

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



" Efecto de la suplementación con propilenglicol y un flushing sobre el desempeño reproductivo de cabras mestizas (*Capra hircus*) en Tumbes "

TESIS

Para Optar El Título profesional de Médico veterinario y Zootecnista

Br. Reyes Romero, Raquel de Pilar.

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



TESIS

"Efecto de la suplementación con propilenglicol y un flushing sobre el desempeño reproductivo de cabras mestizas (*Capra hircus*) en Tumbes"

Aprobada en forma y estilo por:

Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suarez

Presidente

Mg. Mv. Humberto Quintana Campos

Secretario

Mg. Mv. Omar Enrique Jibaja Cruz

Vocal

Tumbes, 2026

II

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



TESIS

" Efecto de la suplementación con propilenglicol y un flushing sobre el desempeño reproductivo de cabras mestizas (*Capra hircus*) en Tumbes "

Los Suscritos Declaramos que la Tesis es Original en su Contenido y en su Forma:

Autor: Br. Reyes Romero, Raquel de Pilar.

Mg. Jibaja Cruz, Omar Enrique (Asesor):

Mg. Temoche Socola, Víctor Alexander (Co Asesor):

Tumbes, 2026



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA**



"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los quince días del mes de mayo de dos mil veintiséis, siendo las *doce* horas, con *veinte* minutos (*12:00*), de la *tarde*, de forma presencial en el aula N° 02 de la escuela de posgrado ciudad universitaria. se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución N° 0092-2024/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, **Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez** (Presidente), **Mg. Humberto Quintana Campos** (Secretario), **Mg. M.V. Omar Enrique Jibaja Cruz** (Vocal) reconociendo en la misma resolución además, al **Mg. M.V. Omar Enrique Jibaja Cruz**, como **Asesor**, y al **Mg. Temoche Socola Víctor Alexander**, como **Co-asesor**, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, "**Efecto de la suplementación con propilenglicol y un flushing sobre el desempeño reproductivo de cabras mestizas (*Capra hircus*) en Tumbes**"; para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, presentado por la **Bach. Raquel del Pilar Reyes Romero**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte de la sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara a la: **Bach. RAQUEL DEL PILAR REYES ROMERO**, *aprobada*, por *unanimidad*, con el calificativo *bueno*.

Se hace conocer a la sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda *apta* para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las *trece* horas y *veinte* minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, *15 de mayo de 2026*

Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez DNI N° 02837861 CODIGO ORCID 0000-0003-2395-5056 Presidente	Mg. Humberto Quintana Campos DNI N° 16717473 CODIGO ORCID 0000-0003-4289-8747 Secretario
Mg. M.V. Omar Enrique Jibaja Cruz DNI N° 42607171 CODIGO ORCID 0000-0002-4417-8981 Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADA-ARCHIVO (Decanato)
S.acad.



Su ORCID ID es:

<https://orcid.org/0000-0002-4417-8981>

Mg. Jibaja Cruz, Omar Enrique

Efecto de la suplementación con propilenglicol y un flushing sobre el desempeño reproductivo de cabras mestizas (*Capra hircus*) en Tumbes.

Tu texto aquí 1

por 22 22

Fecha de entrega: 04-may-2026 09:32a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2951211649

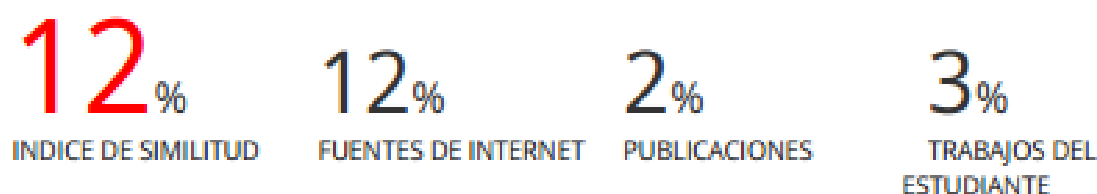
Nombre del archivo: TESIS_RAQUEL_REYES_ROMERO_02-05-2026.docx (22.54M)

Total de palabras: 21013

Total de caracteres: 119765

Efecto de la suplementación con propilenglicol y un flushing sobre el desempeño reproductivo de cabras mestizas (*Capra hircus*) en Tumbes.



INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	 Su ORCID ID es: https://orcid.org/0000-0002-4417-8981	2%
2	repositorioinstitucional.uaslp.mx Fuente de Internet		2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet		1%
4	docplayer.es Fuente de Internet		1%
5	www.bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet		1%
6	www.voaxaca.tecnm.mx Fuente de Internet		1%
7	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante		<1%
8	eprints.uanl.mx Fuente de Internet		<1%

9	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante		<1 %
10	sci-platform.org Fuente de Internet	 https://orcid.org/0000-0002-4417-6981	<1 %
11	helvia.uco.es Fuente de Internet		<1 %
12	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet		<1 %
13	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante		<1 %
14	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet		<1 %
15	zoovetesmipasion.com Fuente de Internet		<1 %
16	www.abc.com.py Fuente de Internet		<1 %
17	www.researchgate.net Fuente de Internet		<1 %
18	ww1.docero.mx Fuente de Internet		<1 %
19	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante		<1 %

20	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
21	revistas.unillanos.edu.co Fuente de Internet	 Su ORCID iD es https://orcid.org/0000-0002-4417-8981	<1 %
22	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
23	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet		<1 %
24	rcoding.shenoylab.com Fuente de Internet		<1 %
25	repositorio.chapingo.edu.mx Fuente de Internet		<1 %
26	up-riid.up.ac.pa Fuente de Internet		<1 %
27	repositorio.ucsp.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
28	aprenderly.com Fuente de Internet		<1 %
29	repositorio.unaj.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
30	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet		<1 %

31	<p>F.P. Gottardi, A. Souza Júnior, Y.G.S. Barbosa, C.A.T. Marques, L.R. Bezerra, M.J. Araújo, G.Z. Mingoti, J.N.C. Torreão. "Efeito do flushing sobre o desempenho reprodutivo de ovelhas Morada Nova e Santa Inês submetidas à inseminação artificial em tempo fixo", Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2014</p> <p>Publicación</p>	<1 %
32	<p>repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet</p>	<1 %
 <small>tu ORCID es https://orcid.org/0000-0002-4417-0981</small>		
33	<p>tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet</p>	<1 %
34	<p>www.ciat.cgiar.org Fuente de Internet</p>	<1 %
35	<p>www.intramed.net Fuente de Internet</p>	<1 %
36	<p>www.theibfr.com Fuente de Internet</p>	<1 %
37	<p>digitum.um.es Fuente de Internet</p>	<1 %
38	<p>docta.ucm.es Fuente de Internet</p>	<1 %
39	<p>repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet</p>	<1 %

40 repositorio.uwiener.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

41 LAURA SIMONETTI. "Simplificación de los métodos de superovulación en ovejas de la raza Corriedale.", Universitat Politecnica de Valencia, 2008 <1 %
Publicación

42 Luis Palacios-Díaz, Ángel González-García, Pablo Sanchez-Urgelles, Jose Juan Pozo-Krellinger et al. "Reproducibilidad y validez biomecánica e histológica de un nuevo modelo de artrofibrosis postraumática en ratas", Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología, 2025 <1 %
Publicación

43 moam.info <1 %
Fuente de Internet



tu ORCID iD es

<https://orcid.org/0000-0002-4417-6981>

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía Activo

DEDICATORIA

Dedicado en primer lugar a mi madre **Floresmilda Romero Del Rosario**, por ser mi mayor soporte y aliento de superación a lo largo de este camino, apoyándome en los mejores momentos y en los difíciles aún más; a mi padre, **Ronice A. Reyes Marchán** que a pesar de las adversidades siempre me brindo su apoyo para cumplir mis objetivos; A mi hijo, **Luan Guerrero Reyes** quien es mi motor y motivo para seguir adelante; A mi esposo, **Ronan Guerrero** por apoyarme incondicionalmente en la ejecución de este proyecto; A mi Mamita **Francisca Del Rosario Chamba**. quién a pesar de no estar ahora físicamente era la motivación para que no me rinda ni desista de mis sueños, a mis hermanos **Rodrigo y Renato** por apoyarme y ser aliento de superación en cada momento y a toda mi familia quienes siempre han estado pendientes de cada paso que doy y ser mi soporte fundamental a lo largo de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a Dios por darme salud y fortaleza en este largo camino, y así poder cumplir con este gran sueño, a mi asesor Mg Víctor A. Temoche Sócola por guiarme a lo largo de mi desarrollo profesional, por sus conocimientos, dedicación y los consejos brindados en este proceso, en aprecio a mi amigo y promoción Edson A. Saavedra Cisneros, por su apoyo incondicional y estar presente cuando más los necesite, por último, agradezco al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), por brindarme la oportunidad de poder desarrollarme profesional y personalmente, la oportunidad de poder desarrollar y ejecutar mi tesis.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	22
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	25
2.1	BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS.....	25
2.1.1.	<i>Fisiología Reproductiva de la Cabra:</i>	25
2.1.2.	<i>Ciclo estral y mecanismos de control hormonal:</i>	25
2.1.3.	<i>Fases del ciclo estral:</i>	26
2.1.4.	<i>Factores que afectan la actividad ovárica y receptividad sexual</i>	26
A.	FOTOPERIODO:.....	26
2.1.5.	<i>Técnicas de sincronización de celos e inseminación artificial en caprinos:</i>	28
2.1.6.	<i>Glucosa en la ovulación</i>	28
2.1.7.	<i>Protocolos hormonales utilizados para sincronización de celos</i>	31
2.1.8.	<i>Momento Óptimo para IATF</i>	33
2.1.9.	<i>Uso de suplementos nutricionales (flushing) en la reproducción caprina</i>	33
2.1.10.	<i>Influencia del polvillo de arroz y otros suplementos ricos en energía</i>	35
2.1.11.	<i>Efectos de la energía sobre parámetros reproductivos</i>	37
2.1.12.	<i>Factores que afectan el desempeño reproductivo en sistemas caprinos</i>	37
2.1.13.	<i>Influencia de la raza, edad, condición corporal y manejo nutricional</i>	38
2.1.14.	<i>Importancia de la adaptación al ambiente y estrés calórico</i>	39
2.1.15.	<i>Indicadores de desempeño reproductivo en cabras</i>	39
2.2.	ANTECEDENTES.....	40
2.2.1.	<i>Antecedentes internacionales:</i>	40
2.2.2	<i>Antecedentes nacionales</i>	49
III.	MATERIALES Y METODOS.....	50
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN:.....	50

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN:	50
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:.....	51
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS:	51
A) MATERIAL BIOLÓGICO: CABRAS ADULTAS Y PAJILLAS DE SEMEN.....	51
3.5. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO:.....	52
3.6. JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA.....	53
3.7. REPRESENTATIVIDAD ESTADÍSTICA:	53
3.8. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS Y LOGÍSTICAS:.....	54
3.9. DIVERSIDAD Y CONTROL DE VARIABLES:	54
3.10. TAMAÑO DE MUESTRA SELECCIONADO	54
3.11. ASIGNACIÓN ALEATORIA:	54
3.12. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN:.....	55
3.12.1 <i>Preparación y reclutamiento de animales</i>	55
3.12.2 <i>Manejo de Animales</i>	56
3.12.3 <i>Alimentación</i>	56
3.12.4 <i>Homogenización de Animales</i>	57
3.12.5 <i>Adecuación</i>	58
3.12.6 <i>Tratamientos nutricionales</i>	58
3.12.7 ASPECTOS RELACIONADOS CON EL FLUSHING	60
a) <i>Aporte Nutritivo Calórico:</i>	60
b) <i>Formulación:</i>	62
d) <i>Impacto en el Desempeño Reproductivo:</i>	63
3.12.8 SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL	63
3.12.9 RECOLECCIÓN Y REGISTRO DE DATOS.....	64
3.12.10 ANÁLISIS ECONÓMICO:.....	65
3.13 CONSIDERACIONES ÉTICAS Y ASPECTOS RELACIONADOS CON LA PROTECCIÓN DE LOS PARTICIPANTES:	65

3.14 ANÁLISIS DE DATOS:	66
3.14.1 <i>Técnicas estadísticas o de análisis de contenido.</i>	66
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
V. CONCLUSIONES	90
VI. RECOMENDACIONES	91
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
VIII. ANEXOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Composición nutricional de la dieta de mantenimiento Pasto Nativo del Bosque Seco de Tumbes.....	57
Tabla N°2: Composición nutricional del propilenglicol (1,2 – propanodiol).....	61
Tabla N° 3: Composición nutricional estimada del suplemento energético T2 (polvillo 82% + melaza 15% + sales minerales 3%).....	62
Tabla N°4: Tabla descriptiva de la estadística de peso, condición corporal, glucosa sanguínea y respuesta reproductiva en caprinos.....	68
Tabla N°5:	71
Tabla N°6: Análisis de varianza tipo III (método stterhwaite) para evaluar el efecto del tratamiento, tiempo y su interacción sobre las variables estudiadas	74
Tabla N°7: Medidas marginales estimadas (EMMeans) de glucosa	75
Tiempo 1.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla N°8: Medidas marginales estimadas (EMMeans) de glucosa	¡Error! Marcador no definido.
Tiempo 2.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla N°9: Medidas marginales estimadas (EMMeans) de glucosa	¡Error! Marcador no definido.
Tiempo 3.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla N°10: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado (GLM) con distribución Gamma para las variables evaluadas	78
Tabla N°11: Tabla de comparaciones múltiples de medias ajustadas (EMMeans, ajuste de Tukey)	79

Tabla N°12: Efecto del flushing sobre la probabilidad de preñez.....	81
Tabla N°13: Efecto del flushing sobre la probabilidad de preñez (regresión logística penalizada).....	82
Tabla N°14: frecuencia de numero de crías por parto en cabras	84
Tabla N°15: Análisis estadístico de la respuesta reproductiva en cabras sometidas a flushing nutricional	85
Tabla N°16: Comparación económica entre tratamientos experimentales	86
Tabla N°17: Análisis económico comparativo de los tratamientos de flushing	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Tumbes	50
Figura 2: Suplementación con propilenglicol	58
Figura 3: Flushing	59
Figura 4: Grupo Control	60
Figura 4: Margen bruto por cabra según tratamiento	88
Figura 5: Análisis de sensibilidad	89

INDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Materiales para selección de Capra hircus (Cabras).....	100
Anexo 02: Selección de Capra hircus (Cabras).....	100
Anexo 03: Medición de glucosa al iniciar protocolo con propilenglicol.....	101
Anexo 04: Administración vía oral de propilenglicol	101
Anexo 05: Aplicación de hormonas para inicio de sincronización.....	102
Anexo 06: Aplicación de esponjas	102
Anexo 07: Retiro de esponjas y lavado	103
Anexo 08: Preparación de materiales para IATF	103
Anexo 09: Inseminación Artificial	104
Anexo 10: Diagnostico de gestación en cabras Inseminadas.....	104
Anexo 11: Preparación de insumos para flushing en cabras	105
Anexo 12: Entra de alimento para grupo de flushing.....	105
Anexo 13: hormonas.....	106
Anexo 14: Crías de IATF – Grupo propilenglicol	106
Anexo 15: Crías de IATF – Grupo Flushing	107
Anexo 16: Medición de glucosa Grupo control.....	107
Anexo 17: Propilenglicol	108

RESUMEN

La Presente Investigación determinó el efecto del propilenglicol y una suplementación nutricional evaluar el desempeño reproductivo en cabras mestizas (*Capra hircus*) en tumbes, se utilizó un diseño experimental y fueron divididas en 3 grupos que recibieron: (1) suplementación con propilenglicol, (2) flushing basado en una dieta energética-proteica adicional, y (3) un grupo control sin suplementación. El propilenglicol, al ser un precursor de glucosa, y al ser una sustancia de alto valor energético, se buscó elevar la disponibilidad energética inmediata y favorecer al desarrollo folicular, mientras que el flushing tuvo como objetivo mejorar la condición corporal y estimular la actividad ovárica.

Los resultados mostraron que tanto la suplementación con propilenglicol como el flushing mejoraron sensiblemente los parámetros reproductivos, tales como la sincronización del celo, la tasa de presentación de estro y la tasa de ovulación. Sin embargo, el flushing generó un efecto considerable sobre la condición corporal y la fertilidad, mientras que el propilenglicol tuvo poca influencia en la rapidez de la respuesta al estro. En conjunto, las estrategias nutricionales evaluadas demostraron ser herramientas considerables para incrementar la condición corporal de cabras mestizas en condiciones tropicales como las de Tumbes, contribuyendo a la mejora de los sistemas de producción caprina en la región.

Palabras Claves: Propilenglicol, Flushing Nutricional, Fertilidad, Inseminación Artificial a tiempo fijo (IATF)

ABSTRACT

This research determined the effect of propylene glycol and nutritional supplementation on the reproductive performance of crossbred goats (*Capra hircus*) in Tumbes, Colombia. An experimental design was used, and the goats were divided into three groups that received: (1) propylene glycol supplementation, (2) flushing based on an additional energy-protein diet, and (3) a control group without supplementation. Propylene glycol, being a glucose precursor and a high-energy substance, was used to increase immediate energy availability and promote follicular development, while flushing aimed to improve body condition and stimulate ovarian activity.

The results showed that both propylene glycol supplementation and flushing significantly improved reproductive parameters, such as estrus synchronization, estrus presentation rate, and ovulation rate. However, flushing had a considerable effect on body condition and fertility, while propylene glycol had little influence on the speed of estrus response. Overall, the nutritional strategies evaluated proved to be valuable tools for improving the body condition of crossbred goats in tropical conditions such as those in Tumbes, contributing to the improvement of goat production systems in the región.

Keywords: Propyleneglycol, Nutritional flushing, Fertility, Fixed-time artificial insemination (FTAI)

I. INTRODUCCIÓN

La producción caprina en el norte del Perú, particularmente en la región Tumbes, constituye una actividad pecuaria de gran relevancia para la seguridad alimentaria y el sustento económico de pequeños productores. Sin embargo, este sistema se desarrolla mayoritariamente bajo condiciones extensivas, caracterizadas por una limitada disponibilidad de recursos forrajeros, alta variabilidad climática y escasa adopción de tecnologías de manejo, lo que repercute directamente en bajos niveles de productividad y eficiencia reproductiva.

Uno de los principales factores que condicionan el desempeño productivo en caprinos es la reproducción, la cual se encuentra estrechamente influenciada por el estado nutricional de los animales. En sistemas tradicionales, las deficiencias nutricionales, especialmente en términos de energía, afectan negativamente la condición corporal de las hembras, limitando la actividad ovárica, la manifestación del celo y las tasas de concepción. Esta situación se agrava en zonas del bosque seco, donde la disponibilidad y calidad del forraje presentan una marcada estacionalidad.

En este contexto, el uso de estrategias nutricionales como el flushing ha sido ampliamente estudiado como una alternativa para mejorar la eficiencia reproductiva en pequeños rumiantes. El flushing consiste en el suministro de una dieta con mayor densidad energética durante un periodo previo al empadre o inseminación, con el objetivo de inducir cambios metabólicos que favorezcan el desarrollo folicular, incrementen la tasa de ovulación y mejoren la fertilidad. Asimismo, el uso de compuestos glucogénicos como el propilenglicol ha cobrado interés debido a su capacidad para aumentar la disponibilidad de glucosa e insulina, influyendo positivamente en los procesos reproductivos.

Diversos estudios han demostrado que la suplementación energética estratégica puede mejorar parámetros reproductivos como la tasa de celo, tasa de preñez y prolificidad. Sin embargo, los resultados son variables y dependen de factores como la fuente de energía utilizada, la duración de la suplementación, la condición

corporal inicial de los animales y las condiciones del sistema productivo. En sistemas tropicales, además, se ha planteado el uso de suplementos accesibles como polvillo de arroz, melaza y sales minerales, los cuales representan alternativas viables para pequeños productores.

