



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**ACTIVIDAD DE LOS NIVELES DE PROGESTERONA
DURANTE PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE CELO
EN CABRAS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Melanie Daniela Neira Rosales.

LA LIBERTAD, 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**ACTIVIDAD DE LOS NIVELES DE PROGESTERONA
DURANTE PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE CELO
EN CABRAS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Melanie Daniela Neira Rosales

Tutor: MVZ. Joffre Javier Masaquiza Aragón. Mgtr.

LA LIBERTAD, 2025

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **MELANIE DANIELA NEIRA ROSALES** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 07/07/2025 (Día, mes, año)

Ing. Verónica Cristina Andrade
Yucailla, Ph.D.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

MVZ. Debbie Shirley Chávez García
MSc.
**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
JOFFE JAVIER
MASAQUIZA ARAGON
Validar únicamente con FirmatEC

MVZ. Joffre Javier Masaquiza Aragón.
Mgtr.
**PROFESORA TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Nadia Quevedo Pino, Ph.D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Washington Perero Vera.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por haberme dado la fuerza, salud y perseverancia para culminar esta etapa tan importante de mi vida académica.

A mi tutor el doctor Joffre Masaquiza Aragón por su guía y enseñanzas que encaminaron a mi formación profesional.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por brindarme un espacio de crecimiento integral.

Finalmente, agradezco el apoyo de todas las personas que, de forma directa e indirecta, hicieron posible la realización de este proyecto.

Melanie Daniela Neira Rosales

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Paul, mi enamorado, por caminar conmigo en cada paso, que con su inmenso apoyo y amor se hizo fundamental para no rendirme y continuar. Gracias por creer en mí y estar dispuesto a apoyarme.

A mis padres, por ser cada sacrificio silencioso y por enseñarme que los sueños se alcanzan con trabajo y humildad.

A mis hermanos, María José y José Daniel por su compañía durante esta travesía.

Y a mí misma, por no dejarme caer cuando parecía difícil, a esa versión de mí que luchó en silencio y porque aprendí a creer en mi capacidad. Este logro es mío.

Melanie Daniela Neira Rosales

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los niveles de progesterona durante protocolo de sincronización de celo en cabras. Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA), Se utilizó 18 animales con medidas respectivas de dos a tres años, con un peso corporal de entre 42 a 47 kg, que se dividieron en dos grupos de estudio, nueve sin la administración de selenio (IM) y nueve con la administración de selenio (8.76mg) 30 días antes de empezar el protocolo de sincronización de celo corto. El protocolo de sincronización duro ocho días que consistió en la colocación de una esponja intravaginal (50mg progesterona) el día 0, el retiro se realizó el día 6 con la aplicación de eCG (300UI) y PGF2alfa (0.26mg) a las 52 horas posteriores aproximadamente presentaron el celo; paralelamente, se realizó un muestreo sanguíneo el día 0, día 6 y 52 horas posteriores para realizar el análisis de progesterona en suero sanguíneo extraído de los mismos animales seleccionados, utilizando la técnica de inmunoensayo de electroquimioluminiscencia (ECLIA), donde se midieron los niveles de progesterona en el transcurso del protocolo de sincronización. Se realizó estadística descriptiva, análisis de varianza T student y análisis de medias Tukey. Los resultados muestran que en el día 0 presentaron una concentración mayor que el grupo sin selenio, posteriormente en el día 8 se evidenció una disminución marcada. Demostrando diferencias significativas entre los días que fueron evaluados.

Palabras claves: Cabras. eCG. Progesterona. Selenio. Sincronización de celo.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate progesterone levels during heat synchronization protocol in goats. A completely randomized experimental design (DCA) was used. 18 animals with respective measurements of two to three years, with a body weight of between 42 and 47 kg, were divided into two study groups, nine without selenium administration (IM) and nine with selenium administration (8.76mg) 30 days before starting the short heat synchronization protocol. The synchronization protocol lasted eight days, which consisted of the placement of an intravaginal sponge (50mg progesterone) on day 0, the removal was performed on day 6 with the application of eCG (300IU) and PGF2alpha (0.26mg) approximately 52 hours later; At the same time, blood sampling was carried out on day 0, day 6 and 52 hours later to perform the analysis of progesterone in blood serum extracted from the same selected animals, using the electrochemiluminescence immunoassay (ECLIA) technique, where progesterone levels were measured during the synchronization protocol. Descriptive statistics, student T analysis of variance and Tukey mean analysis were performed. The results show that on day 0 they presented a higher concentration than the group without selenium, later on day 8 a marked decrease was evidenced. Showing significant differences between the days they were evaluated.

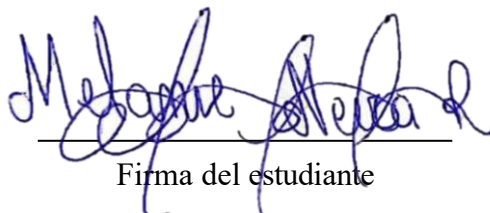
Key words: Goats. ecg. Progesterone. Selenium. Heat synchronization.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**ACTIVIDAD DE LOS NIVELES DE PROGESTERONA DURANTE PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE CELO EN CABRAS**” y elaborado por **Melanie Daniela Neira Rosales**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Objetivos	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Generalidades del ganado caprino (<i>Capra aegagrus hircus</i>)	3
1.2 Situación mundial del ganado caprino	3
1.3 Situación local del ganado caprino	4
1.4 Clasificación taxonómica	4
1.5 Ciclos reproductivos de la cabra	5
1.5.1 Hembra o cabra reproductora	5
1.5.2 Prenatal y neonatal	5
1.6 Fisiología reproductiva	5
1.6.1 Pubertad.....	5
1.6.2 Ciclo estral	6
1.6.3 El celo o estro.....	7
1.6.4 Reconocimiento del celo	7
1.6.5 Fases del ciclo estral.....	7
1.7 Minerales esenciales para una buena sincronización del ciclo estral	9
1.7.1 Calcio	9
1.7.2 Fosforo	9
1.7.3 Magnesio	10
1.7.4 Potasio	10
1.7.5 Sodio	10
1.7.6 Hierro	11
1.7.7 Selenio.....	11
1.8 Hormonas involucradas	12
1.8.1 Melatonina.....	12
1.8.2 Folículo estimulante (FSH).....	12
1.8.3 Luteinizante (LH).....	12
1.8.4 Progesterona	13
1.8.5 Prostaglandina	13
1.9 Sincronización del estro	14
1.10 Protocolos usados en sincronización de celo	14
1.10.1 Técnica flushing	14
1.10.2 Tratamientos con esponjas de acetato de medroxiprogesterona	14
1.10.3 Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).....	15
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1 Caracterización del área	16
2.2 Materiales, equipos y reactivos	16
2.2.1 Material biológico	16
2.2.2 Material de campo para colecta de muestras.....	16
2.2.3 Material de laboratorio	17
2.2.4 Equipos de laboratorio	17
2.3 Tipo de investigación	17

2.4	Diseño de investigación	17
2.4.1	Diseño experimental.....	17
2.5	Manejo del experimento	18
2.6	Parámetros evaluados	18
2.6.1	Hormonal.....	18
2.7	Análisis estadístico de los resultados	18
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		19
3.1	Resultados de las pruebas de laboratorio	19
3.2	Resultados de los análisis de progesterona con y sin selenio	20
3.3	Resultados de los análisis de medias de Tukey	21
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		24
Conclusiones		24
Recomendaciones		24
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		25
ANEXOS		30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población caprina por provincia en el Ecuador INEC (2024).	4
Tabla 2. Clasificación taxonómica del ganado caprino domesticado.	5
Tabla 3. Pruebas de laboratorio.....	19
Tabla 4. Análisis de progesterona con y sin selenio.	21
Tabla 5. Análisis de varianza ANOVA.....	21
Tabla 6. Comparación entre fechas en el tratamiento con selenio.....	22
Tabla 7. Comparación entre fechas con tratamiento sin selenio.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ciclo estral.....	6
<i>Figura 2.</i> Localización de la Comuna Rio Verde.....	16
<i>Figura 3.</i> Resultado de las concentraciones de progesterona.....	19
<i>Figura 4.</i> Media de concentración de progesterona con Selenio.....	22
<i>Figura 5.</i> Media de concentración de progesterona sin Selenio.....	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Aplicación de 1.5ml de selenio	30
Figura 2A. Colocación de esponjas con 40ml de progesterona	30
Figura 3A. Recolección de segunda muestra de sangre.....	30
Figura 4A. Tercera recolección de muestra de sangre	31
Figura 5A. Retiro de las esponjas con progesterona.....	31
Figura 6A. Aplicación de prostaglandina y gonadotrofina (eCG).....	31
Figura 7A. Esponjas con progesterona	31

INTRODUCCIÓN

En el año 2021 se registran más de 975 millones de caprinos a nivel mundial, sin embargo, en Latinoamérica, existen casi 30 millones de caprinos, posicionándose como la tercera región mundial con mayor número de individuos. En el país existen alrededor de 104 026 cabezas de ganado caprino, siendo Loja la primera provincia productora con un 73.10% de la población, seguida de Santa Elena con 6.19%, Guayas con 4.17%, en Manabí con 4.13% y Chimborazo con 3.66% (Córdova, 2021).

