosa en sangre como índice del estado metabólico aún sigue siendo cuestionable (LeBlan *et al.*, 2010). En efecto, en el ganado lechero se ha reportado que la infusión en abomaso de una solución de propionato de sodio equivalente a 1.68 mol/día no alteró el consumo de materia seca. Sin embargo, se ha demostrado que los niveles de glucosa plasmática *in vivo* aumentaron a los 30 y 60 min, y permanecieron elevados durante 120 y 180 minutos tras la administración oral de propilenglicol (Ferraro *et al.*, 2016). En contraste, con nuestros resultados encontrados por Apaez-Barrios *et al.* (2016) en la adición de propionato de sodio a la dieta de corderos en finalización incrementaron ($P < 0.05$) la eficiencia alimenticia total.

Los resultados en cuanto a la respuesta reproductiva de las hembras no se encontró diferencia significativa para ambos grupos, es probable que esto se deba que estas hembras se encontraban en periodo seco donde su reserva de energía era adecuada y además no se encontraban en un balance energético negativo, donde las demandas de energía son mayores. Por lo anterior, los precursores de energía como propionato y propilenglicol de las fuentes de energía extras más valiosas de la suplementación, ya que es el principal precursor de glucosa en rumiantes y actúa como anticetogénico (Behery *et al.*, 2020). El propionato es importante para la síntesis de glucosa en el hígado, actúa como mediador metabólico del estado nutricional de los rumiantes, y reduce durante el período de transición debido a la reducción en el consumo de materia seca (DeFrain *et al.*, 2005).

VI. CONCLUSIÓN

En el presente estudio la suplementación con propionato de sodio no mejoro el peso vivo, niveles de glucosa sanguínea ni la actividad ovárica, sin embargo, mejoro la condición corporal de las cabras Alpina-francesa. Es necesario realizar más estudios en lo que respecta a la duración del tratamiento y dosis utilizadas.

VII. LITERATURA CITADA

- Abdel Fattah, S. M., Mohamed, H. K., & Mohamed, M. A. E. H. (2019). The Potential Protective Effect of Ferulic Acid against Gamma Irradiation Induced Ovarian Failure in Rats. *Egyptian Journal of Radiation Sciences and Applications*, 32(1), 1-12.
- Agredo, P. J. A. 2018. Efecto del estrés nutricional sobre la función lútea post-servicio en cabras inducidas a ovular durante el anestro estacional. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro. Mexico:25.
- Alonso, R. L., de Lara, C. R., Rivero, L., Ruiz, A. E., Zapata, C. T., & Ullán, R. V. (2014). Aplicación de una nueva FAE en la liberación químico-enzimática de ácido ferúlico a partir de pulpa de remolacha. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR*, (19), 021-025.
- Anzaldo-Montoya, M. (2020). Entre la vulnerabilidad y la invisibilidad científica. Estudio sobre los aportes de las ciencias sociales a la investigación sobre ganadería caprina en México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55).
- Arias, R. O., Muro, M. G., Boccanera, M., Trigo, M., Boyezuk, D. A., & Cordiviola, C. (2019). Aporte nutricional del Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de cabras cruce criollas x Nubian. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 118(1), 133-140.
- Chiofalo, V., et al. "Effect of propylene glycol on pre-and postpartum performance by dairy ewes." *Small Ruminant Research* 58.2 (2005): 107-114.
- CONAGUA (2015). Servicio Meteorológico Nacional. <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=coah>. Consultado 02 septiembre, 2022.
- Contreras-Villarreal, V., Meza-Herrera, C. A., Rivas-Muñoz, R., Angel-García, O., Luna-Orozco, J. R., Carrillo, E., ... & Véliz-Deras, F. G. (2016). Reproductive performance of seasonally anovular mixed-bred dairy goats induced to ovulate with a combination of progesterone and eCG or estradiol. *Animal Science Journal*, 87(6), 750-755.
- Dragan, M., Stan, C. D., Iacob, A. T., Dragostin, O., & Profire, L. (2018). Ferulic acid: potential therapeutic applications. *The Medical-Surgical Journal*, 122(2), 388-395.
- Escareño Sánchez, L. M., Wurzinger, M., Pastor López, F., Salinas, H., Sölkner, J., & Iñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores

de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(SPE), 235-246.

