

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL



Efecto de la suplementación con propilenglicol sobre la calidad seminal en machos caprinos jóvenes durante la época reproductiva

TESIS

Por:

Josué Monroy Munguía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México

Junio 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto de la suplementación con propilenglicol sobre la calidad seminal en machos caprinos jóvenes durante la época reproductiva

Por:

Josué Monroy Munguía

Tesis

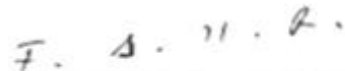
Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

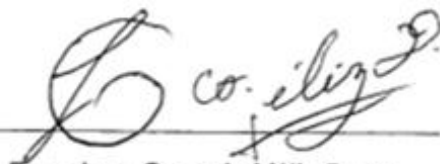
Aprobada por:




Dr. Alan Sebastián Espino Alvarado
Presidente



Dr. Fernando Arellano Rodríguez
Vocal



Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras
Vocal



M.C Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Vocal suplente



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



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto de la suplementación con propilenglicol sobre la calidad seminal en machos caprinos jóvenes durante la época reproductiva

Por:

Josué Monroy Munguia

Tesis

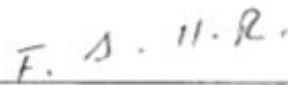
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alan Sebastián Espino Alvarado
Asesor principal



Dr. Fernando Arellano Rodríguez
Coasesor



Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras
Coasesor



M.C Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Coasesor



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



Torreón, Coahuila, México

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de culminar mis estudios y la oportunidad de disfrutar de la vida.

Agradezco a todas las personas y maestros que me ayudaron y que fueron parte en mi formación académica amigos y maestros.

Agradezco a mi amigo y asesor de tesis el Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino por su apoyo, paciencia y motivación para poder concluir esta tesis.

Agradezco a toda mi familia que pusieron su fe en mi cuando les mencione que iba a estudiar lejos muchas gracias por el apoyo y los consejos brindados.

Agradezco Josefina García de la Cruz y Mario Escamilla Padilla quien fueron las personas que me rentaron durante toda mi estancia en la carrera por su hospitalidad, su gran amabilidad para conmigo, así como sus conejos y sus buenos tratos en su casa, siempre los recordare y estaré agradecidos con ellos.

Agradezco a mi novia por ser mi compañera en todo el transcurso de mi carrera y sus ánimos y consejos para seguir adelante.

Agradezco a mi hermano por haberme apoyado en mi carrera así como los consejos brindados y la ayuda ofrecida.

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la oportunidad de concluir una etapa más en mi vida, además de conocer lugares lejanos a mi hogar donde conocí personas muy amables que se convirtieron en buenos amigos y haberme permitido poder estudiar lo que yo quería.

A mis padres, por su gran esfuerzo motivación, consejos, por enseñarme lo importante en la vida, pero sobre todo por brindarme su apoyo incondicional y poner su fe en mí.

A mis hermanos por siempre estar para mí cuando más lo necesito, por su cariño de hermanos sus consejos y motivaciones.

A mi abuelita, aunque ya no esté presente, por su gran cariño, apoyo y motivación para que yo siguiera estudiando pues yo sé que ella tenía el anhelo de que algún día su nieto estudiara una profesión es por ello que con mucho cariño muchas gracias abuelita.

A mi tía quien a sido pieza fundamental en mi educación tanto personal como académico, por su dedicación hacia nosotros su tiempo, esfuerzo, motivación e incondicional apoyo hacia nosotros.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
INDICE	iii
INDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO	2
1.2. HIPÓTESIS	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Estacionalidad reproductiva y fisiología del aparato reproductor del macho	3
2.1.1. Estacionalidad reproductiva.....	3
2.1.2. Fisiología del aparato reproductor	3
2.2. Espermatogenesis y control hormonal.....	4
2.3.Principales parametros seminales en machos caprinos	5
2.4. Nutricion y calidad seminal	5
2.4.1. Suplementación y calidad seminal	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Lugar, animales experimentales y manejo	8
3.2. Diseño experimental.....	8
3.3. Recolección del semen y medición de glucosa sanguínea.....	8
3.4. Análisis estadístico	9
4. RESULTADOS	10
5. DISCUSIÓN	11
6.CONCLUSIÓN	15
7.REFERENCIAS	16

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Características del semen caprino (Modificado de Hernandez y Fernandez, 1993).....	6
Cuadro 2 Variables evaluadas en los machos caprinos suplementados con propilenglicol (G-Lipofeed, n=4) o control (G-Control, n=3) durante la época reproductiva.	10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del aparato reproductor del macho (Tomado de Gloobe, 1989).	4
Figura 2 Peso corporal, volumen seminal, concentración espermática y glucosa sérica en machos caprinos jóvenes suplementados con Lipofeed (G-Lipofeed, n = 4) y sin suplementar (G-Control, n = 3) durante la estación reproductiva.....	12

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con propilenglicol más propionato de Ca en machos caprinos jóvenes sobre las características seminales y la glucosa sanguínea. El experimento se llevó a cabo en la Comarca Lagunera (México, 25° N) durante la época reproductiva. Se utilizaron siete machos caprinos Alpinos de 1.5 años de edad. Los machos se dividieron en dos grupos experimentales homogéneos en peso y condición corporal. Los animales de ambos grupos fueron alimentados con heno de alfalfa para cubrir sus necesidades de mantenimiento y se les proporciono agua y minerales a libre acceso. A un grupo se les proporciono diariamente 4 mL de propilenglicol más propionato de Ca por cada 20 kg de peso corporal por vía oral (G-Lipofeed; n=4), durante 8 semanas; mientras que el otro grupo no recibió ningún tipo de suplementación (G-Control; n=3). Se evaluó el peso corporal, volumen, y concentración espermática, así como la glucosa sanguínea al inicio del experimento y cada dos semanas. Las variables se analizaron con el paquete estadístico SAS y se considerará que hubo un efecto significativo si el valor de P era ≤ 0.05 . No se observaron diferencias estadísticas significativas en el peso corporal, volumen seminal y concentración espermática ($P > 0.05$). Sin embargo, la glucosa plasmática fue mayor en el grupo suplementado con propilenglicol ($P < 0.05$). Es necesario realizar más estudios en los que se prueben diferentes dosis y días de tratamiento para evaluar el efecto del propilenglicol sobre la actividad reproductiva en machos caprinos durante y fuera de la estación reproductiva.

