UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Uso del Selenio más vitamina E para mejorar el porcentaje de preñez y tasa embrionaria en cabras bajo condiciones intensivas

Por:

Sandra Mendoza Martínez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Uso del Selenio más vitamina E para mejorar el porcentaje de preñez y tasa embrionaria en cabras bajo condiciones intensivas

Por:

Sandra Mendoza Martínez

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dr. Oscar Angel García
Presidente

Dra. Irene Concepción Chavarría Neri
Vocal externo

Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Vocal

Dr. Gerardo Arellano Rodríguez
Vocal Suplente

MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Uso del Selenio más vitamina E para mejorar el porcentaje de preñez y tasa embrionaria en cabras bajo condiciones intensivas

Por:

Sandra Mendoza Martínez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Oscar Angel García
Asesor Principal

Dra. Irene Concepción Chavarría Neri
Coasesor externo

Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Coasesor

MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2026

AGRADECIMIENTOS

A DIOS Por iluminar mi camino y bendecir cada paso de mi vida para superar cada desafío, incluso en los días más difíciles.

A mi asesor de Tesis el Dr. Oscar Ángel García, por su paciencia y compromiso que hizo posible lograr este proyecto para poder culminar mi trayecto como profesional.

A mis padres, José Luis Mendoza y Micaela Martinez, que con su amor, apoyo y dedicación me guiaron en cada etapa de mi vida y educación, para poder alcanzar mis metas y culminar mi carrera profesional.

A mí Novio, Gracias por impulsarme a dar lo mejor de mí, que a pesar de la distancia y desafíos, mostraste tu apoyo en parte para poder alcanzar este sueño.

A mi familia Por los consejos y motivación que me dieron para poder continuar con esta etapa de mi vida, agradezco cada gesto de su parte que tuvieron conmigo para ser feliz en los días que más necesitaba e incluso a distancia.

A mi querido abuelito Claudio Mendoza, que, con su cariño, amor y consejos sembró en mí la fuerza y la perseverancia para alcanzar mis logros. Este logro es dedicado para ti con mucho amor (q.e.p.d).

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS i
ÍNDICE DE CONTENIDO ii
INDICE DE FIGURAS Y CUADROS iii
RESUMEN iv
I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISION DE LITERATURA 3
2.1 Historia de caprinocultura 3
2.2 Taxonomía de las cabras 6
2.3 Alimentación en cabras 8
2.4 Micro y macrominerales 12
2.4.1 Macrominerales 13
2.4.2 Microminerales 16
2.5 Interacción nutrición-reproducción de minerales y vitaminas 20
2.6 Efectos de la suplementación de selenio y vitamina E 23
III. MATERIALES Y MÉTODOS 28
3.1 Localización del área de estudio y manejo de los animales 28
3.2 Tratamiento de los animales 30
3.3 Variables evaluadas 31
3.3.1 Peso y condición corporal 31
3.3.2 Porcentaje de preñez 32
3.3.3 Porcentaje de Ovulación 33
3.3.4 Análisis estadístico 33
IV. RESULTADOS 34
V. DISCUSIÓN. 36
VI. CONCLUSIÓNES. 39
VII. LITERATURA CITADA 40

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figura 1 Procedimiento experimental 31

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de la cabra 8

Cuadro 2 Medias (± Desvst.) para peso vivo y condición corporal de cabras (multirraciales) tratadas con selenio más vitamina E(Se+E) o cabras con solución salina fisiológica (Control) durante la época reproductiva marzo-abril, 2025 (25° LN). 34

Cuadro 3 Medias (± Desvst.) de la respuesta reproductiva de cabras (multirraciales) tratadas con Selenio más vitamina E(Se+E) o cabras sin tratamiento (Control) durante la época reproductiva (marzo- abril, 2025; 25° LN). 35

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso del Selenio más vitamina E para mejorar el porcentaje de preñez y tasa embrionaria en cabras bajo condiciones intensivas. Se utilizaron 16 cabras (multirraciales) de 2 a 3 años de edad, homogéneas en cuanto a peso vivo (PV; 52.2±2.4 kg) y condición corporal (CC; 2.8 ± 0.1 unidades). Las cabras se asignaron al azar y fueron divididas en 2 grupos: un primer grupo, tratado (Se+E; n=8) recibió de selenio (6 mg de selenio de sodio) más vitamina E (80 mg de tocoferol) en base a 50 kg de PV. mientras que el segundo grupo (Control; n=8) se le administro 0.5 mL de solución salina fisiológica. El tratamiento fue aplicado al día 0 (inicio de estudio) y posteriormente al día 19 del periodo experimental. El PV promedio (54.01±2.9) no mostró diferencia para ambos grupos (P>0.05). La CC fue mayor en el Se+E (3.1±0.1; P≤0.05). El porcentaje promedio de ovulación (94%), preñez(59.8%; P>0.05) y tamaño del embrión (16.85 ±2.3) no mostraron diferencias estadísticas P>0.05) para ambos grupos. De la misma manera, el porcentaje general de perdida embrionaria (40%), el número de embriones (1.6±0.5) no mostraron diferencia para ambos grupos (P>0.05). Los resultados demuestran que el uso de selenio más vitamina E mejora la condición corporal en cabras multirraciales bajo condiciones intensivas, sin embargo, no mejoró el porcentaje de preñez y tasa embrionaria. En conclusión, el uso de Selenio más vitamina E puede ser una alternativa para aumentar la condición corporal.

Palabras clave: Embriones, Cabras, Preñez, Reproducción

I. INTRODUCCIÓN

En los sistemas productivos las principales características desfavorables para los productores, es la demanda y el valor comercial de la producción de alimento, leche y carne, asi como variables bioclimáticas, por lo que trae consigo implementar labores operarias para prevenir nacimientos en periodos climáticos desfavorables. El manejo mineral en la dieta animal ha cambiado hacia la protección ambiental debido a la preocupación por los residuos minerales no absorbidos que se eliminan en las heces, especialmente en países con alta industrialización (Gonzáles *et al*., 2009; Patiño *et al*., 2011). La disponibilidad de matorrales en sistemas de pastoreo permite que los caprinos tengan una variedad de selección dietética rica en micro y macronutrientes, lo que reduce la incidencia de deficiencia de minerales, por el contrario, en sistemas de producción intensivo existe más deficiencia de minerales y vitaminas, esto se debe a que no se les proporciona una diversidad de forrajes ricos en estos elementos, por lo que la suplementación es de gran importancia (Gonzáles *et al*., 2009). Se ha determinado que la suplementación de Cobre, hierro, magnesio, zinc y selenio junto con vitamina E, reduce las técnicas de reproducción asistida y falta de respuesta inmunológica, asi mismo forman parte de los mecanismos que protegen al organismo contra el daño celular (Zambrano *et al*., 2025). Diversos estudios actuales señalan que la eficiencia reproductiva en rumiantes se optimiza mediante la suplementación de Selenio que regulan la actividad del celo estral y el éxito de gestación (Usman *et al*., 2025).

El mejoramiento en los porcentajes de concepción y la reducción del estrés oxidativo representan efectos viables por la adición de selenio y vitamina E, atribuibles a su implicación en la función ovárica endocrina y en la defensa enzimática celular (Zambrano *et al*., 2025). La manipulación del estro que resulta más viable en explotaciones de ganado caprino bajo estabulación, con la finalidad de que el productor pueda coordinar el estro del rebaño en lapso corto de 2-3 días según su planificación, usando métodos sencillos para sincronizar el estro como el uso de esponjas intravaginales con progesterona y para disminuir intervalos entre partos en las cabras (Gonzáles *et al*., 2009).

En este sentido, nosotros nos planteamos la siguiente hipótesis, el uso del Selenio más vitamina E mejorará la tasa embrionaria y porcentaje de preñez en cabras bajo condiciones intensivas. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de Selenio más vitamina E sobre la tasa embrionaria y porcentaje de preñez en cabras.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Historia de caprinocultura

La domesticación del caprino se originó en la antigua Mesopotamia, un acontecimiento datado con más de 10 000 años de antigüedad (Aréchiga *et al*., 2008). De acuerdo con Alba (2015), la cabra es considerada la segunda especie en domesticarse por el hombre, en la población de las montañas de Zagros, el rio Éufrates y Turquía.

Según Cantú (2004). Esta domesticación se originó cuando el hombre seleccionaba a cabras dóciles y mansas, ya que estas eran más fáciles de manejar y asi incrementar la población de esta especie. Hechos relatados en la biblia mencionan que esta especie ya eran empleadas para sacrificios e incluso usaban las pieles o lana para su uso del hombre según el antiguo testamento. Además de utilizar los subproductos obtenidos de estos animales (Alba, 2015).