A pesar de estos avances, en el contexto del bosque seco del norte del Perú existe una limitada evidencia científica que evalúe comparativamente el efecto del flushing nutricional frente al uso de compuestos glucogénicos como el propilenglicol sobre el desempeño reproductivo en cabras mestizas. Asimismo, son escasos los estudios desarrollados bajo condiciones reales de producción extensiva que integren el manejo nutricional con técnicas reproductivas como la inseminación artificial a tiempo fijo.

Esta brecha de conocimiento restringe la generación de recomendaciones técnicas adaptadas a las condiciones locales, limitando la mejora de la eficiencia reproductiva y la adopción de tecnologías por parte de los productores caprinos. En consecuencia, resulta necesario desarrollar investigaciones que evalúen estrategias nutricionales prácticas, de bajo costo y con impacto directo en los indicadores reproductivos.

La presente investigación se justifica desde el punto de vista científico, al contribuir al entendimiento de la relación entre el estado energético y la respuesta reproductiva en cabras bajo condiciones de bosque seco tropical. Desde el enfoque productivo, permitirá identificar alternativas de suplementación que mejoren la condición corporal, la tasa de celo y la fertilidad del rebaño. Asimismo, desde una perspectiva socioeconómica, los resultados generados podrán ser aplicados por pequeños productores, promoviendo sistemas de producción más eficientes, sostenibles y rentables.

En este contexto, el objetivo general de la presente investigación fue evaluar el efecto de la suplementación con propilenglicol y un flushing nutricional sobre el desempeño reproductivo de cabras mestizas (*Capra hircus*) en condiciones de sistema extensivo en la región Tumbes.

Como objetivos específicos se plantearon: (i) elaborar un flushing basado en polvillo de arroz, melaza y sales minerales; (ii) determinar el efecto de la suplementación con propilenglicol y flushing sobre la tasa de presentación de celo; (iii) evaluar la

tasa de gestación en función de los tratamientos aplicados; y (iv) analizar la prolificidad en cabras sometidas a las diferentes estrategias nutricionales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Bases teóricas – científicas

2.1.1. *Fisiología Reproductiva de la Cabra:*

Los caprinos son poliestriscos estacionales, con estro múltiple y ovulación espontánea durante el período reproductivo. Esto comienza a finales del verano con aumentos diarios de las horas luz y continúa durante todo el verano. Las cabras pasan el resto del año en reposo sexual (anestro) durante períodos de poca luz solar (Bavera, 2018).

2.1.2. *Ciclo estral y mecanismos de control hormonal:*

El ciclo estral de una cabra está comprendido entre un celo y el siguiente, que le da a la hembra repetidas oportunidades de quedar preñada. El ciclo estral implica períodos que se repiten a lo largo de la vida de la cabra, pero que se ven interrumpidos por diversas razones fisiológicas: como la gestación, la lactancia, el fotoperiodo, períodos de deficiencias nutricionales o condiciones ambientales estresantes. También puede verse interrumpido por enfermedades reproductivas como: infecciones uterinas, cuerpo lúteo persistente, fetos momificados (Gonzales, 2018).

Asociados con estos ciclos, el sistema nervioso central (SNC) estimula la síntesis y secreción de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH) en la adenohipófisis mediante la acción de la hormona liberadora de gonadotropina pituitaria (GnRH). Estas gonadotropinas hipofisarias estimulan la síntesis de esteroides gonadales (estrógenos y progesterona) en las gónadas (ovarios), y con ellas participan en el desarrollo folicular y la ovulación. La prolactina, otra hormona secretada por la glándula pituitaria, también participa en la reproducción, estimulando principalmente la producción de leche durante la lactancia. El celo de

19 a 21 días se considera normal. Sin embargo, sus ciclos suelen acortarse o alargarse, especialmente al principio y al final del ciclo de celo (Aisen, 2007).

2.1.3. Fases del ciclo estral:

El proestro, es el período que precede al estro conductual. La ovulación ocurre entre 24 y 30 horas después del inicio del celo. El proestro y el estro se denominan colectivamente como la fase folicular del ciclo estral. Período durante el cual los restos del folículo ovulado se transforman en una glándula endocrina llamada cuerpo lúteo, se denomina metaestro. El período del ciclo estral en el que el cuerpo lúteo es completamente funcional y se secretan altos niveles de progesterona se llama período estral (Aisen, 2007).

Los fenómenos endocrinos que ocurren durante el ciclo estral están regulados por el hipotálamo (a través de la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH)), la glándula pituitaria (con la secreción de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH)), y el folículo (estrógenos e inhibina), cuerpo lúteo (secreta progesterona y oxitocina), útero (responsable de producir prostaglandina F₂α) (Atuesta & Gonella Díaz, 2011).

2.1.4. Factores que afectan la actividad ovárica y receptividad sexual

a. Fotoperiodo:

El fotoperiodo es el factor principal en la expresión de la reproducción, siendo el primer factor dependiente de la latitud y proporcional. Es decir, cuanto mayor es la latitud, mayor es la variación en la intensidad de luz. La influencia obvia de los efectos fotoperiódicos sobre la periodicidad se debe a la secreción de LH. Durante la fase anovulatoria o de anestro, la secreción de estrógeno del folículo suprime fuertemente la liberación de LH. A medida que el efecto del fotoperiodo se debilita a finales del verano y principios del otoño, este efecto inhibitor se pierde y aumenta la liberación de LH, lo que provoca la ovulación y la periodicidad. Este cambio inhibitor puede deberse a cambios en la melatonina en la glándula pineal, que afecta los niveles de estrógeno durante el período en que las cabras no están

cíclicas, lo que a su vez afecta los cambios en la percepción de la luz de la retina (Dawson, 2005).

b. Nutrición:

La nutrición y el estado de almacenamiento del cuerpo del animal tienen efectos importantes sobre los parámetros reproductivos de los pequeños rumiantes. Se sabe que el estrés nutricional afecta el comportamiento reproductivo de vacas y ovejas. La restricción dietética crónica aumenta la actividad de secreción de gonadotropinas y aumenta la concentración de FSH. El cambio más obvio es el aumento de la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa de los estrógenos, especialmente bajo restricción nutricional severa, pero no bajo restricción moderada asociada con una disminución en la frecuencia de la secreción del pulso de LH (Scaramuzzi et al., 2006).

Mejorar los niveles de alimentación previos al apareamiento puede aumentar la producción de corderos al aumentar las tasas de ovulación de las ovejas, aumentar la frecuencia de los pulsos de LH, aumentar la secreción de FSH y disminuir los niveles de FSH. La cantidad de folículos que se pueden analizar y su capacidad de estrógeno se verá afectada. En las cabras, aumentar el consumo de alimento antes del apareamiento mejora las tasas de ovulación y concepción. Por lo tanto, es importante saber cómo la sobrealimentación a corto plazo después de una alimentación limitada o equilibrada durante el período reproductivo y el estro estacional afecta la respuesta reproductiva y la tasa de ovulación de las cabras. El contenido de nutrientes influye en los procesos involucrados en el desarrollo folicular y la tasa de ovulación en rumiantes, particularmente a través de cambios en el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) (S., 2004).

La influencia de la nutrición en la función ovárica se clasifica como:

- Efectos estáticos o de largo plazo. Las hembras con PV más alto logran tasas de ovulación más altas.

- Efecto dinámico o a mediano plazo del aumento de PV o CC durante las últimas semanas y durante el apareamiento que promueve una mayor eficiencia ovárica, medida como el número total de folículos y cuerpo lúteo presentes en el ovario.
- Efectos agudos o a corto plazo de la suplementación estratégica de proteínas y energía para impactar positivamente la función reproductiva sin alterar el PV o la CC (Scaramuzzi et al., 2006).

2.1.5. Técnicas de sincronización de celos e inseminación artificial en caprinos:

Las cabras se reproducen en determinadas épocas del año. Sin embargo, una vez inducido el estro y la ovulación, estas hembras pueden ser inseminadas en cualquier momento siempre que se encuentren sanas, libres de parásitos y en buenas condiciones físicas. Cuando el estro está sincronizado, el apareamiento de las hembras fuera del período reproductivo es uno de los factores más importantes que limitan las tasas de gestación. Al utilizar una esponja intravaginal que contiene progestágeno para sincronizar el estro, los espermatozoides se dañan durante su tránsito por el cuello uterino, y el efecto no sólo se refleja en la libido del macho, sino también en la cantidad de producción de semen. En este contexto, para abordar el problema de la fertilidad reducida causada por el tratamiento de sincronización, se recomienda la sincronización del estro (primer ciclo) y el siguiente ciclo (segundo ciclo) para lograr mejores tasas de preñez. Es necesario combinar los métodos de detección del estro (Córdova-Izquierdo et al., 2008).

2.1.6. Glucosa en la ovulación

a) Rol fisiológico de la glucosa en la reproducción ovárica

La glucosa constituye el principal sustrato energético metabólico para los tejidos ováricos, participando en procesos clave como la foliculogénesis, la maduración ovocitaria y la ovulación. En rumiantes, la glucosa proviene principalmente de la gluconeogénesis hepática a partir de propionato, lo que hace que su disponibilidad

esté estrechamente ligada al estado nutricional (Scaramuzzi et al., 2006; Webb & Campbell, 2007).

A nivel ovárico:

- Es captada por transportadores específicos (GLUT 1, 3 y 4) en células de la granulosa y teca.
- Se metaboliza a glucosa-6-fosfato, iniciando rutas como glucólisis y vía de las pentosas fosfato.
- Proporciona ATP necesario para proliferación celular y esteroidogénesis.

Además, la glucosa está presente en el líquido folicular, siendo mayor en folículos preovulatorios, lo que indica su papel en la fase final de la maduración folicular (Biochem J. 2016).

b) Relación entre glucosa, estado energético y ovulación

El eje reproductivo es altamente sensible al balance energético:

A. Déficit energético (hipoglucemia)

- Inhibe la secreción de GnRH a nivel hipotalámico.
- Reduce la liberación de LH y FSH.
- Provoca anestro y falla ovulatoria.

B. Aporte energético (glucosa elevada)

- Estimula el crecimiento folicular terminal
- Incrementa la tasa de ovulación (efecto “flushing”)
- Mejora la selección de folículos ovulatorios (Biochem J. 2016).

C. Papel endocrino indirecto: glucosa–insulina–IGF-1

La glucosa no actúa sola, sino a través de mediadores metabólicos clave:

➤ **Insulina**

- Aumenta en respuesta a la disponibilidad de glucosa

- Estimula la proliferación de células foliculares
- Potencia la acción de FSH y LH
- Incrementa la esteroidogénesis (estradiol y progesterona) (Garnsworthy et al. 2008).

En cabras, la administración de insulina:

- Incrementa el número de folículos
 - Induce celo y ovulación
 - Eleva estradiol y progesterona (Singh et al., 2010).
- **IGF-1 (factor de crecimiento similar a la insulina)**
- Aumenta la sensibilidad folicular a gonadotropinas
 - Favorece el desarrollo de folículos dominantes (Biochem J. 2016).

D. Acción directa de la glucosa en el ovario

Además de su efecto endocrino, la glucosa tiene acciones locales:

- **Foliculogénesis**
- Incrementa el número de folículos en crecimiento
 - Actúa directamente sobre células de la granulosa (Viñoles et al., 2005)
- **Maduración ovocitaria**
- Es fundamental para el metabolismo del complejo cúmulo–ovocito
 - Durante la ovulación, aumenta transitoriamente en el líquido folicular (Hernandez-Gonzalez et al., 2006).
- **Ovulación**
- Un adecuado suministro de glucosa es necesario para:
 - Ruptura folicular
 - Formación del cuerpo lúteo

2.1.7. Protocolos hormonales utilizados para sincronización de celos

2.1.7.1. Métodos Naturales

La actividad sexual en las cabras puede inducirse al inicio de la temporada reproductiva, ya que la introducción de machos en un rebaño de hembras que permanecen aisladas de las cabras durante más de 4 semanas afecta la fisiología reproductiva. Esta estimulación sexual se denomina “efecto macho” y puede utilizarse como una forma natural y económica de proporcionar servicios de encierro o centrados en la IA. Después del período intensivo de calor, las tasas diarias de calor pueden ser de hasta el 3% y la fertilidad es buena (De la Rosa Carbajal, 2011).

2.1.7.2. Métodos Farmacológicos

Tiene la ventaja de concentrar un alto porcentaje de calor en un corto periodo de tiempo, lo que facilita la planificación y ejecución de tareas de IA. Los dos métodos más utilizados son:

a) Esponjas intravaginales con progesterona

La esponja intravaginal que contiene gestágeno simula los efectos del cuerpo lúteo mediante la liberación lenta de progesterona. Se utiliza un dispositivo para insertarlo en la vagina de la hembra. Este método proporciona una alta concentración de calor y permite realizar la IA en momentos específicos después del final de la terapia hormonal (IA sistemática). De manera similar, el período de celo se concentra fuera de la temporada reproductiva, lo que permite que nazcan crías fuera de la temporada reproductiva. Además, debido a los cambios en el transporte de espermatozoides provocados por la acción de las progestinas, es necesario utilizar progestágenos. Se recomienda la administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) al momento de retirar la esponja, durante el período reproductivo o

48 horas antes de retirarla durante el período de anestro estacional. Mejora la sincronía del estro y la ovulación (De la Rosa Carbajal, 2011).

No se recomienda utilizar esponjas en cabras por primera vez. Debido a que el himen debe romperse durante la inserción, en muchos animales los lados de la esponja terminan adhiriéndose a la pared interna de la vagina cuando se retira. Una opción es romper el himen con un aplicador de esponja e insertar la esponja una semana después (De la Rosa Carbajal, 2011).

b) Progesterona Inyectable

Otra alternativa es aplicar dos inyecciones intramusculares de progesterona (20 mg cada una) con 48 horas de diferencia, incorporando el 4% de la dosis al administrar la primera dosis. El celo ocurre con mayor frecuencia al tercer o cuarto día después de la segunda aplicación, y entre el 50 y el 80 % de las cabras desarrollan celo. La variabilidad en la respuesta al arrastre de progesterona está relacionada, entre otras cosas, con el estado nutricional del rebaño. Sin embargo, este es un método rentable de sincronización del estro (De la Rosa Carbajal, 2011).

2.1.7.3. Métodos de inseminación artificial a tiempo fijo

La inseminación artificial programada (sin detección de estro o estro, IATF) es una técnica que sincroniza las actividades del ciclo productivo, permitiendo utilizar con mayor precisión durante este período otras biotecnologías de insumos como la nutrición "intensiva". Se cree que es la clave para mejorar los indicadores reproductivos (Olivera Muzante & Fierro Fernández, 2016).

Se han utilizado varios tratamientos hormonales para sincronizar el estro tras la inseminación artificial en pequeños rumiantes. Sin embargo, aún es necesario mejorar el momento y la fertilidad de estos tratamientos. Además, en los últimos años ha aumentado el interés por realizar inseminaciones que no requieran detección de estro, técnica conocida como inseminación artificial programada (IAFT). Por lo tanto, la respuesta al estro ha pasado a un segundo plano y el objetivo se ha centrado más en controlar la ovulación en sí (Menchaca, 2017).

2.1.8. Momento Óptimo para IATF

El tiempo indicado para la IATF, vía intrauterina, es de 54 horas en cabras adultas, y 48 horas en cabras nulíparas. En las cabras, la fecundación se produce a través del cuello uterino con semen fresco a las 54 horas. Por cierto, la tasa de gestación mediante inseminación intrauterina es del 64-70% con semen fresco y del 45-55% con semen congelado. Las tasas de gestación utilizando la vía endocervical programada son aproximadamente del 40-50% con esperma fresco, pero mucho más bajas con esperma congelado, por lo que no se recomienda el uso de esperma congelado con esta técnica (Menchaca, 2017).

2.1.9. Uso de suplementos nutricionales (flushing) en la reproducción caprina

Actualmente, el uso de suplementos nutricionales (flushing) en reproducción es un método para mejorar la fertilidad y reproducción de las cabras. Este método consiste en proporcionar a las cabras un complemento nutricional adicional durante un determinado periodo de tiempo antes del apareamiento o de la inseminación artificial (Traverso, 2020).

Las estrategias de Flushing consisten en modular nutricionalmente el periodo reproductivo a corto plazo, provocando cambios en el estado metabólico del animal, pero sin cambios significativos en el peso corporal ni en el contenido de grasa corporal. Esta estrategia puede restaurar la ovulación en hembras que no se encuentran bien. Causado por una disminución de la ingesta durante o después de la lactancia o una disminución de la liberación de LH debido a una ingesta restringida de alimentos (Martínez et al., 2015).

El estado nutricional y metabólico se relacionan con los ejes reproductivo y de crecimiento en diferentes niveles. Los cambios en la dieta pueden provocar respuestas rápidas en los niveles de metabolitos y hormonas que desempeñan funciones importantes en la regulación del crecimiento folicular (LM, 2008).

a. Efectos del propilenglicol en el balance energético y desempeño reproductivo

El propilenglicol es una sustancia utilizada y probada en alimentación animal por su alto valor energético. Es un compuesto precursor de la glucosa con un alto contenido energético (21 MJ Energía bruta/kg) (Mular Puig, 2014).

El propilenglicol (PG), que se compone de 1-2 propanodiol, es una molécula de 3 carbonos ($C_3H_8O_2$). Se ha demostrado que la relación de acetato: propionato disminuye cuando este se fermenta en el rumen; esto conduce a un patrón ruminal de ácidos grasos volátiles más glucogénicos, mientras que el pH generalmente no se ve afectado. La suplementación con PG aumentará la cantidad de insulina disponible para todos los tejidos, incluido el ovario; esto permitirá un reinicio temprano de la actividad ovárica posparto y mejorar el desempeño reproductivo de estos animales, según la información anterior (Castro Ruiz et al., 2017).

En cabras, se ha demostrado que dosis altas durante el período proestro aumentan las tasas de ovulación y concepción. El calcio y los precursores energéticos como el propionato y el propilenglicol se utilizan desde hace varios años para prevenir trastornos metabólicos en el ganado bovino en posparto. Sin embargo, el propionato tiene un efecto glucogénico más potente y puede aumentar los niveles de glucosa e insulina después del nacimiento al promover el desarrollo folicular. Sin embargo, no está claro si el aumento del número de ovulaciones afecta la fertilidad posparto (Rodríguez Ferretiz, 2013).

Un litro de propilenglicol como solución oral para cabras en preparto aumenta las concentraciones de glucosa e insulina y disminuye la concentración de NEFA en el plasma. Las cantidades crecientes de propilenglicol aumentan linealmente la glucosa y la insulina y disminuyen el ácido β -hidroxibutírico y los NEFA en la sangre (Miyoshi et al., 2001).

Los estudios in vitro que involucran insulina en fragmentos de tejido hipotalámico de ratas hembras adultas ovariectomizadas demuestran una mayor liberación de GnRH en respuesta a la insulina. Además, estudios en ovejas diabéticas han demostrado que se requiere insulina para la secreción pulsátil de LH (Bucholtz et al., 2000).

Varios estudios han informado sobre la participación de compuestos de tipo energético en la promoción de aumentos en las concentraciones de insulina en plasma y han demostrado que las concentraciones de insulina aumentan en respuesta a la suplementación con PG. De manera similar, otros autores evaluaron el consumo de PG 500 ml en vacas desde el día 7 al día 42 de lactancia y encontraron resultados positivos en términos de aumento de las concentraciones plasmáticas de insulina, molécula de tres carbonos derivada del propileno ($C_3H_8O_2$). Con base en la información anterior, es lógico pensar que la suplementación con PG aumenta la cantidad de insulina disponible para todos los tejidos, incluidos los ovarios, permitiendo una reanudación más temprana de la actividad ovárica después del nacimiento y mejorando la fertilidad. Entre estos animales (Arias et al., 1992).