Palabras Clave: Espermatogénesis, Metabolismo, Reproducción, Glucosa, Rumiante

1. INTRODUCCIÓN

En el norte de México, la producción caprina tiene una gran importancia desde el punto de vista económico y social (Escareño et al., 2012). En esta zona, el sistema de producción basa su alimentación principalmente en el pastoreo extensivo con variaciones en la disponibilidad de alimento siendo en ocasiones insuficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales (Cruz-Castrejón et al., 2007; Salinas-González et al., 2016). La restricción de alimento reduce la disponibilidad de nutrientes destinados al crecimiento, producción y reproducción de los animales (Meza y Tena, 2012). En los machos, la disminución en sus requerimientos energéticos disminuye la producción de espermatozoides y el tamaño de los testículos (Martin et al., 2010).

Actualmente la incorporación de aditivos en la producción y reproducción resulta importante ya que constituye una herramienta eficaz para producir alimentos de mayor cantidad y de forma más eficiente, además, reduce los problemas metabólicos, mejorando la rentabilidad y la eficacia reproductiva (López-Vargas et al., 2017). Para incrementar los niveles de energía en la dieta en los machos caprinos, una alternativa son los precursores glucogénicos como el propilenglicol utilizado en ovejas y bovinos (Martínez-Aispuro et al., 2018; Leyva-Orasma et al., 2020). En corderos, la administración de propilenglicol aumenta el propionato en el rumen y la glucosa sérica (Martínez-Aispuro et al., 2018). Sin embargo, el uso de propilenglicol como sustratos glucogénicos en caprinos y su efecto sobre la calidad seminal son limitados, es por ello que se plantea la realización de esta investigación.

1.1. OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con propilenglicol sobre la calidad seminal en machos caprinos jóvenes durante la época reproductiva.

1.2. HIPÓTESIS

La hipótesis del trabajo fue que la suplementación en machos caprinos jóvenes con propilenglicol durante la época reproductiva mejora la calidad seminal.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estacionalidad reproductiva y fisiología del aparato reproductor del macho

2.1.1. Estacionalidad reproductiva

Los caprinos son animales poliéstricos que tienen un patrón estacional en su actividad reproductiva. Durante el otoño e invierno, las hembras muestran ciclos estrales regulares y los machos una mayor calidad seminal y comportamiento sexual mientras que durante la primavera y el verano las hembras dejan de presentar celo y ovular y los machos tienen una disminución en la calidad seminal y comportamiento sexual (Delgadillo et al., 1999; Chemineau et al., 2008; Duarte et al., 2008; Carrillo et al., 2010). Este patrón estacional en la actividad sexual de los caprinos está influenciado principalmente por el fotoperiodo. Durante la estación sexual la secreción de testosterona, el comportamiento sexual y la producción espermática aumentan, mientras que, durante la estación de reposo sexual disminuyen (Walkden Brown et al., 1994). Existen numerosos antecedentes que demuestran una importante variación de la actividad reproductiva entre genotipos, en particular la libido (Gatica et al., 2012). Esta variación implica que los aspectos reproductivos no pueden extrapolarse entre las distintas razas y que deben ser evaluados para cada sistema de producción (Gibbons, et al., 2012). En machos caprinos locales y Alpinos nacidos en el Norte de México, la estación de actividad reproductiva sucede de junio a diciembre y el reposo sexual de enero a mayo (Delgadillo et al., 1999; Carrillo et al., 2010). Esto implica que durante la estación reproductiva los machos deben expresar todo su comportamiento sexual para garantizar la preñez de las (Chemineau et al., 2008).

2.1.2. Fisiología del aparato reproductor

Los testículos son los órganos principales del aparato reproductor de los machos. En ellos se produce la testosterona, responsable del comportamiento sexual, las características sexuales secundarias y la producción de los espermatozoides (Revidatti, et al 2011). Además de los testículos, se encuentran el epidídimo y el conducto deferente correspondiente a cada testículo responsables de la maduración y transporte de los espermatozoides (Gloobe, 1989). El pene es el órgano copulador. En su parte central se encuentra la uretra, por la cual son evacuados el semen y la orina. Durante la excitación

sexual el pene se vuelve rígido debido a la afluencia sanguínea al cuerpo cavernoso que es la parte eréctil de este órgano (Gelves, 2021). En los caprinos el pene tiene una flexura sigmoidea que le permite extenderse durante la copula, su extremo libre termina en una porción de tejido esponjoso denominada glande y en una apéndice vermiforme (Galeana y Valencia, 2008). Finalmente, las glándulas sexuales accesorias que incluyen las vesículas seminales, glándulas bulbouretrales y la próstata que producen el fluido seminal que se une a los espermatozoides formando el semen (König y Liebich, 2005). En la figura 1 se muestra un esquema de los órganos del aparato reproductor del macho caprino.