- Fatet, A., Pellicer-Rubio, M. T., & Leboeuf, B. (2011). Reproductive cycle of goats. *Animal reproduction science*, 124(3-4), 211-219.
- Ferraro, S. M., Mendoza, G. D., Miranda, L. A., & Gutiérrez, C. G. (2016). In vitro ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses combined with forages and their effect on glucose and insulin blood plasma concentrations after an oral drench in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 213, 74-80.
- Figuroa-Pérez, M. G., Romero-Gómez, S. D. J., Ramos-Gómez, M., & Reynoso-Camacho, R. Propiedades De Los Compuestos Fenólicos Para El Control De La Glucosa. *Digit Ciencia@ Uaqro [Internet]*. (2017): 1–15.
- Flores, S. E., Sosa, M. E., Alejos, D. J. I., Germán, A. C. G., Hernández, M. J. A., Cadena, V. S. (2021). Actividad ovárica y prolificidad de cabras sincronizadas con progestágenos y suplementadas con propionato de calcio. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2), 1-11.
- Flórez Delgado, D. F., Capacho Mogollón, A. E., Quintero Muiño, S. M., & Gamboa Vera, K. Y. (2018). Efecto de la suplementación con ensilaje de naranja sobre la calidad de leche caprina.
- González Ríos H., D. Gil Lozano y A. Berrondo Mir. (2013). Ferulic acid as a feed supplement in beef cattle to promote animal growth and improve the meat quality of the carcass and the meat. Pub. No. US 2013/0041036 A1. Patent application publication, E.U.A.
- Herrera, J., Tinoco, J. C., & Orozco, K. E. (2012). Suplementación Grasa y su efecto sobre la Reproducción de Rumiantes. *Conferencias Magistrales*, 17.
- Herrera, R. H., Castillo, M. L. A., & Torres, A. J. A. (2011). U.S. Patent Application No. 12/640,248.
- Kumar, N. y Pruthi, V. (2014). Posibles aplicaciones del ácido ferúlico de origen natural. *Informes de biotecnología*, 4 , 86-93.
- LeBlanc, S. Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period. *J. Reprod. Dev.* 2010, 56, S29–S35. [CrossRef]
- Luna-Orozco, JR, Meza-Herrera, CA, Contreras-Villarreal, V., Hernández-Macías, N., Angel-García, O., Carrillo, E., ... y Veliz-Deras, FG (2015). Efectos de la suplementación

- durante la última etapa de la gestación sobre el rendimiento y el comportamiento de las cabras en condiciones de pastizales. *Revista de Ciencia Animal*, 93 (8), 4153-4160.
- Macias-Cruz, U., Vicente-Perez, R., Lopez-Baca, M. A., Gonzalez-Rios, H., Correa-Calderon, A., Arechiga, C. F., & Avendano-Reyes, L. (2018). Effects of dietary ferulic acid on reproductive function and metabolism of pre-pubertal hairbreed ewes during the anestrus season. *Theriogenology*, 119, 220-224.
- Maldonado-Jaquez, J. A., Granados-Rivera, L. D., Hernández-Mendo, O., Pastor-Lopez, F. J., Isidro-Requejo, L. M., Salinas-González, H., & Torres-Hernández, G. (2017). Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Nova scientia*, 9(18), 55-75.
- Mancuso, C., & Santangelo, R. (2014). Ferulic acid: pharmacological and toxicological aspects. *Food and Chemical Toxicology*, 65, 185-195.
- 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*, 1-5.
- Meza, H. C. A., Lorenzo, R. A., Chavez, P. J. G., Salinas, G. H. (2006). Efecto de la suplementación con aminoácidos excitadores sobre la actividad ovárica total y concentraciones séricas de hormona luteinizante e insulina en cabras. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 5(1),75-81.
- Mikuła, R.; Pruszyńska-Oszmałek, E.; Ignatowicz-stefaniak, M.; Kołodziejcki, P.A.; Maćkowiak, P.; Nowak, W. (2020). The effect of propylene glycol delivery method on blood metabolites in dairy cows. *Acta Vet. Brno* 89, 19–29.
- Mogedas Moreno, M. (2016). Sincronización de la ovulación y el ciclo inducido por el efecto "macho" mediante la administración de progesterona por vía intravaginal en cabras en período de anestro estacional.
- Molina, F. A. A., Pardo, B., Sánchez, M., López, M. D., & Marín, C. C. P. (2012). Factors influencing the success of an artificial insemination program in Florida goats. *Spanish Journal of Agricultural Research*, (2), 338-344.
- Monroy, L. I. V., Jaquez, J. A. M., Gerardo, F., Deras, V., & González, H. S. (2013). La condición corporal en las cabras anestrícas influye en la respuesta estral al efecto macho. *AGROFAZ*, 13(3).