2.1.10. *Influencia del polvillo de arroz y otros suplementos ricos en energía*

a. *Polvillo de Arroz (PA)*

El polvillo de arroz es una mezcla de partículas finas que se obtienen a partir del proceso de blanqueado, pulido y lustrado del grano de arroz (Torres Poma, 2018). Este subproducto es un complemento adecuado debido a su composición química, la cual es rica en almidón, proteínas y grasas, con posibles efectos en la digestibilidad de la fibra, es una opción como suplemento para la alimentación de los rumiantes (Ruiz et al., 2005). El polvillo de arroz es un subproducto muy elevado en grasa (Rosales & Tang, s. f.). Su valor nutritivo es uno de los más sobresalientes por su calidad y su valor nutricional al ser consumido por los rumiantes y así cumplir

distintas funciones vitales, lo cual garantiza la ganancia o pérdida de peso (Cuadrado Martínez, 2008).

b. Melaza

Es el residuo de la cristalización de la caña del azúcar, formando un producto meloso semicristalizado, para mejorar la palatabilidad de las raciones tradicionales que se combinan en seco. Se emplea como método en una variedad de alimentos; por ejemplo, como suplemento único para el ganado en pastoreo o junto con ácido fosfórico o urea. Es común como ingrediente alimenticio, siendo el ingrediente principal al componer hasta el 40% de la ración proporcionada a cada especie, respectivamente (Camargo Baracaldo, 2018).

c. Sales Minerales:

Los minerales representan entre el 4 y el 6% del peso corporal de los animales. Estos no están presentes en el organismo de forma inerte, sino que son parte de muchas funciones fisiológicas y son activadores o componentes de algunas hormonas; forman parte de muchos tejidos, especialmente de las membranas celulares; y del equilibrio ácido-base en la homeostasis orgánica.

Una forma de clasificar los elementos minerales es en función de su concentración en el organismo animal (Bavera, 2018).

El desempeño del animal en los ranchos ganaderos mejora con la suplementación de sales minerales. El tercer grupo de nutrientes que limita la reproducción animal son los minerales; su importancia radica en que son necesarios para transformar los alimentos en componentes del organismo. Mantienen al animal en buena salud y ayudan al organismo a luchar contra las enfermedades. Los minerales se han considerado como el tercer grupo que limita la nutrición animal; además, son el grupo con el mayor potencial y el menor costo para aumentar la producción de ganado. Los minerales cumplen funciones cruciales (Pardo Carmona, 2023).

2.1.11. Efectos de la energía sobre parámetros reproductivos

Independientemente del estado fisiológico, los ovarios de todas las especies ganaderas contienen una gran cantidad de folículos primordiales. La suplementación energética y proteica puede suponer un aumento del número de folículos reclutados o una disminución de la atresia folicular. El aumento de la susceptibilidad puede estar relacionado con metabolitos o nutrientes, cuyos niveles se reflejan en cambios en la condición y el peso vivo de las ovejas. El efecto positivo del flushing sobre los parámetros reproductivos puede estar asociado con una reducción de la atresia folicular durante las etapas finales de crecimiento y desarrollo. Esto se debe a que los folículos preovulatorios son susceptibles a la atresia durante los días 9 a 13 del ciclo estral, cuando el flushing aumenta la secreción folicular (Camargo Baracaldo, 2018).

2.1.12. Factores que afectan el desempeño reproductivo en sistemas caprinos

- **Estacionalidad:**

Las cabras son de días cortos, estacionales y prolíficas. El número y la duración de los ciclos varían ampliamente según la duración del período reproductivo y la raza:

- a) La temporada sexual o reproductiva se caracteriza por una serie de ciclos estrales con ovulación cada 21 a 22 días.
- b) Anestro estacional, donde no ocurre actividad sexual u ovulatoria. Se han observado casos de estro anovulatorio u ovulación silenciosa durante la transición entre ambos períodos. Este período puede variar dependiendo de la ubicación geográfica, raza, dieta, edad, clima, condiciones fisiológicas, sistema de cría y fotoperíodo.

Por lo tanto, el inicio y la duración del período reproductivo pueden verse influenciados por la interacción del fotoperíodo con otros factores, como la disponibilidad de alimento, y el tiempo de lactancia o parto (Pardo Carmona, 2023).

2.1.13. Influencia de la raza, edad, condición corporal y manejo nutricional

- **Raza, individuo y edad**

No se encuentra evidencia clara de un efecto racial en los resultados de la inseminación. Sin embargo, la edad de los pequeños rumiantes es uno de los factores más influyentes en los resultados reproductivos después de la IA. El rango de edad de las hembras con mejores resultados de gestación es entre 2 y 5 años, con una disminución significativa más allá de este valor. La razón de esta variación radica en la propia fisiología de las hembras, que tiene efectos similares en el sistema reproductivo tradicional (Aisen, 2007).

- **Peso y condición corporal**

El peso y la condición corporal son indicadores del estado nutricional y del potencial reproductivo del animal después del nacimiento. Aunque la condición corporal es subjetiva y puede ser inexacta, esta medición proporciona un indicador funcional y eficaz para el manejo nutricional y reproductivo de las cabras. Para una reproducción óptima, la condición corporal en el momento del apareamiento debe estar entre 2 y 3 en una escala de 1 a 5. Por ello, se recomienda comprobar el estado físico de la cabra al menos 30 días antes del período de estro, y considerar la suplementación nutricional si la cabra está en celo menos de 2 días (Cano Villegas, 2016).

- **Manejo nutricional:**

El comportamiento ovulatorio depende en gran medida del tipo de dieta que recibe el ganado durante un período prolongado de tiempo. La condición corporal y el metabolismo justo antes de la ovulación también son importantes. Además, la nutrición también es muy importante durante el período fetal y el período posnatal temprano. Los efectos de la dieta sobre la fertilidad se pueden dividir en efectos indirectos (o de largo plazo) y efectos directos (o de mediano y corto plazo). Los

efectos a largo plazo se relacionan con la nutrición durante el período desde el feto hasta la madurez sexual. La dieta durante este período puede influir en la edad en la que se alcanza la pubertad, la fertilidad y la fertilidad en el primer nacimiento y la tasa reproductiva a lo largo de la vida a través de sus efectos sobre la fertilidad (Esponda et al., 2016).

2.1.14. Importancia de la adaptación al ambiente y estrés calórico

Las cabras participan en un mecanismo termorregulador muy interesante llamado termolabilidad. Esta es su capacidad para adaptar su temperatura corporal al entorno a lo largo del día, y sus fluctuaciones de temperatura durante un día de 24 horas son mayores que en otros mamíferos. Se sabe que las condiciones climáticas, especialmente las relacionadas con la temperatura, influyen significativamente en la fisiología animal y afectan directa e indirectamente a la productividad. Los estudios realizados para comprender el comportamiento fisiológico de las cabras a altas temperaturas, no requiere grandes aportes. En otras palabras, la respuesta de un animal al medio ambiente puede verse alterada por la ingesta de alimento (Sanz-Sampelayo, 2008).

2.1.15. Indicadores de desempeño reproductivo en cabras

La eficiencia reproductiva se puede estimar utilizando una variedad de indicadores, incluida la tasa de parto, la fertilidad, el intervalo entre partos, la transición al parto o al destete, la supervivencia neonatal y la duración de la vida reproductiva (Moncada Jaitul, 2006).

- **Tasa de presentación de celo, tasa de preñez y prolificidad**

Los pequeños rumiantes tienen días cortos y son poliestrónicos estacionales, por lo que sus actividades de reproducción se concentran en verano y otoño. Dependiendo de la latitud, raza, hibridación, condición corporal y otros factores, el período reproductivo puede extenderse o limitarse, pero el pico de actividad sexual

ocurre durante los meses de otoño. Los servicios pueden ser continuos o estacionales. La etapa de gestación dura aproximadamente 150 ± 4 días. Es muy importante alimentar al rebaño de cabras, porque durante este período se produce el crecimiento de la placenta y el feto, y el animal necesita acumular reservas corporales para futuras lactancias. Por tanto, una hembra debe dar a luz con una condición corporal de 3-3,5 puntos (Soto et al., 2020).

La fertilidad está determinada por varios factores, entre ellos: Raza, diferencias individuales, época del año, peso materno, parto. La fertilidad de una cabra se puede expresar por el número de crías nacidas por cada cabra. La prolificidad de la cabra no es igualada por ningún otro rumiante y su alto nivel depende del número de partos múltiples en cada ocasión. Valores encontrados para cabras criollas varían entre 1,5 y 1,76. También se han efectuado cruza entre raza criollas y raza Saanen obteniendo 1,41 crías (Moncada Jaitul, 2006).

2.2. Antecedentes

2.2.1. Antecedentes internacionales:

Tesfaye, A et al. (2023). En su artículo de investigación titulado “Effect of Nutritional Flushing Using Long-Term Energy and Protein Supplementation on Growth Performance and Reproductive Parameters of Doyogena Ewes in Ethiopia”. El objeto de estudio fue determinar el efecto de una suplementación nutricional a largo plazo con cuatro dietas isonitrogenadas sobre la puntuación de la condición corporal (CC), la variación del peso corporal (PC) y el rendimiento reproductivo. El flushing comenzó simultáneamente en todos los grupos con un periodo de adaptación de 15 días con acceso ad libitum a agua limpia y a saladeros comerciales. La suplementación fue por 21 días durante una semana, en el día 21 por 48 h, fueron observadas tres veces al día durante una hora. Al parto, T2 y T3 aumentaron el PC en comparación con T4 y T1. La T4 no tuvo ningún efecto sobre el PC al parto. Los efectos de T2 y T3 fueron similares en la reproducción, la gestación y el parto; por lo tanto, el flushing del rebaño con un suplemento proteico

y/o energético puede mejorar el rendimiento reproductivo. Se concluyó que al proporcionar a las ovejas Doyogena mayores niveles de proteína y energía durante un periodo prolongado puede mejorar peso, condición corporal, preñez y parto.

Contreras-Solís, I. et al. (2023). En su artículo científico titulado **“Effect of Strategic Supplementation of Dietary By-Pass Linseed Oil on Fertility and Milk Quality in Sarda Ewes”**. En este estudio se realizó la evaluación con una suplementación estratégica bypass de aceite de linaza para mejorar los índices reproductivos en ovejas lecheras sarda durante la etapa final de lactancia. Fueron seleccionadas 48 ovejas sarda lecheras, en dos grupos homogéneos. Las dietas tenían niveles iguales de proteína cruda y energía, y se ofreció durante 38 días -21 a +17 días después de la inseminación artificial. El resultado demostró que, al suplementar con Aceite de linaza, ejerce un papel positivo en el tamaño del cuerpo lúteo al inicio del período peri implantación en ovejas lecheras sardas. En conclusión, los datos del presente estudio demuestran que el uso de un bypass dietético con Aceite de linaza modifica las concentraciones de metabolitos lipídicos circulantes y los ácidos grasos de la leche, que demuestran la absorción y utilización de ALA por los tejidos corporales.

Mendoza-Carreola, J. et al. (2022). En su reseña de artículo titulado **“Effect of Supplementation with Dehydrated Cucumis melo and Copper on Reproductive Performance of Goats on Rangeland”**. El objetivo fue evaluar la influencia de una suplementación energética y cobre sobre la actividad reproductiva de cabras adultas durante el anestro estacional. Se utilizó 67 cabras, que se dividieron en cuatro grupos. Los resultados demostraron que la tasa ovulatoria fue superior para el grupo Ca-Cu que para el grupo C, y que el grupo Cu potenció los efectos antioxidantes debido a que ayudó en la eliminación de la producción excesiva de radicales, y mejoró la supervivencia embrionaria aumentando la implantación y la división celular. En conclusión, se ha demostrado que la ingesta adicional de energía aumenta las reservas energéticas corporales, esenciales para el rendimiento reproductivo debido a que el subproducto del melón cantalupo, es

un residuo agrícola que al combinarlo con el cobre se puede añadir en la dieta de las cabras y así compensar la carencia de nutrientes.

Rodriguez-Magadán, H.M. et al. (2021). En su artículo de investigación científica titulado “Antioxidant capacity, reproductive response and glucose concentration and insulin of ewes supplemented prior to insemination with orange residue”. Su objetivo fue evaluar la capacidad antioxidante, la concentración de glucosa e insulina y el desempeño reproductivo de ovejas suplementadas con residuo de naranja previo a la inseminación. Fueron seleccionadas 55 ovejas multíparas. Se administraron dos dietas integrales; T0: tratamiento control y T1: con 20% de materia seca de residuo de naranja. Diez días después del inicio de la suplementación, las ovejas fueron sincronizadas. La suplementación se finalizó antes de realizar la inseminación artificial, para posteriormente tomar la muestra y así medir la capacidad antioxidante y concentración de glucosa e insulina. De los 9 compuestos antioxidantes encontrados en el residuo de naranja, la hesperidina (7,44%), el ácido clorogénico (0,50%) y el ácido protocatequico tuvieron la concentración más alta. Los resultados indicaron que el tratamiento no afectó el consumo de alimento, la respuesta al estro, el porcentaje de gestación, la capacidad antioxidante y la concentración de glucosa e insulina. Se concluye que es posible la inclusión de un 20% de residuo de naranja en la dieta previa a la inseminación en ovejas.

Sotgiu, F. et al. (2021). En su artículo científico titulado “Towards a Sustainable Reproduction Management of Dairy Sheep: Glycerol-Based Formulations as Alternative to eCG in Milked Ewes Mated at the End of Anoestrus Period”. Su objetivo era investigar la administración de eCG en un protocolo estándar de sincronización el cual podría ser sustituido por la administración de formulaciones a base de glicerol en ovejas en ordeño al final de su anestro estacional, monitorear los cambios lipídicos, función hepática y renal consecuentes a la administración de glicerol, y evaluar si la dosis establecida en un estudio previo preserva la producción y composición de la leche. Se utilizaron 48 ovejas lecheras adultas, multíparas en lactación en su período de anestro estacional; fueron divididas en grupos experimentales homogéneos: tratado con glucogénicos y tratado con

gonadotropinas; Se midió la glucosa, los NEFA, urea, colesterol total y triglicéridos, creatinina, proteínas totales, albúmina, alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST). Los resultados demostraron que las ovejas GLU mostraron mayor glicemia, insulinemia, glicerol plasmático, triglicéridos y menor colesterol, ácidos grasos no esterificados y urea; mientras que la osmolalidad plasmática fue mayor en GLU, pero 4 h después de ser dosificadas. En conclusión, se demostró que la administración de una formulación a base de glicerol a ovejas en ordeño puede ser una alternativa en el tratamiento con eCG en protocolos reproductivos en la inducción de la ovulación con dispositivos liberadores de progesterona durante la fase final del periodo de anestro.

Mellado, M. et al. (2020). En su tema de investigación científico titulado “**Breve comunicación: respuesta reproductiva a la suplementación con concentrado de cabras de razas mixtas en pastizales**”. Tuvo como objetivo principal, determinar la influencia al suplementar con concentrados para rendimiento reproductivo, los metabolitos sanguíneos, los minerales y los niveles séricos de algunas hormonas. Fueron 299 cabras cruzadas que mantuvieron en los pastizales, las cabras se dividieron en dos grupos: suplementado con concentrado y un grupo no suplementado. Los resultados indicaron que la proteína y energía adicionales en la dieta, las cabras del grupo S tuvieron mayor peso corporal al inicio de la cría como en el parto. El porcentaje de preñez observada fue notablemente superior en cabras S que en los NS. En conclusión, la suplementación estratégica de concentrado durante un corto periodo antes del parto y durante el último trimestre de gestación, resulta eficaz para mejorar la ganancia de peso en las cabras, el rendimiento reproductivo y peso al nacer de sus crías.

Porcu, C. et al. (2020). En su artículo de investigación titulado “Administration of glycerol-based formulations in sheep results in similar ovulation rate to eCG but red blood cell indices may be affected”. Su objetivo fue investigar el efecto metabólico y osmótico en diferentes dosis con mezclas de glicerol y glicerol - propilenglicol en ovejas sarda, con el fin de identificar aquellas capaces de modificar positivamente el estado metabólico de la oveja sin afectar significativamente los índices

eritrocitarios. Los resultados del estudio mostraron, por primera vez, que la administración de formulaciones glucogénicas a base de glicerol provoca cambios significativos en los índices de GR de las ovejas con un efecto relacionado con la dosis. En conclusión, la administración de glicerol en dosis moderadas y altas mostraron una alteración. Por lo tanto, los protocolos de la administración de glicerol deben someterse a pruebas para comprobar sus efectos sobre los índices y las funciones de los GR.

Mechado Figueira, L. et al. (2020). En su artículo científico de revista titulado **“Effects of flushing with rehydrated corn grain silage on follicular development in tropical Santa Inês ewes”**. Tuvo como objetivo evaluar el efecto al sustituir maíz molido, por ensilado en grano de maíz rehidratado en una dieta de flushing sobre el desarrollo folicular en ovejas Santa Inês tropicales. Fueron seleccionadas 15 ovejas Santa Inês tropicales no preñadas, de peso corporal y BCS. Fueron asignadas aleatoriamente a los dos grupos de tratamiento, el flushing con maíz molido o RCGS durante un periodo de 30 días. Como resultados se obtuvo que el diámetro de los folículos ovulatorio en el momento de la retirada de la esponja, el intervalo desde la retirada de la esponja hasta el celo y la tasa de crecimiento de los folículos ovulatorio fueron mayores en el grupo RCGS. La sustitución del maíz molido por RCGS retrasa el inicio del celo y la ovulación de folículos más grandes. Se concluye que, al reemplazar el maíz molido con ensilaje de grano de maíz rehidratado en dietas, puede alterar el desarrollo folicular, retraso en el inicio del estro y la ovulación de folículos más grandes. Por lo tanto, esto no beneficia el número de ovulaciones. El aumento de folículos antrales después de 14 días con maíz molido o ensilado de grano de maíz rehidratado sugiere la posibilidad de reducir el período de sobrealimentación.

Mariano Gore, D.; Christina Lehloenya, K. (2020). En su artículo científico titulado **“ β -carotene Supplementation Increases Progesterone Concentration and Glutathione Peroxidase Activity Following Alternative Progesterone Primed Oestrous Synchronization Protocol in Goats”**. Su objetivo fue realizar la evaluación y el efecto de la suplementación a corto plazo con β -caroteno durante el período de

reproducción sobre la actividad ovárica y la fertilidad de cabras Saanen después de un estro sincronizado utilizando el efecto masculino y un protocolo basado en progesterona eCG. Fueron utilizadas 60 cabras Saanen entre 1 y 6 años. Se les introdujo vía intravaginal un CIDR 11 días. 150 µg de cloprostenol; se mezclaron las hembras con dos machos provistos de delantales durante 72 horas. El inicio y la duración del celo fueron monitoreados después de la remoción del CIDR usando dos machos con delantal duración de 72 h. los resultados demostraron que el protocolo de sincronización no afectó la respuesta al estro, el inicio y duración del estro ni la concentración de estradiol-17β. El grupo con presencia masculina tuvo una tasa de concepción significativamente mayor, que el grupo eCG. El grupo suplementado con β-caroteno tuvo una mayor concentración de progesterona y actividad de glutatión peroxidasa. Por lo tanto, se concluye que el suplemento de β-caroteno durante el período de reproducción se desempeña de manera importante en el establecimiento de la preñez debido a la alta concentración de progesterona y la actividad del glutatión peroxidasa.

Aké-Villanueva, J. et al. (2017). En su artículo científico de investigación titulado **“Factors affecting conception rate of hair ewes after laparoscopic insemination with chilled semen under tropical conditions”**. Su objetivo principal de estudio fue evaluar el efecto de algunos factores sobre la tasa de concepción de ovejas de pelo mediante inseminación intrauterina laparoscópica con semen refrigerado, en condiciones tropicales. Se utilizaron 1200 inseminaciones en ovejas Pelibuey; las inseminadas eran hembras no lactantes con 60-100 días posparto y una puntuación de condición corporal (BCS) igual o superior a 1,5, al inicio de la inseminación; la edad de las ovejas se evaluó mediante examen dentario (1-4 años de edad). Las ovejas estaban sometidas a sistemas de producción semi-intensivos, en potreros (6-8 h) de hierba estrella y Taiwán picado (*Pennisetum purpureum*). De tres a cuatro semanas antes de la IA, las ovejas recibieron 300-400 g/día de un pienso comercial con un 14% de PC, y recibieron agua ad libitum. El tipo de dispositivo y las dosis de eCG se asignaron aleatoriamente a las ovejas. El día de la retirada del dispositivo se aplicó gonadotropina coriónica equina vía intramuscular a las ovejas. Las dosis de semen

refrigerado se comprobaron antes de la IA y no se utilizaron las que presentaban una motilidad progresiva inferior al 50%. Se concluyó que la tasa de concepción fue mejor para las ovejas con puntuación de condición corporal media que para las de condición baja.