Las cabras no han experimentado transformaciones o cambios por lo que no se ha conseguido tantas razas, solo se han mejorado las razas de leche, y como ventaja puede llegar a recuperar su vida salvaje (Cantú, 2004). En el periodo neolítico fueron hallados Restos fósiles con similitud caprina en las moradas de los lagos suizos, esto por productores que pastoreaban a ovejas y cabras en el antiguo Egipto, y asi promover la siembra de diversos cultivos (Cantú, 2004).

Según Bayona *et al*. (2016), mencionan que en un estudio genético de fósiles caprinos originarios del yacimiento de Baume d'Oullen, datados en aproximadamente 6900 a 7300 años de antigüedad, reveló que los rebaños europeos tenían una marcada

diversidad mitocondrial desde la época neolítica. Las cabras ibex que fueron domesticada en Europa provienen del sur de Asia Occidental (Cantú, 2004).

La introducción del ganado caprino en el territorio mexicano ocurrió hace más de cuatro siglos, a partir de la llegada de los españoles. A causa de las condiciones climaticas, esta especie tuvo una óptima adaptación que transformó la actividad ganadera en un sector económico altamente productivo (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2015).

Tal como lo señala Cruz (2010), los primeros caprinos llegaron a México procedentes de las islas canarias durante la conquista española, con su llegada esta especie presento una fácil adaptación al clima e incluso a temperaturas altas, lo que tuvo una alternativa productiva y económica favorable para poblaciones de escasos recursos, de acuerdo a los descubrimientos genéticos hallados, los caprinos andaluz y navarro tuvieron un impacto superior en comparación de las demás cabras que ingresaron a nuestro territorio mexicano.

Con la finalidad de tener recursos cárnicos, Coronado, De soto entre otros exploradores originarios de España introdujeron la cabra a América, sin embargo, con el paso del tiempo los españoles lograron tener más recursos cárnicos de otros animales, lo que origino a que ciertas cabras huyeran, y llegarán al territorio Mexicano, estas se dispersaron desde el Norte de México hacia Oklahoma y Texas en el año 1540 (Cantú, 2004).

Según González *et al*. (2009), las principales razas Españolas como la retinta extremeña, la blanca celtibérica y la murciano-granadina figuraron entre las primeras variedades de cabras traídas al territorio Mexicano durante el siglo XVI. De acuerdo con Aréchiga *et al*. (2008), durante el mismo siglo mencionado los Españoles ingresaron los primeros caprinos a las islas del Caribe para después, llevarlos hacia el conteniente Americano, asimismo, la caprinocultura se vio fortalecida por los portugueses, cuando a través del comercio de esclavos que se vivía en aquel periodo ingresaban caprinos a América.

El ganado caprino y ovino se adaptan a regiones con limitada disponibilidad forrajera gracias a su rendimiento digestivo, estas especies optimizan el uso de vegetación de reducida calidad e incorporan a su dieta recursos vegetales desaprovechados por otros rumiantes (Timaure-Jiménez *et al*., 2015).

Según Cantú (2004), esta especie logro alcanzar 259,975 de su población en el año de 1850 en el estado de Nuevo león, considerándose una relevancia en comparación del ganado bovino en todo el Norte de México, y años pasados se han traído razas como la Saanen Nubia, Alpina francesa , Toggenburg, la Mancha , Granadina y Boer, en México hay un 30% de cabras de raza pura traídas de Estados unidos, Australia y Francia.

La cría de cabras representa una práctica fundamental para el aprovechamiento de los recursos que ofrece esta especie en entornos desérticos, la cual ha impulsado a su vez la creación de dinámicas e identidades culturales locales (Trenti-Very *et al*., 2021).

De acuerdo a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2024), la producción caprina en México se posiciona como un sector de gran alcance territorial al desarrollarse en 29 estados del país. En términos de rendimiento agropecuario, esta industria aporta anualmente más de 40.8 mil toneladas de carne y cerca de 168.6 mil litros de leche, destacando a Zacatecas, San Luis Potosí y Coahuila como las regiones con mayor aporte productivo.

2.2 Taxonomía de las cabras

De acuerdo con Cantú (2004), los caprinos son de temperamento nervioso y de carácter más independiente, dócil y alegre, poseen cuernos rectos, una boca con comisuras labiales definidas con cola orientada hacia arriba y en algunas razas viejas tanto hembras y machos cuentan con una barba, además posee pezuñas cerradas, y compactas al suelo, cabeza fina, un cuello largo. Las cabras productoras de leche son reproductoras estacionales, ya que dependen de la cantidad de horas luz a lo largo del día, para que se dé la ovulación (González *et al*., 2009).

La capacidad que tiene las cabras de reproducirse depende de que ovulen, muestren comportamiento estral y se preñen, el celo de una cabra dura 36 horas y la ovulación sucede cada 19 a 23 días. Cuando una cabra presenta celo a partir de este momento ocurre la ovulación y dura 20 horas, la monta se sugiere que se lleve a cabo al final del celo (González *et al*., 2009).

Para poder inducir el celo y ovulación en hembras que presente inactividad ovárica, es ingresando al macho con las cabras a esto se le llama efecto macho, ya que lo que se

quiere lograr es poder manifestar el celo en la hembra a partir del olor del macho (González *et al*., 2009).

El efecto Flushing es usado para aumentar la fertilidad o usando suplementaciones antes de la reproducción, las cabras con exceso de masa corporal tienen una fertilidad menor tras la monta y en una cabra con un peso menor al promedio tienen a presentar una menor tasa de ovulación y crías vulnerables (González *et al*., 2009).

La fórmula dental del caprino es 0/3, 0/1, 2-3/3, 3/3 =30-32 (Cantú, 2004). Según Cantú (2004), esta especie cuentan con dientes serrados y altos lo que facilita ingerir más de su alimento gracias a que la porción visible de la corona dental sobresale del borde gingival. Además de contar con un orificio en el hueso lagrimal. Poseen cornamentas huecas (Antúnez, 1992).

Son caracterizados como animales que se alimentan de material con accion abrasiva esto para desgastar solo los incisivos inferiores y molares del ganado, ya que no poseen incisivos y caninos superiores, en la mandíbula cuenta con tres incisivos inferiores de ambos lados, los caninos cambian hasta que lo sustituya dos incisivos, uno de cada lado de la mandíbula, los incisivos inferiores son separados por un hueco de los primeros premolares, además de que cuentan con un solo estomago con cuatro compartimentos lo que les facilita la degradación microbiana (Cantú, 2004).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la cabra

Reino	*Animalia*
Filo	*Chordata*
Clase	*Mammalia*
Orden	*Artiodactyla*
Suborden	*Ruminantia*
Familia	*Bovidae*
Subfamilia	*Caprinae*
Genero	*Capra*
Especie	*Capra aegagrus*
Subespecie	*Capra aegagrus hircus*

Tomado de (Alba, 2015; Granados *et al*., 2001).

2.3 Alimentación en cabras

Este animal es considerado un poligástrico, le permite almacenar y absorber el alimento injerido y dar paso a la fermentación microbiana de la vegetación consumida, gracias que posee cuatro compartimentos, además que le facilita consumir alimento con una alta cantidad de fibra (Alba, 2015). Para cubrir las exigencias biológicas de las cabras la dieta debe aportar cinco categorías fundamentales de nutrimentos: agua, sustratos energéticos (incluida la fracción de fibra), compuestos proteicos, asi como elementos minerales y vitamínicos (Sinn y Rudenberg, 2008; Rodríguez y Banchero, 2007).

El agua es un requerimiento nutricional en la alimentación de las cabras, esta necesidad nutricional equivale a consumir cuatro litros de agua por cada kilogramo de materia seca ingerida. La energía se genera a partir de grasas y los hidratos de carbono que aporta el alimento forrajero consumido, permitiendo absorber minerales, proteínas y vitaminas. Las proteínas se consideran macromoléculas que se requieren para el crecimiento y la reparación de tejidos, además de la formación de leche, pelaje y musculo. Las vitaminas se encuentran en los forrajes y se requieren para el desarrollo del organismo (Alba, 2015).

La energía es el requerimiento más importante en la alimentación de las cabras, actúa como motor metabólico, se extrae de los carbohidratos y lípidos mediante la degradación digestiva, donde el alimento se transforma en compuestos simples como azucares y almidones una vez absorbidos por el torrente sanguíneo, estos sustratos abastecen el gasto energético asociado al desarrollo corporal, la producción láctea y desarrollo de los caprinos (Sinn y Rudenberg, 2008).

Dentro de la nutrición de las cabras, los requerimientos vitamínicos abarcan tanto las solubles en grasa (A, D, E y K) como las hidrosolubles (vitamina C y el espectro del complejo B). Las vitaminas constituyen elementos esenciales en la dieta de las cabras, requiriéndose únicamente en concentraciones mínimas para mantener las funciones biológicas(Sinn y Rudenberg, 2008).

