

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



**Efecto del propilenglicol sobre la respuesta reproductiva en cabras Alpinas  
Francesas**

Por:

**Fernanda Sofía González Tostado**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2025

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

**Efecto del propilenglicol sobre la respuesta reproductiva en cabras Alpinas  
Francesas**

Por:

**Fernanda Sofía González Tostado**

**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. Alan Sebastián Alvarado Espino  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Edgar Díaz Rojas  
Vocal Suplente

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

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2025



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

**Efecto del propilenglicol sobre la respuesta reproductiva en cabras Alpinas  
Francesas**

Por:

**Fernanda Sofia González Tostado**

**TESIS**


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Angel García  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
M.C. José Luis Francisco Sandoval Elías  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2025

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi mama: Karla Georgina González Tostado; Su amor incondicional, su apoyo constante y su sacrificio han sido la base para construir mi camino académico. Siempre me ha brindado la fuerza y motivación para seguir adelante, superar cada obstáculo y alcanzar cada una de mis metas. Su confianza en mi ha sido el motor necesario para completar esta tesis.

A mi tía: Mónica Melina González Tostado; agradezco por su cariño y por haber estado siempre presente en momentos tan importantes de mi vida. Cada consejo ha sido valioso para mi crecimiento personal y académico, además su interés en mi bienestar me alienta a llegar al éxito, me siento eternamente afortunada de tenerla en mi vida.

A mi asesor: Dr. Oscar Ángel García; su guía experta, su dedicación y paciencia ha sido esencial para el desarrollo y culminación de esta tesis. Aprecio profundamente su apoyo, conocimiento, enfoque crítico y la confianza en mis capacidades a lo largo de la carrera.

## DEDICATORIA

A mi mamá: Karla Georgina González Tostado; por su amor incondicional, su apoyo constante y sacrificios innumerables. Ella ha sido mi mayor fuente de inspiración y motivación a lo largo de este camino académico y a lo largo de toda mi vida. Su confianza en mí y su deseo de verme triunfar han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mi tía: Mónica Melina González Tostado; por su cariño y por haber estado siempre dispuesta a ayudarme y aconsejarme en momentos importantes de mi vida. Su apoyo ha sido invaluable y ha contribuido significativamente en mi crecimiento personal y académico.

A mi abuelita: Manuela Tostado Márquez; dedico esta tesis a la memoria de mi abuela quien ya no está conmigo, pero que siempre me está cuidando, ella siempre me brinda amor y valores importantes que me han acompañado a lo largo de mi vida. Su recuerdo y su influencia siguen siendo una parte importante de quien soy y de todo lo que he logrado.

Por último, dedico esta tesis a Luis Manuel Ramírez Montemayor, su amistad sincera su apoyo en momentos difíciles y su capacidad para motivarme a dar lo mejor de mí han sido un regalo invaluable durante mi trayectoria académica. Me ha enseñado la importancia de la amistad verdadera y el valor de tener a alguien que te impulse a crecer.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS .....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Caprinocultura a lo largo de la historia .....	4
2.3 Taxonomía .....	4
2.4 Hábitos alimenticios.....	5
<b>2.4.1 Requerimientos nutricionales.</b> .....	6
<b>2.4.2 Requerimientos nutricionales por etapas.</b> .....	7
2.5 Suplementación alimenticia y respuesta reproductiva.....	8
2.6 Uso de precursores de energía en complementación alimenticia.....	9
<b>2.6.1 Propilenglicol.</b> .....	10
2.7 Ciclo reproductivo de la cabra.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3.1 Localización del estudio y manejo de los animales.....	14
3.2 Confirmación del estatus de anestro y tratamiento de los animales.....	14
3.3 Variables evaluadas .....	15
3.3.1 Peso y condición corporal .....	15
3.3.2. Actividad estral.....	15
3.3.3 Porcentaje de ovulación .....	15
3.4 Número de cuerpos lúteos.....	15
3.4.1 Análisis estadístico .....	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN. ....	17
VI. CONCLUSIÓN.....	18

VII. LITERATURA CITADA .....	19
------------------------------	----

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Figura 1</b> Influencia del fotoperiodo en la reproducción caprina (tomado de Vergara,2015) .....	12
<b>Figura 2</b> Representacion esquemática del ciclo estral cabras (Fatet et al., 2011) ....	13
<b>Cuadro 1</b> Medias ( $\pm$ EEM) para peso vivo y condición corporal de cabras multíparas de la raza Alpino-Frances suplementadas con 100 mL de propilenglicol (PPG) por 7 días y cabras sin suplementar (Control) durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN. ....	16
<b>Cuadro 2</b> Respuesta reproductiva de cabras multíparas de la raza Alpino-Frances suplementadas con 100 mL de propilenglicol (PPG) por 7 días y cabras sin suplementar (Control) durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN. ....	16



## RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del Propilenglicol (PPG) sobre la respuesta reproductiva en cabras Alpinas Francesas sincronizadas al estro con progesterona además de hCG. Se utilizaron 21 cabras multíparas, homogéneas en cuanto a peso vivo (PV;  $48.4 \pm 3.0$  kg) y condición corporal (CC;  $3.1 \pm 0.3$ , unidades). Las cabras se asignaron al azar y fueron divididas en 2 grupos: un primer grupo (Tratado; n=8) recibió una complementación de 100 mL de un adyuvante metabólico que contenía el 4% de PPG, mientras que, un segundo grupo (Control; n=7) no recibió ninguna complementación. El porcentaje de ovulación fue mayor en el grupo PPG (100%;  $P < 0.05$ ) comparado (66%) de las hembras del GC. Mientras que porcentaje de hembras en estro (93 %) no se mostró diferencia estadística para ambos grupos ( $P > 0.05$ ). De la misma manera, el número de CL ( $1.6 \pm 0.2$ ) no mostró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para el grupo tratado y control, respectivamente. El PV ( $48.4 \pm 2.0$ ) y la CC ( $2.6 \pm 0.1$ ) no mostró diferencia para ambos grupos ( $P > 0.05$ ). Los resultados demuestran que la complementación alimenticia con PPG durante la sincronización del estro, puede ser una alternativa para mejorar la respuesta reproductiva en cabras. En conclusión, la complementación con PPG durante (7 días) durante el empadre mejora el porcentaje de ovulación en cabras Alpinas Francesas sincronizadas al estro. Sin embargo, no mejoró en nada el peso vivo ni la condición corporal.

**Palabras clave:** Peso vivo, Cabras, Propilenglicol, Ovulación, Estro

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la población caprina se distribuye por todo el mundo, la mayoría se presenta en zonas áridas y semiáridas. Al ser un animal adaptable a diversos climas y terrenos, su capacidad de pastorear en zonas áridas y montañosas las convierte en un recurso esencial para la agricultura. Asimismo, las cabras tienen un papel de suma importancia en la economía de muchos países, proporcionando sustento a millones de personas (SADER, 2017).

La producción de pequeños rumiantes como la cabra ayuda a la gestión de ecosistemas para conservar la biodiversidad, además de esto proporciona diversos productos alimenticios para el mercado (Mariano R *et al.*, 2016). Los sistemas de producción de pequeños rumiantes también representan un, gran recurso productivo en diferentes países en el mundo; el interés en pequeños rumiantes se puede deber a que tienen un amplio sistema de alimentación (Monteiro ALG, Faro AMC da F *et al.*, 2018). La suplementación nutricional antes del servicio (flushing) actualmente es una práctica común el cual es un método fiable para mejorar las tasas de parto y parto en ovejas. La mejora de la condición corporal de una oveja se refleja en un mayor número de folículos ovulatorios, lo que se denomina "efecto estático de la nutrición". Periodos más cortos de suplementación nutricional también pueden afectar el desarrollo folicular en ausencia de cambios en la condición corporal y el peso del animal, lo que se conoce como "efecto agudo de la nutrición" (Gutierrez *et al.*, 2011). El propilenglicol (PPG) y el glicerol son sustancias energéticas comunes que se utilizan para complementar la alimentación de rumiantes en transición con el fin de minimizar el desarrollo de trastornos metabólicos relacionados con la deficiencia energética. Hasta la fecha, sus efectos sobre el estado energético del animal se han estudiado principalmente mediante administración oral, lo que los expone a un metabolismo microbiano sustancial en el rumiante (Kalyesubula *et al.*, 2019). El PPG se ha utilizado en la alimentación de rumiantes como alternativa para reducir el balance energético negativo ocasionado por la producción de leche en el ganado. Algunos estudios han reportado resultados exitosos con el PPG, como la reducción de las concentraciones plasmáticas de beta-hidroxibutirato, ácidos grasos libres y urea, y el aumento de las

concentraciones plasmáticas de glucosa, insulina, colesterol e IGF-I (Santos *et al.*, 2017). En rumiantes, el PPG se convierte rápidamente en propionato por las bacterias ruminales, se absorbe directamente del rumen y aumenta rápidamente la secreción de insulina del páncreas, evitando así la necesidad de convertir la el PPG absorbida en glucosa mediante la gluconeogénesis hepática (revisado por Nielsen e Ingvarsen, 2004). La alimentación ad libitum también se asoció con un aumento de la insulina, que alcanzó su punto máximo aproximadamente a las 2 h.

### **HIPÓTESIS**

El propilenglicol mejorará la respuesta reproductiva de cabras Alpinas Francesas que son sincronizadas al estro con progesterona además de hCG.

### **OBJETIVO**

Evaluar el efecto del propilenglicol sobre la respuesta reproductiva en cabras Alpinas Francesas que son sincronizadas al estro con progesterona además de hCG..

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Caprinocultura a lo largo de la historia

Los orígenes de los caprinos se remontan a la era del pleistoceno, hace más de 10,000 años, en las regiones montañosas de Asia; la relación entre el hombre y las cabras se ha moldeado a lo largo de la historia, dejando huella tanto, en culturas como en religiones, tradiciones, así como el comercio. En la antigua Grecia la cabra era venerada como animal sagrado al igual que en el judaísmo (Andres E. Ducoing Watty).