Aguilar, U et al. (2016). En su artículo científico titulado **“Tasa de ovulación, prolificidad y tasa de gestación en cabras tratadas con glicerol por vía oral”**. Su objetivo fue probar el manejo vía oral de glicerol, luego de retirar el progestágeno y en los primeros seis 6 días del ciclo estral, incrementando la ovulación, prolificidad y gestación en cabras. Fueron utilizadas 129 cabras de cruce de razas, ciclando y condición corporal entre 2 y 3. Se introdujo una esponja intravaginal con acetato de fluorogestona, que permaneció in situ por 12 días. Al retirarla se aplicó una dosis luteolítica de cloprostenol sódico y se asignaron al azar a dos tratamientos: en el grupo de glicerol, recibieron vía oral 100 mL de una solución a base de glicerol y agua, con repeticiones los días 0, 2, 4 y 6 después del estro, y en el grupo testigo no recibieron glicerol. La detección se realizó con machos provistos de un mandil. Los resultados demostraron que al administrar vía oral glicerol en el momento de retirar el progestágeno no se incrementó la tasa de ovulatoria; la dimensión de cabras de ovulación múltiple y partos múltiples fue similar entre los tratamientos (cuadros 1 y 2). La tasa de ovulación y la prolificidad fueron similares entre los tratamientos. En conclusión, al administrar vía oral glicerol en el momento de retirar el progestágeno y en los primeros seis días del ciclo estral no incrementa la ovulación, prolificidad y mucho menos gestación en cabras.

Daghigh Kia, H. et al. (2015). En su artículo de investigación científica titulado **“Effects of flushing and hormonal treatment on reproductive performance of Iranian Markhoz goats”**. Su objetivo principal de estudio fue la evaluación de los tratamientos hormonales y nutricionales en la tasa de parto de las cabras Markhoz y su objetivo secundario, la combinación de diferentes alimentos como fuente de energía en las dietas de flushing sobre el rendimiento reproductivo. Se utilizaron 48 cabras Markhoz iraníes de 3,5 años. Los cuales se distribuyeron en seis grupos de 8 ocho cabras. Los resultados demostraron que la inyección de gonadotropina

coriónica equina en los tratamientos hormonales y consumo de grano entre las dietas de cubrición presentaron una mejor respuesta en relación con los demás tratamientos. Más del 87,5% de las cabras quedaron preñadas con el primer servicio. Sólo después de retirar el CIDR y durante el celo, se dio una disminución en la ingestión de materia seca; sin embargo, fue similar entre todos los tratamientos. Se concluye que el lavado nutricional y los tratamientos hormonales mejoran la eficiencia reproductiva, y en particular la fertilidad y tasa de parto en cabras dan como resultado que el uso de GnRH en el celo y la eCG tras el CIDR mejoran la fertilidad y otros rasgos reproductivos.

Hosseini, S. M., Abdi-Benemar, H., & Hajian, M. (2015). En su artículo científico titulado **“Effect of long-term or short-term supplementation of high energy or high energy-protein diets on ovarian follicles and blood metabolites and hormones in ewes”**. Su objetivo de estudio fue probar si un suplemento nutricional de alta energía o proteína de alta energía durante 16 o 6 días tiene efecto estimulante sobre el desarrollo del folículo, tasa de ovulación, algunos metabolitos sanguíneos, insulina y el estradiol en ovejas cíclicas. Se asignaron aleatoriamente 40 ovejas Naeini cíclicas a grupos experimentales. Los resultados demostraron que los grupos LE y SE tenían más folículos de mayor tamaño que los del otro grupo del día +1. La tasa de doble ovulación fue mayor en ovejas alimentadas con dietas altas en energía. Los resultados del presente estudio revelaron que el cambio en los niveles de energía de la dieta durante un período a corto o largo plazo antes de la ovulación puede mejorar los metabolitos sanguíneos y el rendimiento reproductivo. Se concluyó el presente estudio demostrando que el programa de alimentación a largo o corto plazo afecta el número de folículos de diferentes tamaños, junto a la tasa de doble ovulación y los metabolitos con hormonas séricos de las ovejas cíclicas; así mismo el mecanismo exacto que controla los efectos de la suplementación nutricional sobre la foliculogénesis y el crecimiento de los folículos dominantes no está claro.

Gottardi, F. et al. (2014). En su artículo científico titulado “Efeito do flushing sobre o desempenho reprodutivo de ovelhas Morada Nova e Santa Inês submetidas à

inseminação artificial em tempo fixo”. Su objetivo fue analizar el efecto de flushing, protocolo de sincronización hormonal del estro y el IATF sobre el desempeño reproductivo de ovinos Morada Nova y SI, criados en pasto en el sur del Estado de Piauí. 27 SI y 24 MN suplementadas con concentrado, durante 75 días. Tras 30 días de suplementación, las ovejas fueron sincronizadas con un protocolo hormonal. Se observó el celo con ayuda de dos celadores. La tasa de preñez según TAI fue del 31,4% y después de la transferencia fue del 50,0%. Se obtuvo un mayor porcentaje de partos múltiples de ovejas gestantes mediante TAI que mediante apareamiento natural en el traslado. Se concluyó que el efecto flushing, aumento de peso y aumento de BCS, lo que garantizó la estandarización del rebaño para la temporada reproductiva, consecuencia, resultó en un mejor desempeño reproductivo. El protocolo de sincronización del estro utilizado fue eficiente para inducir el estro, sin embargo, adelantó el inicio del comportamiento del estro y no fue eficiente para sincronizar ovejas sin pelo.

Khursheed, S.; Sejian, V.; Abdul, S. (2012). En su artículo científico titulado “Effect of feed flushing during summer season on growth, reproductive performance and blood metabolites in Malpura ewes under semiarid tropical environment”. Su objetivo fue evaluar el efecto de la suplementación con concentrado durante los meses de verano sobre el crecimiento, el rendimiento reproductivo y los metabolitos sanguíneos en ovejas Malpura. Se utilizaron 20 ovejas adultas, y se dividieron en dos grupos. Los resultados indican que la suplementación con concentrado tuvo una influencia significativa en el peso corporal, GMD, porcentaje de estro, duración del estro, inicio del estro, respuesta de ovulación, glucosa plasmática, proteína total y urea. El estudio reveló que las ovejas suplementadas con mezcla concentrada al 1.5 % de su peso corporal durante el verano influyeron significativamente en el crecimiento y desempeño reproductivo. Además, el estudio señala la importancia de la proporción de suplementos alimentarios adicionales a las que pastan en condiciones de un ambiente cálido y semiárido para mejorar su eficiencia reproductiva. Se concluye que la suplementación con concentrado influyó significativamente en la glucosa plasmática, la proteína total y la urea en las ovejas del grupo 2. Asimismo, el estudio señala la importancia de proporcionar

suplementos alimentarios adicionales al pastoreo en condiciones de un ambiente cálido y semiárido para mejorar su eficiencia reproductiva. Esto garantizará un rendimiento económico viable en las explotaciones ovinas.

2.2.2 Antecedentes nacionales

Zegarra, R. (2020). Con su trabajo de investigación titulado “**Aplicación del flushing en ovejas pre y post servicio**”. Su objetivo fue dar a saber que nutrientes involucrados, con mecanismos de acción y tiempo de suministración del flushing, así mismo se revisaron factores que influyen sobre el flushing y los insumos que se les pueden suministrar a ovejas para utilizar, un manejo nutricional con la finalidad de brindar información para aquellos productores que emplean este método. Se indicó la propuesta de un protocolo para realizar el flushing, usando el método de sincronización en la región Puno, por el mayor número de exposiciones ganaderas y categorías en dichas exposiciones, los ganaderos se ven en la necesidad de utilizar un método de sincronización, por lo tanto, se plantea la aplicación de flushing y la sincronización mediante el uso de la esponja intravaginal de progesterona. Se llegó a la conclusión, de que al aplicar la técnica de flushing, permite tener un incremento en la tasa de fertilidad y esto tiene relación directa en los costos de producción. Sin embargo, otras tasas reproductivas como son la tasa de mellizos y de parición, no guardan una relación directa con la aplicación de esta técnica.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución:

La investigación se llevó a cabo en el caserío del cruce de Puerto Pizarro, la villa de Puerto Pizarro, Departamento de tumbes.

Coordenadas: 3°32'01"S 80°22'31"O

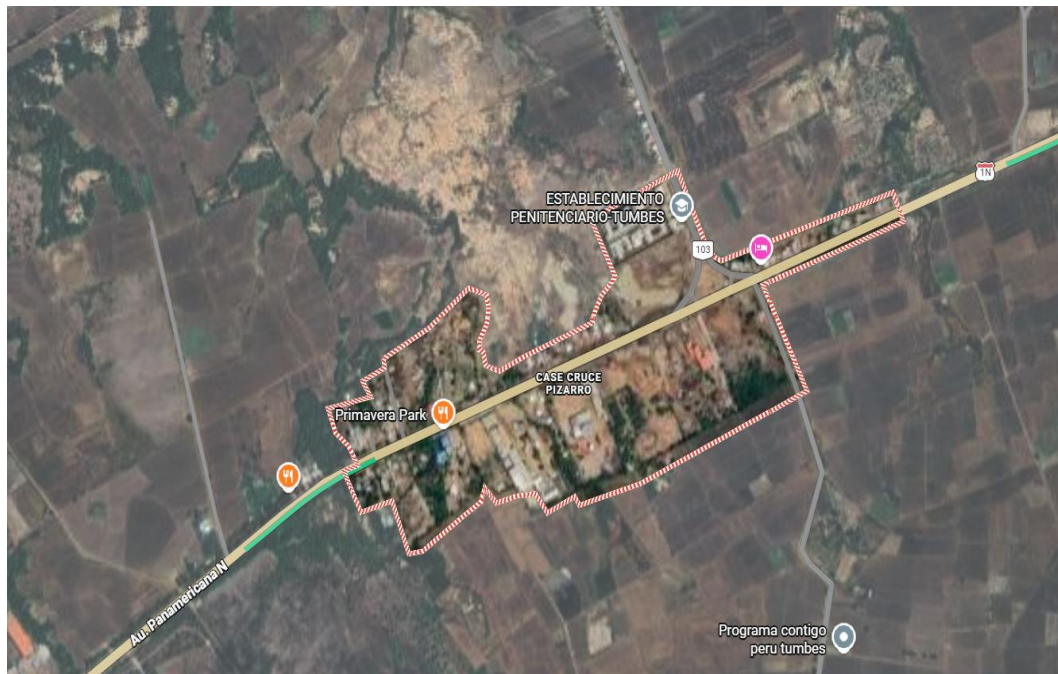


Figura 1: Mapa de departamento de tumbes

3.2. Tipo de investigación:

Cuantitativo debido a que se enfocan en evaluar variables reproductivas expresadas numéricamente, como tasas de celo, preñez y prolificidad, a través de mediciones objetivas y repetidas. Los datos recolectados serán analizados estadísticamente para determinar diferencias cuantitativas entre los grupos experimentales, siguiendo un enfoque objetivo y cuantificable.

3.3. Diseño de la investigación:

- Califica como un estudio experimental puesto que implica la manipulación intencional de la variable independiente, en este caso, los diferentes tratamientos nutricionales (propilenglicol, de flushing y grupo control). Las cabras se asignarán aleatoriamente a dichos grupos y se controlarán variables extrañas, permitiendo aislar y medir el efecto causal de la intervención sobre las variables respuesta reproductivas.
- Se considera un diseño transversal porque la recolección de datos se realizará en un periodo de tiempo definido y acotado, sin un seguimiento longitudinal de los mismos animales. Las mediciones se tomarán una sola vez por animal durante la ventana experimental establecida, desde antes de la suplantación y del flushing hasta 3 semanas post-inseminación, por lo que no hay una evaluación a lo largo de diferentes etapas.

3.4. Materiales y equipos:

a) Material Biológico: Cabras adultas y pajillas de semen.

- El semen utilizado en la inseminación artificial fue obtenido de un macho reproductor registrado de la Estación Experimental Agraria (EEA) Los Cedros – INIA, previamente seleccionado por sus características reproductivas y calidad seminal.
- La colecta seminal se realizó mediante el uso de vagina artificial acondicionada a una temperatura de 46 °C, con el fin de simular las condiciones fisiológicas y asegurar una adecuada obtención del eyaculado.
- El semen fresco obtenido presentó una motilidad espermática individual del 90% y una motilidad masal de 5 (escala de 0 a 5), evidenciando alta calidad seminal. El volumen promedio del eyaculado fue de 1.8 mL. La concentración espermática fue determinada mediante espectrofotometría, registrándose un valor de 4136 millones de espermatozoides por mililitro.
- Para la preparación del diluyente, se utilizó un dilutor comercial a base de lecitina de soya (OXICELL®), el cual fue reconstituido en una

proporción de 1:2, correspondiente a 1 mL de dilutor por 2 mL de agua para inyección estéril, obteniéndose una solución homogénea.

- Posteriormente, el semen fue diluido con el dilutor preparado y ajustado a una concentración final de 200 millones de espermatozoides por dosis inseminante. La preparación de las pajillas se realizó utilizando pajillas de 0.25 mL, las cuales fueron llenadas y selladas bajo condiciones higiénicas y de manejo estandarizadas.
 - Durante todo el proceso, el semen diluido fue mantenido en baño maría a una temperatura constante de 37 °C, con el fin de preservar la viabilidad espermática y evitar choques térmicos.
 - Finalmente, el semen fue utilizado en estado fresco inmediatamente después de su procesamiento, garantizando su calidad biológica para su aplicación en el protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).
- b) Material de campo:** Sogas, marcadores, Jeringas, agujas, Fichas de registro de IATF, lápiz, borrador, tablero, folder, cinta métrica, botas (par), ropa de trabajo (overol), hojas, guantes, propilenglicol, esponjas intravaginales de progestágeno, melaza, polvillo de arroz y sales minerales.
- c) Material de escritorio:** Laptop, Fichas de registro y Hojas Bond A4.
- d) Equipos:** Ecógrafo, Balanza.

3.5. Población, Muestra y Muestreo:

- a) Población:** La población es de 300 cabras, las cuales están conformadas por cabras mestizas (*Capra hircus*) adultas, cíclicas, multíparas (entre 2 y 4 partos), desparasitadas, vacunadas contra enterotoxemia y clínicamente sanas, mantenidas en condiciones de producción extensiva con pastoreo diario de 8-10 horas en la región de Tumbes, Perú.
- b) Muestra:** Se determinó un tamaño de muestra de 57 cabras, divididas en 3 grupos homogéneos de 19 animales cada uno, para evaluar los diferentes tratamientos nutricionales (propilenglicol, mezcla polvillo de arroz-harina y grupo control).

Para justificar el tamaño de muestra, es importante explicar cómo se determinó y proporcionar una base científica y práctica para su selección. Además de compararlo con estudios previos en los antecedentes, también podemos justificarlo en función de la representatividad estadística y la logística del estudio.

3.6. Justificación del tamaño de muestra

1. Basado en estudios previos:

El tamaño de muestra de este estudio se ha determinado en concordancia con trabajos previos en el área de la reproducción caprina. En los antecedentes revisados, se han utilizado tamaños de muestra similares para obtener resultados representativos y válidos. Por ejemplo:

- Tesfaye et al. (2023) utilizaron una muestra de 35 ovejas para evaluar el efecto de la suplementación nutricional a largo plazo en el rendimiento reproductivo.
- Contreras-Solís et al. (2023) emplearon 48 ovejas para evaluar la suplementación estratégica con aceite de linaza en la fertilidad y calidad de la leche.
- Mendoza-Carreola et al. (2022) utilizaron 67 cabras para evaluar la suplementación energética y de cobre sobre la actividad reproductiva.

3.7. Representatividad estadística:

Para asegurar la validez estadística del estudio, se ha calculado el tamaño de muestra necesario para detectar diferencias significativas en las variables de interés (tasa de celo, tasa de gestación y prolificidad) con un nivel de confianza del 95% y un poder del 80%. Esta metodología estadística garantiza que los resultados obtenidos sean representativos y confiables para inferencias generales.

3.8. Consideraciones prácticas y logísticas:

La selección del tamaño de muestra también se ha basado en consideraciones logísticas y prácticas. Factores como la disponibilidad de animales, recursos financieros, tiempo de estudio y la capacidad de manejo de los animales en las instalaciones han influido en la determinación del tamaño de muestra. Este enfoque asegura que el estudio sea viable y factible dentro de las limitaciones del proyecto.

3.9. Diversidad y control de variables:

El tamaño de muestra seleccionado permite una adecuada diversidad genética y control de variables intervinientes, como la condición corporal y la edad de las cabras, lo que contribuye a la robustez de los resultados. Esta variabilidad es esencial para obtener conclusiones generalizables y aplicables a diferentes contextos de producción caprina.

3.10. Tamaño de Muestra Seleccionado

En base a estas justificaciones, se determinó que un tamaño de muestra de 57 cabras mestizas fue adecuado para este estudio. Este número es consistente con estudios previos y proporciona un balance entre la representatividad estadística y la viabilidad práctica.

a) Muestreo: Se utilizó un muestreo aleatorio simple para seleccionar a los 57 animales que conformarán la muestra a partir de la población objetivo. Cada cabra tenía la misma probabilidad de ser elegida y posteriormente se asignaron de forma aleatoria a los 3 grupos experimentales, asegurando su homogeneidad en cuanto a edad, peso, condición corporal y estado reproductivo.

3.11. Asignación Aleatoria:

Una vez seleccionadas las cabras que cumplieran con los criterios de inclusión, se procedió a asignarlas aleatoriamente a uno de los tres grupos experimentales utilizando el sorteo manual: Escribir los números de las cabras

en papeles individuales, colocarlos en un recipiente y sortearlos para asignarlos a cada grupo.

a) Criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Cabras mestizas adultas
- Cíclicas y multíparas (2-4 partos)
- Desparasitadas y vacunadas contra enterotoxemia
- Clínicamente sanas
- Condición corporal entre 2.5 - 3.5 (escala 1-5)
- Útero sin patologías (evaluado por ecografía)

Criterios de exclusión:

- Cabras preñadas
- Cabras con patologías uterinas
- Condición corporal fuera del rango 2.5 - 3.5
- Animales enfermos o con mal estado general
- Hembras nulíparas o con más de 4 partos

3.12. Procedimiento de la investigación:

3.12.1 Preparación y reclutamiento de animales

Se seleccionaron al azar 57 cabras mestizas, adultas, cíclicas, multíparas (entre 2 y 4 partos), desparasitadas, vacunadas contra la enterotoxemia y clínicamente sanas en condiciones habituales de producción extensiva (pudiendo pastar durante 8-10 horas al día).

3.12.2 Manejo de Animales

Durante el periodo de estudio, se aseguró que todas las cabras reciban un manejo adecuado para minimizar el estrés y maximizar su bienestar. Las prácticas de manejo incluyeron:

3.12.3 Alimentación

Las cabras saldrán a pastar al campo durante 8 horas al día y recibirán el propilenglicol o flushing según el grupo experimental asignado.

➤ Procesamiento de muestras y determinación de la composición nutricional y florística

Las muestras de forraje (M2) fueron recolectadas en el área de pastoreo mediante el uso de 10 cuadrantes de 1 m² distribuidos aleatoriamente. En cada cuadrante se realizó el corte del material vegetal a una altura similar a la de consumo por las cabras. El material colectado fue homogenizado para conformar una muestra compuesta representativa por unidad experimental.