El aporte de proteína cubre las demandas en el desarrollo, reproducción, mantenimiento de la gestación y respuesta inmunológica en los animales. A nivel metabólico, el proceso digestivo fracciona la materia proteica vegetal en aminoácidos;

tras su absorción vascular ayuda a la catálisis enzimática, la regulación hormonal, la defensa inmunitaria, la actividad motora muscular, la oxigenación celular y la homeostasis vascular, algunos alimentos proteicos que consumen los caprinos son las hojas de plantas y plantas leguminosas (Sinn y Rudenberg, 2008).

Esta especie se ajusta a distintos cambios climáticos gracias a que tiene una fácil adaptación, además que procesa con facilidad alimentos que contiene fibra cruda, lo que es apta para aprovechar la vegetación gracias al tamaño que posee este animal, además de producir cantidades de leche con pocos recursos vegetales (Cantú, 2004).

Según Sinn y Rudenberg (2008), la formulación dietaría para caprinos en etapa madura debe cumplir con los siguientes estándares sobre materia seca: niveles proteicos del 12 % al 16 % (variables según categoría y etapa productiva), 63 % de NDT para sostener la demanda energética, un 16-18 % de fracción fibrosa y un cociente Ca:P ajustado a 2:1.

En la alimentación del ganado caprino lechero, el maíz representa el insumo principal para suministrar almidón (Silva *et al*., 2022). En los caprinos la demanda energética se intensifica en fases como el crecimiento, la etapa reproductiva, gestación y lactancia un alimento con valor energético alto es el maíz (Sinn y Rudenberg, 2008).

La presencia de ácidos grasos benéficos en la leche se ve enriquecido al aprovechamiento directo de pastos integrado por especies herbáceas y leñosas altas, de acuerdo con por Mierliță (2023), estos beneficios se ven enriquecidos en especial cuando esta vegetación proviene de los arbustos.

El forraje es un requerimiento nutricional ayuda en la producción de animales de leche y carne, ya que tiene un elevado aporte de fibra que contiene fibra neutro detergente lo que equivale arriba de 30%, además de tener proteína principalmente se encuentra en las leguminosas entre un 15 a 23% de fibra y en los pastos o cereales ya que aportan entre8 a 18% de proteína (Alba, 2015).

De acuerdo con un estudio realizado por Dayenoff *et al*. (2023), incorporar una dieta complementaria a base de gránulos de alfalfa y grano de maíz troceado en el segundo tercio de la gestación favorece los parámetros ponderales en cabras Criollas del Sur de Mendoza, esta práctica disminuye el desgaste físico postparto en la hembra y aumenta una ganancia de peso superior en las crías, reflejada de forma notable en el nacimiento y en el destete.

De según con Cantú (2004), el organismo de una cabra adulta contiene de 71 a 73 % de agua corporal, por lo que es importante el consumo de agua ya que ayuda a transportar distintos nutrientes en el organismo, además de ser un vehículo para eliminar la orina y estiércol, en condiciones normales los caprinos ocupan alrededor de 4 litros de agua por cada kilogramo de MS que ingieren.

Una cabra productora de leche puede alcanzar a ingerir de 6 a 20 litros de agua cada 24 horas, estas deben de consumir 1.28 a 3.5 kg de agua para producir 1 kg de leche (Cantú, 2004). De acuerdo con Sinn y Rudenberg (2008), el requerimiento de agua es necesario en grandes cantidades durante la lactancia en climas cálidos, del 80 a 90 porciento de agua contiene la leche de las cabras.

2.4 Micro y macrominerales

Según Patiño *et al*. (2011), los minerales se clasifican como nutrientes esenciales ya que ayudan a la productividad del hato, de acuerdo a su clasificación existen 14 minerales esenciales y se clasifican en microminerales y microminerales. Una deficiencia por falta de minerales puede presentarse en tres etapas: a) escases de minerales en el organismo, b) enfermedad subclínica, c)enfermedad clínica, estos pueden aparecer desde animales que no presenten síntomas hasta que llegan a morir, los principales minerales con deficiencia en animales son el selenio, fosforo, sodio, cobalto, yodo, cobre, zinc (Rodríguez y Banchero, 2007).

Las cabras obtienen macro y microminerales de una variedad de arbustos esto les permite no tener deficiencia de minerales en comparación de cabras en sistema intensivo ya que no reciben una suficiente cantidad de estos minerales (González *et al*., 2009).

Debido a que el perfil de micro y macrominerales de los pastos ingeridos dicta el estado nutricional del ganado, la gestión de estos elementos adquiere un carácter prioritario durante la ingesta de forrajes o en el pastoreo (Patiño *et al*., 2011). El inicio de la madurez sexual y la ocurrencia de la ovulación son promovidos por la regulación de ejes hormonales y metabólicos, proceso que es impulsado por la combinación de minerales funcionales (Fernadez-Cheme y Aguilar-Camba, 2015).

De acuerdo con Patiño *et al*. (2011), conocer las composiciones de los minerales en los suelos, forrajes o pastos , implementa un mejor uso de minerales y ganancia nutricional en los animales. Según Rodríguez y Banchero (2007), las deficiencias de

estos elementos se dividen en primarias cuando está limitada de acuerdo a sus necesidades y secundarias, cuando hay absorción de minerales deficientes por otro mineral.

2.4.1 Macrominerales

Según Patiño *et al*. (2011), existen 7 macrominerales: (sodio (Na) , cloro (Cl), calcio (Ca) , fósforo (P) , potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S)). Los macrominerales se requieren en una mayor cantidad que los microminerales, algunos de estos elementos que necesita el organismo en mayor cantidad son el fosforo, calcio, sodio, magnesio, cloro, azufre y potasio (Secretaría de salud, [SSA], 2016). La cantidad que requiere el organismo de estos minerales consiste de una dosis diaria igual o superior a los 100 miligramos, ya que los elementos inorgánicos fundamentales que el cuerpo demanda son en mayores volúmenes (Palai *et al*., 2025).

Calcio y fosforo

El Ca se encuentra en suelos arcillosos y de forma soluble e intercambiable, este mineral se concentra en las raíces de las plantas en estado iónico (Ca2+), sin embargo, en zonas tropicales con suelos ácidos es muy escaso (Portilla-Dominguez *et al*., 2021). En cambio, con el P muestra un comportamiento estable en suelos, la principal absorción de este elemento se da por las pantas de modo ortofosfato inorgánico primario y secundario (Portilla-Dominguez *et al*., 2021). Las concentraciones del calcio son del 3% al 5%y de fosforo el 80% en el organismo (Palai *et al*., 2025).

La cantidad para cubrir las necesidades de Ca de un cabrito depende del aporte materno de Ca, desde el periodo fetal hasta la etapa posterior al parto, las necesidades cálcicas de la oveja experimentan un incremento continuo a partir de la mitad de la gestación, alcanzando su punto máximo en el último tercio del embarazo y la lactancia. Una deficiencia de este mineral provoca paresia puerperal o fiebre de leche, la alfalfa contiene calcio (Palai *et al*., 2025).

NaCl

Es importante ya que promueve a a la ingesta en las cabras en un sistema extensivo, en sistemas intensivos es considerable dar cada 24 horas de 2 gr de MS (Cantú, 2004). El requerimiento anual de sal en el ganado caprino lechero, se sitúa aproximadamente en 7 kg (15.4 lb) por animal, cifra que duplica el consumo registrado en la producción caprina de carne (Sinn y Rudenberg, 2008).

Según Sinn y Rudenberg (2008), a pesar de requerirse en proporciones muy reducidas, la presencia de estos elementos inorgánicos en la dieta del hato resulta crítica para no comprometer las etapas de crecimiento, la eficiencia reproductiva y la etapa láctea, las sales en conjunto de otros minerales tiene un aporte de elementos que requieren los animales.

Magnesio

El mg se presenta en suelos con menor exposición de agentes y se encuentra de forma primaria y secundaria (Portilla-Dominguez *et al*., 2021). La aplicación de fertilizantes nitrogenados y potásicos en praderas de desarrollo acelerado compromete la

concentración de magnesio en el tejido vegetal, generando pasturas con muy bajo aporte de Mg (Sinn y Rudenberg, 2008). Las distintas vías de obtención de energía en los tejidos dependen del magnesio, este mineral participa en la actividad enzimática, la función neurológica y la asimilación de carbohidratos (Palai *et al*., 2025).

Potasio

Es amplio en las raciones de los animales por lo que el consumo de este mineral no interviene en ninguna complicación en cabras productoras de leche se considera el 0.8% de nivel y para mantenimiento un 0.5% (Cantú, 2004). El consumo de pastos verdes satisface las necesidades de este mineral, eliminando la exigencia de suplementos en cuanto al potasio (Sinn y Rudenberg, 2008).