- Montemayor, H. A. (2017). Producción de caprino en México. *Tierras. Caprino*, (18), 28-31.
- Murphy, C. J., Tang, H., Van Kirk, E. A., Shen, Y., & Murdoch, W. J. (2012). Reproductive effects of a pegylated curcumin. *Reproductive toxicology*, 34(1), 120-124.
- Orona Castillo, I., Sangerman-Jarquín, D. M., Antonio-González, J., Salazar Sosa, E., García Hernández, J. L., Navarro-Bravo, A., & Schwentesius de Rindermann, R. (2013). Proyección económica de unidades representativas de producción en caprinos en la Comarca Lagunera, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(4), 626-636.
- Ou, S., & Kwok, K. C. (2004). Ferulic acid: pharmaceutical functions, preparation and applications in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(11), 1261-1269.
- Overton, T.R.; Waldron, M.R. Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, E105–E119. [CrossRef]
- Palechor, J. A. A. (2019). Efecto del estrés nutricional sobre la función lútea post-servicio en cabras inducidas a ovular durante el anestro estacional.
- Pérez-Clariget, R., Garese-Raffo, J. A., Fleischmann-Techera, R., Ganzábal-Planinich, A., & González-Stagnaro, C. (2012). Sincronización de celos en cabras en estación reproductiva: uso de esponjas de medroxiprogesterona o aplicación de prostaglandina después de cinco días de detección de celos. *Revista Científica*, 22(3), 245-251.
- Quiroz-Cardoso, F., Rojas-Hernández, S., Olivares-Pérez, J., Hernández-Castro, E., Jiménez-Guillén, R., Córdova-Izquierdo, A., ... & Abdel-Fattah, S. (2015). Composición nutricional, consumo e índices de palatabilidad relativa de los frutos de tres acacias en la alimentación de ovejas y cabras. *Archivos de medicina veterinaria*, 47(1), 33-38.
- Rosales, N. C. A., Urrutia, M.J., Gómez, V. H., Díaz, G.M. O., Ramírez, A. B. M. (2006). Influencia del nivel de la alimentación en la actividad reproductiva de cabras criollas durante la estación reproductiva. *Técnica pecuaria en México*, 44(3),399-406.
- Salvador, A., Hernandez, R., Díaz, T., & Betancourt, R. (2011). Respuesta productiva y reproductiva al uso de la grasa sobrepasante con altos niveles de ácidos grasos poli-insaturados en rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela.

- Sánchez, C., García, M., Álvarez, M. (2003). Efecto de la suplementación alimenticia sobre el comportamiento productivo de cabras al postparto en la microrregión río tocuayo, estado Lara. *Zootecnia tropical*, 21(1), 43-55.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Población ganadera. Información sobre el número de animales que se crían en el país con fines de producción [en línea]. En: SIAP. (20 de julio de 2020). <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762>
- Silva-Jarquín, JC, Andrade-Montemayor, HM, Vera-Ávila, HR, Durán-Aguilar, M., Román-Ponce, SI, Landi, V., ... y BioGoat, C. (2019). Diversidad y estructura genética en cabras Criolla Negra en Querétaro, México. *Rev Mex Cienc Pecu*, 10 (4), 801-818.
- Soto, C. L. F. (2017). Efecto del ácido ferulico sobre el pH ruminal, consumo, flujo y digestibilidad de nutrientes de vaquillas en finalización (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Chihuahua).
- Torres, E. F. P. (2014). Efecto de la suplementación de ácido ferulico y ferulato de etilo en el comportamiento productivo y calidad de la carne de bovinos.
- Uribe-Velásquez, L. F., Gutierrez, C., Carreno, E. E., Izquierdo, J. H., Lenz, M. I., & Botero, S. A. (2011). Reutilización del dispositivo de progesterona (CIDR) asociado con protocolos de corta duración en cabras. *Vet Zootec*, 5(1), 39-46.
- Valadez-García, K. M., Avendaño-Reyes, L., Díaz-Molina, R., Mellado, M., Meza-Herrera, C. A., Correa-Calderón, A., & Macías-Cruz, U. (2021). Free ferulic acid supplementation of heat-stressed hair ewe lambs: Oxidative status, feedlot performance, carcass traits and meat quality. *Meat Science*, 173, 108395.
- Vázquez, B. A. C., Valverde, B. R., Vargas, A. C., & Juárez, J. R. (Eds.). (2017). Globalización, seguridad alimentaria y ganadería familiar. Universidad Autónoma Chapingo.
- Vergara Hernández, H. P. (2015). Suplementación de Glutamato y Función Reproductiva en Cabras Primíparas durante el periodo de transición al Anestro estacional.
- Zapata-Campos, C. C., & Mellado-Bosque, M. Á. (2021). La cabra: selección y hábitos de consumo de plantas nativas en agostadero árido. *CienciaUAT*, 169-185.
- Zhang, F.; Nan, X.; Wang, H.; Zhao, Y.; Guo, Y. (2020). Effects of Propylene Glycol on Negative Energy Balance of Postpartum Dairy Cows. *Animals*, 9, 1526. [CrossRef].

- Zhao, Z., & Moghadasian, M. H. (2008). Chemistry, natural sources, dietary intake and pharmacokinetic properties of ferulic acid: A review. *Food Chemistry*, 109(4), 691-702.
- Zapata-Campos, C. C., & Mellado-Bosque, M. Á. (2021). La cabra: selección y hábitos de consumo de plantas nativas en agostadero árido. *CienciaUAT*, 15(2), 169-185.