Posteriormente, la muestra compuesta fue trasladada al laboratorio, donde se realizó el secado a temperatura constante hasta peso constante para la determinación de materia seca. Luego, el material fue molido y sometido a análisis bromatológico para la determinación de proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), cenizas, azúcares y minerales, siguiendo metodologías estándar.

La composición nutricional de las áreas de pastoreo se indica en la siguiente tabla:

Tabla N° 1: Composición nutricional de la dieta de mantenimiento Pasto Nativo del Bosque Seco de Tumbes.

COMPONENTE	VALOR
Materia seca (%)	48.0
Proteína cruda (%)	7.5
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	2.0
FDN (%)	60.0
FDA (%)	42.0
Azúcares (%)	4.5
Extracto etéreo (%)	2.2
Cenizas (%)	10.0
Calcio (%)	0.45
Fósforo (%)	0.22

- **Agua:** Se proporcionó acceso continuo a agua limpia y fresca.
- **Sanidad:** Las cabras fueron desparasitadas y vacunadas contra enterotoxemia antes del inicio del estudio y se monitorearon regularmente para detectar cualquier signo de enfermedad.
- **Registro:** Se mantuvo registros detallados de cada animal, incluyendo datos sobre su condición corporal, peso, ciclo reproductivo y cualquier tratamiento recibido.

3.12.4 Homogenización de Animales

Se conformaron 03 grupos homogéneos (19 cada uno) en cuanto a edad (determinada por la dentición y la información facilitada por los propietarios), peso, condición corporal (puntuaciones entre 2.5 y 3.5 en una escala de 1 a 5) y estado reproductivo (una ecografía abdominal para evaluar el útero, y se descartarán las cabras preñadas o con patologías uterinas). Una vez seleccionadas, las cabras fueron asignadas aleatoriamente a uno de los tres grupos experimentales, control (T₀), propilenglicol (T₁) y flushing (T₂) para

asegurar que no haya diferencias significativas en términos de edad, peso y condición corporal entre los grupos.

3.12.5 Adecuación

Antes del inicio del estudio, se realizaron las siguientes adecuaciones:

- **Infraestructura:** Las instalaciones sean las adecuadas para asegurar que las cabras tengan suficiente espacio para moverse libremente y evitar el hacinamiento.
- **Equipos:** Se aseguró que todos los equipos necesarios para el manejo y monitoreo de los animales estén en buen estado de funcionamiento.
- **Capacitación:** El personal involucrado en el estudio recibió capacitación en manejo animal y procedimientos experimentales para asegurar la correcta ejecución del estudio.

3.12.6 Tratamientos nutricionales

- **Grupo 1:** Suplementación con propilenglicol vía oral a dosis de 30 ml/cabra/día durante 42 días [desde 3 semanas antes (día -21) hasta 3 semanas después (día +21) de la IATF (día 0)] por las tardes tras volver de pastar.

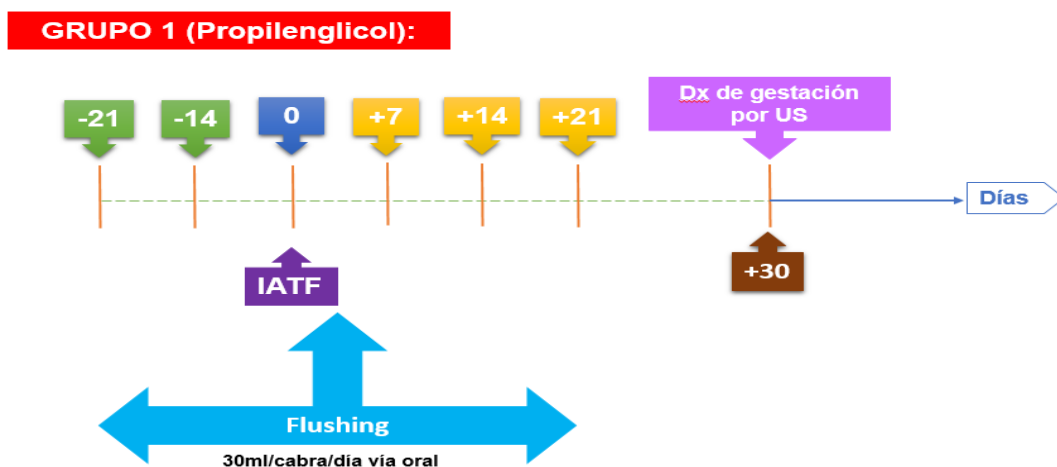


Figura 2: Suplementación con propilenglicol

- **Grupo 2:** Flushing con un suplemento nutricional, que es una mezcla de polvillo de arroz (300 g/cabra/día) (82% del total), melaza (54.88 g/cabra/día) (15%, para evitar la separación de los ingredientes y mejorar la textura de la mezcla) y de sales minerales (10.98 g/cabra/día) (3%, para aumentar su aceptabilidad) a razón de 365.85 g/cabra/día durante 42 días [desde 3 semanas antes (día -21) hasta 3 semanas después (día +21) de la IATF (día 0)]. La ración diaria se ofreció por las tardes, tras volver de pastar, en un comedero lineal colocado en el corral, con un espacio de acceso a la alimentación de 0,35 a 0.50 m/cabra. Para evaluar el consumo de suplemento, las cabras se identificaron con arete y su respectivo código. El suplemento fue suministrado a nivel de lote por tratamiento, sin registrarse residuos durante el periodo experimental. Por ello, el consumo fue considerado equivalente a la cantidad ofrecida. El consumo promedio individual fue estimado como el cociente entre la cantidad total de suplemento suministrado y el número de animales por tratamiento, asumiendo un consumo homogéneo entre individuos.

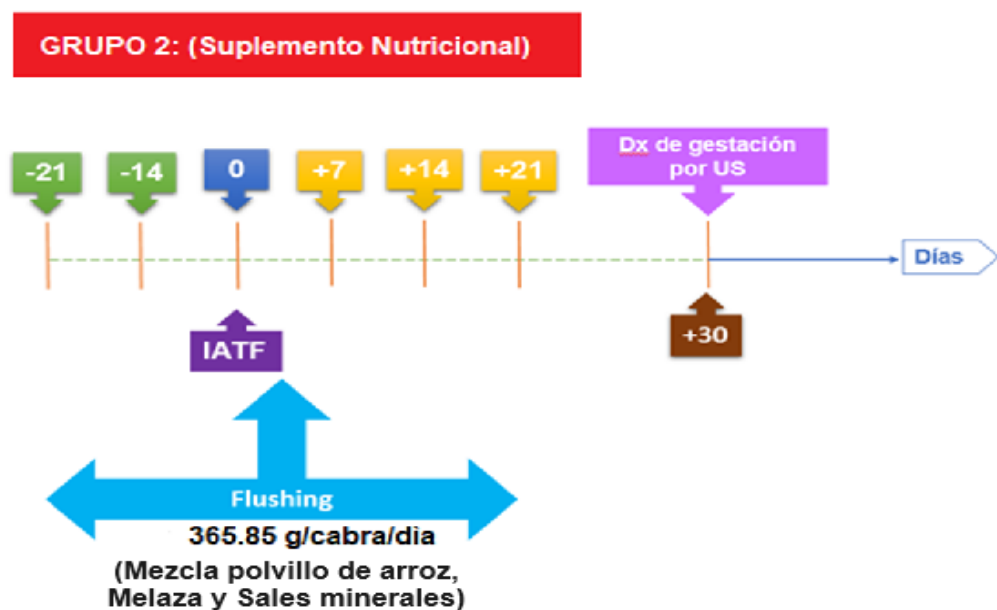
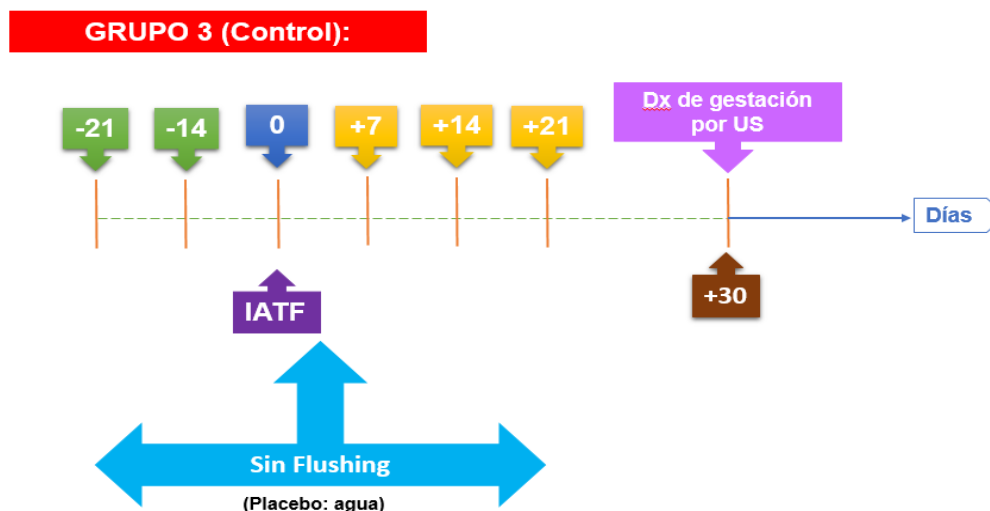


Figura 3: Flushing.

- **Grupo 3:** Grupo control sin Flushing, con dieta basal.

Figura 4: Grupo Control



3.12.7 Aspectos relacionados con el Flushing

a) Aporte Nutritivo Calórico:

- **Propilenglicol:**

El propilenglicol es un precursor glucogénico que proporciona energía de rápida disponibilidad. Su contenido energético es de aproximadamente 4 kcal/g. Durante el periodo de flushing, se administró una dosis de 30 mL/cabra/día, lo que equivale a aproximadamente 120 kcal/día.

Debido a su rápida metabolización en el organismo, el propilenglicol actúa como una fuente energética de efecto inmediato, contribuyendo a mejorar el balance energético y la disponibilidad de glucosa, sin generar un efecto de acumulación energética a largo plazo.

Tabla N°2: Composición nutricional del propilenglicol (1,2 – propanodiol)

Parámetro	Valor referencial
Fórmula química	C ₃ H ₈ O ₂
Pureza comercial (%)	99 - 99.8
Materia seca (%)	≈ 100
Proteína cruda (%)	0
Fibra cruda (%)	0
Extracto etéreo (%)	0
Cenizas (%)	0
Carbohidratos (%)	100
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	4.6 – 5.0
Energía neta lactación (Mcal/kg MS)	3.2 – 3.4
Energía neta mantenimiento (Mcal/kg MS)	3.5 – 3.7

• **Suplemento Nutricional, flushing (polvillo de arroz, melaza y sales minerales):**

Este suplemento está diseñado para proporcionar una fuente de energía adicional y minerales esenciales. La melaza aporta aproximadamente 3.5 kcal/g, y se administró a razón de 54.88 g/cabra/día (192.08 kcal/día). El polvillo de arroz contribuye con 3 kcal/g y se administró a razón de 300 g/cabra/día (900 kcal/día). Las sales minerales se administraron a razón de 10.98 g/cabra/día.

Tabla N° 3: Composición nutricional estimada del suplemento energético T2
(polvillo 82% + melaza 15% + sales minerales 3%)

COMPONENTE	VALOR ESTIMADO
Materia seca	90
Proteína cruda	12.2 (NRC)
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	3.09
FDN (%)	18 – 22
FDA (%)	7 – 10
Azúcares (%)	7 – 9
Extracto etéreo (%)	11
Cenizas (%)	11
Calcio (%)	0.05
Fósforo (%)	1.31

b) Formulación:

- Suplemento Nutricional (flushing):
 - ✓ **Ingredientes:**
 - **Polvillo de arroz:** 300 g/cabra/día (82% del total)
 - **Melaza:** 54.88 g/cabra/día (15% del total)
 - **Sales minerales:** 10.98 g/cabra/día (3% del total)

c) Preparación: Los ingredientes fueron mezclados uniformemente y almacenados en condiciones adecuadas hasta su administración diaria.

➤ **Valores Nutricionales:**

- ✓ Propilenglicol:
 - Energía: 4 kcal/g
 - Principalmente aporta energético.
- ✓ Suplemento Nutricional (flushing):
 - **Polvillo de Arroz:**
 - Energía: 3 kcal/g

- Proteínas: 12.2%
- Grasas: 2-3%
- **Melaza:**
 - Energía: 3.5 kcal/g
 - Proteína: 6.18%
 - Carbohidratos: 50-60%
 - Minerales: Contenido variable de calcio, hierro, potasio, y magnesio
- **Sales Minerales:**
 - Aporte de macro y micro minerales esenciales como calcio, fósforo, magnesio, zinc, cobre, y selenio.

d) Impacto en el Desempeño Reproductivo:

- El aporte calórico adicional del propilenglicol y del suplemento nutricional asegura que las cabras tengan suficiente energía para soportar los procesos reproductivos intensivos.
- Los minerales proporcionados por las sales minerales son cruciales para la salud reproductiva y el desarrollo fetal.

3.12.8 Sincronización e inseminación artificial

- Tras 13 días de iniciada la experimentación, 8 días antes de la inseminación [-8] se dio inicio el protocolo hormonal (PH) al insertar en la cabra un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (P₄) espolvoreado con antibiótico. A los 3 días antes de la IATF [-3] se administró 300 UI/cabra de eCG y 37,5 µg/cabra de d-cloprostenol o 125 µg/cabra de cloprostenol sódico IM y dos días antes de la IATF [-2] se retiró el dispositivo intravaginal. Finalmente, la inseminación artificial a tiempo fijo [IATF (día 0)] se realizó 55 horas después de la retirada del dispositivo con semen diluido refrigerado.

3.12.9 Recolección y registro de datos

- La observación del celo se realizó y registró a las 12, 24, 36, 48, 60 y 72 h del final del Protocolo Hormonal [día -2] dos días antes de la IATF (retirada del dispositivo intravaginal) con la ayuda de dos machos celadores activos provistos de delantales (tela que cubre el abdomen, atada a la cruz y a la grupa) para evitar la copulación, durante 40 minutos cada vez. Se consideró que las cabras estuvieran en celo para permitir que el macho excitador las montará sistemáticamente. La duración del celo se consideró en el intervalo entre la primera monta y la última vez que la cabra aceptó ser montada
- Se determinó la tasa de retorno al celo mediante machos con pecho pintado, colocando pintura en la región esternal (pecho) del macho (1 macho/grupo) a los 18 días posteriores a la IATF [+18] y 23 días posteriores [+23] (n° de hembras que manifestaron el celo tras la IATF/ n° de hembras expuestas al protocolo hormonal x 100).
- Después de la inseminación, se realizó diagnósticos de gestación por ultrasonografía transabdominal, a los 30 y 60 días post-inseminación, con un transductor micro convexo de 3,5 MHz.
- Todas las cabras se pesaron individualmente cada semana antes de alimentarlas y abrevarlas por la mañana. La ganancia media diaria se calculó dividiendo las diferencias de peso corporal inicial y final por el número total de días experimentales (42 días).
- Se analizó el grado de condición corporal (GCC) durante las semanas de suplementación.
- Se evaluó la tasa de manifestación del celo tras finalizar el protocolo hormonal (n° de hembras que manifestaron el celo/ n° de hembras expuestas al protocolo hormonal x 100), tasa de preñez resultante de la IATF (n° de

hembras preñadas por la IATF/nº de hembras expuestas a la IATF x 100) y la prolificidad (número de fetos/número de cabras preñadas).

- Los datos se anotaron en formatos diseñados y se conformó una base de datos para su posterior análisis estadístico.

3.12.10 Análisis económico:

- Se calculó indicadores de rentabilidad como el beneficio/costo para cada grupo de flushing evaluado.

3.13 Consideraciones éticas y aspectos relacionados con la protección de los participantes:

Se tomaron todas las medidas necesarias para garantizar el trato ético y el bienestar animal de las cabras involucradas en el estudio, cumpliendo con los principios y normativas vigentes.

- Cualquier procedimiento invasivo como la toma de muestras o ecografías se realizó por personal capacitado, aplicando todas las medidas de sujeción y analgesia necesarias para evitar dolor o estrés innecesario a los animales.
- Se mantuvo en todo momento la confidencialidad de la identidad de los propietarios y las ubicaciones específicas de los rebaños, utilizando códigos numéricos para identificar a los animales y grupos experimentales.
- Al finalizar el estudio, se entregó un reporte al propietario sobre el desempeño reproductivo de sus animales, brindando asesoría sobre el manejo post-experimental.

3.14 Análisis de datos:

3.14.1 Técnicas estadísticas o de análisis de contenido.

Análisis Descriptivo:

- Se calcularon medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar) para resumir las variables reproductivas principales como tasas de celo, preñez y prolificidad en cada grupo experimental. Esto permitió caracterizar y comparar inicialmente los resultados obtenidos.

Inferencia Estadística:

- Prueba de Normalidad: Se evaluó primero si los datos siguen una distribución normal (prueba de Shapiro-Wilk o Kolmogorov-Smirnov).
- Prueba de Homogeneidad de Varianzas: Se verificó la homogeneidad de varianzas entre grupos (prueba de Levene).
- Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía: Si se cumplen los supuestos, se aplicará un ANOVA de una vía para comparar las medias de las tasas reproductivas entre los 3 grupos (propilenglicol, mezcla vegetal y control).
- Pruebas de Comparaciones Múltiples: En caso de diferencias significativas, se realizarán pruebas post-hoc (Tukey, Dunnett) para identificar entre qué grupos hay diferencias.
- Pruebas No Paramétricas: Si no se cumplen supuestos, se utilizarán pruebas no paramétricas equivalentes (Kruskal-Wallis, prueba de medianas).
- Correlaciones: Se podrán calcular correlaciones (Pearson o Spearman según corresponda) entre variables como peso, condición corporal y tasas reproductivas.
- Regresión Logística: Posiblemente se apliquen modelos de regresión logística para evaluar el efecto de las variables independientes sobre la probabilidad de preñez (variable binaria).

3.14.2 **Software de análisis**

- El nivel de significancia estadística se fijará típicamente en 0.05. Los análisis se realizarán en software estadístico como SPSS, SAS, R, etc. Se incluirán gráficos y tablas para presentar adecuadamente los resultados.

Limitaciones del estudio:

- **Variabilidad genética:** Al trabajar con cabras mestizas, existe una alta variabilidad genética no controlada que podría influir en la respuesta individual de los animales a los tratamientos de flushing nutricional. Utilizar razas puras o líneas consanguíneas reduciría este factor de variación genética.
- **Condiciones ambientales:** El estudio se realizará en condiciones de producción extensiva con pastoreo, donde variables como la disponibilidad y calidad del forraje, así como las condiciones climáticas pueden variar e incidir sobre la respuesta de las cabras. Un ambiente más controlado disminuiría esta fuente de variación.
- **Duración del periodo experimental:** El flushing se aplicó durante 42 días, sin embargo, los efectos sobre la ovulación y tasas reproductivas se manifestaron de forma diferente con periodos más cortos o largos de suplementación. La duración óptima puede variar.
- **Medición de otras variables:** Las mediciones se centraron en tasas reproductivas, pero no se evaluaron variables metabólicas, hormonales o de desarrollo folicular que podrían ayudar a comprender mejor los mecanismos por los que el flushing afecta la reproducción.
- **Extrapolación de resultados:** Los resultados obtenidos en Tumbes podrían no ser totalmente extrapolables a otras regiones con diferentes condiciones agroclimáticas y sistemas de producción caprina.