El ciclo estral en cabras ocurre regularmente durante su vida reproductiva, con una duración de 18 a 21 días y cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro. La sincronización del estro permite inducir el celo en un corto tiempo, facilitando su manejo. Esta técnica se aplica en programas de inseminación artificial para mejorar el progreso genético y la productividad del rebaño. Además, reduce los errores en la detección del celo. Como resultado, se incrementa el número de animales aptos para inseminar (Bravo, 2024).

Los programas de sincronización de la actividad estral y la ovulación que permiten la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) pueden ayudar a superar los desafíos asociados con la reproducción. Además, estos tratamientos se pueden aplicar en cabras en anestro, adelantando la temporada de reproducción, acortando la duración del período de cría y aumentan el rendimiento reproductivo (Bravo, 2024).

A pesar del avance de las técnicas de reproducción asistidas, se presentan desafíos en la eficiencia reproductiva que es influenciada por factores hormonales. Por ello se dice que la suplementación de selenio tiene un rol clave en la regulación del sistema endocrino. Por ello, esta investigación se plantea con el fin de evaluar el efecto de la suplementación con selenio, lo que permitirá una mejor respuesta endocrónica. Se pretende aportar con evidencia científica útil para mejorar los programas de reproducción en pequeños rumiantes.

Problema Científico

¿Cómo influye la suplementación con selenio sobre los niveles séricos de progesterona durante la aplicación de un protocolo de sincronización de celo en cabras?

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Evaluar la influencia del selenio en los niveles de progesterona durante el protocolo de sincronización de celo en cabras

Objetivos Específicos:

1. Determinar la concentración de progesterona en un protocolo corto de sincronización de celo.
2. Identificar cómo se comporta la curva de progesterona en sangre durante un protocolo corto de sincronización de celo con y sin la administración de selenio (IM).
3. Evaluar el efecto de la suplementación de selenio sobre la respuesta reproductiva de las cabras considerando la manifestación del celo.

Hipótesis

H1: La actividad de suplementación de selenio incrementara significativamente los niveles séricos de progesterona en cabras sometidas a protocolos de sincronización de celo.

HO: La actividad de suplementación de selenio no incrementara significativamente los niveles séricos de progesterona en cabras sometidas a protocolos de sincronización de celo.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Generalidades del ganado caprino (*Capra aegagrus hircus*)

Es posible que la cabra doméstica haya sido el primer rumiante que ha sido domesticado, y esto se produjo en las montañas Zagros, en la frontera actual entre Irán e Irak, son pequeños mamíferos ruminantes que se reproducen durante todas las épocas del año y obtienen grandes beneficios económicos porque producen leche y carne. Además, su pelaje, piel y estiércol pueden utilizarse para muchas cosas diferentes (Bravo, 2024).

El origen de este animal en medio oriente y su proliferación en zonas secas responde a una serie de adaptaciones a ambientes desafiantes en los cuales tienen que aprovechar al máximo los pocos alimentos presentes en el sitio por esta razón es que estos animales están equipados de un estomago complejo dividido en cuatro compartimentos, uno dedicado a la digestión fermentativa (Rumen), otros dos a la absorción de agua y nutrientes (Retículo y omaso) y un estomago real (abomaso) (Nair *et al.*, 2021)

1.2 Situación mundial del ganado caprino

Salgado *et al.* (2023) mencionan que desde los 60's la producción mundial ha ido creciendo de la mano de un cambio en las necesidades de los consumidores y de un cambio climático que cada vez limita más las áreas para la explotación del ganado bovino; aproximadamente en el mundo hay unas 1 094 millones cabezas de ganado caprino de las cuales unos 215 millones son destinadas para la producción de leche y otros 502 millones para el aprovechamiento de su carne.

En cuanto a producción de carne Asia destaca ampliamente pues los dos más grandes productores de carne son de este país y es que ya de por si China para el 2023 produjo 2 500 000 toneladas de carne, en segundo lugar le siguió India quien para ese mismo año acumulo 1 588 940 toneladas, ya muy por debajo de la lista se encuentran otra serie de países asiáticos y africanos como Nigeria, Bangladesh, Chad, Etiopia, entre otros (FAOSTAT, 2023).

Otro de los productos por el cual la cabra es explotada a nivel mundial es por su leche, producción que la lidera ampliamente la India pues de por si este país concentra casi la mitad de la producción mundial al producir en el año 2023 más de siete millones de toneladas de leche, ya muy por debajo le sigue sudan con apenas un millón de toneladas de

leche; cabe mencionar que la producción no ha hecho más que crecer en los últimos 25 años pues se pasó de 12 millones de toneladas producidas en el 2 000 a 20 millones en 2023 (FAOSTAT, 2023).

1.3 Situación local del ganado caprino

La **Tabla 1**, muestra la cantidad de animales que hay en el país, a partir de esta tabla se visualiza que la provincia de mayor producción caprina a nivel nacional es Loja, seguida de Santa Elena que pese a su limitado espacio geográfico como provincia a aprovechar las condiciones para la explotación del ganado caprino y que esta provincia históricamente ha sabido destacarse por la venta y consumo de ganado caprino (Tabla 1) (INEC, 2024).

Tabla 1. Población caprina por provincia en el Ecuador. INEC (2024)

Región	Provincia	No. de animales	
SIERRA	Azuay	3 372	
	Bolívar	94	
	Cañar	504	
	Carchi	554	
	Cotopaxi	1 142	
	Chimborazo	1 214	
	Imbabura	476	
	Loja	80 431	
	Pichincha	1192	
	Tungurahua	158	
	Subtotal	89 137	
COSTA	Sto. Domingo	7	
	El Oro	340	
	Esmeraldas	203	
	Guayas	3 425	
	Los Ríos	518	
	Manabí	5 561	
	Santa Elena	9 292	
	Subtotal	19 346	
	ORIENTE	Morona Santiago	104
		Napo	46
Pastaza		22	
Zamora Chinchipe		58	
Subtotal		230	
Gran total		108 705	

1.4 Clasificación taxonómica

En el ganado caprino se presenta la siguiente clasificación taxonómica que se menciona en la **Tabla 2**

Tabla 2. Clasificación taxonómica del ganado caprino domesticado. (Vera, 2025)

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Artiodactyla
Familia	Bovidae
Genero	Capra
Especie	<i>Capra Aegagrus</i>
Nombre científico	<i>Capra hircus</i>

1.5 Ciclos reproductivos de la cabra

1.5.1 Hembra o cabra reproductora

Se considera cabra reproductora solo a aquellos animales que han superado el año, el cual es el tiempo estimado en el cual una cabra alcanza su madurez reproductiva es decir ya habrá desarrollado sus órganos sexuales así como el eje hipotalámico hipofisiaria estará completamente funcional, además la cabra deberá haber pasado por su primer parto para poder ser considerada así como una cabra reproductora (González, 2021).

1.5.2 Prenatal y neonatal

Al momento de nacer las cabras ya cuentan con aproximadamente la mitad de todos los folículos que van a usar a lo largo de su vida, los cuales se produjeron durante su gestación además y pese que para esta fase el eje hipotalámico-hipofisiario no está del todo desarrollado, el mismo es capaz de liberar gonadotropinas aunque en cantidades insignificantes (Chávez *et al.*, 2019).

1.6 Fisiología reproductiva

1.6.1 Pubertad

En las hembras caprinas, el inicio de la pubertad determinado por el primer estro o la primera ovulación es variable, y es modificado por el fotoperiodo, la alimentación o el desarrollo corporal, y las interacciones socio-sexuales entre los congéneres. La pubertad de las hembras caprinas y ovinas de razas estacionales, inicia solamente durante la estación sexual de las hembras adultas, es decir, en otoño e invierno (Flores and Areli, 2019)

1.6.2 Ciclo estral

En las cabras no gestantes este ciclo dura en promedio 21 días (Rivas *et al.*, 2021). El estro (**Figura 1**) dura en promedio 24 horas (12-73 horas) y la ovulación ocurre de 30 a 36 horas después de iniciado el estro (Almeida, 2023). Después se forma el cuerpo lúteo el cual secreta progesterona durante 12-14 días lo que constituye la fase de diestro (Martins, 2024).