La alta presencia de potasio en los pastos en especial en primaveral, satisface los requerimientos del ganado sin requerir suplementación, aunque en cabras lecheras preñadas, un exceso de este elemento en la fase final de la gestación incrementa el riesgo de desencadenar hipocalcemia (Palai *et al*., 2025).

Azufre

Se encuentra en las proteínas, y los niveles de azufre son de 0.16-0.32% en las raciones (Cantú, 2004). El azufre es un mineral importante en la reproducción de bacterias en el rumen (Palai *et al*., 2025). El azufre integra el sulfato de condroitina en tejidos como cartílagos, tendones, huesos y vasos sanguíneos; asimismo, en la

cavidad ruminal, constituye un elemento básico para la proliferación y el correcto funcionamiento de la microbiota (Palai *et al*., 2025).

2.4.2 Microminerales

El sistema inmunitario depende de los microelementos, los cuales, aun cuando se requieren en concentraciones reducidas (inferiores a 100 mg/kg de materia seca), operan como cofactores enzimáticos esenciales. estos nutrientes resultan determinantes en la eficiencia productiva, reproductiva y en el crecimiento del ganado (Palai *et al*., 2025).

Estos elementos se requieren en menor proporción (SSA, 2016). Existen 7 microminerales: (cobalto (Co) , cobre (Cu) , yodo (I) , hierro (Fe) , manganeso (Mn), selenio (Se) y zinc (Zn)), cierto porcentaje de estos minerales se encuentran en el organismo dependiendo de la condición corporal de los animales (Patiño *et al*., 2011).

Hierro

Se encuentra en forrajes o granos y es un elemento importante para las hemoglobinas, además de que su deficiencia puede provocar anemia (Cantú, 2004). En la especie caprina, la deficiencia de hierro se manifiesta casi exclusivamente en la etapa neonatal como consecuencia de bajas reservas al parto y concentraciones mínimas en la leche de la madre, siendo un hallazgo raro en adultos en pastoreo. El aporte excesivo de hierro puede aumentar la incidencia de mastitis y fallas en el desprendimiento placentario (Palai *et al*., 2025).

Yodo

Este mineral se encuentra en sales yodadas y pastos, la deficiencia provoca hipertrofia de la tiroides de acuerdo con Cantú (2004), la deficiencia de este mineral provoca la muerte en cabras de leche. El crecimiento, la reproducción y la actividad neuromuscular dependen de la tiroxina y la triyodotironina, estas hormonas tiroideas requieren yodo para su composición, un déficit de este mineral reduce el ritmo del metabolismo basal, la deficiencia de este mineral puede provocar factores neuromusculares, retención de placenta y partos dificultosos (Chávez y Murguía, 2011).

Cobalto

La deficiencia de Co es visible en animales de pastoreo, animales de edad avanzada, aunque las crías se ven más afectadas por la falta de este mineral, los requerimientos de Co para animales es estas condiciones, y el aporte recomendado de cobalto en la ración del ganado es de 0.15 mg/kg de materia seca, dado que su carencia restringe el desarrollo corporal y disminuye drásticamente el desempeño reproductivo, sin embargo, su margen de seguridad exige precaución, pues la administración de dosis entre 1 y 4 mg por kg de peso vivo resulta excesiva y desencadena cuadros de toxicidad (Palai *et al*., 2025).

Cobre

A nivel sistémico, este micromineral regula la inmunidad celular por medio de los glóbulos blancos, la pigmentación del pelo, la salud ósea y la función neural, su

carencia desencadena cuadros de anemia, afecciones cardíacas y óseas, pérdida del color en el pelo y heces líquidas, lo cual perjudica directamente la conversión alimenticia, la ganancia ponderal y los índices reproductivos (Palai *et al*., 2025).

La insuficiencia de cobre en la ración alimenticia compromete severamente los índices gestacionales en pequeños rumiantes. Mientras que en cabras se asocia con bajos porcentajes de fertilización, fallas en la implantación, reabsorción embrionaria y muerte fetal; en cabras preñadas causa pérdidas reproductivas en la mitad de la población, caracterizadas por placentas con hemorragias y necrosis, fetos momificados e interrupción de la gestación (Palai *et al*., 2025).

Manganesio

Los principales signos por deficiencia de manganeso son malformaciones estructurales en el esqueleto, que incluyen fragilidad ósea, inflamación de las articulaciones, rigidez al caminar y deformidad o debilidad en los miembros. en las etapas de crecimiento abarcan fallas en la eficiencia reproductiva como estros irregulares, baja manifestación de celo y menores porcentajes de concepción, asimismo, se observan diversas (Palai *et al*., 2025).

Un notable descenso en la tasa de concepción (35-40%) constituye una de las principales consecuencias de la insuficiencia de manganeso en cabras lecheras. A nivel fisiológico, provoca disminución de signos de celo, ovulación tardía y foliculogénesis deficiente, lo que desencadena un anestro persistente o variaciones irregulares en el intervalo entre estros (Palai *et al*., 2025).

Selenio

Considerado un micronutriente esencial, el selenio (Se) es un elemento no metálico caracterizado por sus propiedades antioxidantes, desempeñando un papel biológico en la fisiología animal, humana y microbiana (Snarska y Grzybowska, 2025). La insuficiencia de selenio (Se) conduce a distrofia muscular, esterilidad y pérdidas embrionarias, interviene en la conversión de la hormona T4 a T3 (Alba, 2015).

El selenio resulta indispensable para la integridad celular y la síntesis de ADN debido a su incorporación en las selenoproteínas, las cuales resguardan al organismo frente a procesos infecciosos y estrés oxidativo, en el ámbito reproductivo de los pequeños rumiantes, la falta de este mineral desencadena pérdidas de embriones y fetos, su aporte dietario corrige diversas anomalías de fertilidad, la administración conjunta de selenio y cobre incrementa la tasa de parición y la frecuencia de gestaciones dobles en ovinos, previniendo asimismo la aparición de la enfermedad del músculo blanco (Palai *et al*., 2025).

Zinc

El zinc ayuda a las membranas protectoras del organismo animal, esto incluye a la formación del tapón de la tela postordeño (González *et al*., 2009). Este elemento al ser indispensable en el desarrollo cerebral, la reparación tisular y los procesos de reproducción, la falta de este elemento se manifiesta en problemas durante el parto y defectos congénitos (Alba, 2015).

El rendimiento reproductivo de la hembra y la maduración del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas en el macho se ven seriamente alterados ante la falta de zinc, este mineral es importante para generar las enzimas que procesan los carbohidratos y sintetizan las proteínas (Sánchez y Gallegos, 2023).

2.5 Interacción nutrición-reproducción de minerales y vitaminas

En hembras y machos es sugerible aumentar la ingesta de energía y proteína al igual que suplementar con minerales como el fosforo y selenio asi como vitaminas A, D, E, esto a partir de cuatro semanas antes de la monta, con la finalidad de aumentar el número de prolificidad por parto y cantidad de hembras paridas (González *et al*., 2009).

Existe evidencia de que la ingesta correcta de minerales favorece el desprendimiento normal de la placenta posparto, lo que convierte al control nutricional en una herramienta esencial para prevenir su retención (Chávez y Murguía, 2011).

Los minerales inorgánicos e orgánicos en la reproducción aumenta el metabolismo, la función reproductiva y la inmunocompetencia, ya que una deficiencia de minerales reduce la actividad ovárica, la actividad sexual y tasa de concepción en los animales (Fernández- Cheme y Aguilar- Camba, 2025).

La deficiencia de vitaminas en la dieta del animal provoca manifestaciones clínicas y metabólicas esto por el límite de nutrientes, como consecuencia afecta la tasa de crecimiento y la eficiencia productiva, deprime los rendimientos en la lactancia e incrementa la incidencia de procesos infecciosos en respuesta al sistema inmunitario (De Sousa Ferreira *et al*., 2023).

Las vitaminas se encuentran en alimentos completos y son sustancias naturales, existen 13 vitaminas esenciales, que se clasifican en vitaminas hidrosolubles, como la vitamina B y C, en agua las cuales se absorben y excretan con rapidez y en vitaminas liposolubles en grasa ya que son capaces de estar en el organismo por meses algunas de estas son la vitamina A, D, E y K (Brown y Challem, 2007; González *et al*., 2009).

La vitamina A se considera importante en la visión, reproducción y fertilidad de las cabras, además de conservar y reparar el tejido de la mucosa y del epitelio (Alba, 2015). El consumo de pasturas y forrajes de hoja verde aporta pigmentos de caroteno, los cuales son biotransformados por el animal para obtener vitamina A (Sinn y Rudenberg, 2008).