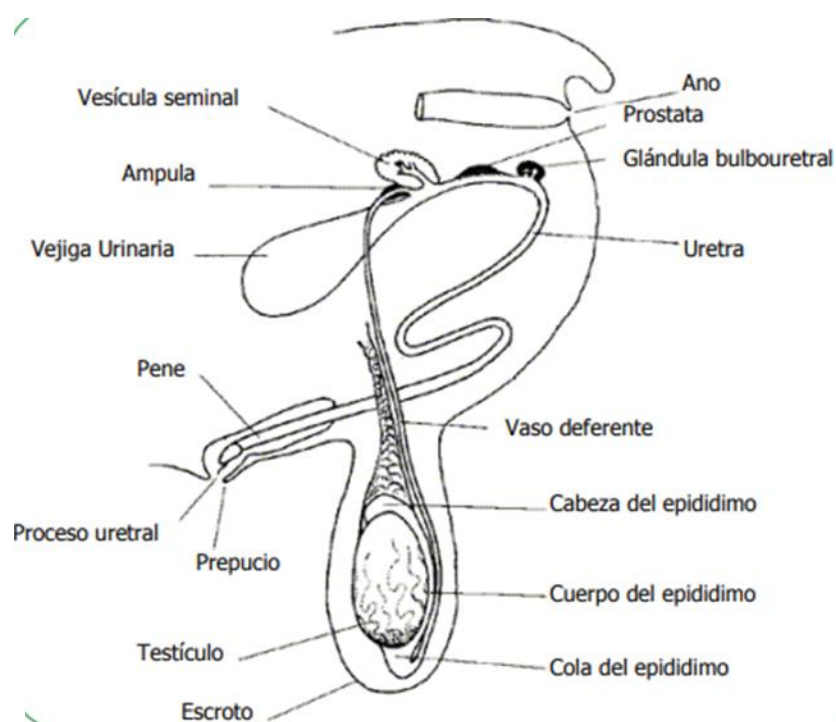


Figura 1 Esquema del aparato reproductor del macho (Tomado de Gloobe, 1989).

2.2. Espermatogénesis y control hormonal

La espermatogénesis es el proceso de división y diferenciación celular mediante el cual se producen los espermatozoides. La espermatogénesis como se mencionó anteriormente, se lleva a cabo en los testículos y en los caprinos tiene una duración aproximada de 47 días (Shirazi et al., 2014). Esta inicia en la pubertad entre los 6 y 12 meses de edad ya que depende de otros eventos como la época de nacimiento, raza y la nutrición del animal (Gelvez, 2021).

La espermatogénesis se divide en dos fases: 1) La espermatocitogénesis, que mediante divisiones mitóticas se producen las células germinales de reserva, y espermatogonias tipo B que dan origen a los espermatoцитos que al dividirse mediante meiosis dan lugar a las espermatidas (Pineda y Dooley, 2003; O'Donnell et al., 2006), y 2) la espermiogénesis o espermioteliosis es la fase en la cual las espermatides se transforman en los espermatozoides creandose el acrosoma y el flagelo dando la forma característica y definitiva de los espermatozoides (Pineda y Dooley, 2003; O'Donnell et al., 2006; Gadella y Luna, 2014; Neto et al., 2016).

La espermatogénesis es controlada por la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) secretada por el hipotálamo. La GnRH estimula la producción y secreción de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH) por la adenohipófisis (Amann y Schanbacher(1983); Roser, 2001). A su vez, la LH estimula la secreción de testosterona por las células intersticiales o de Leydig mientras que la FSH estimula la división celular del epitelio germinal y de las células de Sertoli (Pineda y Dooley, 2003). La LH es secretada de manera pulsátil y al unirse a su receptor en la célula de Leydig, inicia la conversión de colesterol a pregnenolona y finalmente testosterona (Midzak et al., 2009). La testosterona es esencial para que se lleve a cabo la espermatogénesis y el desarrollo de las características sexuales secundarias en el macho (Amann y Schanbacher, 1983).

2.3.Principales parametros seminales en machos caprinos

Dentro de los principales parámetros del semen que se evalúan en los pequeños rumiantes son el volumen del eyaculado, concentración espermática, número total de espermatozoides eyaculados, motilidad espermática, viabilidad y morfología. Además de otros como son el color, olor y pH (Maldonado, et al 2018; vera et al 2016). Es importante mencionar que dichos parámetros son esenciales para que el macho pueda tener la capacidad de preñar a una hembra durante la época reproductiva y asegurar el éxito reproductivo del rebaño. En el cuadro 1 se muestran sus valores promedio.

2.4. Nutricion y calidad seminal

El efecto de la nutrición sobre la reproducción en el macho es bien conocido (Martin et al., 2010"; salvaraju et al 2012). El efecto de la nutrición es mediado a través de las

hormonas metabólicas y metabolitos como la hormona del crecimiento, insulina, leptina y factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1) que pueden actuar directamente sobre el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal, afectando la secreción de GnRH, LH, y FSH y por lo tanto la producción de espermatozoides (Zhang et al., 2005; Kenny y Byrne, 2018).

Cuadro 1 Características del semen caprino (Modificado de Hernandez y Fernandez, 1993).

Color	Volumen (mL)	pH	Motilidad progresiva (%)	Concentración espermática	Morofología normal (%)	Viabilidad (%)
Blanco	1.6	6.7	75.5	3358	90	78.3
lechoso - Grisáceo	(1 – 1.6)	(6.2 - 7.2)	(55.1 – 90.0)	(1650 - 6500)	(75 - 95)	(63.0 - 94.1)

El rumiante es un animal gluconeogénico, ya que la absorción de glucosa en ellos es muy baja debido a que la fermentación ruminal condiciona su disponibilidad. (Galdis et al., 2000). La obtención de la energía se lleva a cabo en el rumen por medio de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos presentes en los alimentos a través de microorganismos que existen en el rumen, con el propósito de generar energía para el crecimiento microbiano y la producción concomitante de ácidos grasos volátiles, metano, dióxido de carbono y calor de la fermentación (Ku-Vera et al., 2014).