Según investigaciones arqueológicas, las cabras fueron de los primeros animales en ser domesticados, dichos estudios revelan evidencias de la domesticación en el alto valle del Éufrates, en el sur de Anatolia, en las montañas de Zagros y en Beluchistán (Naderi *et al.*, 2007). Se sabe que varios animales evolucionan con el paso de los años, este no es el caso de la cabra pues conserva las mismas características anatómicas, fisiológicas además del comportamiento que tenían muchos años atrás.

Existen evidencias de la existencia de las cabras justo en el monte Zagros ubicado entre Irak y Asia en unas pinturas rupestres, que datan de aproximadamente 8.000 años a.C; en dichas pinturas se observa la misma anatomía y fisiología. Durante la época de la colonia en los años 1500 las cabras fueron introducidas al continente de las Américas, y al mismo tiempo la técnica de la caprinocultura, enfocándose principalmente en la cría para el aprovechamiento de la carne y leche. La mayoría de los animales que los españoles introdujeron a México fueron arribados de las Islas Canarias, los estudios genotípicos y fenotípicos indican una mayor influencia en Navarra y Andaluza de las cabras originarias que llegaron al país (Mayen, 1989).

### 2.3 Taxonomía

La cabra (*Capra*) es un animal mamífero de cuerpo robusto con cuernos y pezuñas hendidas. Son miembros de la familia Bovidae, que también incluye antílopes, bovinos y ovinos, según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS). Otros miembros de *Capra* son la cabra montesa, los markhors y los turs, que a veces

se denominan cabras montesas. Las cabras montesas son la única especie viva del género *Oreamnos*.

Reino: Animalia

Sub-Reino: Bilateria

Infra-Reino: Gnathostomata

Superclase: Tetrapoda

Clase: Mamíferos

Subclase: Theria

Infraclase: Euteria

Orden: Artiodactilos

Familia: Bvidae

Subfamilia: Caprinos

Géneros y especies: *Oreamnos Americanus* (cabra monsesa), *Capra Hircus* (cabra domestica).

Subespecie: *Capra Hircus Aegagrus* (benzoares o cabra silvestre), que se encuentra en Asia occidental, *Capra Hircus Chialtanesis* (cabra de Chiltan), encontrada en el centro-oeste de Pakistan, *Capra Hircus Cretica* (cabra de Creta, kri-kri, agrimi o cabra montes de Creta), presente en el Mediterraneo Oriental, *Capra Hircus Hircus*, *Capra Hircus Jourensis* y *Capra Hircus Picta*.

## 2.4 Hábitos alimenticios

lleva un método de elección y preparacion para poder mejorar la producción de los

a

n

i

m

a

l

e

s

y

a

q

u

e



#### **2.4.1 Requerimientos nutricionales.**

Estudios afirman que tanto cabras como ovejas, no se alejan del corral si en el camino no hay agua. Las necesidades nutricionales de las cabras dependerán del nivel de productividad y estado fisiológico; los alimentos deben proporcionar energía, proteínas, vitaminas, minerales, agua además que al ser animales rumiantes se requiere fibra en la dieta.

La materia seca que consumen proviene principalmente de pastos y forrajes, variando entre el 3-6% del peso corporal en el caso de cabras de doble propósito y en el caso de cabras productoras de leche como la raza Alpina varia de 5-7%. La energía se obtiene a través del consumo de alimentos ricos en carbohidratos como los pastos y forrajes, cereales como maíz o sorgo. Un nutriente esencial en la dieta del animal representado por aminoácidos es la proteína la cual promueve el crecimiento, mantenimiento, producción y reproducción del animal; y en el caso de los caprinos se debe garantizar el consumo de proteína alrededor del 6% de la dieta lo cual se puede garantizar con harinas de soya, de pescado, girasol ajonjolí y de pescado.

Otro requerimiento fundamental son las vitaminas y minerales, entre los más importantes se tienen el calcio, cloro, fosforo, potasio, magnesio, sodio y azufre, en menor cantidad el cobre, cobalto, yodo, hierro, selenio y zinc. Las plantas pueden suplir estos minerales, pero en época de sequía es importante suplirlos por medio de bloques

o mezclas de minerales. En el caso de las vitaminas también son ingeridas a través del consumo de pasto y forraje, en sistemas intensivos es necesario suplementar con complejos vitamínicos ricos en vitaminas A y D.

El consumo de agua es vital para el funcionamiento de las células pues el cuerpo del animal está conformado por 70% agua. El agua debe ser de calidad y estar siempre disponible debido a que deben de consumir el 10% de su peso vivo o de 3-8 litros por día.

#### **2.4.2 Requerimientos nutricionales por etapas.**

Si se quiere garantizar una buena producción es importante alimentarlas correctamente de acuerdo a su edad, sexo, estado fisiológico, ambiente y etapa en la que se encuentra.