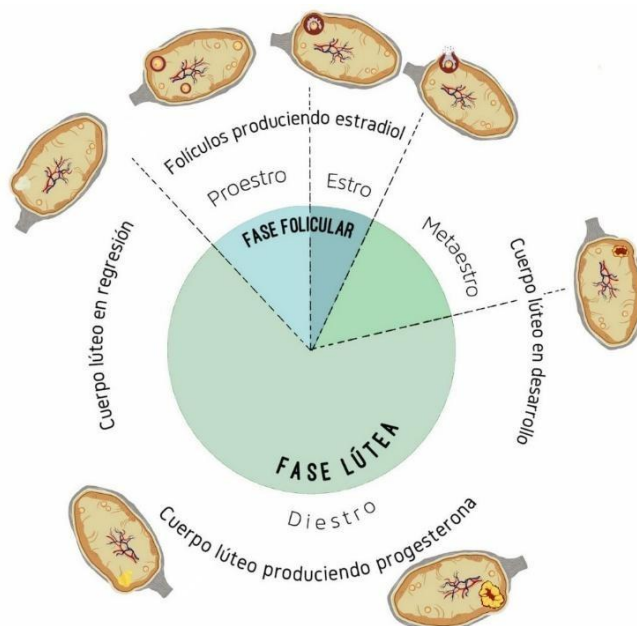


Figura 1. Ciclo estral. Veizaga (2024)

Alrededor del día 16 del ciclo estral (día 0 = día del estro) las prostaglandinas uterinas provocan la destrucción del cuerpo lúteo (luteólisis), este proceso provoca una reducción drástica en la secreción de la prostaglandina pues la misma alcanza niveles basales, reducida la prostaglandina desaparece la retroalimentación negativa sobre el sistema hipotalámico hipofisiario de manera que se reinicia el ciclo estral (Aréchiga *et al.*, 2019).

Inmediatamente después de la luteólisis, se incrementa la secreción de LH y FSH provocando la maduración y crecimiento de los folículos, los cuales secretan grandes cantidades de estradiol provocando el estro y, por retroalimentación positiva, el pico preovulatorio de LH y la ovulación. Ésta ocurre alrededor de 20 horas después del pico preovulatorio de LH. De acuerdo con su duración, los ciclos estrales se clasifican en normales (17-25 días), cortos (<17 días) y largos (>25 días) (Delgadillo, 2021).

1.6.3 El celo o estro

Es la etapa de fecundidad de la hembra caracterizada por la aceptación de esta hacia la monta, fisiológicamente esta etapa empieza cuando él se presenta un pico de estradiol provocando que los folículos estén listos para la ovulación la cual se da por acción de la hormona luteinizante, el ovulo saldrá de los folículos aproximadamente entre 9 a 37 horas después de iniciado el estro, este proceso en general dura de 2 a 3 días (Mendoza, 2021)

1.6.4 Reconocimiento del celo

El periodo en el cual la hembra se encuentra dispuesta para recibir al macho, durante esta fase se da el pico de estradiol estimulando así a los folículos para que estén listos cuando se dé la ovulación, así como el pico preovulatorio de la hormona luteinizante, la misma que produce la ovulación; la liberación del ovulo ocurrirá entre 9 a 37 horas después de que se inicie el estro, fase la cual tiene una duración de tres días (Mendoza, 2021).

1.6.5 Fases del ciclo estral

El ciclo estral de la cabra es el periodo comprendido entre un estro (celo) y el siguiente, que ofrece a la hembra repetidas oportunidades para quedarse preñada. El ciclo estral comprende periodos que repiten a lo largo de la vida de la hembra, interrumpidos por diferentes motivos fisiológicos: gestación, lactación o fotoperíodo, periodos de nutrición inadecuada o condiciones ambientales estresantes (García and Zeledón, 2021).

1.6.5.1 Anestro

El anestro en cabras es un período en el que las hembras no presentan celo ni producen óvulos debido a factores como la falta de fotoperíodo adecuado o la ausencia de estímulos hormonales. Este fenómeno es común en las cabras poliéstricas estacionales, que tienen ciclos reproductivos influenciados por la duración del día (González *et al.*, 2019).

1.6.5.2 Proestro

En esta fase el tejido celular que rodea el óvulo es activado por la hormona folículo estimulante (FHS), se multiplica y forma una cavidad llena de líquido. El folículo estimulante secreta el estrógeno (hormona) que altera el comportamiento de la hembra. Esta fase tiene una duración de 1 a 3 días (Carrillo, 2020).

1.6.5.3 Estro

En esta fase el tamaño del folículo y la secreción del estrógeno son mayor. La hembra acepta al macho. La duración de esta fase varía de 24 a 48 horas. Favorece la fecundación y permite la detección temprana de la gestación, maximizando así los resultados en los programas de reproducción (Arbues *et al.*, 2022).

Ocurre la maduración folicular y la ovulación en la mayoría de las especies, en las cuales ocurre ruptura de folículos reduciendo los niveles de estrógeno circundante en la sangre, la hembra muestra signos de aceptación para la monta, y es el momento donde se debe servir a la hembra (Rodríguez, 2024).

1.6.5.4 Metaestro

Carbajal (2019) argumenta que finalizado el estro se inicia esta fase, en la que generalmente se produce la formación del cuerpo lúteo, por otra parte, una vez finalizados los síntomas del celo provocados por la secreción de la hormona luteinizante (LH), el folículo se rompe y el óvulo cae al infundíbulo y pasa al oviducto donde es fertilizado por el espermatozoide.

Las paredes del folículo, quien para este punto ya ha expulsado el ovulo, siguen creciendo y se transforman en un cuerpo amarillo, mejor conocido como el cuerpo lúteo el cual es el encargado de la producción de progesterona que actúa sobre el útero, esta secreción se entre 2 a 4 días después de haber finalizado el celo, en el caso de que el animal hay quedado preñado esta hormona se encarga de preparar el útero para la gestación (Tirado, 2019).

1.6.5.5 Diestro

Fase última donde continúa la secreción de progesterona. Si la cabra no se encuentra preñada el cuerpo lúteo se disuelve por una hormona llamada prostaglandina F2 alfa (PGF2 α), si la cabra quedó preñada el ectodermo del embrión a partir del doceavo o treceavo día secreta una proteína de la familia de las interferones que altera la secreción hormonal y evita la disolución del cuerpo lúteo y resiste la acción de la prostaglandina F2 alfa (PGF2 α) (Bravo, 2024).

A partir de los 60 días la placenta secreta hormonas suficientes para mantener la gestación sin necesidad del cuerpo amarillo. Este último es de vital importancia durante la

preñez; porque evita la continuación de los ciclos productores del estro. Según, el celo es el período del ciclo en que se modifica la conducta sexual de la hembra y acepta la monta varias veces (Zúñiga, 2020).

1.7 Minerales esenciales para una buena sincronización del ciclo estral

1.7.1 Calcio

El calcio es un mineral sumamente esencial para el correcto desarrollo caprino pues este es la base del esqueleto del animal debido a su naturaleza fuerte y constante pero aun así este mineral también le proporciona cualidades plásticas a los huesos estos con el fin de permitir su desarrollo y crecimiento; es por estas razones que este mineral es uno de los más abundantes en el cuerpo.

Además de servir como base para la constitución del esqueleto, el calcio también toma partida en un sinnúmero de procesos como lo es la coagulación de la sangre y la regulación del ritmo cardiaco. La concentración de este mineral en el cuerpo es regulada a tras de la hormona paratiroidea así como por la vitamina D la cual es fundamental para la correcta absorción del mismo (Troncoso, 2019)

1.7.2 Fosforo

Esencial para no tan solo para el animal como tal sino también para los microorganismos presente en el rumen, es uno de los elementos más abundantes en el cuerpo pero que se encuentra principalmente concentrado en los huesos y dientes, y es que este elemento sirve para la formación y mineralización de los de los mismos así como también interviene el balance osmótico y el equilibrio acido base (Lara and López, 2023).

Además el fosforo forma parte del propio metabolismo debido a que es uno de los componentes del ATP, la cual es una molécula encargada de brindar energía a la células las mismas que tienen una membrana celular formada por fosfolípidos, sus requerimientos varían según el estado en el que se encuentre el animal pues para mantenimiento una cabra necesita 1.4 mg de fosforo pero para producción láctea podría necesitar hasta 2.1 mg (Tigre, 2022).