La gluconeogénesis aporta más del 90% de la glucosa necesaria para realizar todas las funciones corporales (Young, 1997). En rumiantes, los ácidos grasos de cadena corta se liberan como los principales productos finales de la fermentación microbiana ruminal de los cuales, solo el propionato, el valerato e isobutirato pueden servir como precursores glucogénicos para la síntesis de glucosa (Aschenbach et al., 2010).

2.4.1. Suplementación y calidad seminal

La suplementación de rumiantes en pastoreo durante el invierno y en la época de sequía, es una práctica que se realiza en la ganadería extensiva del norte de México que consiste en ofrecer los nutrientes deficientes requeridos para la nutrición del animal (Isidro et al., 2017). En la Comarca Lagunera, el periodo de sequía abarca desde el final

de otoño hasta el final de la primavera, lo que provoca una disminución de la disponibilidad y calidad de alimento, en este periodo, el nivel de consumo de proteína y energía metabolizable es inadecuado para completar los requerimientos nutricionales de los caprinos (Flores et al., 2007), es por ello que se vuelve necesaria la suplementación en los animales.

Una alternativa para aumentar los niveles de energía en los animales durante las etapas críticas es el propionato de Ca el cual se ha utilizado como sustrato energético en dietas para corderos sin efectos adversos sobre variables productivas o fermentación ruminal (Martínez et al., 2018). El propilenglicol se metaboliza a propionato, pero una parte sale del rumen sin transformarse para convertirse en glucosa por el hígado, a través de la ruta del lactaldehído con oxidación a lactato. El propionato es transportado al hígado, donde se transforma en piruvato y finalmente en glucosa por la vía del oxalacetato (Ordoñez et al., 2006). El propionato entra en la gluconeogénesis por medio del ciclo del ácido cítrico. Después de esterificación con CoA, la propionil-CoA es carboxilada hacia d-metilmalonil-CoA, lo cual es catalizado por la propionil-CoA carboxilasa, una enzima dependiente de biotina aumentando los niveles de energía en los animales (Bender et al., 2022).

En la reproducción de un rebaño, los sementales desempeñan un papel muy importante, pues gran parte de ellos dependen los índices de parición. Para que un semental se desempeñe devidamente durante el empadre, se necesita que se encuentre en óptimas condiciones físicas. Al menos dos funciones del semental están estrechamente relacionadas con su estado nutricional: a) el comportamiento sexual o libido y b) la espermatogénesis (Urrutia et al., 2016). La suplementación en el periodo de sequia asegura un máximo volumen testicular y una máxima producción de espermatozoides (Rivas et al., 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar, animales experimentales y manejo

El experimento se llevó a cabo en la Comarca Lagunera (25° N) durante la estación reproductiva que corresponde a los meses de agosto a diciembre en machos de raza Alpina (Carrillo et al., 2010). Se emplearon siete machos caprinos de raza Alpina de 1.5 años de edad. Los animales fueron alimentados con una dieta a base de heno de alfalfa destinada a cubrir su requerimiento diarios de mantenimiento (NRC, 2007) y fueron alojados en corrales abiertos provistos de sombra con agua y minerales disponible a libre acceso. Los machos fueron vacunados y desparasitados un mes antes del estudio e identificados individualmente con aretes.

3.2. Diseño experimental

El experimento tuvo una duración de 8 semanas. Los machos fueron divididos aleatoriamente en dos grupos experimentales. En el primer grupo (G-Lipofeed; n = 4) los machos fueron suplementados con Lipofeed® (PREPEC, México) diariamente por vía oral. La dosis de Lipofeed fue de 4 mL por cada 20 kg de peso vivo por las mañanas y un grupo control que no recibió ningún suplemento adicional (G-Control; n = 3). Las variables evaluadas fueron peso corporal (kg), volumen seminal (mL), concentración espermática (spz/mL) y glucosa sanguínea (mg/dL). Todas las variables se medieron al inicio del experimento y cada dos semanas.

3.3. Recolección del semen y medición de glucosa sanguínea

El semen se recolecto mediante una vagina artificial para lo cual se utilizó una hembra estrogenizada. Los machos fueron entrenados un mes antes del inicio del experimento. Una vez recolectado el semen se evaluó inmediatamente. El volumen se midió directamente de los tubos graduados con intervalos 0.1 mL utilizados en la recolección. Luego de la recolección se tomó una gota de semen (10 µL) que se colocó en un portaobjetos y se evaluó la motilidad en masa en una escala de 0 a 5 puntos (0= sin movimiento y 5= movimientos en remolino rápidos) con la ayuda de un microscopio (10X, Zeigen) y la concentración espermática se determinó con un espectrofotómetro (SDM 1, Minitube, Alemania).

La glucosa se midió con un medidor de glucosa portátil (FreeStyle®). Para lo cual se puncionó la vena yugular y se colocó una gota de sangre en una de las tiras del medidor. Después de 10 segundos los niveles de glucosa (mg/dL) se mostraron en la pantalla y fueron registrados.

3.4. Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, Institut, Inc.). Las variables paramétricas se analizaron con el procedimiento GLM de SAS, mientras que las variables no paramétricas se analizaron con la prueba de Kruskal Wallis. Se analizó el efecto del tratamiento y el tiempo, así como la interacción entre ambos (tratamiento x tiempo). Se consideró que existe diferencia estadística significativa si el valor de $P \leq 0.05$.