**Hembras Gestantes:** Durante este periodo, las cabras requieren nutrientes adicionales para satisfacer cada una de las necesidades que tanto sus cuerpos en crecimiento como los fetos en desarrollo necesitan. Es importante proporcionar una dieta balanceada que contenga altos niveles de proteínas, vitaminas y minerales; en el caso de animales uníparas los requerimientos crecerán un 23.9% en energía y 30.1% en proteína. En el caso de un parto doble estos requerimientos aumentaran un 36.3% de energía y un 33.1 en proteína. Este aumento de requerimientos nutricionales chocara con una disminuida capacidad de ingesta debido a que en las últimas semanas se reduce el espacio estomacal producida por la expansión del feto lo que no le permite comer la cantidad de forraje necesario para cubrir sus necesidades nutricionales. Por ello se requerirá suplementar la ración con productos de alto valor nutritivo, como granos o alimentos concentrados. Estudios afirman que durante las ocho ultimas semanas de gestación la influencia de la nutrición materna sobre el crecimiento del feto al nacer

**Recién nacidos:** Durante los primeros días es vital que reciban calostro, el cual es rico en anticuerpos para fortalecer el sistema inmunológico, este periodo inicial es crucial para su desarrollo y salud a largo plazo. A medida que crecen generalmente a partir



de la primera semana, comienzan a mostrar interés en los alimentos sólidos. La adecuada nutrición durante la fase de lactancia garantiza un crecimiento saludable y robusto y establece una base sólida para su alimentación futura.

Destete: este proceso es gradual les permite desarrollar su sistema digestivo y adaptarse a la variedad de alimentos que encontraran en su entorno, este proceso puede extenderse de desde los tres meses hasta un año dependiendo de la especie, es crucial supervisar la transición de la leche a los sólidos. El heno y pastos son fáciles de digerir y son lo primero que las cabras empiezan a consumir.

Jóvenes: Además del hierro y la alfalfa se pueden ofrecer granos en pequeñas cantidades para proporcionar energía adicional; la introducción de nuevos alimentos debe hacerse paulatinamente para evitar problemas digestivos además de proporcionar acceso a agua fresca y limpia en todo momento.

Adultas: Tienen una dieta extremadamente variada que les permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales y de hábitat. Entre los alimentos principales que comen las cabras se incluyen hojas, tallos, cortezas y flores de una gran variedad de plantas.

## **2.5 Suplementación alimenticia y respuesta reproductiva.**

Uno de los papeles primordiales en la reproducción es el semental, para que este se desempeñe correctamente durante el empadre debe estar en óptimas condiciones físicas (Guan *et al.*, 2014). Si bien el periodo de espermatogénesis tiene un periodo de duración de 56 días, cualquier plan de suplementación con el objetivo de mejorar la cantidad y calidad espermática deberá tener una duración igual (Martin y Walkden-Brown, 1995).

La suplementación en hembras también tendrá efectos importantes tanto en el comportamiento reproductivo como en el incremento de la respuesta al efecto macho y la tasa ovulatoria; el número de óvulos liberados por una hembra durante la ovulación, lo cual suele ser de entre 1 y 3, está relacionado al estado metabólico en el momento de la ovulación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Hay evidencia que cuando las

cabras reciben el estímulo del macho a mitad del anestro, la respuesta es mayor en cabras con condición corporal alta (Vera *et al.*, 2016).

La suplementación es importante para que los animales obtengan nutrientes que al pastoreo no puedan cubrir ya sea por la baja disponibilidad de materia seca o también en algunos casos el bajo nivel nutritivo de la pradera; en IPA La Platina (1990) se entregó información del efecto de la suplementación con heno de alfalfa durante la preñez avanzada y lactancia. En estos se indica que la alimentación adicional en la preñez produce mejores pesos y condición corporal de la cabra, lo que induce a mayores incrementos de peso al nacimiento de cabritos y mejor producción de leche durante los primeros días.

La suplementación en la lactancia entre el día 60 al día 144 después del parto significó un 45% de incremento de leche, es importante mencionar que el mejoramiento del peso y condición corporal de las cabras puede inducir a mejorar el manejo reproductivo de la siguiente temporada, es decir entrara en celo más rápidamente siendo fácil concentrar las pariciones y probablemente encontrar la tasa de prolificidad. En rumiantes, los cambios en las concentraciones plasmáticas de hormonas metabólicas se consideran señales importantes que informan al eje reproductivo el estado nutricional de los animales (Meza-Herrera *et al.*, 2004).

## **2.6 Uso de precursores de energía en complementación alimenticia**

En el sistema extensivo donde se crían los caprinos se producen cambios a través del año, en el tipo, cantidad y composición de vegetación. Lo cual puede ocasionar cambios nutricionales significativos, sobre todo en hembras gestantes y lactantes.

La alimentación que reciben las cabras en el sistema de producción extensivo se da a través de pastoreo; sin embargo, es probable que por sí solo no pueda satisfacer las necesidades nutricionales sobre todo de la cabra lechera (Morand-Fehr *et al.*, 2007). En la actualidad se han desarrollado estrategias de suplementación alimenticia en la época seca con la finalidad de aumentar la producción y en general tener resultados favorables, estudios afirman que se suplementaron cabras lactantes en la Comarca

Lagunera obteniendo como resultado un aumento del 225% al incluir en la dieta 1 kilogramo de alimento integral (Gaytan *et al.*, 2014). En época de lluvias es posible que el pastoreo pueda cubrir por completo los requerimientos nutricionales que la cabra necesita o al menos que el déficit sea menor y así evitar gastos innecesarios dentro de la alimentación y así beneficiar la economía del caprinocultor.