1.7.3 Magnesio

El magnesio es un elemento que se almacena mayormente en los huesos, músculos y el tejido extracelular del cuerpo, su disponibilidad en el cuerpo depende casi exclusivamente de la alimentación pues no puede ser obtenido de otra manera, su absorción se da en el rumen donde por medio de una serie de procesos es incorporado al cuerpo, por otra parte el requerimiento de este mineral aumenta durante la gestación y la lactancia (Román et al., 2017).

Portilla et al. (2021) destacan que la importancia de este elemento radica en su función fisiológica, pues participa en la preservación del potencial eléctrico en la membrana de las células además interviene en la formación de ciertas enzimas, lo que es fundamental para las rutas metabólicas. Otra de sus funciones implica su participación en el sistema nervioso pues controla los impulsos de nerviosos que mueven los músculos del cuerpo

1.7.4 Potasio

Este elemento tiene una función intracelular al actuar como el ion encargado del equilibrio ácido-base así como formar parte de muchos canales enzimáticos, su requerimiento en cabras según Gurung et al. (2021) está entre el 0.5 al 0.8% en la dieta normal, requerimiento que difícilmente es cubierto por los granos los cuales apenas tienen un 0.4% de potasio pero si puede ser abastecido por los forrajes los cuales superan el 1% en su composición; a pesar de esta concentración es necesario suplementar este mineral cuando se den situaciones estresantes como el destete.

Se almacena especialmente en la piel y músculos, en otras funciones el potasio también hace parte de la fisiología del animal al regular la presión osmótica dentro de la célula de manera similar a como lo hace el sodio en el espacio intercelular, también hace parte de otros procesos como el metabolismo de carbohidratos, síntesis de proteínas y la transferencia y utilización de energía en las células (Kotani *et al.*, 2024)

1.7.5 Sodio

El sodio (Na) es un elemento que Gurung et al. (2021) explican que se debe agregar en aproximadamente un 0.5% de la dieta, su función es mayormente de manera extracelular puesto que se encarga del metabolismo normal del agua debido a que este elemento tiene

una afinidad química con el agua, así mismo el Sodio se encarga del equilibrio ácido-base; al igual que el potasio su deficiencia se da generalmente en animales alimentados con granos.

Este mineral se obtiene de la ingesta de sal común por esta razón es que se les suministra bloques de sal en los corrales para que las cabras satisfagan sus requerimientos de sodio, requerimientos que son mucho más altos en la época de lactancia pues una importante cantidad de sodio es expulsada del cuerpo de la cabra a través de la leche (Salgado, 2022).

1.7.6 Hierro

Elemento esencial para el correcto funcionamiento del intercambio gaseoso debido a que forma parte de la hemoglobina y la mioglobina, proteínas las cuales se encargan de disolver el oxígeno en la sangre, además forma parte del ciclo de Krebs debido a que forma parte de la enzima succinato de deshidrogenasa la cual está involucrada en el metabolismo energético (Gelvez, 2024)

1.7.7 Selenio

El selenio es un oligoelemento esencial el cual debe ser consumido a través del alimento, aunque puede encontrarse en formas orgánicas o inorgánicas. Este elemento traza tiene un lugar específico dentro de los nutrientes de una dieta balanceada, debido a su gran variedad de propósitos (Forcada, 2023). Sin embargo, su importancia en la producción animal se encuentra vinculada al rol fisiológico que este cumple como parte estructural de numerosas “selenoenzimas”, en donde se destaca su relación con la actividad tiroidea y antioxidante (Rodríguez *et al.*, 2021).

El selenio cumple distintos roles en el cuerpo puesto que se ve involucrado en el crecimiento, la reproducción y la respuesta inmune (Balón, 2021). Además de esto el Se hace parte de la composición estructural del glutatión peroxidasa, encima encargada de proteger a las células del daño peroxidativo así como la reducción del peróxido de hidrogeno y los hidroperóxidos formados partir de ácidos grasos (Rodríguez, 2019).

1.8 Hormonas involucradas

El ciclo estral de las cabras, al igual que el de otros mamíferos está compuesto por una serie de procesos los cuales se dan por la acción de las hormonas, quienes tienen una serie de funciones como inducir al celo en el caso de los estrógenos, detener el ciclo estral como la progesterona o inducir a la ovulación y formación del cuerpo lúteo como lo hace la hormona luteinizante; del equilibrio de esta compleja interacción dependerá la reproducción del animal (García and Zeledón, 2021).

1.8.1 Melatonina

La melatonina (N-acetyl-5-methoxytryptamine) es una hormona indólica que estimula o actúa en la par tuberalis para activar la secreción o inhibición de otras hormonas (Lobato, 2015), su liberación se influenciada especialmente por el ritmo circadiano pues la máxima secreción de esta hormona ocurre durante la fase de oscuridad del día y es inhibida durante la fase de luz (Avilés, 2019).

1.8.2 Folículo estimulante (FSH)

Esta hormona en conjunto con la hormona luteinizante son las encargadas de regular los ciclos estrales, pues tal y como mencionan Naranjo et al. (2020) se trata de una glicoproteína encargada de actuar sobre los ovarios promoviendo el desarrollo de los folículos inmaduras y estimulando la producción de estradiol el cual provoca una retroalimentación positiva en la glándula pituitaria liberando a la hormona luteinizante en el proceso.

Guastalla (2022) indica que una opción para inducir una respuesta super ovulatoria con una o dos inyecciones de FSH, sería combinarla con agentes que resultan en una liberación lenta y sostenible de la hormona durante varios días, en este caso el ácido hialurónico (AH) que es un polímero biocompatible, lo hace un candidato ideal para su uso como vehículo en la aplicación de diferentes hormonas.

1.8.3 Luteinizante (LH)

La hormona luteinizante es una hormona que aparece hacia el final del ciclo estral y es producida por la hipófisis anterior desde donde es liberada por acción de la hormona liberadora de gonadotropinas, su presencia involucra la disminución de la FSH puesto que

son hormonas antagonistas; esta hormona aparece precisamente antes de que se dé la ovulación pues es la encargada de inducir a la misma (Cunningham, 2014).

Además de estar involucrada en la ovulación la LH es la encargada de desarrollar el cuerpo lúteo el cual es el encargado de generar progesterona que en el caso de existir una gestación es de vital importancia, por otra esta hormona se encarga de regular la síntesis de estrógenos, esto lo logra trabajando en conjunto con la hormona folículo estimulante (Tirado, 2019).

1.8.4 Progesterona

Secretada por distintos órganos, en específico por la corteza suprarrenal, las gónadas y el cuerpo lúteo, este esteroide derivado del colesterol de acción endógena, es el encargado de distintas funciones cuando se da el embarazo pues es liberada durante las primeras semanas de embarazo induciendo a la formación del tapón mucoso del cérvix, el desarrollo mamario así como la preparación del endometrio para el embarazo (Cable and Grider, 2025)

En los ovarios el cuerpo lúteo se encarga de la producción de progesterona, esta hormona tiene un efecto de retroalimentación negativa sobre el hipotálamo haciendo que la Hormona Liberadora de Gonadotropina (GnRH) disminuya y por ende disminuya también los niveles de la Hormona Luteinizante (LH) y la Hormona Folículo Estimulante (FSH) en el cuerpo (Troche, 2020).

1.8.5 Prostaglandina

Bihon and Assefa (2021) mencionan que las prostaglandinas de manera natural se producen en el cuerpo en distintas partes de este, pero en los ovarios en donde se producen principalmente, la segregación de esta hormona provoca la luteolisis o destrucción del cuerpo lúteo, con la eliminación del cuerpo lúteo se finiquita la retroalimentación negativa de la progesterona y con ello se reinicia el ciclo estral a través del desarrollo de los folículos.

La prostaglandina $F_{2\alpha}$ es el principal agente luteolítico utilizado para sincronizar el estro durante la época reproductiva de las cabras, se metaboliza rápidamente por los pulmones, sin acumulación de tejido, siendo una alternativa interesante al uso de progestágenos, eCG y hCG. No obstante, una desventaja del uso de prostaglandinas en

comparación con eCG o hCG es que la ovulación está muy dispersa ya que la respuesta varía con la etapa del ciclo estral en el que se administran las prostaglandinas (Hernández, 2020).

1.9 Sincronización del estro

La sincronización de celos es una técnica en la cual mediante el uso de ciertas sustancias se manipula la actividad hormonal de la cabra, esto con el fin de que los ciclos entre estros se reduzcan reiniciando de esta manera el ciclo reproductivo de la cabra para una mejor planificación del productor quien mediante esta técnica también podrá aprovechar mucho mejor la inseminación artificial y las características genéticas del material genético usado (Vargas, 2022).