4. RESULTADOS

Los resultados del estudio se muestran en el cuadro 2. El peso corporal, volumen seminal y concentración espermática no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$) entre los machos del grupo G-Lipofeed y los del grupo control. Sin embargo la glucosa sérica aumentó significativamente en los machos tratados con Lipofeed que en los machos sin suplementar ($P < 0.05$). Si bien la concentración espermática no difirió entre tratamientos, se observó una tendencia a aumentar en los machos tratados con Lipofeed® entre observaciones ($P = 0.06$) y una interacción tratamiento x tiempo ($P = 0.07$; Figura 2). Finalmente, los niveles plasmáticos de glucosa son mayores a ser mayores en los animales tratados con Lipofeed que en los machos control (54.3 ± 7.0 y 50.3 ± 4.9 dl/mL, respectivamente; Cuadro 2).

Cuadro 2 Variables evaluadas en los machos caprinos suplementados con propilenglicol (G-Lipofeed, n=4) o control (G-Control, n=3) durante la época reproductiva.

	Peso corporal (kg)	Volumen seminal (mL)	Concentración espermática (spzx10 ⁶ /mL)	Glucosa (ng/mL)
G-Lipofeed	48.19 ± 11.2	0.59 ± 0.2	4179.7 ± 262	54.3 ± 7.3
G-Control	46.05 ± 5.2	0.52 ± 0.2	4076.8 ± 389	50.3 ± 4.9
Valor P	0.49	0.42	0.35	0.009

5. DISCUSIÓN

En el presente estudio la administración de propilenglicol en machos caprinos jóvenes si bien se observó un aumento significativo de los niveles plasmáticos de glucosa, no se observó una mejora de los parámetros seminales como el volumen o la concentración espermática de los machos o en el peso corporal. El aumento de los niveles de glucosa observados en los machos caprinos concuerda con los resultados reportados por Leyva et al. (2020) en vacas lecheras después del parto suplementadas con propilenglicol. En ese estudio, los autores observaron un aumento de los niveles plasmáticos de glucosa en las vacas disminuyendo el impacto del balance energético negativo, enfermedades metabólicas y reproductivas durante el inicio de la lactancia. Esto último debido a que el propilenglicol es un precursor glucogénico importante para la gluconeogénesis, que puede haber promovido la dinámica del glucógeno hepático que es necesario para satisfacer la demanda de glucosa ya que en algunos estudios se ha indicado que el empleo de propionato o de propilenglicol favorece la síntesis de glucosa en los rumiantes (Larsen y Kristensen, 2013; Lien et al.,2010).

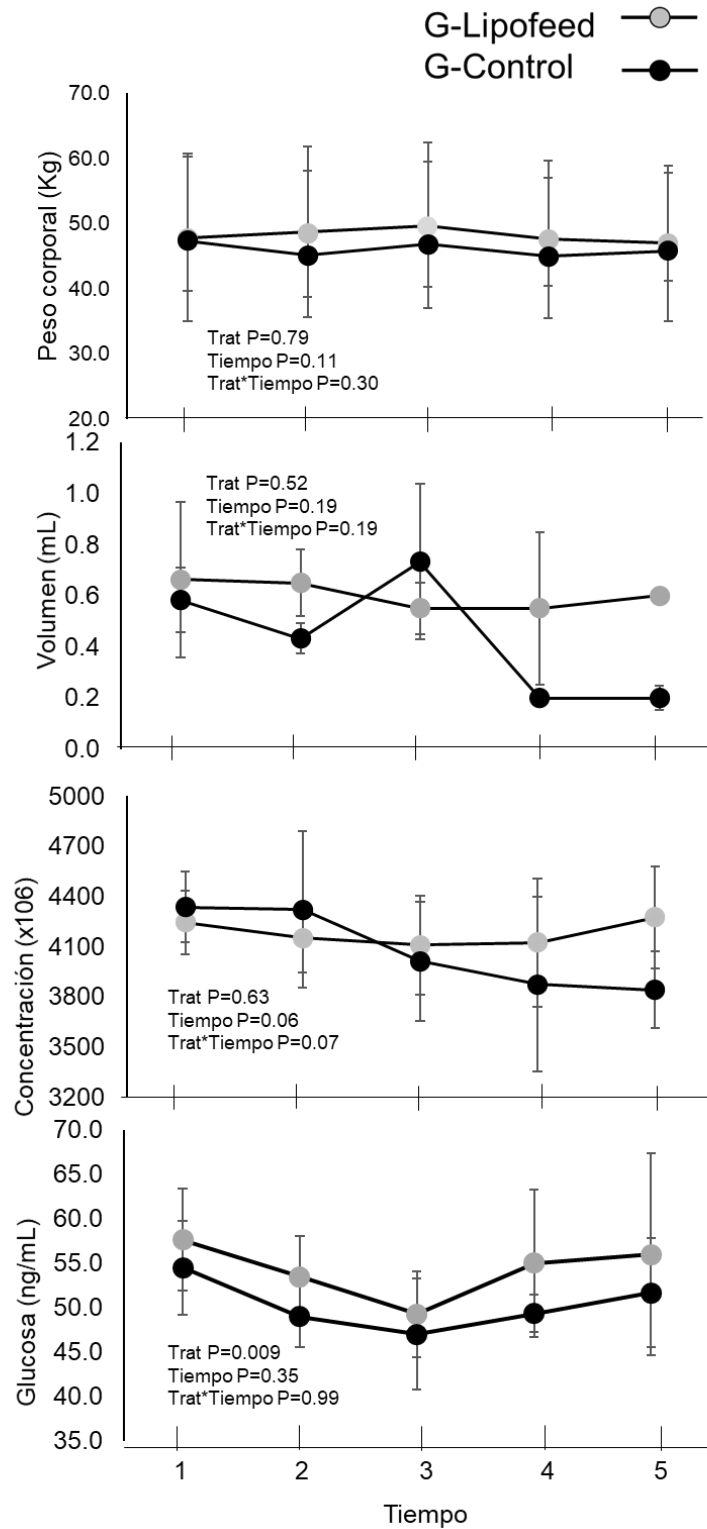


Figura 2 Peso corporal, volumen seminal, concentración espermática y glucosa sérica en machos caprinos jóvenes suplementados con Lipofeed (G-Lipofeed, n = 4) y sin suplementar (G-Control, n = 3) durante la estación reproductiva.