Hay evidencias de reportes donde alimentos integrales han sido utilizados como complementos en vacas lecheras en pastoreo con un incremento de producción de leche de hasta un 30% (Sprunck *et al.*, 2012), además de incrementar en proteína y lactosa.; la información sobre la suplementación alimenticia en cabras locales de la Comarca Lagunera es limitada, además se desconoce el potencial de producción de leche de las cabras supliendo sus necesidades nutricionales (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

### **2.6.1 Propilenglicol**

El propilenglicol (PPG) es un precursor glucogénico que se ha utilizado como tratamiento de la cetosis desde los años 1950; en los últimos años el interés de utilizarlo no solo en vacas ha crecido. Normalmente se utiliza para disminuir los efectos nocivos del balance energético negativo (BEN). El PPG se utiliza en cabras como fuente de energía, especialmente durante el final de la gestación, para prevenir la cetosis y la toxemia de la preñez.

El PPG actúa sobre el metabolismo como precursor gluconeogénico; se convierte en ácido propiónico en el rumen y luego se transporta al hígado donde se transforma en glucosa a través de la vía de gluconeogénesis (Lien *et al.*, 2010), con el fin de aumentar la producción de glucosa y de insulina, al mismo tiempo que disminuye la concentración de ácidos grasos y cuerpos cetónicos que se encuentran de manera libre en la sangre (Kupczynski *et al.*, 2005).

Estudios afirman que la administración oral del PPG mejora la calidad del cuerpo lúteo y los niveles séricos de progesterona, además permite seleccionar una mayor proporción de receptoras para la transferencia de embriones y aumenta los índices de

gestación y parto, debido a esto su empleo puede mejorar el beneficio económico del campo y en la transferencia de embriones.

En cabras gestantes el PPG ha sido utilizado para tratar afecciones como la toxemia o la cetosis que ocurre cuando el cuerpo de una hembra acumula cetonas excesivas.

## **2.7 Ciclo reproductivo de la cabra.**

Se dice que la reproducción animal es el proceso mediante el cual se producen nuevos individuos a partir de la unión de células reproductivas (gametos) masculinas y femeninas (Barajas, 2015).

Normalmente la pubertad de las cabras inicia entre los 4-5 meses de edad en el caso de las hembras llegan con un peso de 40kg en cambio los machos alcanzan la pubertad entre los 5-7 meses, los dos casos dependerá de la estación reproductiva o la alimentación incluso el medio ambiente (Kinder *et al.*, 1987).

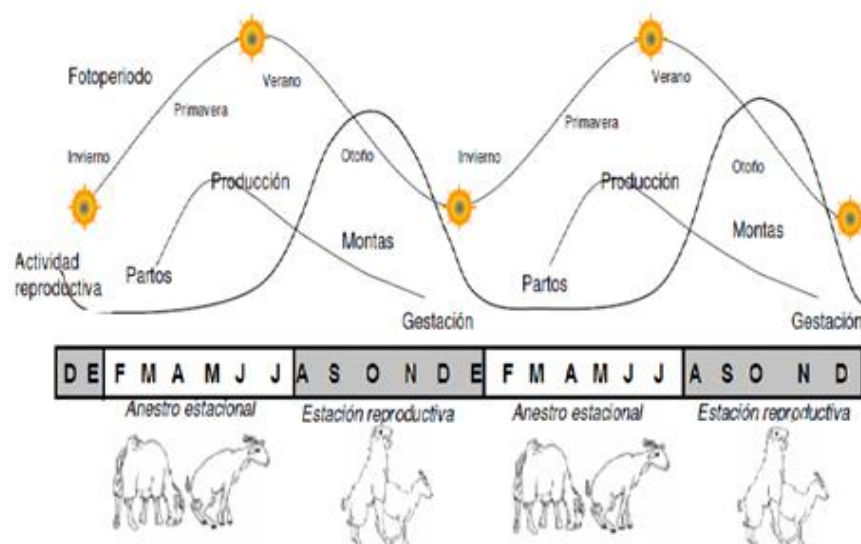
El ciclo estral se define como el periodo comprendido entre un celo y otro con una duración de 21 días, se presenta en las hembras cada 19 a 21 días y tiene una duración aproximada de 32 a 40 horas. La ovulación en las cabras es espontánea presentándose al final del estro entre las 30 y 36 horas, después se presenta el proceso de ruptura folicular y la salida del ovulo del folículo.

En el metaestro se realiza el crecimiento del cuerpo lúteo donde antes se encontraba el folículo teniendo así una alta producción de hormona LH y Progesterona. El diestro es la fase más larga donde se encuentra el cuerpo lúteo maduro, si se presenta preñez esta fase se mantendrá a lo largo de la gestación, si no hay preñez, el cuerpo lúteo se destruye para dar paso al crecimiento de otros folículos y la maduración de óvulos. El anestro será la fase de total inactividad tanto en el ovario como en todo el aparato reproductivo hasta la siguiente estación reproductiva.