Cadena et al. (2022) indican que el protocolo de sincronización consiste en la inserción de dispositivos intravaginales impregnados con progesterona (CIDR) durante 12 días, en este periodo, a las 48 h antes del retiro se debe aplicar vía intramusculares prostaglandinas (PGF2 α : 5 mg) y gonadotropina coriónica equina (eCG: 200 U.I); esto con el fin de destruir los cuerpos lúteos existentes, así como también favorecer el desarrollo folicular.

1.10 Protocolos usados en sincronización de celo

1.10.1 Técnica flushing

Es una técnica manipuladora en la nutrición de las cabras de mala condición del cuerpo, se lleva una vigilancia de monta y sincronización de celo que posibilita optimizar la reproducción, es relevante proporcionar las necesidades nutricionales para mejor fecundidad, reduciendo las muertes de cabritos y perfeccionando el peso de los nacidos vivos (Solís, 2022).

1.10.2 Tratamientos con esponjas de acetato de medroxiprogesterona

Los progestágenos (P4) son hormonas sintéticas con un efecto similar a la progesterona, es decir, inhiben la liberación de Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) impidiendo la maduración folicular. Al retirar su uso, producirá un pico en la liberación de GnRH que, a su vez, desencadena un pico de LH que dará lugar a la ovulación. Por ello, los progestágenos son empleados como métodos de control del ciclo sexual (Tirado, 2019).

1.10.3 Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

La IATF es una técnica que busca mejorar la reproductividad y la genética de los animales, la técnica consiste en introducir el semen dentro del aparato reproductor femenino y para ello hay varias modalidades como la vaginal, cervical y laparoscópica; de esta manera se logra inseminar correctamente el ovulo y asegurando la descendencia del animal (Alvarado, 2020)

Previamente las cabras debieron haber sido inducidas al estro mediante la aplicación de acetato de fluorogestona (FGA) y acetato de medroxiprogesterona (MAP), esta aplicación se hace mediante la inserción de esponjas intravaginales durante 12 días; una vez inducido el celo las cabras deberán ser inseminadas con el material genético seleccionado al haberse detectado el celo (Bustamante, 2022).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

El experimento se realizó en el Centro Apoyo Río Verde, perteneciente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicado en la Comuna Río Verde en el km 18 vía Guayaquil – Santa Elena a 25 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas constantes de latitud sur: 2° 15' 45", longitud oeste: 80° 40' 17" y altitud 25 msnm. **Figura 2**

Los parámetros meteorológicos influyentes en la zona serán:

- Temperatura: 16-31 °C
- Humedad relativa: 75%
- Precipitación: Invierno 110 mm/mes y verano 0.2 mm/
- Luminosidad: 12 horas luz/día

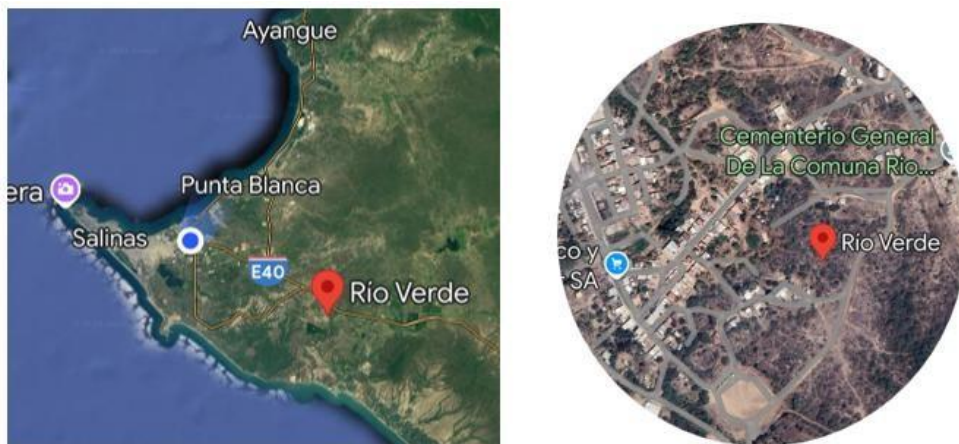


Figura 2. Localización de la Comuna Río Verde. Creación propia (2025)

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1 *Material biológico*

- 18 cabras criollas

2.2.2 *Material de campo para colecta de muestras*

- Registros
- Guantes de manejo
- Capuchones de recolección sanguínea
- Ajugas para recolección sanguínea
- Tubos vacutainer (tapa roja)

- Rotulador
- Cooler de refrigeración para transporte de muestras sanguíneas
- Gradilla

2.2.3 *Material de laboratorio*

- Registros
- Papel secante
- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Guantes de manejo
- Tubos eppendorf
- Pipetas Pasteur descartables
- Rotulador

2.2.4 *Equipos de laboratorio*

- Equipo de bioquímica sanguínea
- Centrífuga para tubos vacutainer
- Baño maría
- Micropipetas

2.3 Tipo de investigación

Es un diseño de tipo experimental cuantitativa, en donde la variable independiente (selenio) influirá sobre la variable dependiente (progesterona). Esto se ajusta al concepto declarado por (Ramos, 2021) quien indica que una variable independiente es la variable causal que genera un impacto sobre una variable dependiente, en tal sentido, los niveles de experimentación de la variable independiente generarán un impacto en la variable que se pretende influir.

2.4 Diseño de investigación

2.4.1 *Diseño experimental*

Se utilizó herramientas estadísticas descriptivas, análisis de varianza T student y análisis de media Tukey.

2.5 Manejo del experimento

El experimento se realizó en el aprisco del centro de apoyo Rio Verde donde se seleccionaron 18 cabras adultas sanas (con una edad promedio de 24 a 36 meses). El manejo general de los animales fue el mismo, con el mismo personal, en las mismas instalaciones y la misma alimentación. Se las dividió en dos grupos nombrados como A y B cada uno con 9 cabras, en donde el grupo A se les administró 0.8ml que corresponde a 8.76 mg de selenio y al grupo B que fue el grupo control no recibió dosis alguna de selenio. Luego de la aplicación del selenio, se mantuvo a ambos grupos bajo condiciones iguales, por un periodo de 30 días. Este tiempo tiene como propósito permitir que el selenio se metabolice y que actúe apropiadamente en su organismo.

El protocolo de sincronización de celo consistió en la colocación de una esponja intravaginal (50mg progesterona) el día 0, el retiro se realizó el día 6 con la aplicación de eCG (300UI) y PGF2alfa (0.26mg) y a las 52 horas posteriores aproximadamente presentaron el celo (Menchaca, 2004); paralelamente, se realizó un muestreo sanguíneo realizando una venopunción a partir de la yugular utilizando tubos vacutainer tapa roja (sin anticoagulantes), que se transportaron en un cooler refrigerante (2 a 8°C) al laboratorio de biotecnología para centrifugar y obtener el suero sanguíneo en tubos eppendorf para su análisis, los días 0, día 6 y 52 horas posteriores para realizar el análisis de progesterona en el Laboratorio Clínico NEOLAB a partir de suero sanguíneo utilizando la técnica de inmunoensayo de electroquimioluminiscencia (ECLIA). Se realizó estadística descriptiva, análisis de varianza T student y análisis de medias tukey.

2.6 Parámetros evaluados

2.6.1 Hormonal

Progesterona: utilizando la técnica de inmunoensayo de electroquimioluminiscencia (ECLIA), que consiste en inmunoensayos de quimioluminiscencia.

2.7 Análisis estadístico de los resultados

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de estadísticas descriptivas. Mediante el programa de análisis de varianza T student y análisis de media Tukey, para determinar si existían diferencias estadísticas significativas en los niveles de progesterona en los diferentes días de protocolo y test de Tukey para comparación de medias con un nivel de significancia $p < 0.05$.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de las pruebas de laboratorio

En la Tabla 3, se evidencia que hay una tendencia de progesterona elevada (4.1031 ng/ml), esto muestra que existe una actividad lútea activa, posterior en el día 0, se muestra un descenso reflejando así una respuesta hormonal clara al protocolo. Fraire et al. (2023) mencionan que luego de 48 horas de retiradas las esponjas con progesterona las cabras entrarían en celo, lo que respalda la evidencia de los resultados obtenidos en este estudio.

Tabla 3. Pruebas de laboratorio.