El propilenglicol ha sido utilizado como un suministro energético alternativo en la alimentación de los rumiantes (Hidalgo et al., 2018; Nivia et al., 2020). El propilenglicol es un importante gluconeogénico en rumiantes y puede ayudar a disminuir eficazmente la formación de cetonas (Zhang et al., 2020). La mayor parte del propilenglicol se metaboliza en el rumen a ácido propiónico y ácido láctico, que es el sustrato principal para la gluconeogénesis hepática en rumiantes (Mikula et al., 2020; Martin et al., 2010). Dado que la gluconeogénesis aporta más del 90% de la energía necesaria para los rumiantes, en periodos en los cuales hay una alta demanda de energía o se quiera dar un aporte extra de energía, se pueden administrar precursores glucogénicos (Overton y Waldron, 2004).

En nuestro estudio, la suplementación con propilenglicol no afectó el peso de los machos caprinos jóvenes. Lo anterior, es similar a lo reportado por López-Vargas et al. (2022) en corderos suplementados con propilenglicol donde no se observó un efecto significativo sobre la ingesta de alimento, el aumento de peso y conversión alimenticia de los corderos tratados. Sin embargo, contrasta con lo observado por Carrillo et al. (2016) en toros de engorda quienes observaron un incremento en el peso corporal de los toros suplementados con propilenglicol con respecto al grupo control. Es probable que, en nuestro estudio, no se observó un aumento en el peso corporal luego de la suplementación debido a que la dosis empleada y la duración del tratamiento no fueron suficientes para observar un efecto significativo sobre el peso corporal en los machos caprinos o corderos suplementados con Lipofeed® (López-Vargas et al., 2022).

La calidad seminal es una característica muy importante en los machos ya que de eso depende en gran medida la eficiencia reproductiva del rebaño (Lorenzo et al., 1997). En especies estacionales, lo anterior resulta sumamente importante ya que solo se aparean durante una época específica del año (Carrillo et al., 2010). Existe una relación directa entre la nutrición y la condición corporal sobre la calidad seminal (Elhordoy et al., 2006). En los machos del grupo Lipofeed se observó una tendencia de aumento en la concentración espermática. No obstante, en el volumen no se observó ningún aumento. En carneros, está demostrado que un cambio en la alimentación mejora la masa testicular, así como la eficiencia en la producción espermática (Martin et al., 2010). En machos caprinos, la suplementación con concentrado mejoró el peso y la circunferencia

escrotal, así como el volumen del semen y la concentración de espermatozoides (Mellado 2008).

6.CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos nos permiten concluir que si bien los niveles de glucosa en sangre aumentaron en los machos tratados con propilenglicol, no se observó un aumento del volumen seminal y el peso corporal, mientras que la concentración espermática tendió a aumentar en los machos caprinos jóvenes. Es necesario realizar más estudios en los que se prueben diferentes dosis y días de tratamiento para evaluar el efecto del propilenglicol sobre la actividad reproductiva en machos caprinos durante y fuera de la estación reproductiva.

7.REFERENCIAS

- Amann, R. P., & Schanbacher, B. D. (1983). Physiology of male reproduction. *Journal of Animal Science*, 57(suppl_2) 380-403.
- Aschenbach, J. R., Kristensen, N. B., Donkin, S. S., Hammon, H. M., & Penner, G. B. (2010). Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough. *IUBMB life*, 62(12) 869-877.
- Bender, D., & A. Mayes, P. (30 de enero de 2022). Gluconeogénesis y control de la glucosa en sangre. Obtenido de Access medicina: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1814§ionid=127362977#1128659150>
- Carrillo Herrera., J., Murillo Ortiz, M., Herrera Torres, E., Carrete Carreón., F., Reyes Estrada., O., & Livas Calderón., F. (2016). Rendimiento productivo y calidad de la canal de becerros alimentados con un precursor glucogénico. *Abanico Vet.*, 6 (1) 54-59.
- Carrillo, E., Meza Herrera, C. A., & Veliz, F. G. (2010). Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico Mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(2) 169-178.
- Chemineau, P., Guillaume, D., Migaud, M., Thiéry, J. C., Pellicer-Rubio, M. T., & Malpoux, B. (2008). Seasonality of reproduction in mammals: intimate regulatory mechanisms and practical implications. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 40-47.
- Delgadillo, J. A., Chemineau, P., & Malpoux, B. (1999). Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 52(4),727-737.
- Duarte, G., Flores, J. A., Malpoux, B., & Delgadillo, J. A. (2008). Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*, 35(4), 362-370.