Existen diversas maneras de lograr una sincronización del estro en las cabras, esto dependiendo la época del año. En ocasiones la introducción repentina de un macho odorífero en el periodo de transición puede alterar el ciclo unas pocas semanas, el

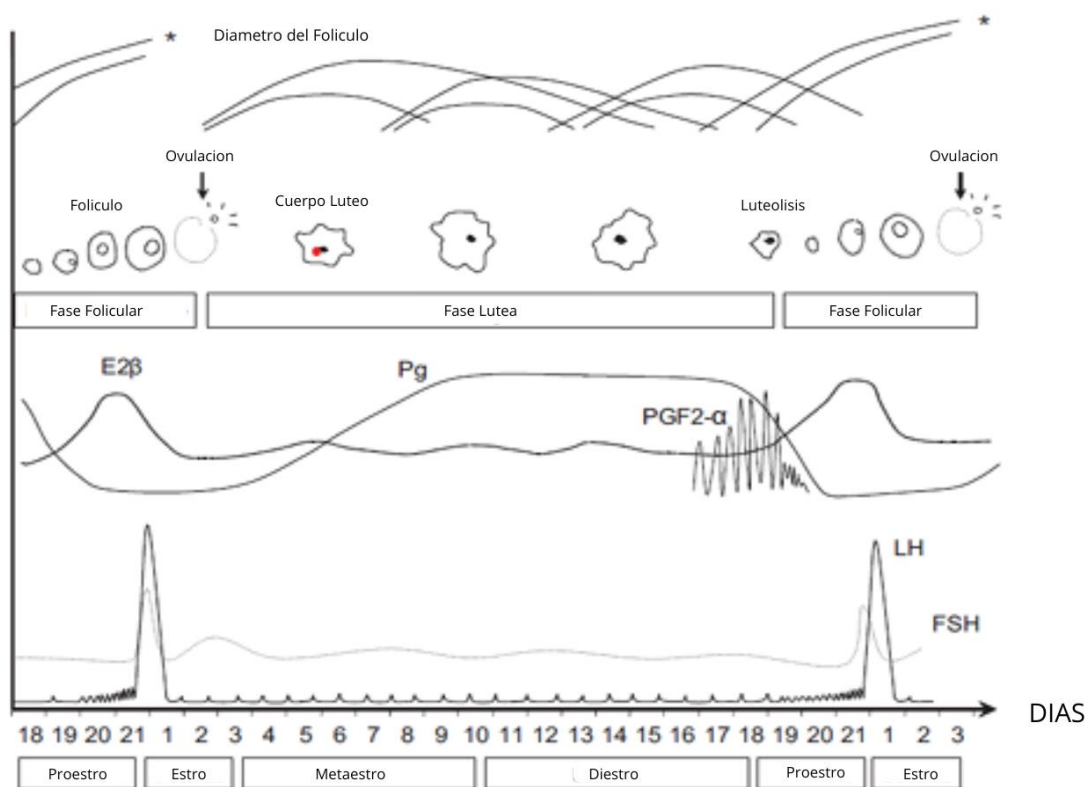
macho debe alojarse fuera de la vista y el olor de las hembras durante 3 semanas antes de la introducción.

La melatonina la cual es secretada por la glándula pineal por los periodos de disminución de la duración del día ayuda a que las cabras entren en temporada.; la disminución de la exposición de las luces artificiales puede hacer que las hembras comiencen a secretar más melatonina y comiencen a ciclar. Este proceso puede tardar semanas en hacer efecto (Jamie Lynn Stewart, 2021).



**Figura 1** Influencia del fotoperiodo en la reproducción caprina (tomado de Vergara,2015)

La leutolisis se puede hacer presente en cabras cíclicas por la administración de PGF2 o Cloprostenol desde el día 3 del ciclo estral. Las esponjas intravaginales también son utilizadas para la sincronización, la duración de dicho tratamiento es de 14 a 21 días. En los rumiantes también se puede utilizar un CIDR impregnado con progesterona, este se mantiene en la vagina por 7 días y se administra una dosis de PGF2 un día antes de retirar el dispositivo, además la administración de GnRH en el momento de la inserción del CIDR también ha demostrado ser eficaz. Durante la época no reproductiva se requiere una fuente de gonadotropina. La eCG es la gonadotropina más utilizada al final y un tratamiento progestágenos; la dosis depende de la estación, la raza, la edad y el intervalo postparto, entre otros factores. Una dosis alta de eCG se caracteriza por superovulación, baja fertilidad, ciclos estrales más cortos, pérdida de gestación y problemas con múltiples corderos o cabritos (Juan E. Romano, 2021).