Es importante reconocer estas posibles limitaciones y considerarlas al interpretar y extrapolar los resultados del estudio. Futuras investigaciones podrían abordar estos aspectos para obtener conclusiones más robustas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Descriptivos

4.1. Características generales de la población evaluada

Tabla N°4: Tabla descriptiva de la estadística de peso, condición corporal, glucosa sanguínea y respuesta reproductiva en caprinos (unidades)

Variable	n	Estadístico	Valor
Peso (kg)	57	Mediana (RIC)	39.2 (33.76 - 45.94)
Condición corporal (CC)	57	Mediana (RIC)	2.75 (2.5 - 3)
Glucosa 1 (mg/dL)	57	Media \pm DE	52.10 \pm 5.89
Glucosa 2 (mg/dL)	57	Mediana (RIC)	54 (51 - 60)
Glucosa 3 (mg/dL)	57	Media \pm DE	55.75 \pm 7.91
Hora a celo (h)	57	n (%)	<24 h: 31.58 %
			24–36 h: 38.60 %
			>36 h: 29.82 %
N.º de crías por parto	57	Media \pm DE	0.40 \pm 0.78
			0: 75.43 %
			1: 10.53 %
			2: 12.28 %
			3: 1.75 %

CC= Condición corporal, **RIC =** Rango Intercuartílico, **DE=** Desviación estándar

La normalidad de los datos fue evaluada mediante la prueba de Shapiro–Wilk ($\alpha = 0.05$). Las variables con distribución normal se expresaron como media \pm desviación estándar y aquellas sin normalidad como mediana y rango

intercuartílico, Las variables categóricas se presentaron como frecuencias y porcentajes.

En cuanto al perfil metabólico, según los resultados descriptivos de la tabla 4 indican que los niveles de glucosa se encuentran en un rango limitado (Glucosa 1: 52.10 ± 5.89 mg/dL; Glucosa 2: 54 (51–60) mg/dL; Glucosa 3: 55.75 ± 7.91 mg/dL), presentando variaciones en la normalidad dependiendo del momento en que se realizó la medición. En el ámbito fisiológico, la utilización de promotores energéticos (como el propilenglicol o dietas energéticas) tiene como objetivo aumentar la disponibilidad de sustratos glucogénicos y fomentar respuestas de insulina/IGF-1, lo que beneficia el crecimiento folicular y la competencia ovocitaria, especialmente cuando la alimentación previa es insuficiente. Esto es coherente con investigaciones experimentales realizadas en cabras, en las cuales la suplementación energética a corto plazo (p. El maíz) aumenta la tasa de ovulación en circunstancias específicas de energía metabolizable (Nogueira et al., 2017), y existen informes que indican que la adición de propilenglicol está relacionada con cambios endocrino-metabólicos cuantificables durante los programas de reproducción (Souza et al., 2008).

4.2. Presentación de celo y respuesta reproductiva

En la dinámica del estro, la distribución del comienzo del celo (31.58% a las 36 horas) y la manifestación de celo del 100% indican una respuesta conductual apropiada al protocolo utilizado. La literatura reciente sobre protocolos breves que utilizan CIDR (y combinaciones con eCG/GnRH) en regiones tropicales y subtropicales subraya que, si el manejo del dispositivo y la sincronización hormonal se llevan a cabo de manera adecuada, se espera una alta proporción de hembras en celo. Sin embargo, se observa una variación en el tiempo de presentación que se relaciona con la estación del año, el tipo de protocolo y el estado fisiológico (Nakafeero et al., 2024). En este sentido, la evidencia tradicional de los programas de sincronización e inseminación a tiempo fijo (IATF) indica que el cronometraje del manejo hormonal es crucial para concentrar la ovulación y aumentar la eficiencia del servicio/IA (Holtz et al., 2008).

4.3. Estado de preñez y prolificidad

No obstante, a pesar de la adecuada reacción durante el celo, la tasa global de preñez indicada en los informes fue del 28.07% (16/57). Este contraste (alto celo vs. preñez moderada-baja) se atribuye generalmente a una combinación de factores: (i) variabilidad en el momento real de la ovulación en relación con el estro observado, (ii) calidad del semen y técnica/momento de la inseminación artificial, (iii) condición corporal y equilibrio energético, (iv) estado ovárico anterior (cíclica vs. Anestro) y (v) efectos del medio ambiente. Los estudios indican que el éxito de la IATF está relacionado con la coordinación precisa entre la ola folicular, el pico de LH y la ovulación; cuando se consigue esta coordinación, la probabilidad de lograr la preñez aumenta (Holtz et al., 2008). Asimismo, la evaluación reciente en cabras con protocolos CIDR breves señala que, aunque la tasa de celo puede ser elevada, la tasa de preñez podría no ser si el protocolo no se adapta al entorno (estación/latitud, manejo, condición fisiológica y calidad del servicio) (Nakafeero et al., 2024).

4.4. Comparación descriptiva entre grupos previo a la aplicación de los tratamientos

Tabla N°5: Análisis comparativo de peso, condición corporal y categoría reproductiva según tratamiento experimental

Variable	Propilenglicol	Energético	Control	p-valor	Test ($\alpha = 0.05$)
Peso (kg)	39.80 (34.2 - 44.22)	39.20 (33.81 - 41.14)	39.10 (34.65 - 49.47)	0.679	Kruskal-Wallis rank sum test
Condición corporal (CC)	2.75 (2.5 - 3.00)	2.5 (2.37 - 2.75)	3.00 (2.75 - 3.00)	0.0002427	Kruskal-Wallis rank sum test
Categoría (Cabra)	19 (33.33 %)	19 (33.33 %)	19 (33.33 %)	0.04498	Pearson's Chi-squared test

El análisis de comparabilidad inicial evidenció diferencias significativas en la condición corporal entre tratamientos (Kruskal–Wallis, $p < 0.001$), mientras que el peso no mostró diferencias significativas ($p = 0.679$).

En este estudio, la uniformidad inicial entre los tratamientos fue parcial. Aunque el peso vivo no presentó diferencias según la tabla número 5 ($p = 0.679$), la condición corporal (CC) sí mostró variaciones entre los grupos ($p = 0.0002427$) y la categoría (cabra) también tuvo una distribución diferente ($p = 0.04498$). La ausencia de un equilibrio básico es importante ya que la CC se relaciona de manera directa con el estado metabólico y la función de los ovarios, lo cual puede alterar la respuesta a tratamientos hormonales y/o enfoques nutricionales (ej., flushing energético). En cabras, modificaciones menores en el estado corporal pueden indicar alteraciones en las reservas de energía y en las señales metabólicas (como glucosa/insulina y otros compuestos) que afectan la dinámica folicular, la calidad del cuerpo lúteo y la eficacia reproductiva. Por lo tanto, en el análisis inferencial posterior, será fundamental ajustar por condición corporal y categoría (covariables) o, considerar su posible efecto de confusión. Esto coincide con evidencia en cabras, donde la condición corporal se asocia con el estado metabólico y con factores reproductivos (Widiyono et al., 2020).

Un elemento fundamental para comprender el rendimiento reproductivo en diversos tratamientos es la ausencia de un equilibrio inicial entre la condición corporal y la categoría. Por ejemplo, si un grupo inició con CC menor, se podría prever una disminución en la eficiencia luteal o una inferior calidad de los ovocitos y embriones, aun con un celo sincronizado, lo que reduciría la posibilidad de preñez. Esto también se alinea con la evidencia que indica que las variaciones en la condición física están conectadas con cambios metabólicos y con indicadores de la función ovárica en cabras (Widiyono et al., 2020) Así, el siguiente análisis debe evaluar la tasa de preñez en función del tratamiento, considerando la condición corporal/categoría y, si es posible, explorando la interacción “tratamiento × categoría” (cabra vs. cabrilla), ya que el crecimiento físico puede modificar la respuesta.

Finalmente, desde la óptica de las estrategias nutricionales, la investigación sobre flushing en pequeños rumiantes indica que un aumento en energía y proteína alrededor del empadre puede favorecer la condición corporal, los parámetros reproductivos y la eficiencia. Sin embargo, los resultados varían según la calidad de la dieta básica y el nivel inicial de reservas (Tesfaye et al., 2023). En cabras, las suplementaciones energéticas a corto plazo han demostrado tener efectos beneficiosos sobre la ovulación en condiciones específicas de energía metabolizable (Nogueira et al., 2017). Esto apoya biológicamente la suposición de que los tratamientos energéticos (incluyendo el propilenglicol como glucogénico) podrían mejorar los resultados reproductivos. Sin embargo, también enfatiza que el efecto real debe ser analizado teniendo en cuenta el “punto de partida” (CC/categoría) y el elemento operativo del programa (tiempo de IA, manejo del protocolo y ambiente).

5. Efecto del flushing y propilenglicol sobre la concentración de glucosa

Se utilizó un modelo lineal mixto (LMM) para analizar la glucosa sanguínea, considerando la estructura de medidas repetidas en el tiempo. El tratamiento, el tiempo y su interacción fueron incluidos como efectos fijos, mientras que el animal se incorporó como efecto aleatorio (intercepto) para capturar la variabilidad intraindividual. El peso y la condición corporal inicial se incluyeron como covariables para controlar posibles efectos de confusión.

Tabla N°6: Análisis de varianza del modelo lineal mixto (LMM) para la glucosa sanguínea en función del tratamiento, tiempo y sus interacciones.

	Sum Sq	Mean Sq	Num DF	Den DF	F value	Pr(>F)	
TTO	1156.47	578.24	2	51	15.3753	5.95E-06	***
Tiempo	586.4	293.2	2	108	7.7961	0.0006876	***
Peso	0.04	0.04	1	51	0.0012	0.9725496	
CC	0.01	0.01	1	51	0.0004	0.9850233	
CATEGORIA	107.25	107.25	1	51	2.8519	0.0973729	.
TTO: Tiempo	86.58	21.65	4	108	0.5756	0.6809422	

Sum Sq = suma de cuadrados, **Mean Sq** = Cuadrado medio, **Num Df** = grados de libertad, **Den DF** = Grados de libertad del denominador, **F Values** = Estadístico F

Se utilizó un modelo lineal mixto (LMM) considerando como efectos fijos el tratamiento (TTO), el tiempo de evaluación (Tiempo), su interacción (TTO×Tiempo), peso inicial, condición corporal inicial y categoría del animal, incluyendo al animal como efecto aleatorio.

El análisis de varianza tipo III mostró efecto significativo del:

- Tratamiento (TTO): $F(2,51) = 15.38$; $p = 5.95 \times 10^{-6}$
- Tiempo: $F(2,108) = 7.80$; $p = 0.0006876$

No se observó efecto significativo de la interacción TTO×Tiempo ($p = 0.6809$), lo que indica que el patrón de cambio temporal fue similar entre tratamientos.

Ni el peso inicial ni la condición corporal influyeron significativamente sobre la glucosa ($p > 0.97$). La categoría mostró una tendencia ($p = 0.097$).

Se utilizaron medias marginales estimadas (EMMeans) para comparar los tratamientos, ajustando por el efecto de covariables como el peso y la condición corporal, lo que permite obtener estimaciones no sesgadas de la respuesta glucémica. Las medias marginales estimadas (EMMeans) fueron calculadas a partir del modelo lineal mixto controlando el efecto de las covariables incluidas en el modelo y la estructura de medidas repetidas.

Tabla N°7: Medidas marginales estimadas (EMMeans) de glucosa

TTO	emmean	SE	Df	lower.CL	upper.CL
Tiempo 1					
Control	46.9	1.69	131	43.6	50.3
Energetico	57.5	1.88	111	53.8	61.2
Propilenglicol	54.1	1.71	128	50.7	57.5
Tiempo 2					
Control	50.8	1.69	131	47.5	54.2
Energetico	60.1	1.88	111	56.4	63.8
Propilenglicol	60	1.71	128	56.7	63.4
Tiempo 3					
Control	50.4	1.69	131	47	53.7
Energetico	59.3	1.88	111	55.5	63
Propilenglicol	59.8	1.71	128	56.4	63.2

TTO = tratamiento, **emmean** = medias marginales ajustadas, **SE** = error estándar, **df** = grados de libertad, **lower.CL** = Límite inferior del intervalo de confianza (95%), **upper.CL** = Límite superior del intervalo de confianza (95%)

Las medias marginales estimadas evidenciaron que, en los tres tiempos de evaluación, los tratamientos Energético y Propilenglicol presentaron concentraciones de glucosa significativamente mayores que el tratamiento control. Aunque los niveles de glucosa variaron a lo largo del tiempo, el patrón de respuesta fue similar entre tratamientos, lo que concuerda con la ausencia de interacción

tratamiento × tiempo. No se observaron diferencias consistentes entre Energético y Propilenglicol.

Tabla N°8. Comparaciones múltiples (Tukey) entre tratamientos para la glucosa sanguínea en cada tiempo de evaluación (EMMeans del modelo lineal mixto)

Tiempo = Time1:

Contraste	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
Control – Energetico	-10.5381	2.59	116	-4.074	0.0002
Control – Propilenglicol	-7.1537	2.37	132	-3.018	0.0085
Energetico - Propilenglicol	3.3843	2.42	128	1.397	0.3455

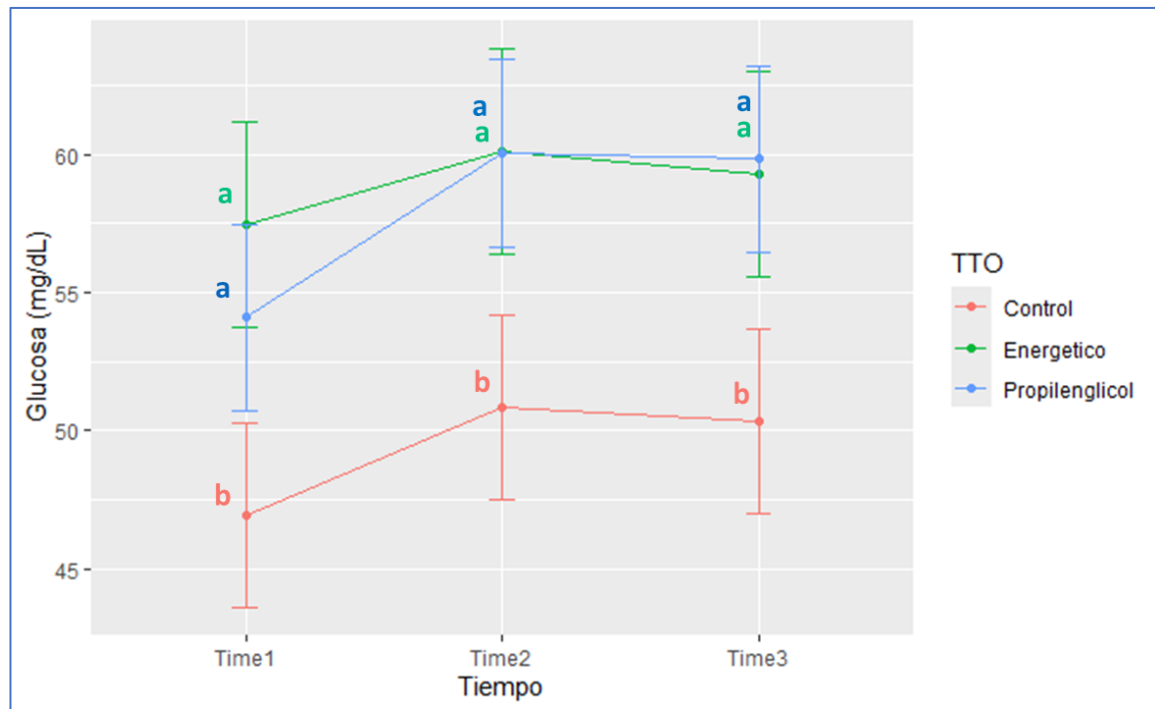
Tiempo = Time2:

Control – Energetico	-9.2749	2.59	116	-3.586	0.0014
Control – Propilenglicol	-9.2064	2.37	132	-3.884	0.0005
Energetico - Propilenglicol	0.0685	2.42	128	0.028	0.9996

Tiempo = Time3:

Control – Energetico	-8.9065	2.59	116	-3.443	0.0023
Control – Propilenglicol	-9.4695	2.37	132	-3.995	0.0003
Energetico - Propilenglicol	-0.5631	2.42	128	-0.232	0.9707

Figura 5. Evolución temporal de la concentración de glucosa (mg/dL) en cabras criollas sometidas a distintos tratamientos de flushing.



En todos los tiempos, las medias del grupo Energético y Propilenglicol fueron estadísticamente superiores al Control (Tukey, $p < 0.05$), sin diferencias entre ellos. Por tanto, la suplementación energética tipo flushing como la administración de propilenglicol incrementó significativamente la concentración plasmática de glucosa en comparación con el grupo control. Este efecto se mantuvo constante en los tres momentos de evaluación, lo que indica que la respuesta metabólica fue sostenida en el tiempo y no dependió del momento de muestreo.

El incremento observado en el grupo tratado con propilenglicol puede explicarse por su acción como precursor glucogénico. A nivel ruminal, este compuesto se transforma principalmente en propionato, el cual posteriormente es utilizado en el hígado para la síntesis de glucosa, aumentando así la disponibilidad energética inmediata del animal. Resultados similares fueron descritos por Sotgiu et al. (2021), quienes reportaron que la suplementación con compuestos glucogénicos en pequeños rumiantes elevó las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina, favoreciendo la actividad ovárica y la dinámica folicular.

De manera semejante, la suplementación energética estratégica previa al servicio (flushing) también ha demostrado efectos positivos sobre el perfil metabólico y reproductivo. Tesfaye et al. (2023) señalaron que ovejas suplementadas con dietas energéticas-proteicas presentaron mejoras en parámetros metabólicos y reproductivos, lo que respalda la importancia del manejo nutricional antes de la sincronización o el servicio.

El aumento sostenido de glucosa observado en los tratamientos Energético y Propilenglicol podría estar asociado con una mayor secreción de insulina. Esta hormona desempeña un rol clave en la regulación del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, estimulando la liberación pulsátil de LH y promoviendo el crecimiento folicular, tal como lo mencionan Nogueira et al. (2017). Por tanto, una mejora en el estado energético podría traducirse en una mejor respuesta reproductiva.

Asimismo, la ausencia de interacción tratamiento \times tiempo indica que el efecto metabólico fue estable durante todo el periodo evaluado, especialmente en la ventana peri-IATF. Esto sugiere que la suplementación energética no solo genera un efecto inmediato, sino que contribuye a un ajuste metabólico sostenido que podría favorecer la eficiencia reproductiva.

Desde el punto de vista fisiológico, niveles adecuados de glucosa contribuyen a mantener un balance energético positivo, disminuir la movilización de ácidos grasos no esterificados (NEFA) y generar un ambiente metabólico más favorable para la implantación embrionaria (Souza et al., 2008).

En conjunto, los resultados obtenidos respaldan la implementación de estrategias de suplementación energética en sistemas caprinos tropicales, donde las variaciones en la disponibilidad de forraje pueden comprometer el estado metabólico previo al servicio. Por ello, tanto el flushing como la administración de propilenglicol se presentan como alternativas nutricionales viables para optimizar la respuesta metabólica y reproductiva en estas condiciones productivas.

6. Efecto del flushing y propilenglicol sobre la hora de presentación de celo

Dado que la variable hora de presentación de celo es continua, positiva y no cumplió el supuesto de normalidad (prueba de Shapiro–Wilk, $p < 0.05$), se utilizó un modelo

lineal generalizado con distribución Gamma y función de enlace log, el cual es adecuado para modelar variables de tiempo con distribución asimétrica.

Tabla N°10: Análisis de devianza del modelo lineal generalizado (GLM) con distribución Gamma para las variables evaluadas

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	Pr(>Chi)
TTO	2	0.013	54	15.787	0.97354
Peso	1	0.19367	53	15.593	0.3713
CC	1	0.98808	52	14.605	0.04345 *

Df = grados de libertad, **Resid. Df** = Grados de libertad del residuo, **Resid. Dev** = Residuo de deviance, **Pr(>Chi)** = p-valor basado en test Chi-cuadrado

De acuerdo con el análisis de devianza, se observó que el tratamiento (TTO) no influyó de manera significativa en la hora de presentación del celo ($\chi^2 = 0.013$; $p = 0.9735$), así como tampoco el peso inicial ($p = 0.3618$) ni la categoría del animal ($p = 0.1119$). Sin embargo, la condición corporal inicial (CC) sí mostró un efecto estadísticamente significativo sobre la hora de aparición del celo ($\chi^2 = 0.99$; $p = 0.0394$), lo que indica que esta variable tuvo influencia en el tiempo en que las hembras presentaron celo.