- Elhordoy, D., Elgarte, J., Hernández, S., & Guggeri, D. (2006). Suplementación de sales minerales con oligoelementos zinc, cobalto, selenio y vitaminas sobre características seminales en carneros, previo al servicio. XXXIV Jornadas Uruguayas de Buiatría.
- Escareño, L., Salinas Gonzales, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Solkner, J., & Meza Herrera, C. (2012). Dairy goat production systems. *Tropical Animal Health and Production*, 45(1), 17-34.
- Flores Nájera, M. D. J., Rosales Nieto, C. A., Vélez Monroy, L. I., & Chávez Solís, A. U. (2021). Influencia del nivel nutricional sobre la calidad seminal y el comportamiento sexual de los machos cabríos tratados con días largos artificiales. *Biotechnia*, 23(1), 36-44.
- Gadella, B. M., & Luna, C. (2014). Cell biology and functional dynamics of the mammalian sperm surface. *Theriogenology*, 81(1), 74-84.
- Galdis, R. D., Correa, H. J., Henao, G., Terranoya, W. S., Moncada, H., & Ramirez, N. (2000). Influencia de la alteración en el metabolismo energético y proteico sobre la actividad gluconeogénica, las concentraciones plasmáticas de insulina e IGF-1 y la reactivación ovárica en vacas en lactancia temprana. *Iatreia*, pp. 100.
- Galeana, C., & Valencia, J. (2008.). *Reproduccion de los animale domesticos*. Mexico.: LIMUSA.
- Gatica, M. C., Celi, I., Guzmán, J. L., & Zarazaga, L. A. (2012). Utilizacion del fotoperiodo e implantes de melatonina para el control de la reproduccion en caprinos mediterraneos. *REDVET*. Vol. 13, pp. 1- 15.
- Gelvez, L. (24 de marzo de 2021). Mundo pecuario. Obtenido de Mundo pecuario: https://mundo-pecuario.com/tema166/anatomia_reproductiva/pene_uretra-820.html
- Gelvez, L. (13 de julio de 2021). Mundo pecuario. Obtenido de Mundo pecuario: https://mundopecuario.com/tema169/gametogenesis_animales/espermatogenesi_s_animales888.html#:~:text=Twitter%20Facebook%20Google%20%2B,Es%20el

%20proceso%20mediante%20el%20cual%2C%20mediante%20una%20serie%20de,germinales%20se%20forma%20el%20espermatozoide

Gibbons, A., Cueto, A. M., & Wolff, B. M. (2017). Inseminación artificial en la especie caprina. *Reproducción y Genética*, pp. 154-151.

Gibbons, A., Naim, P., Cueto, N., & Silvestre, P. (2012). Estacionalidad reproductiva en machos caprinos criollo-neuquinos de la patagonia argentina. *Archivos de Zootecnia*, pp. 119-128.

Gloobe, H. (1989). *Anatomía aplicada del bovino* (No. 91). Bib. Orton IICA/CATIE.

Hidalgo-Hernández, U., Ortega-Cerrilla, M. E., Herrera-Haro, J. G., Ramírez-Mella, M., & Zetina-Córdoba, P. (2018). Glicerol una alternativa para la alimentación de rumiantes. *AGROProductividad*, 11(5).

Isidro Requejo, L. M., Maldonado Jaquez, J. A., Granados Rivera, L. D., Salinas Gonzales, H., Velez Monroy, L. I., Chavez Solis, A. U., & Pastor Lopez, F. J. (2017). Suplementación pre y postparto durante la estación lluviosa en cabras locales del norte de México. *Nova Scientia*, 9(19), pp. 134-153.

Kenny, D. A., & Byrne, C. J. (2018). The effect of nutrition on timing of pubertal onset and subsequent fertility in the bull. *Animal*, 12(s1), s36-s44.

König, H. E., & Liebich, H. G. (2005). *Anatomía de los animales domésticos: órganos, sistema circulatorio y sistema nervioso*. Ed. Médica Panamericana.

Ku Vera, J. C., Briceño, E. G., Ruis, A., Mayo, R., Ayala, A. J., Aguilar, C. F., Ramirez, L. (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 48, núm. 1, pp. 43-53.

Larsen, M., & Kristensen, N. B. (2013). Precursors for liver gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *Animal*, 7(10), 1640-1650.

Leyva Orasma, C., Benitez Rivas, J. J., Morales Cruz, J. L., Meza Herrera, C. A., Angel Garcia, O., Arellano Rodriguez, F., & Veliz Deras, F. (2020). Use of glycogenic

- precursor during the prepartum period and its effects upon metabolic indicators and reproductive parameters in dairy cows. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2), 408-420.
- Lien, T. F., Chang, L. B., Horng, Y. M., & Wu, C. P. (2010). Effects of propylene glycol on milk production, serum metabolites and reproductive performance during the transition period of dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(3), 372-378.
- Lorenzo, M., Baro, J. M. F., Dainiarn, N., Molina, A., & Ramos, R. (1997). Estudio del comportamiento reproductivo y calidad seminal de los machos y de la fertilidad mediante inseminación artificial en la Agrupación caprina canaria. In XXII jornadas de la sociedad española de ovinotecnia y caprinotecnia (pp.1-9). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.
- López-Vargas, A., Quezada-Tristán, T., Häubi-Segura, C., Macedo-Barragán, R., Valdivia-Flores, A., Ortiz-Martínez, R., & Hernández-Millán, C. (2022). Efecto del propilenglicol sobre metabolitos sanguíneos y parámetros ruminales y productivos de corderos en crecimiento-finalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25, 080.
- Maldonado-Jáquez, J. A., Granados-Rivera, L. D., Domínguez-Martínez, P. A., Pastor-López, F. J., Vélez-Monroy, L. I., & Figueroa-Viramontes, U. (2018). Efecto de la edad del macho cabrío en parámetros de calidad durante el proceso de criopreservación seminal. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 4(3), 92-98.
- Martin, G. B., Blache, D., Miller, D., & Vercoe P. , E. (2010). Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Rev. Animals*, 4(7), 1214-1226.
- Martínez Aispuro, J., Sánchez Torres, M. T., Mendoza Martínez, G. D., Cordero Mora, J. L., Figueroa Velasco, J. L., Ayala Monter, M. A., & Crosby Galván, M. M. (2018). Addition of calcium propionate to finishing lamb diets. *Veterinaria México OA*, 5(4), 0-0.