Tiempo	Conc. de Progesterona Selenio (ng/ml)	Conc. de Progesterona sin Selenio (ng/ml)
Muestra 1	4.1031	0.4910
Muestra 2	2.2300	0.1494
Muestra 3	0.1160	0.0794
Varianza	3.98	0.05
P>0.05	0.2411	0.2411

La Figura 3, demuestra que el grupo con selenio presenta una pendiente que comienza alta y termina casi en cero, el grupo sin selenio muestra una concentración plana que posiblemente reacciona de manera pobre al tratamiento hormonal que estaba destinada a potenciar la función del cuerpo lúteo

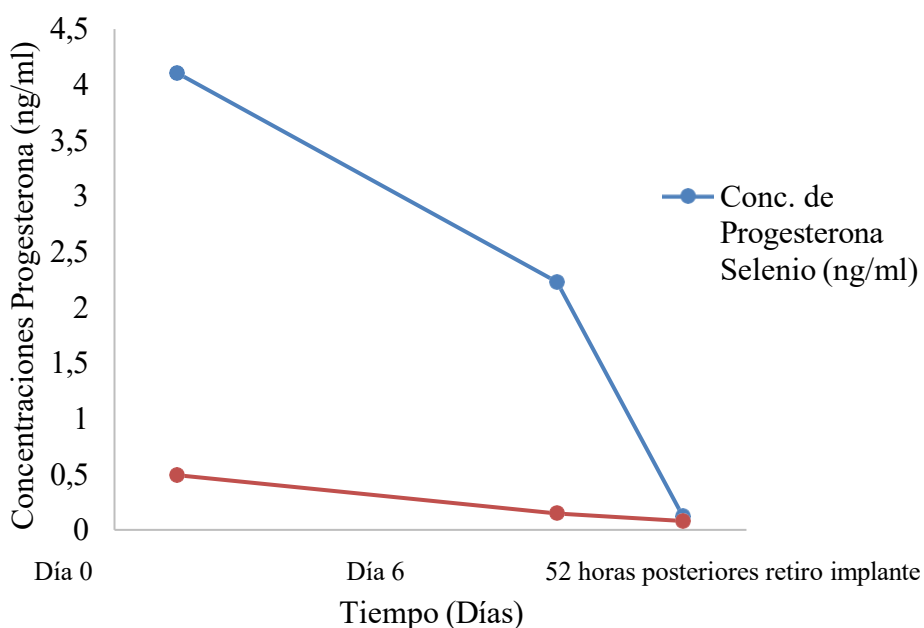


Figura 3. Resultado de las concentraciones de progesterona.

Cabrera et al. (2019) demostraron que en los resultados obtenidos en su investigación son consistentes con la investigación realizada, en su estudio demuestran que los grupos investigativos no presentaron diferencia significativa ($p > 0.05$), sin embargo, sí hay diferencia en la interacción de día de muestreo ($p > 0.05$). En su estudio también nos respaldan ya que en el estudio presentado por ellos la concentración de progesterona descendió de 4.07 ng/ml hasta casi cero.

Luego del análisis estadístico a través de una prueba T Student, se determinó que durante la duración del ensayo no existieron diferencias significativas entre ambos grupos pues el p valor encontrado para esta investigación fue de 0.2411, el cual es un valor superior a la significancia contemplada $P > 0.05$.

A través de este análisis se pudo determinar además que la varianza en el grupo al cual se le aplicó selenio es mayor al de la varianza registrada en el tratamiento sin selenio, lo que se podría traducir a que existió un notable cambio entre la primera toma de datos y la última toma de datos, lo que a su vez concuerda con lo encontrado pues la concentración media hallada en la primera muestra es marcadamente superior a la que se encontró en la última muestra demostrando parcialmente la inyección de selenio reduce de manera acelerada la concentración de progesterona en la sangre.

Otros estudios han demostrado que la aplicación de selenio provoca cambios morfométricos en el ovario pues el mismo presentó un alargamiento en el estudio hecho por Vázquez (2014) además de un aumento en la irrigación de folículos en varias etapas del desarrollo del mismo, cabe aclarar que estos cambios se dieron de manera tardía en la hembras. De manera parecida a este estudio la concentración de progesterona no se vio diferenciada entre grupos.

3.2 Resultados de los análisis de progesterona con y sin selenio

En la Tabla 4, se muestra el análisis de progesterona con y sin selenio que corresponden al primero, segundo y tercer muestreo en análisis de estadística descriptiva, fundamental para comprender los resultados. Según Elizondo (2021) menciona que uno de los principales motivos que llevan a este tipo de investigaciones en la reproducción caprina es que se ha enfocado en encontrar una manera eficiente de inducir el estro fuera de la temporada de reproducción. Además, Gómez y Sánchez (2020) mencionan que la aplicación de selenio sí ayuda a mejorar una manifestación de celo.

Tabla 4. Análisis de progesterona con y sin selenio.

Tiempo (días)		Conc. de Progesterona Selenio (ng/ml)	Conc. de Progesterona sin Selenio (ng/ml)
1er. Muestra	Media	4.1031	0.4910
	N	7	7
	Desv. Desviación	4.80877	0.74870
	Varianza	23.124	0.561
	Curtosis	4.886	2.614
	Asimetría	2.121	1.793
	Error estándar de la media	1.81754	0.28298
2do. Muestra	Media	2.2300	0.1494
	N	7	7
	Desv. Desviación	3.17929	0.10394
	Varianza	10.108	0.011
	Curtosis	4.878	-1.985
	Asimetría	2.201	0.299
	Error estándar de la media	1.20166	0.03929
3er. Muestra	Media	0.1160	0.0794
	N	7	7
	Desv. Desviación	0.08615	0.03673
	Varianza	0.007	0.001
	Curtosis	1.970	-2.778
	Asimetría	1.492	0.380
	Error estándar de la media	0.03256	0.01388

Según la Tabla 4, el primer, segundo y tercer muestreo mostraron diferencias significativas, el grupo de selenio mostro una concentración de progesterona mucho más alta que la del grupo que no tiene selenio, como se esperaba. Estos resultados permiten observar que existe una diferencia significativa con el grupo que tiene selenio y que no tiene selenio.

3.3 Resultados de los análisis de medias de Tukey

La Tabla 6, presenta diferencias significativas, es decir, indica una respuesta hormonal activa al tratamiento aplicado, a pesar de que no mostro diferencia significativa la prueba Tukey mostro diferencias relevantes.

Tabla 5. Comparación entre fechas en el tratamiento con selenio.

Conc. de Progesterona Selenio (ng/ml)			
HSD Tukey ^a			
Tiempo (días)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
52 horas posteriores retiro implante	9		.1160
Día 6	9		2.2300
Día 0	9		4.1031
Se visualizan las medias para los grupos expuestos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 7,000.			

La figura 4, muestra una tendencia que va disminuyendo en las concentraciones desde 0,49 ng/ml hasta 0,14 ng/ml. Estos resultados son menos pronunciados y se mantienen en niveles bajos. A pesar de que la prueba Tukey mostraron diferencias significativas la respuesta hormonal fue débil dentro del protocolo de sincronización.

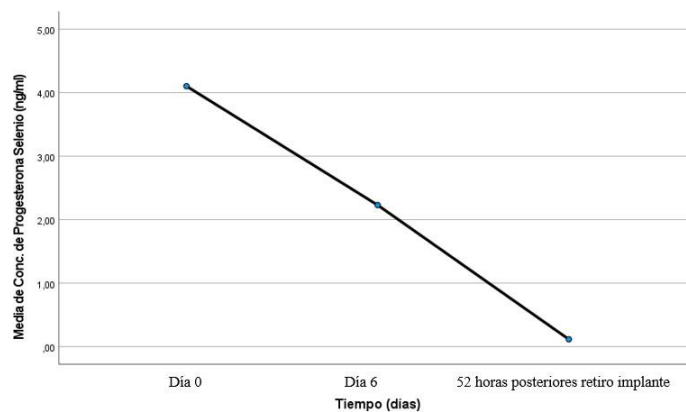


Figura 4. Media de concentración de progesterona con Selenio.

La tabla 7, muestra una disminución progresiva, que a pesar de presentar un patrón hormonal débil se puede evidenciar que permanece estable.

Tabla 6. Comparación entre fechas con tratamiento sin selenio.

Conc. de Progesterona sin Selenio (ng/ml)			
HSD Tukey ^a			
Tiempo (días)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
52 horas posteriores retiro implante	9		0.0794
Día 6	9		0.1494

Día 0	9	0.4910
Se visualizan las medias para los grupos expuestos en los subconjuntos homogéneos.		
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 7,000.		

En la figura 5, indica que la concentración de progesterona disminuyó en los 6 primeros días para luego disminuir de una manera más suave.