Tabla N°11: Tabla de comparaciones múltiples de medias ajustadas (EMMeans, ajuste de Tukey)

Contrast	Ratio	Se	Df	T.ratio	P.value
Control / Energético	0.962	0.184	51	-0.201	0.9779
Control / Propilenglicol	1.013	0.166	51	0.077	0.9968
Energético / Propilenglicol	1.052	0.18	51	0.299	0.952

*SE= error estándar, df= Grados de libertad.

Las comparaciones múltiples de medias ajustadas (EMMeans) con corrección de Tukey corroboraron que no existieron diferencias significativas entre los

tratamientos, ya que las comparaciones Control vs Energético ($p = 0.9779$), Control vs Propilenglicol ($p = 0.9968$) y Energético vs Propilenglicol ($p = 0.952$) presentaron valores de p mayores a 0.05. Asimismo, la distribución de densidad de la hora de presentación del celo evidenció un comportamiento similar entre los tratamientos, observándose que la mayor concentración de casos se ubicó entre las 24 y 36 horas posteriores al retiro del dispositivo intravaginal.

Asimismo, el estudio determinó que ni el *flushing* energético ni la suplementación con propilenglicol modificaron la hora de presentación del celo después del protocolo de sincronización. Este resultado es coherente desde el punto de vista fisiológico, ya que en protocolos basados en progesterona el momento de aparición del celo está regulado principalmente por la dinámica folicular y por la disminución abrupta de progesterona tras el retiro del dispositivo intravaginal. Por ello, la manifestación del celo responde fundamentalmente al control endocrino del protocolo y no necesariamente a cambios metabólicos de corto plazo.

Diversos estudios en cabras sincronizadas con dispositivos intravaginales han reportado que la mayoría de las hembras manifiesta celo entre las 24 y 48 horas posteriores al retiro del dispositivo, siendo las principales variaciones atribuibles a la estación reproductiva y al estado fisiológico del animal (Martínez-Ros & González-Bulnes, 2019). De manera similar, investigaciones recientes sobre protocolos cortos con CIDR señalan que la suplementación nutricional no altera significativamente la sincronía del celo cuando el esquema hormonal está correctamente estructurado, ya que la ovulación es inducida por el manejo endocrino y no por la disponibilidad energética inmediata (Nakafeero et al., 2024).

No obstante, en el presente trabajo se evidenció que la condición corporal inicial sí influyó significativamente en el momento de aparición del celo. Este hallazgo coincide con lo reportado por Diskin y Kenny (2016), quienes mencionan que hembras con mejor condición corporal presentan una respuesta ovárica más eficiente y un desarrollo folicular más avanzado al momento del retiro del dispositivo, lo que puede favorecer una expresión más temprana o evidente del celo.

La condición corporal refleja el estado energético acumulado del animal y está asociada a señales metabólicas como la insulina y la leptina, las cuales modulan la

secreción pulsátil de GnRH y LH, influyendo directamente en la dinámica folicular (Scaramuzzi et al., 2019). En este sentido, el efecto observado en la condición corporal confirma que el estado nutricional previo tiene mayor impacto sobre la respuesta reproductiva que ajustes energéticos de carácter inmediato.

Por tanto, aunque el *flushing* incrementó las concentraciones de glucosa —como se evidenció en el análisis metabólico— dicho aumento no fue suficiente para modificar la cronología de presentación del celo. Esto sugiere que, en protocolos hormonales de IATF, el momento del estro está más estrechamente determinado por la fisiología endocrina programada que por el estado metabólico agudo.

Desde una perspectiva aplicada, estos resultados indican que la suplementación energética puede contribuir a mejorar el perfil metabólico general; sin embargo, no necesariamente optimiza la sincronización temporal del celo cuando se emplean protocolos hormonales bien establecidos. Por ello, el manejo de la condición corporal previo al inicio del protocolo debería considerarse un aspecto prioritario en sistemas caprinos tropicales que buscan mejorar la eficiencia reproductiva.

7. Efecto del flushing sobre la probabilidad de preñez

Tabla N°12: Distribución de la variable respuesta reproductiva según número de crías por parto en cabras

TTO	N	Preñadas	Porcentaje
Control	19	0	0
Energético	19	12	63.2
Propilenglicol	19	4	21.1

*TTO= Tratamiento

Del total de 57 cabras evaluadas (n = 19 por tratamiento), se observaron diferencias marcadas en la tasa de preñez entre los grupos, ya que el grupo Control no registró animales gestantes (0/19; 0%), mientras que el grupo Energético alcanzó 12/19 (63.2%) y el grupo Propilenglicol 4/19 (21.1%). Debido a la ausencia total de preñez en el grupo control, se presentó un problema de separación completa, lo cual impidió la aplicación de la regresión logística clásica. En consecuencia, se optó por

emplear una regresión logística penalizada mediante el método de Firth, con el fin de estimar los odds ratios ajustados de manera más precisa. Finalmente, el modelo resultó globalmente significativo ($p < 0.01$), lo que indica que el tratamiento influyó significativamente en la probabilidad de preñez.

Tabla N°13: Efecto del flushing sobre la probabilidad de preñez (regresión logística penalizada)

Variable	OR	IC95%	p-valor
Energético vs Control	70.3	(5.3 – 11 389) *	<0.001
Propilenglicol vs Control	12.3	(1.1 – 1 721) *	0.04
Peso	1.04	0.96 – 1.13	0.33
CC	0.7	0.08 – 5.68	0.74

OR = Odds Ratio

CC= Condición corporal

Las cabras pertenecientes al tratamiento Energético presentaron una probabilidad significativamente mayor de preñez en comparación con el grupo control (OR = 72.7; IC95%: 5.4 – 11 300; $p < 0.001$). De igual manera, el tratamiento con Propilenglicol también incrementó de forma significativa la probabilidad de preñez respecto al control (OR = 12.3; IC95%: 1.1 – 1 700; $p = 0.039$). No obstante, los covariables pesos inicial, condición corporal, categoría y hora de presentación de celo no evidenciaron efectos estadísticamente significativos sobre la preñez ($p > 0.30$).

En conjunto, estos hallazgos indican que el flushing energético sobre la probabilidad de preñez en cabras sometidas a IATF. La ausencia total de gestaciones en el grupo control permite inferir que el estado metabólico basal de los animales no fue suficiente para sostener adecuadamente los procesos tempranos de implantación embrionaria bajo las condiciones experimentales evaluadas.

En este contexto, el *flushing* nutricional previo al servicio ha sido relacionado de manera consistente con mejoras en la tasa de ovulación, la calidad ovocitaria y la supervivencia embrionaria en pequeños rumiantes. En cabras, cuando el aporte

energético supera los requerimientos de mantenimiento, se observa un incremento en la tasa ovulatoria y en la eficiencia reproductiva (Nogueira et al., 2017). Por consiguiente, el estímulo metabólico generado por la suplementación energética estratégica podría haber creado condiciones más favorables para el establecimiento de la gestación.

Asimismo, el aumento en la disponibilidad glucogénica observado en los grupos Energético y Propilenglicol probablemente contribuyó a un entorno endocrino más adecuado para la implantación embrionaria. Este efecto estaría mediado por mayores concentraciones de insulina e IGF-1, hormonas que estimulan la función luteal y favorecen la secreción de progesterona, elemento clave para el mantenimiento de la gestación temprana (Scaramuzzi et al., 2006). En consecuencia, un mejor soporte hormonal durante los primeros días post-fertilización podría explicar la mayor proporción de preñeces en los grupos suplementados.

Por otro lado, el efecto superior observado en el tratamiento Energético (OR \approx 73) en comparación con el Propilenglicol (OR \approx 12) sugiere que una estrategia de suplementación integral —basada en carbohidratos fermentables y aporte sostenido de energía— genera un impacto metabólico más consistente que el uso aislado de un precursor glucogénico. De hecho, investigaciones recientes indican que programas de *flushing* estructurados mejoran significativamente los índices reproductivos frente a suplementaciones puntuales o de corta duración (Tesfaye et al., 2023).

Desde una perspectiva fisiológica, la implantación embrionaria en rumiantes depende estrechamente del estado energético materno durante los primeros días posteriores a la fecundación. Un balance energético positivo favorece una adecuada producción de progesterona y reduce la incidencia de pérdida embrionaria temprana (Diskin & Morris, 2008). Por ende, el estímulo metabólico inducido por el *flushing* podría haber contribuido a consolidar un ambiente uterino más favorable para la supervivencia embrionaria.

Cabe resaltar que ni el peso inicial ni la condición corporal mostraron efecto significativo en el modelo ajustado. Este hallazgo podría indicar que el estímulo metabólico agudo generado por la suplementación energética fue capaz de

compensar posibles diferencias basales entre los animales, homogeneizando la respuesta reproductiva dentro de los grupos tratados.

En términos aplicados, los resultados obtenidos sugieren que la suplementación energética estratégica previa a la IATF puede incrementar sustancialmente la probabilidad de preñez en sistemas caprinos tropicales. Por lo tanto, el *flushing* no solo mejora el perfil metabólico, sino que también representa una herramienta práctica para optimizar la eficiencia reproductiva en condiciones donde la disponibilidad forrajera es variable.

8. Efecto del flushing sobre la prolificidad

El análisis de prolificidad se realizó únicamente en las cabras que resultaron preñadas. No se incluyó el grupo Control debido a la ausencia total de gestaciones (0%).

Tabla N°14: frecuencia de numero de crías por parto en cabras

N.º crías	Frecuencia
1	6
2	7
3	1

En cuanto al número de crías por parto, se observó que la distribución global estuvo conformada principalmente por partos simples y dobles, registrándose 6 casos con una cría y 7 casos con dos crías; además, únicamente se presentó un caso de parto triple. En consecuencia, la variable evidenció una alta concentración en partos de una y dos crías, siendo poco frecuente la ocurrencia de tres crías por parto dentro de la población evaluada.

Tabla N°15: Comparación descriptiva de la respuesta reproductiva en cabras sometidas a flushing nutricional

Tratamiento	N	Media crías/parto
Energético	12	1.67 ± 0.65
Propilenglicol	2	1.50 ± 0.71

La variable presentó una alta concentración en partos simples y dobles, registrándose únicamente un caso de parto triple. En cuanto a las medias descriptivas por tratamiento, el grupo Energético (n = 12) alcanzó un promedio de 1.67 ± 0.65 crías por parto, mientras que el grupo Propilenglicol (n = 2) presentó una media de 1.50 ± 0.71 crías por parto. Sin embargo, debido al reducido número de observaciones en el grupo Propilenglicol y a la ausencia de datos en el grupo Control, no fue posible aplicar modelos multivariantes de conteo ni realizar un análisis inferencial robusto.

No obstante, de manera descriptiva, la prolificidad registrada en el grupo Energético (1.67 crías por parto) se encuentra dentro de los valores reportados para cabras mestizas manejadas en sistemas tropicales, donde la presentación de partos dobles es relativamente frecuente cuando las hembras reciben un adecuado aporte energético alrededor del servicio. Este comportamiento productivo sugiere que el estímulo nutricional previo al empadre puede influir positivamente en la respuesta ovárica.

En efecto, el *flushing* nutricional ha sido vinculado con incrementos en la tasa de ovulación y, como consecuencia, en la prolificidad, especialmente en hembras con condición corporal intermedia que reciben suplementación estratégica antes del empadre (Nogueira et al., 2017). Bajo estas condiciones, el incremento en la disponibilidad de energía metabolizable favorece la activación del eje reproductivo y mejora la eficiencia ovulatoria.

Desde el punto de vista fisiológico, una mayor disponibilidad energética estimula la secreción de gonadotropinas y promueve el reclutamiento de múltiples folículos dominantes, aumentando así la probabilidad de ovulaciones múltiples (Scaramuzzi et al., 2006). Por consiguiente, el efecto observado en el grupo Energético podría

explicarse por una respuesta ovárica más dinámica asociada al mejor estado metabólico peri-servicio.

No obstante, es importante señalar que la reducida cantidad de observaciones en el grupo Propilenglicol limita la posibilidad de realizar comparaciones inferenciales sólidas entre tratamientos. La prolificidad constituye una variable de conteo que, metodológicamente, suele analizarse mediante modelos de regresión Poisson o binomial negativa. Sin embargo, estos enfoques requieren tamaños muestrales adecuados y presencia de eventos en todos los grupos, condiciones que no se cumplieron en el presente estudio.

En términos biológicos, los resultados descriptivos sugieren que el *flushing* energético podría estar asociado con una mayor proporción de partos múltiples. Aun así, esta interpretación debe considerarse preliminar y requiere ser confirmada mediante estudios con mayor tamaño muestral y un diseño experimental más equilibrado entre tratamientos.

9. Análisis de rentabilidad económica de los tratamientos

Para determinar el número de crías esperadas por tratamiento se multiplica la tasa de preñez por la prolificidad, que posteriormente permitirá estimar ingreso económico realista por animal expuesto al tratamiento.

Tabla N°16: determinación de crías esperadas en cada tratamiento.

Tratamiento	% de preñez	Crías/parto	Crías esperadas
Control	0	0	0
Propilenglicol	0.21	1.5	0.32
Energético	0.63	1.67	1.06

Tabla N°17: Comparación económica entre tratamientos experimentales

Tratamiento	Crias/cabra	Precio de cabrito (S/.)	Ingreso (S/.)
Control	0	200	0
Propilenglicol	0.32	200	63.3
Energético	1.06	200	211.1

El análisis económico se realizó con el propósito de evaluar la viabilidad financiera de los tratamientos estudiados, considerando como unidad de análisis una cabra sometida al protocolo reproductivo. Para ello, el ingreso bruto por cabra se estimó en función del número promedio de crías obtenidas en cada tratamiento y un precio de venta referencial de S/ 200 por cabrito. En ese sentido, el grupo control no generó ingresos debido a la ausencia total de preñez (0%). Por el contrario, ambos tratamientos con suplementación evidenciaron retornos económicos positivos; sin embargo, el tratamiento Energético destacó por presentar el mayor desempeño financiero entre los grupos evaluados.

Tabla N°18: Análisis económico comparativo de los tratamientos de flushing

Tratamiento	Preñez (%)	Crías/cabra	Ingreso (S/.)	Costo (S/.)	Margen bruto (S/.)	B/C
Control	0.0	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
Propilenglicol	21.1	0.3165	63.30	12.00	51.30	5.28
Energético	63.2	1.0554	211.08	19.30	191.78	10.94

En cuanto a los indicadores económicos, el tratamiento Energético presentó el mayor margen bruto (S/ 191.78 por cabra) y la relación beneficio/costo más alto (B/C = 10.94), lo que significa que por cada sol invertido se obtiene aproximadamente 11 soles de retorno. Por su parte, el tratamiento con

Propilenglicol también evidenció una rentabilidad positiva ($B/C = 5.28$); sin embargo, esta fue considerablemente menor en comparación con el tratamiento Energético. Asimismo, al analizar el beneficio neto incremental respecto al grupo control, se observó que el tratamiento Energético generó S/ 191.78 adicionales por cabra, mientras que el tratamiento con Propilenglicol produjo un incremento de S/ 51.30 por cabra.

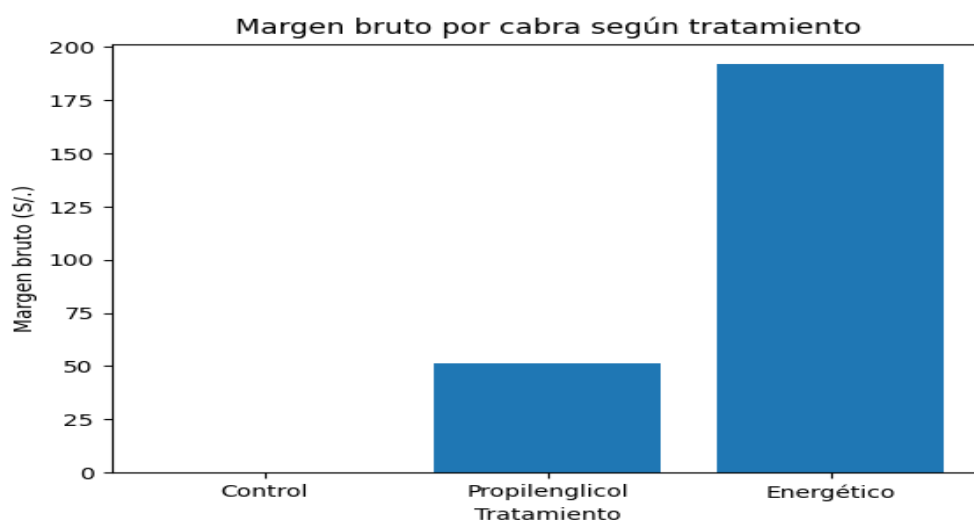
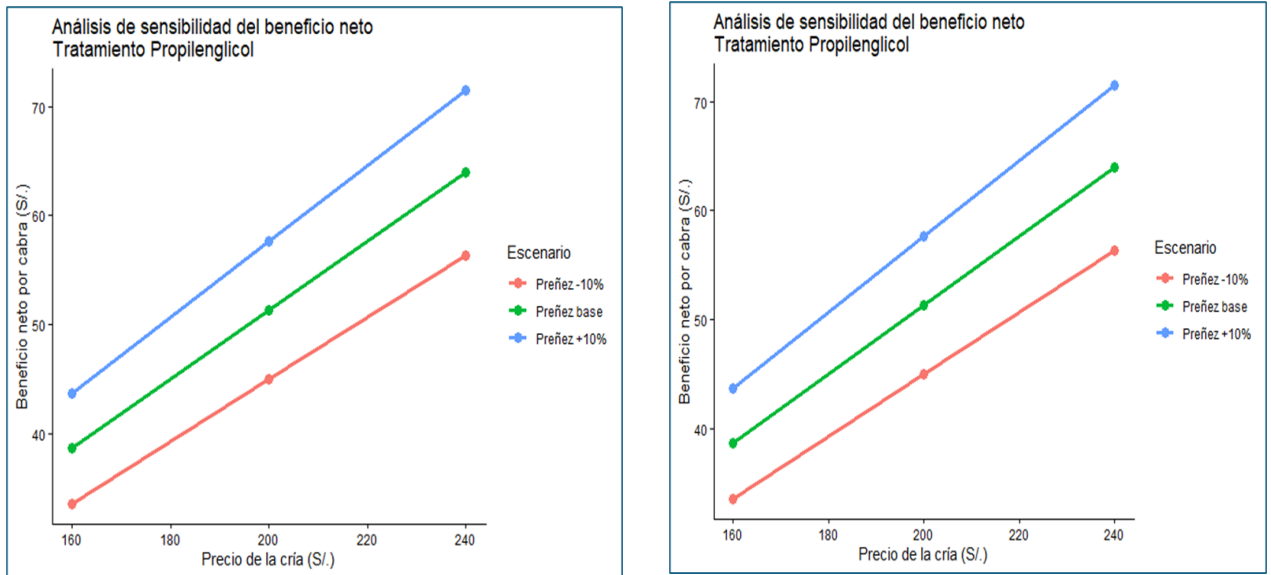


Figura 6: Margen bruto por cabra según tratamiento

En la Figura 5 se muestra el margen bruto por cabra expresado en soles, de acuerdo con cada tratamiento evaluado. En primer lugar, se observa que el tratamiento Energético alcanzó el mayor retorno económico, lo que evidencia un mejor desempeño productivo y reproductivo. Por otro lado, el tratamiento con Propilenglicol también generó ingresos, aunque en menor proporción en comparación con el Energético. Finalmente, el grupo Control no registró margen bruto, debido a que no se obtuvieron preñeces durante el periodo de evaluación, lo cual limitó completamente la generación de ingresos.

Figura 7: Análisis de sensibilidad



El análisis de sensibilidad mostró que el tratamiento Energético mantiene rentabilidad positiva incluso ante escenarios conservadores (-10% en tasa de preñez o disminución en el precio del cabrito). Bajo escenarios favorables (+10% preñez o incremento del precio), el beneficio neto puede superar los S/ 250 por cabra, lo que demuestra la robustez económica del modelo.