**Figura 2** Representación esquemática del ciclo estral cabras (Fatet et al., 2011)

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización del estudio y manejo de los amales**

Este trabajo se realizó en la Posta Caprina de la UAAAN UL, durante Enero y Febrero de 2020. Esta área de estudio se encuentra a una altitud de 1120 msnm, teniendo una precipitación anual de 230 mm además de tener una temperatura de 41°C en mayo y junio y -1°C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015). A lo largo del periodo experimental, se Alimento a las cabras con heno de alfalfa (22%PC y 1.5%E M) dos veces al día, respetando sus requerimientos nutricionales (NRC,2007). Tuvieron agua a libre acceso, además de un periodo de adaptación de 5 días antes de iniciar el experimento

#### **3.2 Confirmación del estatus de anestro y tratamiento de los animales**

A todas las cabras se les hizo una exploración ecografica transrectal, para esto se utilizo un Aloka500 con un transductor de prostata humano de 7.5 MHz (Corometrics Medical Systema, inc., Wallingford, CT, EE. UU). Cada una se acomodo de pie, aplicando una capa de carboximetilcelulosa al transductor. Al momento de ubicar claramente los cuernos uterinos, se prosiguió a girar el transductor 90° en el sentido de las agujas del reloj para después girar 180° al lado contrario para revisar de una manera precisa cada ovario, en el caso de algunas hembras que presentaban cuerpo luteo, fueron descartadas del estudio.

Despues se eligieron 22 cabras Alpinas Francesas multiparas (de 2 a 4 años de edad), iguales de peso vivo (PV;  $48.4 \pm 3.0$  kg) y condición corporal (CC;  $3.1 \pm 0.3$  unidades) según Russel *et al.* (1969).

Fueron divididas en dos grupos cada uno elegido al azar con 10 integrantes cada uno, el primer grupo recibió 100ml de un ayudante metabólico (15gr) de Propionato de sodio y 3.5 m/kg de Propilenglicol; en cambio el segundo grupo que fue el de control no

recibió ningún tipo de suplementación. El tratamiento duro 7 días, después de eso las hembras se sincronizaron con un protocolo de Prostaglandina.

### **3.3 Variables evaluadas**

#### **3.3.1 Peso y condición corporal**

Cada uno de los animales fueron registrados de manera individual, con su peso vivo (PV) y condición corporal (CC) cada tercer día del experimento. La condición corporal se midió en la escala de 1-5 (1= delgado y 5= muy gordo; Russel, 1984); para el registro del peso vivo se utilizó una báscula digital con capacidad de 400kg.

#### **3.3.2. Actividad estral**

Se monitoreó diariamente si las cabras mostraban celo durante los 7 días del periodo de empadre. Después se calculó la tasa de estro hasta 7 días después de haber administrado hCG/  $\text{numero de hembras tratadas} \times 100$ . Durante 15 minutos y dos veces por día se observó el estro.

#### **3.3.3 Porcentaje de ovulación**

Al día 13 se determinó el número de ovulación que se tuvo en todas las hembras, registrando el porcentaje.

### **3.4 Número de cuerpos lúteos**

Se obtuvo la tasa de ovulación contando el total de cuerpos lúteos en los dos ovarios de cada cabra 13 días después del apareamiento, para esto se realizó una ecografía transrectal.

#### **3.4.1 Análisis estadístico**



Cada una de las medias que se obtuvieron de cada parámetro como el PV, CC, Número de CL, se compararon con la prueba T. Por otro lado el porcentaje de las hembras que estaban en estro y ovularon se compararon por la Chi-cuadrada. Además los datos en su totalidad se analizaron con el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.1) .

#### IV. RESULTADOS

Todos los resultados del Peso Vivo y Condición corporal se muestran en el Cuadro 1. No hubo diferencia en el Peso Vivo ( $46.3 \pm 1.9$  kg;  $P > 0.05$ ) y Condición corporal ( $2.6 \pm 0.1$ ) para los dos grupos ( $P > 0.05$ ). En el resultado de la respuesta reproductiva se muestra en el cuadro 1. En cuanto al porcentaje de hembras en estro (100%;  $P > 0.05$ ) fue mayor en el grupo de Propilenglicol comparándolo con el grupo de control.

**Cuadro 1** Medias ( $\pm$ EEM) para peso vivo y condición corporal de cabras multíparas de la raza Alpino-Frances suplementadas con 100 mL de propilenglicol (PPG) por 7 días y cabras sin suplementar (Control) durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN.

Variables/Grupos	Inicial		Final	
	PPG	Control	PPG	Control
Peso vivo (Kg)	$45.8 \pm$	$45.8 \pm$	$47.3 \pm$	$46.7 \pm$
Condición corporal (1-5, unidades)	$2.7 \pm$	$2.7 \pm$	$2.6 \pm$	$2.7 \pm$

<sup>ab</sup>Superíndices desiguales entre columnas indican diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 2** Respuesta reproductiva de cabras multíparas de la raza Alpino-Frances suplementadas con 100 mL de propilenglicol (PPG) por 7 días y cabras sin suplementar (Control) durante la época reproductiva (septiembre y octubre; 24° LN.

Variables	PPG (n=10)	Control (n=9)
Estro (%)	100.0 <sup>a</sup>	87.5 <sup>a</sup>
Ovulación (%)	100.0 <sup>a</sup>	66.0 <sup>b</sup>
Tasa ovulatoria (n)	$1.7 \pm 0.1^a$	$1.5 \pm 0.1^a$

<sup>ab</sup>Superíndices desiguales entre columnas indican diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ).