Por su parte, las pruebas de comparación de medias de Tukey evidenciaron que las diferencias significativas entre semanas disminuyeron de forma estadística en la concentración de progesterona durante al menos 12 días posterior a la aplicación, además este conjunto con el análisis T student indicaría que la aplicación de selenio influye en la concentración de progesterona a través del tiempo y se diferencian de las concentraciones existentes en cabras a las cuales no se les ha aplicado selenio. Kumar et al. (2022) mencionan que la aplicación de selenio aumenta significativamente el crecimiento folicular por lo tanto la administración de progesterona mejora la sincronización del estro y su fertilidad.

Definitivamente los estudios mencionados respaldan la hipótesis implementada por este diseño experimental en la implementación de selenio y la no implementación en los grupos de cabras sometidas a un protocolo de sincronización de celo. La comparación de ambos grupos ayudó a evidenciar diferencias tanto en la concentración de progesterona, tanto así que este proyecto reforzara el uso de selenio en protocolos de sincronización donde se busque mejorar la eficiencia en la reproducción.

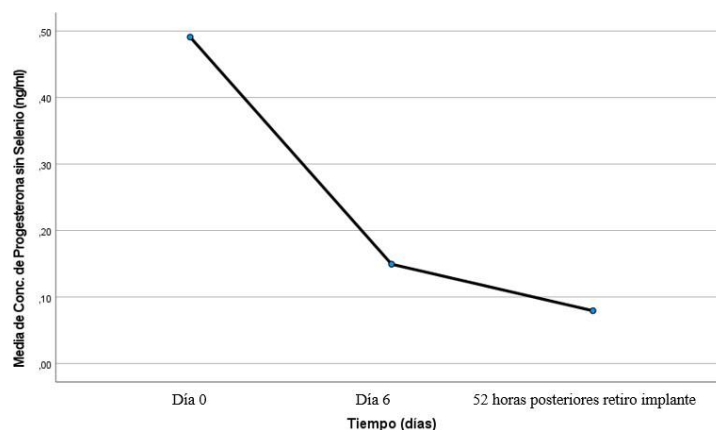


Figura 5. Media de concentración de progesterona sin Selenio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que la suplementación con selenio (IM) previo al protocolo corto de sincronización de celo en cabras influye positivamente en los niveles séricos de progesterona, especialmente al inicio del protocolo, lo que sugiere una mayor actividad del cuerpo lúteo. Esta respuesta endocrina fue más sincronizada y significativa en el grupo tratado, como lo evidenció la prueba de Tukey.

En cuanto al comportamiento de la curva hormonal, se observó una mayor variabilidad en el grupo control en comparación con el grupo tratado, en el que la dinámica de la progesterona fue más homogénea. Sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas en la manifestación externa del celo entre ambos grupos 52 horas después del retiro del dispositivo, lo que indica que la suplementación de selenio no modificó este parámetro reproductivo de forma estadísticamente significativa.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que la aplicación de selenio puede optimizar aspectos endocrinos del protocolo, que puede influir en la manifestación de celo.

Recomendaciones

- Se sugiere implementar selenio como manejo reproductivo en futuros programas de protocolos de sincronización
- Se recomienda evaluar las condiciones nutricionales antes de aplicar un protocolo de sincronización.
- También se necesita un mejor control dentro de los apriscos ubicado en el centro de apoyo Rio verde para poder mantener a los animales en mejores condiciones necesarias para difusión de los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.N.M., 2023. Estimativa do ciclo estral por citologia vaginal e observação de comportamento sexual de cabras.
- Alvarado Espino, A.V., 2020. Efecto del momento de la inseminación artificial con semen refrigerado sobre la fertilidad en cabras anovulatorias tratadas con progesterona inyectable y hCG.
- Arbues, R., Flores, Q.C., Yáñez, E., Arbues, R., Flores, Q.C., Yáñez, E., 2022. Caracterización del perfil citológico de la mucosa vaginal durante el ciclo estral en ovejas Santa Inês. *Rev. Vet.* 33, 202–207. <https://doi.org/10.30972/vet.3326182>
- Aréchiga-Flores, C., Cortés-Vidauri, Z., Hernández-Briano, P., Flores-Flores, G., Rochín-Berumen, F., Ruiz-Fernández, E., 2019. Revisión: Función y regresión del cuerpo lúteo durante el ciclo estral de la vaca. *Abanico Vet.* 9. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.924>
- Avilés, R., 2019. La aplicación de melatonina y el secado estimulan la lactancia subsecuente en cabras en pastoreo.
- Balón, R.B.A., 2021. El selenio y su funcionalidad en el sistema inmunológico. <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/96368750-a76b-475c-b268-ab719b20d266>
- Bihon, A., Assefa, A., 2021. Prostaglandin based estrus synchronization in cattle: A review. *Cogent Food Agric.* 7, 1932051. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1932051>
- Bravo, A.L., 2024. Evaluación del protocolo corto y largo de sincronización de celo en cabras inseminadas con semen congelado en Río Verde. (bachelorThesis). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024.
- Bravo Domínguez, A.L., 2024. Evaluación del protocolo corto y largo de sincronización de celo en cabras inseminadas con semen congelado en Río Verde. (bachelorThesis). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024.
- Bustamante Andrade, J.A., 2022. Efecto de dos dosis de hCG en diferentes tiempos después de la IATF en cabras anovulatorias y en transición reproductiva sobre la luteogénesis e implantación embrionaria.
- Cable, J.K., Grider, M.H., 2025. Physiology, Progesterone, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Cabrera, J., Miranda, L., Herrera, G., Osorio, J., Cabrera, J., Miranda-Jiménez, L., Herrera-Haro, G., Osorio-Ávalos, J., 2019. Tasa de concepción en ovejas tratadas con selenio orgánico. *Abanico Vet.* 9. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.93>
- Cadena-Villegas, S., Velasco-Villanueva, D., Germán-Alarcón, C., Salinas-Ríos, T., Cortez-Romero, C., Hernández-Marín, A., 2022. Respuesta reproductiva de cabras Saanen

x Alpina al aplicar un reconstituyente metabólico durante la sincronización del estro. *Abanico Vet.* 12. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.13>

- Carbajal, S., 2019. Producción de Pequeños Rumiantes y Cerdos | Facultad de Ciencias Veterinarias [WWW Document]. URL <https://ppryc.wordpress.com/> (accessed 11.3.24).
- Carrillo, S., 2020. Evaluación del efecto de tres protocolos de sincronización de estro sobre la tasa de preñez en cabras del trópico guatemalteco, inseminadas artificialmente con semen fresco (other). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Chávez García, D.S., Villacrés Matías, J.C., Ramírez Flores, L.C., 2019. Principios de Fisiología Animal con enfoques de producción. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019.
- Córdova, L., 2021. Valoración de la citología exfoliativa vaginal, como método de diagnóstico del ciclo estral en cabras.
- Cunningham, J.G., 2014. Cunningham. Fisiología veterinaria, 5th ed. Elsevier Saunders, España.
- Delgadillo, J.A., 2021. Caprinos, in: Reproducción Aplicada a Las Especies de Producción. UNAM.
- Elizondo, E., 2021. Uso de progesterona para sincronizar e inducir el estro y suplementación post inseminación en cabras (masters). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- FAOSTAT, 2023. Cultivos y productos de ganadería.
- Flores, E., Leocí, A., 2019. Los machos fotoestimulados inducen la pubertad, y la complementación alimenticia incrementa la fertilidad al parto en cabras mantenidas en pastoreo semiextensivo.
- Forcada, E.G., 2023. Introducción a la geología médica. Los Libros De La Catarata.
- Fraire, S., Pró, A., Ramírez, G., Sánchez, C., Gallegos, J., 2023. Selenio y vitamina E en la fertilidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con progesterona. *Univ. Cienc.* 29, 33–44.
- García, A., Zeledón, Y., 2021a. Manual de manejo y técnicas reproductivas de la especie caprina [WWW Document]. URL <https://repositorio.una.edu.ni/4336/> (accessed 10.21.24).
- García, A., Zeledón, Y., 2021b. Manual de manejo y técnicas reproductivas de la especie caprina [WWW Document]. URL <https://repositorio.una.edu.ni/4336/> (accessed 10.21.24).