Las dietas compuestas únicamente por concentrados y forraje seco no garantizan el aporte necesario de vitamina A en caprinos, por lo que este tipo de alimentación también puede desencadenar una deficiencia del nutrimento (Sinn y Rudenberg, 2008).

La vitamina B según Alba (2015) es un complejo de 5 grupos esenciales principalmente en la producción de energía, además de la maduración del sistema nervioso. El ácido fólico ayuda al desarrollo embrionario y regenerar las células (Alba, 2015).

La vitamina C participa de forma activa en los procesos de reducción de la oxidación celular, es por eso que esta vitamina contribuye a reactivar la vitamina E, interviene en la producción endógena de carnitina y resulta indispensable para el desarrollo y mantenimiento del tejido cartilaginoso y óseo (Carrión y Mendel, 2001).

La vitamina D controla la absorción del P y Ca en el torrente sanguíneo, además de la formación de tejido óseo y función muscular (Alba, 2015). La deficiencia de vitamina D suele presentar deficiencia en el crecimiento de los animales, taquipnea, infertilidad, inflamación articular (De Mendonça Júnior *et al*., 2011).

El aporte óptimo de vitamina D en el ganado caprino se garantiza mediante la exposición directa a la radiación solar y el consumo de forrajes henificados de alta calidad (Sinn y Rudenberg, 2008). La deficiencia de vitamina D en animales que no están a la exposición del sol afectan a animales que se encuentran en desarrollo, lactancia y último periodo de gestación (De Mendonça Júnior *et al*., 2011).

Salvo en el caso de las vitaminas D y E, las deficiencias vitamínicas en el ganado caprino se presentan con poca frecuencia, ya que la fermentación ruminal permite a las bacterias sintetizar la mayoría de estos micronutrientes (Sinn y Rudenberg, 2008).

La vitamina E es un compuesto que y favorece la respuesta inmune en tejidos y previene la entrada de partículas toxicas en el organismo, además de proteger a los ácidos grasos poliinsaturados (Alba, 2015). Las principales fuentes de vitamina E comprenden los cereales, las semillas ricas en aceites y el germen seminal, destacando su estrecha interacción metabólica con el mineral selenio (Sinn y Rudenberg, 2008).

La vitamina K es un compuesto presente en granos, semillas, plantas y pastos frescos que funcionan en la coagulación sanguínea, además de calcificación vascular y la mineralización ósea. En cambio, la vitamina C es vital para los huesos, vasos

sanguíneos, piel y cartílagos, además de regenerar antioxidantes y síntesis de colágeno.

2.6 Efectos de la suplementación de selenio y vitamina E

Usman *et al*. (2025), en la alimentación de ganado, las fuentes de selenio se clasifican de manera general en dos tipos de compuestos: orgánicos e inorgánicos. De acuerdo con Snarska y Grzybowska (2025) en la producción de pequeños rumiantes, la aplicación de selenio se realiza comúnmente por vía parenteral, la combinación de selenato de sodio con vitamina E representa la opción más extensa; sin embargo, debido a su efecto metabólico dura muy pocas semanas, tiene una demanda y su administración periódica es constante.

Según Snarska y Grzybowska (2025), señalan que la falta de vitamina E y selenio en conjunto, promueve la lisis eritrocitaria y favorece la síntesis de metahemoglobina, estos eventos son desencadenados por el incremento en la concentración de especies reactivas de oxígeno a nivel intracelular. La función hematopoyética de la medula ósea debido a los procesos de formación eritropoyesis y trombopoyesis se deben a un efecto positivo que presenta el aporte del selenio (Snarska y Grzybowska, 2025).

El Se es un micromineral que ayuda a la respuesta de distintos órganos como el páncreas, riñón, músculos, testículos, hígado, corazón, la tiroides ya que ayuda a la absorción de lípidos en el tracto digestivo mediante la lipasa pancreática en el rumen, además de que este mineral aporta en el sistema inmune, asi como en los glóbulos rojos y plasma (Hermosillo *et al*., 2013).

Las respuestas inmunitarias innata y adquirida se ven reguladas por la accion de selenio como agente inmunomodulador (Usman *et al*., 2025). La suplementación de selenio en ovinos y caprinos puede abordarse mediante distintas vías metabólicas. Aprovechando su capacidad de cruzar la placenta y excretarse en el calostro y la leche materna, es posible administrar este elemento directo a neonatos o indirectamente a través de las madres (Snarska y Grzybowska, 2025). Según Guimarães *et al*. (2011), los requerimientos de este mineral en caprinos pequeños oscilan entre 0,1 a 0,3 mg/kg.

La síntesis de selenoproteínas distribuidas en el organismo dependen del aporte adecuado de selenio, este elemento es vital para la preservar la homeostasis antioxidante, de acuerdo con Díaz-Sánchez *et al*. (2019), el requerimiento de este mineral es más esencial en la producción de rumiantes, cuya eficiencia de absorción intestinal es sensible menor comparada con la de especies no rumiantes, es importante verificar las dosis de su administración, para evitar riesgos de intoxicación (Díaz-Sánchez *et al*., 2019).

La administración de este mineral optimiza los parámetros de la serie roja y elevan la resistencia del sistema inmunológico, sin embargo, las concentraciones insuficientes de selenio repercuten negativamente en la eritropoyesis y el perfil hematológico, predisponiendo al organismo a infecciones (Snarska y Grzybowska, 2025). Este mineral es importante para el crecimiento y conservación de los espermatozoides, el Se se agrupa en la cola de los espermatozoides, permitiendo la maduración para poder desplazarse (Carrión y Medel, 2001).

De acuerdo con Ghaderzadeh *et al*. (2016), los hallazgos que ha proporcionado el Se en la producción animal a resultado un impacto en la respuesta inmune, además de aumentar una eficiencia reproductiva en las hembras , ya que se considera uno de los principales microminerales más empleado en los animales, por lo que ocupan un suministro continuo, sin embargo, las concentraciones altas de este mineral, pueden volverse nocivos, se debe de considerar la edad, peso, estado químico, presentación y concentración que se empleará en las raciones de los animales.

Debido a su alto nivel de absorción y aprovechamiento, el selenio orgánico se retiene de forma prolongada en el cuerpo, lo que incrementa el riesgo de desarrollar intoxicación crónica (Usman *et al*., 2025). Para contrarrestar la intoxicación por selenio, suele recurrirse a minerales como el azufre, los cuales alteran su procesamiento metabólico y disminuyen su tasa de absorción corporal (Usman *et al*., 2025).

El aporte adicional de selenio resulta clave para la síntesis de selenoproteínas, las cuales atenúan el daño celular por oxidación y potencian el sistema inmunitario en la función reproductiva (Usman *et al*., 2025). Evitar la oxidación de la estructura celular es la función principal del glutatión peroxidasa, una enzima con alto poder antioxidante que requiere de selenio y vitamina E para estructurarse (Sánchez y Gallegos, 2023).

La vitamina E actúa en la respuesta del sistema inmunitario ya que detiene el desgaste oxidativo de los lípidos en el organismo y la producción de radicales libres peroxidados capaces de obstaculizar la función enzimática que lesionan las membranas celulares, por lo que la vitamina E es considerado como un antioxidante (De Mendonça Júnior *et al*., 2011).

Se ha planteado que la suplementación con selenio y vitamina E actúa como una estrategia para optimizar la tasa de concepción y contrarrestar el daño oxidativo asociado al estrés calórico en zonas cálidas, lo anterior se atribuye a la capacidad de estos compuestos para potenciar los mecanismos antioxidantes endógenos y respaldar la producción folicular y luteal de progesterona (Zambrano *et al*., 2025).

En un estudio realizado con vacas tratadas con selenio y vitamina E, Juárez *et al*. (2009), el efecto positivo de estos elementos, se obtuvo mediante la administración de cuatro dosis, dos durante el preparto y dos en la fase posparto, mientras que una sola inyección no genero beneficios significativos, esto demuestra que una dosis única tiene una mayor demanda de antioxidantes en el ganado bovino, influenciada por el incremento en sus tasas de rendimiento productivo.

HIPÓTESIS

El uso de Selenio y vitamina E mejoraran la tasa embrionaria y porcentaje de preñez en cabras bajo condiciones intensivas.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de Selenio sobre la tasa embrionaria y porcentaje de preñez en cabras bajo condiciones intensivas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

General

Los procedimientos y el manejo de los animales evaluados en esta investigación se rigieron estrictamente por los estándares internacionales internacional FASS (2010) y nivel nacional NAM (2002) vigentes para el uso ético, cuidado y bienestar de animales.