- Mellado, M. (2008). Técnicas para el manejo reproductivo de las cabras en agostadero. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 9, núm. 1, pp. 47-63.
- Meza-Herrera, C. A., & Tena-Sempere, M. (2012). Interface between nutrition and reproduction: the very basis of production. *Animal reproduction in livestock, encyclopedia of life support systems (EOLSS)*, developed under the auspices of the UNESCO, Oxford, UK.
- Mikuła, R., Pruszyńska-Oszmałek, E., Kołodziejcki, P. A., & Nowak, W. (2020). Propylene glycol and maize grain supplementation improve fertility parameters in dairy cows. *Animals*, 10(11), 2147.
- Midzak, A. S., Chen, H., Papadopoulos, V., & Zirkin, B. R. (2009). Leydig cell aging and the mechanisms of reduced testosterone synthesis. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 299(1), 23-31.
- Neto, F. L., Bach., P. V., Najari, B. B., Li, P. S., & Goltstein, M. (november de 2016). Spermatogenesis in humans and its affecting factors. In *Seminars in cell & developmental biology* (Vol. 59, pp. 10-26 Academic Press.
- Nivia-Osuna, A., Ramírez-Peña, A., Porrás-Sánchez, C. J., & Marentes-Barrantes, D. L. (2020). Glicerol: suplemento alimenticio y su respuesta en bovinos de leche. *Agronomy Mesoamerican*, 821-833.
- O'Donnell, L., Meachem, S. J., Stanton, P. G., & Mclachlan, R. I. (2006). Endocrine regulation of spermatogenesis. In *Knobil and Neill's physiology of reproduction*. Academic Press., (pp. 1017-1069).
- Ordóñez, C. O. H., Miguel, C. T., Piñeiro, E. G., Fernandez, N. F., & Manforte, C. D. (2006). El propilenglicol mejora los resultados de la transferencia de embriones pp. 21-33.
- Overton, T. R., & Waldron, M. R. (2004). Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *Journal of dairy science*, 87, E105-E119.
- Pineda, H. M., & Dooley, M. P. (2003). *McDonald's veterinary endocrinology and reproduction*. Iowa State Press 5th Edition, pp. 25-34.

- Qiu, J. H., Li, Y. W., Xie, H. L., Li, Q., Dong, H. B., Sun, M. J., & Tan, J. H. (2016). Effects of glucose metabolism pathways on sperm motility and oxidative status during long-term liquid storage of goat semen. *Theriogenology*, 86(3), 839-849.
- Revidatti, M., De la Rosa, S., Benítez, D., Revidatti, F., Orga, A., Tejerina, E., & Cappello Villada, J. (2011). Datos preliminares de la circunferencia escrotal y parámetros de calidad seminal en caprinos en la provincia de Formosa, Argentina. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 1, 90-93.
- Rivas Muñoz, R., Moreno, G., Flores, J., Véliz, F., Hernández, H., & Cruz-Castrejón, U. (2007). Respuesta de la actividad sexual a la suplementación alimenticia de machos cabríos tratados con días largos, con un manejo extensivo a libre pastoreo. *Técnica Pecuaria en México*, 45(1), 93-100 PP.
- Roser, J. F. (2001). Endocrine and paracrine control of sperm production in stallions. *Animal reproduction science*, 68(3-4), 139-151.
- Salinas González, H., Moysen, E. D., de santiago M., D. L., Monroy L., I. V., & Viramontes, U. F. (2016). Análisis descriptivo de unidades caprinas en el suroeste de la región lagunera, Coahuila, México. *Interciencia*, 41(11), 763-768.
- Selvaraju, S., Sivasubramani, T., Raghavendra, B. S., Raju, P., Rao, S. N., Dineshkumar, D., & Ravindra, J. P. (2012). Effect of dietary energy on seminal plasma insulin-like growth factor-I (IGF-I), serum IGF-I and testosterone levels, semen quality and fertility in adult rams. *Theriogenology*, 78(3), 646-655.
- Shirazi, M. S., Heidari, B., Shirazi, A., Zarnani, A. H., Jeedi Tehrani, M., Rahmati Ahmadabadi, M., & Akhondi, M. M. (2014). Morphologic and proliferative characteristics of goat type a spermatogonia in the presence of different sets of growth factors. *Journal of assisted reproduction and genetics*, 31(11), 1519-1531.
- Urrutia Morales, J., Rosales Nieto, C. A., & Graeme B, M. (2016). Estrategias de alimentación de hembras y machos caprinos para lograr mejores índices reproductivos. *C.I.B.O.*, 1-18.

- Vargas, A. H. (2017). Efecto del 1,2-propanodiol sobre parámetros productivos, metabolitos sanguíneos y actividad ruminal en ovinos de carne [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Aguas calientes]. Repositorio institucional. Obtenido de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=EFEECTO+DEL+1%2C2-propanodiol+sobre+par%26%81metros+productivos%2c+metabolitos+sangu%26%8dneos+y+actividad+ruminale+en+ovinos+de+carne%22&btnq=
- Vera, T., & Ricarte, A. (2016). Guía para la evaluación de semen de caprinos. Aporte de algunas metodologías para la evaluación de la calidad seminal de reproductores machos caprinos, 15.
- Walkden Brown, S. W., Retail, B. J., Norton, B. W., Scaramuzzi, R. J., & Martin, G. B. (1994). Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Reproduction*, 102(2),351-360.
- Young, J. W. (1997). Gluconeogenesis in cattle: significance and methodology. *Journal of Dairy Science*, 60(1), 1-15.
- Zhang, F., Nan, X., Wang, H., Zhao, Y., Guo, Y., & Xiong, B. (2020). Effects of propylene glycol on negative energy balance of postpartum dairy cows. *Animals*, 10(9), 1526.
- Zhang, S., Blache, D., Blacberry, M. A., & Martin, G. B. (2005). Dynamics of the responses in secretion of luteinising hormone, leptin and insulin following an acute increase in nutrition in mature male sheep. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(8), 823-829.