- Gelvez, L., 2024. El Hierro en la nutrición del animal - Microminerales en nutrición animal. URL https://mundo-pecuario.com/tema69/microminerales_nutricion_animal/hierro-439.html?utm_source=chatgpt.com (accessed 4.19.25).
- Gómez, E.S., Sánchez, J.G., 2020. Análisis de variables reproductivas en ovejas de lana al inicio de la época reproductiva con suplementación de selenio y glutamina. <https://zootecnia.chapingo.mx/assets/12santillan.pdf>
- González De La A, M.I., 2021. Determinación zoométrica de la cabra criolla *Capra aegagrus hircus* en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena. (bachelorThesis). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.
- González-Gómez, A., Sánchez-Dávila, F., Vázquez Armijo, J.F., Bosque González, A.S. del, Ledezma-Torres, R.A., Bernal Barragán, H., 2019. Respuesta ovulatoria y embrionaria a la somatotropina bovina recombinante en cabras superovuladas con FSHp. *Ecosistemas Recur. Agropecu.* 6, 115–120.
- Guastalla, M.G., 2022. Evaluación de distintos protocolos de superovulación en cabras.
- Gurung, N.K., Rush, J., Pugh, D.G., 2021. Feeding and nutrition, in: Pugh, D.G., Baird, A.N., Edmondson, M.A., Passler, T. (Eds.), *Sheep, Goat, and Cervid Medicine* (Third Edition). Elsevier, St. Louis, pp. 15–44. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-62463-3.00011-6>
- Hernández, C.M., 2020. Evaluación de la concepción en cabras utilizando semen crio preservado.
- INEC, 2024. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
- Kotani, I.D., Dayenoff, P.M., Pechín, G.H., Genero, G.A., Gerena, A., Denda, S.S., Gimenez, M.E., Sánchez, J.N., Jofré, F.C., Savio, M., 2024. Calidad forrajera, variables hematológicas y niveles séricos de minerales en cabras de un establecimiento del oeste de La Pampa. *Cienc. Vet.* 26, 96–113. <https://doi.org/10.19137/cienvet202426202>
- Kumar, T., Johnson, P., Sukanta, M., 2022. B-4515 [1-6] Efficiency of Copper and Selenium during Estrus Synchronization on Estrus Behaviour, Estradiol and Progesterone Concentration in Salem Black Goats [WWW Document]. ResearchGate. URL https://www.researchgate.net/publication/358089413_B-4515_1-6_Efficiency_of_Copper_and_Selenium_during_Estrus_Synchronization_on_Estrus_Behaviour_Estradiol_and_Progesterone_Concentration_in_Salem_Black_Goats (accessed 6.6.25).
- Lara, L.G., López, C., 2023. Disponibilidad de fosforo en huizache para la alimentación de cabras lecheras en el altiplano potosino, in: *INNOVACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN AGROINDUSTRIA Y SISTEMAS*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Mexico.
- Lobato Poncela, A., 2015. La Melatonina más allá del Ritmo Circadiano.

- Martins, A.L., 2024. Parámetros lúteos y endocrinos de cabras sometidas a inducción de la fertilidad 3.º ciclo estral sincronizado y recibir o no hCG por diferentes vías el último día del ciclo estral [WWW Document].
- Mendoza, A., 2021. Interacción entre rango social, estado metabólico y dosis de ECG sobre la inducción-duración del estro en cabras anéstricas.
- Nair, M.R.R., Sejian, V., Silpa, M.V., Fonsêca, V.F.C., de Melo Costa, C.C., Devaraj, C., Krishnan, G., Bagath, M., Nameer, P.O., Bhatta, R., 2021. Goat as the ideal climate-resilient animal model in tropical environment: revisiting advantages over other livestock species. *Int. J. Biometeorol.* 65, 2229–2240. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02179-w>
- Naranjo Chacón, F., Montiel Palacios, F., Canseco Sedano, R., Ahuja-Aguirre, C., 2020. Embryo production after superovulation of bovine donors with a reduced number of FSH applications and an increased eCG dose. *Theriogenology* 141, 168–172. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.09.018>
- Peña, M., Urrego, S., 2022. Propuesta de tratamiento de vertimientos provenientes de termales del municipio de Paipa, a través de potenciales medios adsorbentes generados con base en recursos naturales y residuos agropecuarios disponibles en la provincia de Tundama en el departamento de Boyacá.
- Portilla D, E.C., Reyes B, B.J., Cardona-Álvarez, J.A., Monter-Vergara, D., 2021. Relación calcio, fosforo, magnesio y selenio sobre la reproducción en vacas lecheras durante el periodo de transición. *Rev. Colomb. Cienc. Anim. Recia* 13, 72–79. <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.889>
- Ramos, C., 2021. Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica Rev. Divulg. Científica Univ. Tecnológica Indoamérica* 10, 1–7.
- Rivas, R., Zuñiga, S., Arellano, F., Gaytan, L., Contreras, V., 2021. Efecto de un protocolo de prostaglandina a corto plazo sobre la sincronización y resultados reproductivos en las cabras cíclicas [WWW Document]. URL https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-61322021000100110&script=sci_arttext (accessed 3.28.25).
- Rodríguez, C.A., Flores, C., Luján, E., 2021. Determinación de selenio en caprinos de la localidad de Peldehue, en la región metropolitana de Santiago de Chile. *Rev. Med. Vet.* 1, 51–57. <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss42.6>
- Rodríguez, D.E., 2024. Caracterización reproductiva de la cabra criolla *Capra aegagrus hircus* bajo las condiciones agroproductivas de Río Verde provincia de Santa Elena (bachelorThesis). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024.
- Rodríguez, J., 2019. Efecto de la adición de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y selenio sobre la calidad seminal en machos caprinos.

- Román, S., Núñez, M.L., Frutos, R.Z., 2017. Macro minerales seleccionados en sangre de caprinos del Paraguay: análisis de calcio y magnesio en cabras lecheras de la raza Saanen durante el periodo de transición pre y post-parto. *Rev. Soc. Científica Parag.* 22, 75–86.
- Salgado, J.I., González Ariza, A., Díaz, E., Peláez Caro, M.P., Galán Luque, I., Delgado Bermejo, J.V., Navas González, F.J., Camacho Vallejo, M.E., 2023. Situación actual y perspectivas del sector caprino mundial y español. *Arch. Zootec.* 72, 143–155.
- Salgado, V.A., 2022. Índice forrajero, composición bioquímica y perfil de ácidos grasos en la dieta y leche de cabras en pastoreo en tres temporadas del año (doctoralThesis). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. <http://dspace.cibnor.mx>:
- Solis, K., 2022. Evaluación de la calidad seminal en *Capra aegagrus hircus* de la comuna Colonche en los traspatios de la zona rural de la provincia de Santa Elena (bachelorThesis). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2022.
- Tigre, M.L., 2022. Evaluación de la efectividad del agua marina como potenciador mineral en el último tercio de gestación en cabras mestizas de la estación experimental Tunshi.
- Tirado, M., 2019a. Efecto del acetato de medroxiprogesterona y benzoato de estradiol, sobre la emergencia folicular en cabras con baja condición corporal (bachelorThesis).
- Tirado, M., 2019b. Efecto del acetato de medroxiprogesterona y benzoato de estradiol, sobre la emergencia folicular en cabras con baja condición corporal (bachelorThesis).
- Troche, D., 2020. Protocolos de sincronización de celos de corta y larga duración en cabras, por medio de dispositivos intravaginales impregnados con progesterona y la administración por vía intramuscular de hormonas sintéticas en la granja experimental Villa Marina de la Universidad de Pamplona.
- Troncoso A., H., 2019. Alimentación mineral en pequeños rumiantes. URL <https://bmeditores.mx/ganaderia/alimentacion-mineral-en-pequenos-rumiantes/> (accessed 3.30.25).
- Vargas, E.A., 2022. Eficiencia en la utilización de dispositivos de bajo costo para la sincronización de celos en caprinos.
- Vázquez Hernández, S.D., 2014. Mejoramiento del funcionamiento ovárico en cabras, mediante el suministro de selenio orgánico.
- Vera, J., 2025. Evaluación productiva de la cabra criolla *Capra hircus* con la suplementación de cardo maderero *Armatocereus cartwrightianus* en Rio Verde (bachelorThesis). La Libertad, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2025.
- Zúñiga, S., 2020. Efecto del rango social y de la dosis de eCG sobre la inducción de la actividad reproductiva en cabras anéstricas.

ANEXOS



Figura 1A. Aplicación de selenio



Figura 2A. Colocación de esponjas con 40ml de progesterona



Figura 3A. Recolección de segunda muestra de sangre



Figura 4A. Tercera recolección de muestra de sangre



Figura 5A. Retiro de las esponjas con progesterona



Figura 6A. Aplicación de prostaglandina y gonadotrofina (eCG)



Figura 7A. Esponjas con progesterona