3.1 Localización del área de estudio y manejo de los animales

El trabajo de investigación para la presente tesis se realizó en la localidad de San Isidro (Coahuila) en una explotación familiar perteneciente al municipio de Matamoros, Coahuila ubicado a (25.4207355 LN y -103.1815227 LO). El área de estudio se encuentra a una altitud de 1,129 msnm, con una precipitación promedio anual entre 100 y 300 mm (INEGI, 2020) y con temperatura máxima 42 °C, mínima -4 °C y media 22.7 °C (CONAGUA 2020). El estudio se realizó en los meses de marzo y abril del 2025, correspondientes a la época reproductiva.

Durante el periodo experimental, las cabras fueron alimentadas con heno de alfalfa y sobrante de ganado lechero, la composición química de MS en la dieta es de Proteína cruda (PC)= 19.8%; Extracto etéreo (EN)= 2.97 Mcal; Fibra Neutro Detergente (FND) 33.7%; Fibra Acido Detergente (FAD)= 24.4%.

3.1.1 Manejo de los animales y confirmación del estatus ovárico

Se utilizaron hembras manejadas bajo un sistema de producción de tipo intensivo, las hembras se encuentran en corrales al exterior con un área de 45 m^2, cuentan con sombra tipo maya, sin ningún tipo de piso y ventilación natural además tienen acceso a agua y sales minerales a libre acceso. Todas las cabras utilizaron aretes en la oreja izquierda para su identificación.

Para la confirmación del estatus de anestro, se realizaron ecografías transrectales a las cabras en tiempo real mediante un equipo Chison ECO3 (Chison de México) equipado con un transductor lineal de 2.5 a 11.0 MHz, dicho procedimiento fue ejecutado por personal experimentado. Con el fin de garantizar una correcta contención y manejo, las hembras fueron colocadas en una trampa metálica de contención durante el procedimiento. Para optimizar la resolución de la imagen, se aplicó gel hipoalergénico como medio conductor en el transductor.

Tras identificar los cuernos uterinos, se realizó una rotación del transductor de 180° en sentido contrario y 90° en sentido de las agujas del reloj sobre el aparato reproductivo, logrando así la visualización de ambos ovarios para la evaluación de su estado funcional.

3.2 Tratamiento de los animales

El estudio se realizó con 16 cabras de las razas (multirraciales), de 2 a 3 años de edad. Los animales presentaron un peso vivo promedio homogéneo de 52.2 ± 2.7 kg y una condición corporal (CC) de 2.8 ± 0.1 unidades.

Las cabras se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos experimentales: Un primer grupo, tratado (Se+E; n=9), que recibió una combinación de selenio (selenio de sodio) 6 mg, más vitamina E (tocoferol) 80mg por cada 50 kg de PV, y mientras que un segundo grupo, control (Control; n=8), se le administro 0.5 mL de solución salina fisiológica.

Para el tratamiento se administró en dos aplicaciones con un intervalo de 19 días (0-19) vía IM. Todas las hembras fueron sincronizadas. A las hembras que presentaron cuerpo lúteo se les administro prostaglandina, contrario a las no presentaron cuerpo lúteo se les administro progesterona (20 mg), posterior a las 24 hrs se aplicó a todas las hembras hCG (200 U).

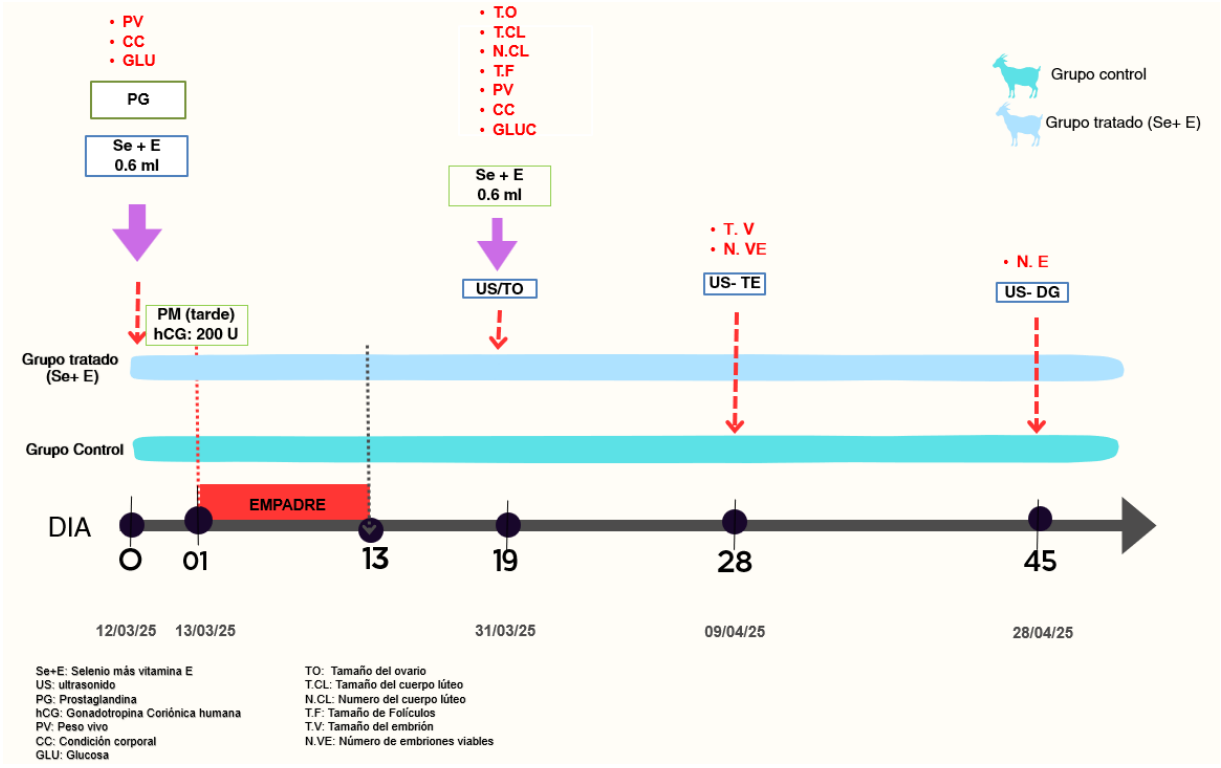


Figura 1. Procedimiento experimental

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Peso y condición corporal

Al inicio del periodo experimental (día 0) y a los 14 días posteriores, se realizaron las mediciones correspondientes al peso vivo (PV) y la condición corporal (CC). La CC se evaluó utilizando una escala de 1 a 5, donde el valor 1 correspondió a muy delgado y el 5 es muy gordo; Dickson y D'Aubeterre, (2017). Se empleó una báscula digital (Torrey®, Modelo EQM 400-800) con capacidad de 400 kg para registrar el PV de los animales.

Tasa embrionaria

Mediante el uso de un ecógrafo transrectal (Chison, Eco3), se evaluaron las hembras a los 25 días de la monta para contabilizar los embriones en la superficie de ambos ovarios por hembra y detectar la presencia de vesículas embrionarias. La confirmación de la preñez se realizó a los 44 días del empadre con el objetivo de confirmar la preñez de los animales.

Tamaño del embrión

Para la determinación del tamaño embrionario se realizó una evaluación ecografía equipado con un transductor lineal de 2.5 a 11.0 MHz. Consistió medir el largo del embrión por el ancho.

Perdida embrionaria

El diagnostico se realizó mediante evaluaciones en el día 44 después del empadre utilizando un transductor rectal de 2.5 a 11.0 MHz. Se determinó evaluando el total de embriones detectados por grupo y el número final de gestaciones que se mantuvieron activas.

3.3.2 Porcentaje de preñez

El porcentaje de ovulación se evaluó de acuerdo con el total de numero de ovejas que tuvieron al menos un cuerpo lúteo entre el total de hembras de cada grupo.

3.3.3 Porcentaje de Ovulación

El porcentaje de preñez se determinó contando el número de ovejas que presentaron por lo menos un embrión entre el total de hembras de cada grupo.

3.3.4 Análisis estadístico

El análisis de los datos se llevó a cabo a través de un ANOVA, empleando para ello el procedimiento de Modelo Lineal General (GLM). Las medias recabadas de los parámetros de condición corporal, peso vivo, tamaño y número de embriones, se diferenciaron usando una prueba de *t*. Por el contrario, para el porcentaje de preñez se utilizó una Chi-Cuadrada. El conjunto de datos se analizó utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.1). Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico MYSTAT (A Student Versión of SYTAT) fueron consideradas significativas a un valor de $P< 0.05$.

IV. RESULTADOS

Los resultados para peso vivo y condición corporal se muestran en el Cuadro 2. No se encontró diferencia para PV (54.1±2.9; P>0.05) en ambos grupos. La CC fue mayor en el grupo tratado (3.1±0.1; valor de P≤0.05) comparado con el control.