## V. DISCUSIÓN.

Se ha reportado el efecto beneficioso del PPG como fuente de energía en mamíferos. Parte del PPG se metaboliza en el rumen a propionato y el resto se absorbe directamente del rumen para entrar en la gluconeogénesis a través del piruvato. Este balance energético positivo, que podría esperarse debido a la suplementación con PPG, conduce a un aumento de las concentraciones de leptina e insulina (200-400%) en sangre y a un aumento de la captación de glucosa. Estos cambios parecen afectar directamente al ovario y se asocian con un aumento de la foliculogénesis y de la tasa de ovulación en ovejas (Mohammed et al., 2021). Lo anterior, esta acorde con los resultados en cuanto al porcentaje de la ovulación, siendo mayor en los animales del grupo que se trató con PPG. Es probable, que lo anterior se deba a que la administración de PPG redujo los niveles de ácidos grasos no esterificados en las cabras del grupo tratado favoreciendo la respuesta reproductiva. En contraste, se conoce que un mayor nivel de ácidos grasos no esterificados (NEFA) en sangre podría tener un efecto negativo en el desarrollo de los ovocitos y el rendimiento reproductivo (Walsh et al., 2007). Muchos autores afirman que el PPG podría ser eficaz para reducir la concentración de NEFA en sangre (Rizos et al., 2008; Liu et al., 2009).

Además, lo anterior está de acuerdo con resultados mostrados por Sordillo y Raphael (2013), que afirmaron que un aumento progresivo de los niveles de NEFA en sangre antes del parto podría considerarse un factor significativo que promueve las respuestas inflamatorias en las vacas en transición. Por otra parte, Carlos Olegario Hidalgo *et al*, (2006), menciona que el PPG mejora la calidad del cuerpo lúteo y los niveles séricos de progesterona. Sin embargo, la tasa ovulatoria fue similar para ambos grupos. De igual manera el porcentaje de hebras en estro. Respecto al peso vivo y condición corporal no se encontró diferencias significativas para ambos grupos. En contraste, se sabe que periodos más cortos de suplementación nutricional también pueden afectar el desarrollo folicular en ausencia de cambios en la condición corporal y el peso del animal, lo que se conoce como "efecto agudo de la nutrición" (Gutierrez et al., 2011). Sin embargo, al no existir diferencia en las variables productivas, no se vio afectado el número de cuerpos lúteos, porcentaje de estro. Esto puede deberse a que se mantuvo la condición corporal y peso vivo en ambos grupos. En este sentido se conoce que el

mantenimiento de una CC moderada y la ausencia de aumento de peso pueden provocar una respuesta reducida sobre los posibles efectos de la insulina o la LH.

## **VI. CONCLUSIÓN.**

La complementación con PPG durante (7 días) el empadre mejora el porcentaje de ovulación en cabras Alpinas Francesas que son sincronizadas al estro. Sin embargo, no mejoró los niveles de glucosa sanguínea ni peso vivo ni la condición corporal.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abdel Fattah, S. M., Mohmed, 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.
- 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 cruza criollas x Nubian. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 118(1), 133-140.
- Contreras-Villarreal, V., Meza-Herrera, C. A., Rivas-Muñoz, R., Angel-Garcia, 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.
- Figueroa-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]*. 2016;(February 2017): 1–15.
- 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.
- 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.
- 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.
- Montemayor, H. A. (2017). Producción de caprino en México. *Tierras. Caprino*, (18), 28-31.
- 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).
- 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.
- 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.
- 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*.
- 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 CASAS, L. F. (2017). EFECTO DEL ÁCIDO FERULICO SOBRE EL pH RUMINAL, CONSUMO, FLUJO Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES DE VAQUILLAS EN FINALIZACIÓN (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AUTONOMA 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.
- 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*, 169-185.

- Mikuła, R.; Pruszyńska-Oszmałek, E.; Ignatowicz-stefaniak, M.; Kołodziejcki, P.A.; Maćkowiak, P.; Nowak, W. The effect of propylene glycol delivery method on blood metabolites in dairy cows. *Acta Vet. Brno* 2020, 89, 19–29. [CrossRef]
- Zhang, F.; Nan, X.; Wang, H.; Zhao, Y.; Guo, Y. Effects of Propylene Glycol on Negative Energy Balance of Postpartum Dairy Cows. *Animals* 2020, 9, 1526. [CrossRef]
- 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]
- 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.
- Santos, R. P. D., Macedo, G. D. L., Silva, S. P. D., Sousa, L. F. D., & Andrade, M. E. B. (2017). Inclusion of propylene glycol in the diet of sheep and its effect on their lambs' protein and mineral metabolites. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(3), 297-302.
- Kalyesubula, M., Rosov, A., Alon, T., Moallem, U., & Dvir, H. (2019). Intravenous infusions of glycerol versus propylene glycol for the regulation of negative energy balance in sheep: a randomized trial. *Animals*, 9(10), 731.
- Nielsen NI, Ingvarsten KL. 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* 2004; 115:191-213
- Gutierrez, C. G., Ferraro, S., Martinez, V., Saharrea, A., Cortez, C., Lassala, A., ... & Hernandez, J. (2011). Increasing ovulation quota: more than a matter of energy. *Acta Scientiae Veterinariae*, 39(1), s305-s316.