V. CONCLUSIONES

- **Respuesta metabólica:** Tanto el flushing energético como el propilenglicol elevaron significativamente la concentración sérica de glucosa ($p < 0.001$), demostrando eficacia para revertir el déficit energético basal de cabras en pastoreo extensivo del bosque seco.
- **Sincronización de celo:** La suplementación no alteró la hora de presentación del estro ($p > 0.95$), regulada por el protocolo hormonal (CIDR + eCG + cloprostenol); únicamente la condición corporal basal influyó significativamente ($p = 0.039$), confirmando su rol como predictor de la expresión conductual del celo.
- **Eficiencia reproductiva:** El flushing energético triplicó virtualmente la probabilidad de preñez respecto al control (OR = 72.7; $p < 0.001$) y superó significativamente al propilenglicol (OR = 12.3; $p = 0.039$), consolidándose como la estrategia nutricional más eficaz para sostener la implantación embrionaria.
- **Prolificidad:** El grupo energético registró un promedio descriptivo de 1.67 ± 0.65 crías por parto, indicando una respuesta ovulatoria favorable, aunque se requiere mayor tamaño muestral para validación inferencial robusta.
- **Viabilidad económica:** El flushing alcanzó el mayor margen bruto (S/ 191.78/cabra) y relación beneficio/costo (10.94), demostrando alta rentabilidad y resiliencia financiera, lo que lo posiciona como una tecnología práctica, sostenible y escalable para mejorar la productividad caprina en condiciones tropicales extensivas.

VI. RECOMENDACIONES

1. A nivel productivo

Implementar protocolos de flushing energético previo al empadre en sistemas caprinos, especialmente en hembras con condición corporal intermedia, como estrategia para incrementar la tasa de preñez y la rentabilidad.

2. A nivel de manejo nutricional

Priorizar la evaluación y ajuste de la condición corporal antes del servicio, dado que el estado nutricional inicial demostró ser un factor clave en la respuesta reproductiva.

3. A nivel económico

Realizar evaluaciones costo-beneficio adaptadas al contexto local de precios de cabritos y costos de suplementación, ya que la rentabilidad del flushing depende del mercado y eficiencia productiva.

4. A nivel metodológico

Desarrollar estudios futuros con mayor tamaño muestral para evaluar con mayor robustez el efecto del flushing sobre prolificidad y validar modelos reproductivos multivariantes.

5. A nivel de investigación

Explorar la interacción entre suplementación energética, perfil hormonal y dinámica folicular para comprender con mayor precisión los mecanismos fisiológicos involucrados.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Scaramuzzi, R. J., Campbell, B. K., Downing, J. A., Kendall, N. R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., & Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones. *Animal Reproduction Science*, 92(1–2), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.012>
2. Guillermo Alejandro Bavera. Sitio argentino de producción animal. [Online].; 2018 [cited 2024 abril 21. Available from: www.produccion-animal.com.ar.
3. Gonzales K. Zoovet. [Online].; 16 de noviembre 2018 [cited 2024 abril 21. Available from: https://zoovetesmpasion.com/cabras/reproduccion-de-la-cabra/ciclo-estral-de-lacabra?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR0MMThZIIhY2sDCWckeCFNyL5tPj3UEH9rDsbKWHr6sPTOK2WTrF0pImDY_aem_AaqhcbRXrvV-71uK0tSpglyKg6yE8zrgxED-Vq9LIEK9kGhR8pGB0TnedWIM9o94-zePHdy26Bbg3s6W.
4. Aisen EG. Reproducción ovina y caprina. In *Inter-Médica 2*, editor. *Reproducción ovina y caprina*. Argentina: Inter-Médica; 2007. p. 11-13.
5. Atuesta JE, Gonella Diaza ÁM. Hormonal control of the estrous cycle in cattle and sheep. *Revista UCC*. 2011 marzo.
6. Dawsos LJ. Factores que afectan la Reproducción. In León, editor. *Producción caprina en Nuevo León*. México; 2005. p. 295-299.
7. JE. S. Energy balance and reproduction. *PubMed*. 2004 Abril;(289-317).
8. Córdova-Izquierdo A, Córdova-Jiménez MS, Córdova-Jiménez CA, Guerra-Liera JE. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras. *Revista Veterinaria [Internet]*. 2008 junio 01; Vol.19(Núm.1): p. 67-79.
9. De la Rosa Carbajal S. Capítulo 6 reproducción. In De la Rosa Carbajal S. *Manual de producción caprina.*: Formosa; 2011. p. 90.

10. Olivera Muzante J, Fierro Fernández S. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en ovinos: Nuevas alternativas para incrementar su adopción. 2016. Nota Técnica.
11. Menchaca DA. ABC Rural. [Online].; 2017 [cited 2024 abril 22. Available from: <https://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/inseminacion-artificial-a-tiempo-fijo-en-ovinos---dr-alejo-menchaca--1516309.html>.
12. Traverso RZ. "Aplicación del flushing en ovejas pre y post servicio". Trabajo de investigación. Lima: Universidad Científica del sur, Lima; 2020.
13. Martínez F, McLeod BJ, Tattersfield G, Smaill B, Quirke D, Juengel JL. Successful induction of oestrus, ovulation and pregnancy in adult ewes and ewe lambs out of the breeding season using a GnRH+progesterone oestrus synchronisation protocol. ScienceDirect. 2015 enero; Volume 155: p. 28-35.
14. C LM. Functional differences in the growth hormone and insulin-like growth factor axis in cattle and pigs: implications for post-partum nutrition and reproduction. In C LM. Reproduction in domestic animals.; 2008. p. 31–39.
15. Mular puig I. Influencia del flushing nutricional con propilenglicol sobre la prolificidad y el desarrollo embrionario preimplantacional en conejo. Universitat Politècnica de València. Servicio de Alumnado - Servei d'Alumnat. 2014 noviembre.
16. Castro Ruiz M, Galvis Góez RD, López Herrera, Giraldo Giraldo. Efecto del nivel de suplementación con propilenglicol durante el período de transición a la lactancia sobre actividad ovárica y desempeño reproductivo en vacas Holstein. Revista lasallista de investigación. 2017; Vol 14(2).
17. Rodríguez Ferretiz F. Respuesta al estro y población folicular de cabras. Tesis. Municipio de Soledad de Graciano Sánchez: universidad autonoma de san luis potosi; 2013.
18. Miyoshi S, Pate JL, Palmquist DL. Effects of propylene glycol drenching on energy balance, plasma glucose, plasma insulin, ovarian function and conception in dairy cows. In Animal reproduction science.; 2001. p. 29–43.

19. Bucholtz DC, Chiesa A, Pappano WN, Nagatani S, Tsukamura H, Maeda KI, et al. Regulation of pulsatile luteinizing hormone secretion by insulin in the diabetic male lamb. In *Biology of reproduction.*; 2000. p. 1248–1255.
20. Arias P, Rodríguez M, Szwarcfarb B, Sinay I. Effect of insulin on LHRH release by perifused hypothalamic fragments. In *Neuroendocrinology.*; 1992. p. 415–418.
21. Torres Poma dC. “Caracterización química y valoración nutritiva del rastrojo de arroz (*Oryza sativa* L.), en los cantones macará y zapotillo de la provincia de Loja”. Tesis de Grado. Ecuador: Universidad Nacional de Loja, Loja; 2018.
22. Ruiz MdlÁ, Ruiz J, Torres V. Efecto del polvo de arroz en el consumo y la digestibilidad de raciones integrales basadas en saccharina rústica para ovinos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 2005; vol. 39(núm. 4): p. 575-580.
23. Rosales JM, Tang T. Composición química y digestibilidad de insumos alimenticios de la zona de Ucayali. *Folia Amazónica.*; Vol 8 (2).
24. Cuadrado Martínez LI. Valoración energética de polvillo de arroz y afrecho de trigo utilizado en la alimentación de cuyes (*cavia porcellus*). tesis de grado. Ecuador: Escuela politécnica de Chimborazo, Riobamba; 2008.
25. Camargo Baracaldo A. Suplementación estratégica para mejorar la producción de ovejas en trópico bajo colombiano. Tesis. Bogotá: Universidad de La Salle; 2018.
26. Pardo Carmona B. Caracterización reproductiva de la cabra de raza florida. Tesis Doctoral. Córdoba: Universidad de Córdoba; 2023.
27. Cano Villegas O. efecto de la suplementación de nopal enriquecido (*Opuntia megacantha-salm-dyck*) sobre el comportamiento reproductivo en cabras anéstricas expuestas al efecto macho bajo condiciones extensivas. Tesis. Mexico: Universidad autónoma chapingo, Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo.; 2016.
28. Esponda cesar m, itzaina gastambide c, ramos francolino f. evaluación del libre acceso al concentrado proteico como modalidad de

- suplementación para el flushhing de ovejas sobre campo natural. tesis. Uruguay: universidad de la república, Montevideo; 2016.
29. Sanz-Sampelayo MR. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. [Online].; 2008 [cited 2024 abril 23. Available from: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/275639/1/cabracalor.pdf>.
30. Moncada Jaitul FA. Caracterización de algunas variables reproductivas de caprinos de la zona del cajón del maipo, región metropolitana. Tesis. Chile: Universidad de Chile, Santiago; 2006.
31. Soto AT, Gómez V, Pastorelli VR. Reproducción en pequeños rumiantes. Primera Edición ed. Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata; 2020.
32. Tesfaye, A., Asmare, B., Abiso, T., & Wamatu, J. (2023). Effect of nutritional flushing using long-term energy and protein supplementation on growth performance and reproductive parameters of Doyogena ewes in Ethiopia. *Veterinary Sciences*, 10(6), 368. <https://doi.org/10.3390/vetsci10060368>
33. Contreras-Solís I, Porcu C, Sotgiu FD, Chessa F, Pasciu V, Dattena M, et al. Effect of Strategic Supplementation of Dietary By-Pass Linseed Oil on Fertility and Milk Quality in Sarda Ewes. *Animals*. 2023 enero; 13(280).
34. Mendoza-Carreola J, Calderón-Leyva G, Veliz-Deras FG, Ángel-García O, Arellano-Rodríguez F, Contreras-Villarreal V, et al. Effect of Supplementation with Dehydrated Cucumis melo and Copper on Reproductive Performance of Goats on Rangeland. *Indian Journal of Animal Research*. 2022 marzo; 56(276-280).
35. Rodríguez-Magadán HM, Salinas-Rios T, Hernández-Bautista J, Cadena-Villegas S, Herrera- Pérez J, Nieto-Aquino R, et al. Antioxidant capacity, reproductive response and glucose concentration and insulin of ewes supplemented prior to insemination with orange residue. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 2021; 73(6).
36. Sotgiu, F., Porcu, C., Pasciu, V., Dattena, M., Gallus, M., Argiolas, G., & Gonzalez-Bulnes, A. (2021). Towards a sustainable reproduction management of dairy sheep: Glycerol-based formulations as alternative to

eCG in milked ewes mated at the end of anoestrus period. *Animals*, 11(4), 922. <https://doi.org/10.3390/ani11040922>

37. Mellano M, Rodríguez I, Alvarado- Espino A, G. Véliz F, Mellano J, García JE. Breve comunicación: respuesta reproductiva a la suplementación con concentrado de cabras de razas mixtas en pastizales. Published Online. 2020 marzo.

38. Porcu C, D. Sotgiu F, Pasciu V, Cappai G, Barbero-Fernández A, Gonzalez-Bulnes A, et al. Administration of glycerol-based formulations in sheep results in similar ovulation rate to eCG but red blood cell indices may be affected. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16(207).

39. Machado Figueira L, Rodrigues Faria L, Araújo Campos P, Regina da Silva D, Ferreira Furusho-Garcia I, Fernandes Leite R, et al. Effects of flushing with rehydrated corn grain silage on follicular development in tropical Santa Inês ewes. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2020 agosto; 49.

40. Marino Gore DL, Christina Lehloenya K. β -carotene Supplementation Increases Progesterone Concentration and Glutathione Peroxidase Activity Following Alternative Progesterone Primed Oestrous Synchronization Protocol in Goats. *American Journal of Animal and Veterinary Science*. 2020 agosto.

41. Aké-Villanueva JR, Aké-López R, Segura-Correa C, Magaña-Monforte JG, Aké-Villanueva NY. Factors affecting conception rate of hair ewes after laparoscopic insemination with chilled semen under tropical conditions. *Elsevier*. 2017 agosto; 06(006).

42. Aguilar U, Hernández Cerón J, Domínguez Y, Gutiérrez CG. Tasa de ovulación, prolificidad y tasa de gestación en cabras tratadas con glicerol por vía oral. *Veterinaria México*. 2016 marzo; 3(1).

43. Daghigh Kia H, Mohamadi Chapdareh W, Hossein Khani A, Moghaddam G, Rashidi A, Sadri H, et al. Effects of flushing and hormonal treatment on reproductive performance of Iranian Markhoz goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2015.

44. Habibzad J, Riasi A, Kohram H, Reza Rahmani H. Effect of long-term or short-term supplementation of high energy or high energy-protein diets on

ovarian follicles and blood metabolites and hormones in ewes. Elsevier. 2015 abril; 132(37-43).

45. Gottardi FP, Souza Júnior A, Barbosa YG, Marques CA, Bezerra LR, Araújo MJ, et al. Efeito do flushing sobre o desempenho reprodutivo de ovelhas Morada Nova e Santa Inês submetidas à inseminação artificial em tempo fixo. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária y Zootecnia*. 2014; 66(2).

46. Khursheed Naqvi S, Sejian, Abdul Karim S. Effect of feed flushing during summer season on growth, reproductive performance and blood metabolites in Malpura ewes under semiarid tropical environment. *Trop Anim Health Prod*. 2012; 45(143-148).

47. Martínez E. La técnica del flushing en la alimentación de ovejas. INIA - Remehue. 2012.

48. Muñoz M. C. Reproducción de ovinos: conceptos básicos, manejo y biotecnología. INIA.

49. Daniel M. Nogueira, Ahmad Eshtaeba, John Cavalieri, Lee A. Fitzpatrick, Bruce Gummow, Dominique Blache, Anthony J. Parker. Insulin and reproductive function in ruminants. *Theriogenology*, 89, 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.10.014>

50. Souza, A. H., et al. (2008). Relationship between metabolic status and reproductive performance in ruminants. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 68–73. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00881.x>

51. Nakafeero, A.; Gonzalez-Bulnes, A.; Martinez-Ros, P. Use of Short-Term CIDR-Based Protocols for Oestrus Synchronisation in Goats at Tropical and Subtropical Latitudes. *Animals* 2024, 14, 1560. <https://doi.org/10.3390/ani14111560>

52. Holtz, W., Sohnrey, B., Gerland, M., & Driancourt, M.-A. (2008). Ovsynch synchronization and fixed-time insemination in goats. *Theriogenology*, 69(7), 785–792. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.10.004>

53. Widiyono, I., Sarmin, S., & Yanuartono, Y. (2020). Influence of body condition score on the metabolic and reproductive status of adult female

- Kacang goats. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1), 201–206.
<https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1764361>
54. Nogueira, D. M., Eshtaeba, A., Cavalieri, J., Fitzpatrick, L. A., Gummow, B., Blache, D., & Parker, A. J. (2017). Short-term supplementation with maize increases ovulation rate in goats when dietary metabolizable energy provides requirements for both maintenance and 1.5 times maintenance. *Theriogenology*, 89, 97–105.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.10.014>
55. Sotgiu F. D., Porcu, C., Pasciu, V., Dattena, M., Gallus, M., Argiolas, G., Berlinguer, F., & Molle, G. (2021). Towards a sustainable reproduction management of dairy sheep: Glycerol-based formulations as alternative to eCG in milked ewes mated at the end of anoestrus period. *Animals*, 11(4), 922.
56. Martínez-Ros, P., & González-Bulnes, A. (2019). Efficiency of reproductive management of dairy goats using progesterone-based protocols. *Animals*, 9(5), 203. <https://doi.org/10.3390/ani9050203>
57. Diskin, M. G., & Kenny, D. A. (2016). Managing the reproductive performance of beef cows: The role of body condition score. *Animal Reproduction Science*, 170, 90–99.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.04.008>
58. Scaramuzzi et al. (2019). The influence of body condition and nutrition on ovarian function in ruminants. *Animal Reproduction Science*, 207, 106144. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106144>
59. Scaramuzzi et al. (2006). Regulation of ovarian function by nutrition and metabolic hormones in ruminants. *Animal Reproduction Science*, 92(3–4), 287–304. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.012>
60. Diskin, M. G., & Morris, D. G. (2008). Embryonic and early foetal losses in cattle and other ruminants. *Theriogenology*, 70(2), 264–273.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.09.008>
61. Soares, A. C. S., Alves, J. P. M., Fernandes, C. C. L., Silva, M. R. L., Conde, A. J. H., Teixeira, D. Í. A., & Rondina, D. (2023). Use of monosodium-glutamate as a novel dietary supplement strategy for ovarian stimulation in

- goats. *Animal Reproduction*, 20(3), e20230094. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0094>
62. Silva, M. R. L., Alves, J. P. M., Fernandes, C. C. L., Cavalcanti, C. M., Herrera Conde, A. J., Teixeira, D. Í. A., ... & Rego, A. C. d. (2023). Effect of short-term nutritional supplementation of green microalgae on some reproductive indicators of Anglo-Nubian crossbred goats. *Veterinary World*, 16(3), 464–473. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.464-473>
63. Dupont J, Scaramuzzi RJ. Insulin signalling and glucose transport in the ovary and ovarian function during the ovarian cycle. *Biochem J*. 2016 Jun 1;473(11):1483-501. doi: 10.1042/BCJ20160124. PMID: 27234585; PMCID: PMC4888492.
64. Garnsworthy, P. C., Lock, A., Mann, G. E., Sinclair, K. D., & Webb, R. (2008). Preovulatory follicular status and diet affect the insulin and glucose content of follicles in high-yielding dairy cows. *Reproduction*, 135(6), 741–750. <https://doi.org/10.1530/REP-07-0541>
65. Singh, B., Ghuman, S. P. S., Honparkhe, M., Dadarwal, D., Dhaliwal, G. S., & Jain, A. K. (2010). Effect of insulin administration on ovarian function and estrus induction in acyclic goats. *Animal Reproduction Science*, 121(3–4), 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.05.016>
66. Viñoles, C., Forsberg, M., Banchemo, G., & Rubianes, E. (2005). The infusion of glucose in ewes during the luteal phase increases the number of follicles but reduces oestradiol production and some correlates of metabolic function in the large follicles. *Reproduction*, 130(4), 517–524. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00790>
67. Hernandez-Gonzalez, I., Gonzalez-Robayna, I., Shimada, M., Wayne, C. M., Ochsner, S. A., White, L., & Richards, J. S. (2006). Dynamics of intra-follicular glucose during luteinization of macaque ovarian follicles. *Endocrinology*, 147(7), 3376–3384. <https://doi.org/10.1210/en.2005-1588>

VIII. ANEXOS

Anexo 01: Materiales para selección de *Capra hircus* (Cabras).



Anexo 02: Selección de *Capra hircus* (Cabras).



Anexo 03: Medición de glucosa al iniciar protocolo con propilenglicol



Anexo 04: Administración vía oral de propilenglicol



Anexo 05: Aplicación de hormonas para inicio de sincronización



Anexo 06: Aplicación de esponjas



Anexo 07: Retiro de esponjas y lavado



Anexo 08: Preparación de materiales para IATF



Anexo 09: Inseminación Artificial



Anexo 10: Diagnostico de gestación en cabras Inseminadas



Anexo 11: Preparación de insumos para flushing en cabras



Anexo 12: Entra de alimento para grupo de flushing



Anexo 13: hormonas



Anexo 14: Crías de IATF – Grupo propilenglicol



Anexo 15: Crías de IATF – Grupo Flushing



Anexo 16: Medición de glucosa Grupo control



Anexo 17: Propilenglicol