Cuadro 2. Medias (± Desvst.) para peso vivo y condición corporal de cabras (multirraciales) tratadas con selenio más vitamina E(Se+E) o cabras con solución salina fisiológica (Control) durante la época reproductiva marzo-abril, 2025 (25° LN).

Variables	Control (n=8)	Se+E (n=8)
Peso vivo inicial (Kg)	52.3±3.1[a]	52.1±2.4[a]
Peso vivo final (Kg)	53.1±2.7[a]	54.7±3.2[a]
Condición corporal inicial(1-5)	2.8±0.1[a]	2.8±0.1[a]
Condición corporal final (1-5)	2.8±0.1[a]	3.1±0.1[b]

[ab]Superíndice desiguales entre columnas indican diferencia estadística significativa (P≤0.05).

Los datos referentes a la tasa embrionaria son presentados de manera detallada en el cuadro 3. No se evidencio una variación en las respuestas para ambos grupos (1.6±0.5; P>0.05). Los resultados en cuanto al porcentaje de ovulación general fueron del 94% para ambos grupos no mostrando diferencia estadística (P>0.05). El tamaño del embrión fue similar en ambos grupos (16.9±2.3), no mostrando variaciones estadísticas (P>0.05). Así mismo, el porcentaje de preñez fue de 60 % para ambos grupos no mostrando variaciones estadísticas (P>0.05).

Cuadro 3. Medias (± Desvst.) de la respuesta reproductiva de cabras (multirraciales) tratadas con Selenio más vitamina E(Se+E) o cabras sin tratamiento (Control) durante la época reproductiva (marzo- abril, 2025; 25° LN).

Variables	Control(n=8)	Se+E (n=8)
Ovulación (%)	100% (8/8)[a]	87% (7/8)[a]
Tasa embrionaria (n)	1.4±0.2[a]	1.7±0.3[a]
Tamaño embrión (n)	15.7±2.3[a]	18.0±2.3[a]
Perdida embrionaria (n,%)	(3/8) 37.5[a]	(3/7) 42.8[a]
Preñez (n,%)	(5/8) 62.5[a]	(4/7) 57.1[a]

[ab]Superíndice desiguales entre columnas indican diferencia estadística significativa (P≤0.05).

V. DISCUSIÓN.

Los resultados, en cuanto a PV, no se observaron diferencias (p> 0,05). Estos resultados concuerdan con los de Alimohamady *et al*. (2013), en un estudio donde se trataron corderos con Selenio, donde no hubo efectos significativos del tratamiento ni por la fuente ni por la cantidad de selenio en la ganancia diaria promedio, además ni en la ingesta diaria promedio de alimento, ni en la relación alimento/ganancia (P>0,05).

En cuanto a PV no encontramos diferencia PV (54.1±2.9; P>0.05) en ambos grupos, Según Oblitas *et al*. (2000), cuanto a deficiencias los animales son tratados con selenito de sodio en solución acuosa al 1,67% en dosis de 5 mg de Se/100 kg de peso vivo, vía intramuscular, produce un incremento de la actividad de glutatión peroxidasa desde los 30 a 90 días de su aplicación, permitiendo obtener una mayor ganancia de peso (g/día) deficientes a pastoreo.

La CC fue mayor en el grupo tratado (3.1±0.1; valor de P≤0.05) comparado con el grupo control de nuestro estudio experimental, esto puede ser porque al comienzo del estudio, las hembras presentaron un estado nutricional e ingesta de alimento optimo, lo que garantizo que no se encontraran bajo un plano nutricional deficitario y aumentara significativamente. En comparación a un estudio realizado con cabras en un estado nutricional y energético deficiente al inicio del experimento, no encontraron diferencias significativas (p > 0.05) entre los grupos en cuanto al peso vivo inicial (PV; 41,78 ± 1,08 kg) y la puntuación de condición corporal (1,7 ± 0,04) (Santos-Silva *et al*. 2025).

El tratamiento con selenio y vitamina E no genero un cambio estadístico en la tasa de preñez en el grupo tratado (57.1%) y el grupo control (62.5%) no altero la tasa de concepción inmediata en hembras. Por su parte los resultados de este estudio en cuanto porcentaje de preñez concuerdan con los de Cabrera-Mora *et al*. (2019) reportaron que el porcentaje de preñez no mostro variaciones estadísticas significativas (P≥0.05) atribuidas a la suplementación con selenio, las tasas registradas mantuvieron una tendencia similar entre los grupos, alcanzando un 75% en las hembras tratadas frente a un 81.8% en el grupo control en un periodo experimental corto.

En cuanto a la tasa embrionaria y porcentaje de preñez no encontramos diferencia en la respuesta para ambos grupos. Es probable, que nuestras variables pudieron verse afectadas a una respuesta en cuanto al tiempo y dosis administradas de nuestro estudio. Estos resultados son contrarios, a los encontrados por Santos-Silva *et al*. (2025), realizado en cabras suplementadas con SeVE recibieron tres aplicaciones intramusculares de 5 mg de selenio más 350 UI de vitamina E, administradas con intervalos de 7 días, lo que mejoro el estímulo de estro, tasa embrionaria y porcentaje de preñez mostrando variaciones estadísticas significativas ($p < 0.05$) esto fue favorecido al aumento la tasa de ovulación en el grupo suplementado con SeVE, mejorando los resultados reproductivos.

A diferencia de los valores obtenidos en esta investigación, Vázquez-Hernández *et al*. (2017), desarrollo un experimento con cabras tratadas con selenio. En dicho trabajo las hembras utilizaron un dispositivo intravaginal (CIDR), que contiene 0.3 g de progesterona durante 10 días, seguido de 1 mL de prostaglandinas y la administración

oral de 0.6 mg de selenio diluido en 10 ml de agua, durante 16 días. determinaron que su administración incremento la tasa de ovulación y el número de crías nacidas mediante un efecto tardío (a los 21 días). A diferencia de estos resultados, en nuestro estudio no se detectaron diferencias significativas en el porcentaje de preñez. Esta variación puede atribuirse tanto al tiempo de evaluación como la fuente del mineral, ya que en el estudio anterior emplearon selenio orgánico por un periodo más prolongado, mientras que en nuestro estudio experimental se utilizó selenio inorgánico; esta variación en cuanto al compuesto podría explicar las diferencias obtenidas de ambos experimentos.

La ausencia de variaciones estadísticas en los resultados de nuestras variables (tasa embrionaria, tamaño de embrión, porcentaje de preñez) podría explicarse por el estado fisiológico del macho al no haber contado con un control reproductivo previo al empadre. Estos resultados podrían deberse al estudio de Ballesteros *et al*. (2025) sobre la evaluación testicular en el macho, donde menciona que la selección de los sementales, puede determinan en gran medida la eficiencia de la preñez, ya que los machos aportan el 50% de la carga genética, lo que resulta indispensable incluir la valoración previa de los machos en los próximos estudios.

VI. CONCLUSIÓNES.

El uso del Selenio y vitamina E en cabras (multirraciales) bajo condiciones intensivas mejora la condición corporal, por lo que estos resultados se pueden verse favorecidos a la recuperación metabólica de las hembras. Dicho incremento tuvo lugar, sin que la respuesta reproductiva se hubiera afectado de manera negativa. Se sugiere que en futuras investigaciones sea considerado la frecuencia de administración y el tiempo de tratamiento, que pudieran reflejarse en una mayor respuesta.

VII. LITERATURA CITADA

Alba, S. M. C. (2015). *Crianza ,Producción y Comercialización de caprinos.*

Alimohamady, R., Aliarabi, H., Bahari, A., & Dezfoulian, A. H. (2013). Influence of different amounts and sources of selenium supplementation on performance, Some Blood Parameters, and Nutrient Digestibility in Lambs. *Biological trace element research*, 154(1), 45-54. https://doi.org/10.1007/s12011-013-9698-4.

Antúnez, J, S. (1992). *Antecedentes históricos e importancia de la cabra malagueña : Discurso de Ingreso del Iltmo. Sr. D. José Subires Antúnez.* Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7427694

Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I. P., Rincón, R., De Lara, S. M., Bañuelos, V., & Meza-Herrera, C. A. (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *LA Referencia (Red Federada de Repositorios Institucionales de Publicaciones Científicas)*, 9(1), 1-14. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911227001

Ballesteros, J. A. H., Meza, J. A. B., De la Cruz Moreno, C. O., Gurrola, A. G., & González, J. J. F. B. (2025). Evaluación Testicular en el Macho Cabrío. *Revista Veritas de Difusão Científica*, *6*(2), 3569-3603. https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i2.801.

Bayona, J. E. V., Martínez, L. Z., Bermejo, J. V. D., & Galván, G. R. (2016). Biodiversidad caprina iberoamericana. *Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, Colombia*.

Brown, L., & Challem, J. (2007). Vitaminas y Minerales esenciales para la salud. Ediciones Nowtilus.

Cabrera-Mora, J., Miranda-Jiménez, L., Herrera-Haro, G., & Osorio-Ávalos, J. (2019). Tasa de concepción en ovejas tratadas con selenio orgánico. *Abanico Veterinario*, 9. https://doi.org/10.21929/abavet2019.93.

Cantú, B, J. E. (2004). Zootecnia de ganado caprino: Una revisión (4.ª ed.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Carrión, D., & Medel, P. (2001). Interacción nutrición reproducción en ganado porcino. *P. García, C. De Blas, y G. González (coords.), Avances en nutrición y alimentación animal*, 27-70.

Chávez, L. A., & Murguía, A. G. (2011). *Los minerales en la prevención de retención placentaria en bovinos*.

Cruz, M. M. G. (2010). La caprinocultura en México, una estrategia de desarrollo. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)*, *1*(1), 160-171. https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2010.1.1.9.

Dayenoff, P, Macario, J, Roberi, J, Kotani, N, Nicolás, A, Gorrachategui, M, & Bolaño, M. (2023). Efecto de la suplementación sobre algunos parámetros productivos en cabras Criolla en diferentes etapas de gestación. *Ciencia Veterinaria*, *25*(1), 23-37. https://doi.org/https://doi.org/10.19137/cienvet202325102.

De Mendonça Júnior, A. F., Braga, A. P., Rodrigues, A. P. M. D. S., & De Sales, L. E. M. (2011). VITAMINAS: UMA ABORDAGEM PRÁTICA DE USO NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES. *AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO*, 6(4). https://doi.org/10.30969/acsa.v6i4.94.

De Sousa Ferreira, J. M., De Almeida Araújo, C., Pessoa, R. M. D. S., Gois, G. C., Campos, F. S., Vicente, S. L. A., Pessoa, A. M. D. S., Da Cunha Castro Costa, D. C., Da Silva Azevêdo, P. C., & Lima, D. O. (2023). Vitaminas y minerales en la nutrición del ganado. *Revista Colombiana de Ciencias Animales-RECIA*, *15*(2), e0969. https://doi.org/10.24188/recia.v15.n2.2023.969.

Díaz-Sánchez, V., Olazábal-Fenochio, A., & Ibarra-Gudiño, C. (2019). Selenio, selenoproteínas y estrés oxidativo en pequeños rumiantes. Revisión. *Abanico Agroforestal, 1*. https://doi.org/10.37114/abaagrof/2019.1

Dickson, L. y D'Aubeterre, R. (2017). *Razas caprinas para la producción en Venezuela*. Manual de producción de caprinos y ovinos.

FASS (2010) Guía para el cuidado y uso de animales agrícolas en la investigación y la enseñanza. 3ª Edición, Federación de Sociedades de Ciencias Animales, Champaign, IL.

Fernández-Cheme, J. T., & Aguilar-Camba, S. P. (2025). Impacto de las deficiencias minerales en el desempeño productivo y reproductivo del ganado bovino: Una Revisión. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 246. https://doi.org/10.56124/allpa.v8i16.0130.

Ghaderzadeh, S., Aghjeh-Gheshlagh, F. M., Nikbin, S. & Navidshad, B. (2016). A Review on Properties of Selenium in Animal Nutrition. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6(4), 753-761.

Gonzáles, A. G. Y., Rodríguez, J. M. P., & Rivera, J. R. A. (2009). *Manual de producción caprina.*

Granados, J. E., Pérez, J. M., Márquez, F. J., Serrano, E., Soriguer, R. C., & Fandos, P. (2001). La cabra montesa (Capra pyrenaica, Schinz 1838). *Galemys: Boletín Informativo de la Sociedad Española Para la Conservación y Estudio de los Mamíferos*, 13(1), 3-37.

Hermosillo, M. A. C., Quintero, G. A., & Gutiérrez, C. D. (2013). Uso de selenio en ovinos. *Abanico veterinario*, 3(1), 44-54.

Juárez, L., Flores, C. F. A., Roura, S. M., González, Ó. O., Gutiérrez, C. G., & Cerón, J. H. (2009). Incidencia de patologías uterinas y fertilidad de vacas Holstein tratadas con selenio y vitamina E antes y después del parto. *LA Referencia (Red Federada de Repositorios Institucionales de Publicaciones Científicas)*, *40*(2), 133-140. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42311601003.

Mierliță, D. (2023). Influence of feeding on different types of pasture on the fatty acid profile and health indices of goat milk. South African Journal Of Animal Science, 52(5), 645-654. https://doi.org/10.4314/sajas.v52i5.08

Oblitas, F., Contreras, P. A., Böhmwald, H., & Wittwer, F. (2000). Efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad sanguínea de glutation peroxidasa (GSH-Px) y ganancia de peso en bovinos selenio deficientes mantenidos a pastoreo. *Archivos de medicina veterinaria*, *32*(1). https://doi.org/10.4067/s0301-732x2000000100007.

Palai, S., Jain, P., Priyadarshini, A., Chandra, S., & Jain, D. (2025). Essential roles of macro-and micro-minerals in animal nutrition: Assessment and functional insights. *Current Nutrition & Food Science*, *22*(2), 85-98. https://doi.org/10.2174/0115734013420390250919112151.

Patiño, P. R., Da Silva Filho, J., & Pérez, J. P. (2011). Modelos de predicción de exigencias minerales para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencia AnimaL-RECIA*, *3*(2), 344. https://doi.org/10.24188/recia.v3.n2.2011.409

Portilla-Dominguez, E. C., Reyes-Bossa, 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. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA,* *13*(2), e889. https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.889.

Rodríguez, A., & Banchero, G. (2007). Deficiencia de minerales en rumiantes. Revista INIA-Nº, 13, 12.

Sánchez, C., & Gallegos, J. (2023). Interacción nutrición y reproducción en ovinos. En Memorias del XX Congreso Nacional de Producción Ovina (pp. 1-10). Universidad Autónoma Chapingo

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). *La capricultura en México*. Gobierno de México.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024). *Descubriendo la caprinocultura: Un mundo de oportunidades*. Gobierno de México.

Secretaría de Salud. (2016). *Los minerales en la dieta diaria*. Gobierno de México.

Silva, M. J. M. D. S., Da Silva, E. R., Santos, F. L. D., Da Silva Santos, C. M., Cavalcante, P. O. S., Pereira, K. P., Almeida, V. V. S., & De Lima Júnior, D. M. (2022). Replacement of corn with pre-dried cassava root silage in the diet for dairy goats. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 44, Article e55947. https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v44i1.55947.

Sinn, R., y Rudenberg, P. (2008). *Crianza de cabras para leche y carne.*

Snarska, A., & Grzybowska, D. (2025). The role of selenium in small ruminants: implications for haematopoiesis and supplementation strategies – a review. *Polish Journal Of Veterinary Sciences*, *28*(3), 497-503. https://doi.org/10.24425/pjvs.2025.156076.

Timaure-Jiménez, C., Pozo, J. A., Soto-Ysea, Y., & Guerere-Morales, A. (2015). Sistemas de producción caprina y ovina en la subregión Costa Oriental del Lago de Maracaibo. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(1), 71-90. Retrieved August 18, 2026, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822015000100071&lng=en&tlng=es.

Trenti-Very, L. C., González-Jácome, A., López, A. L. L., Méndez, R. M., Jiménez-Ferrer, G., & Toral, J. N. (2021). Caprinocultura, ambiente y economía campesina. Un análisis de los sistemas familiares ganaderos en el semidesierto potosino. *Revista del Colegio de San Luis*, *11*(22). https://doi.org/10.21696/rcsl112220211313.

Usman, M., Maqsood, R., Riaz, R., Şerbetçi, I., Bhaya, M. N., & Hassan, M. U. (2025). Selenium as a Modulator of Reproductive Immunity: Molecular Insights and Translational Potential in Livestock. *Reproduction in domestic animals*, *60*(11), e70146. https://doi.org/10.1111/rda.70146.

Vázquez-Hernández, S. D., Miranda-Jiménez, L., Segura-León, O., & Quero-Carrillo, A. R. (2017). Desarrollo de folículos y cuerpo lúteo en cabras como respuesta al suministro de selenio. Agro Productividad, 10(2), 15-18.

Zambrano, J. G. C., Sosa, R. P., & Gutiérrez, F. R. (2025). Suplementación de micronutrientes, salud y eficiencia de la reproducción asistida en la hembra bovina. *Siembra*, 12(1), e7195. https://doi.org/10.29166/siembra.v12i1.7195.