



**Universidad Nacional Autónoma de México**

---

**Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán**

**Efecto de la suplementación con selenio, sobre la calidad de las relaciones madre-cría y sobrevivencia del cabrito en la lactancia**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA

**Karla Paola Urbán Esquivel**

Asesora: Dra. Angélica María Terrazas García

Coasesor: Dr. Víctor Manuel Díaz Sánchez

Coasesor: M. en M.V.Z Omar Salvador Flores

**Cuautitlán Izcalli, Estado de México 2018.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## ÍNDICE

1.	Resumen.....	5
2.	Introducción.....	7
3.	Marco Teórico.....	10
3.1.	Historia y desarrollo del ganado caprino y la caprinocultura.....	10
3.2.	La caprinocultura en México.....	11
3.2.1.	Censos.....	12
3.2.2.	Razas caprinas en México.....	12
3.2.3.	Sistemas de producción caprina existentes en el país.....	13
3.2.4.	Actualidad de la caprinocultura.....	14
3.3.	El estudio del comportamiento animal.....	14
3.4.	Conducta en pequeños rumiantes.....	15
3.5.	El Comportamiento Materno.....	15
3.6.	Etograma del Comportamiento Materno.....	17
3.6.1.	Conducta pre-parto.....	17
3.6.2.	Conducta post-parto.....	18
3.7.	El estado nutricional y los procesos fisiológicos para la reproducción.....	21
3.7.1.	Gestación.....	22
3.7.2.	Lactancia.....	23
3.8.	El Selenio.....	24
3.8.1.	Selenoproteínas.....	25
3.8.2.	Deficiencia de Selenio.....	26
3.8.3.	Suplementación.....	27
4.	Objetivos.....	29
4.1.	General.....	29
4.2.	Particulares.....	29
5.	Hipótesis.....	29
6.	Materiales y Métodos.....	30
6.1.	Animales, localización y condiciones de mantenimiento.....	30

6.2.	Proceso experimental.....	30
6.2.1.	Grupos experimentales.....	30
6.2.2.	Observaciones durante las primeras horas post-parto.....	30
6.2.3.	Temperatura y peso corporal del cabrito.....	31
6.2.4.	Prueba de selectividad materna.....	31
6.3.	Análisis estadístico.....	32
7.	Resultados.....	33
7.1.	Observaciones durante las primeras horas post-parto.....	33
7.1.1.	Comportamiento de las madres al parto.....	33
7.1.2.	Proporciones por tipo de parto y posición para parir de las cabras..	34
7.1.3.	Comportamiento de las crías al parto.....	34
7.1.4.	Temperatura y peso corporal de los cabritos a las primeras 2 horas de nacidos.....	35
7.1.5.	Sobrevivencia de las crías desde el nacimiento hasta el destete	36
7.2.	Proporción de crías por tipo de sexo.....	37
7.3.	Prueba de selectividad materna.....	38
7.3.1.	Comparaciones entre grupos.....	38
7.3.2.	Comparaciones dentro del mismo grupo.....	38
7.4.	Peso y condición corporal de las cabras antes y después del parto.....	39
8.	Discusión.....	41
8.1.	Comportamiento de las madres al parto.....	41
8.2.	Comportamiento de las crías al parto.....	41
8.3.	Temperatura y peso corporal del cabrito.....	42
8.4.	Selectividad Materna.....	43
9.	Conclusiones.....	44
10.	Referencias.....	45

---

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<u>Tabla 1.-</u> Conductas registradas durante las primeras 2 h postparto en las cabras de los grupos testigo y suplementadas con Selenio al final de la gestación.....	33
<u>Tabla 2.-</u> Conductas registradas durante las primeras 2 h postparto en las crías nacidas de cabras de los grupos testigo y suplementadas con Selenio al final de la gestación.....	35
<u>Tabla 3.-</u> Conductas registradas durante la prueba de selectividad realizada a las 2 horas postparto en cabras de los grupos testigo y suplementadas con Selenio al final de la gestación.....	39
<u>Figura 1.-</u> Temperaturas rectal y superficial en la piel de la zona interescapular y del cuello, de cabritos nacidos de madres de los grupos testigo y las suplementadas con Selenio.....	36
<u>Figura 2.-</u> Peso corporal de los cabritos nacidos de madres de los grupos testigo y las suplementadas con Selenio al final de la gestación.....	37
<u>Figura 3.-</u> Proporción de crías nacidas por tipo de sexo en las cabras pertenecientes al grupo testigo o Selenio.....	37
<u>Figura 4.-</u> Peso corporal de las cabras antes y después del parto, que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación.....	40
<u>Figura 5.-</u> Condición corporal de las cabras antes y después del parto que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación.....	40

---

## 1.- RESUMEN

El Selenio es un mineral importante en la nutrición animal, en éste sentido los pequeños rumiantes son especialmente susceptibles a su deficiencia. La suplementación del mismo se considera una herramienta importante para la prevención de las afecciones relacionadas.

Tanto la gestación como la lactancia son periodos fisiológicos metabólicamente demandantes para las hembras caprinas. La malnutrición ha demostrado tener efectos negativos perceptibles con respecto al desarrollo psicofisiológico del vínculo madre-cría en ésta especie.

Tomando en cuenta la importancia del Se en los caprinos, y el impacto positivo que éste tiene cuando se encuentra a niveles adecuados en el organismo; se ha planteado el presente trabajo para evaluar la existencia de un efecto positivo de la suplementación con Se al final de la gestación y en el postparto en 16 hembras caprinas gestantes mantenidas en estabulación; los objetivos han sido considerados en relación a la motivación materna, la vitalidad del cabrito al nacimiento, y la capacidad de formación de un vínculo selectivo a las 2 horas postparto. No se encontraron diferencias significativas con respecto a las relaciones madre-cría entre los grupos estudiados. Conductas como la latencia de limpiar a la cría, duración del primer lamido y el número de vocalizaciones no difirieron entre grupos.

A las madres incluidas en el estudio, divididas en Control (n=11) y Selenio (n=5); se les supervisó durante el parto y fueron sometidas a evaluación mediante una prueba de selectividad materna 2 horas después del mismo. Dentro de dicha prueba las hembras caprinas de ambos grupos formaron un vínculo selectivo con sus crías a las 2 horas postparto sin ninguna diferencia significativa entre grupos.

En cuanto a las crías de éstas madres (n=33), tanto las nacidas de las cabras testigo (n=23) como las nacidas de las suplementadas con Se (n=10), fueron evaluadas con respecto a su estado general al nacimiento, realizando la medición del peso al nacimiento así como temperatura superficial e interna. La vitalidad de las crías demostró ser similar entre las crías nacidas de las madres de ambos grupos. Al nacimiento la temperatura de la escapula y cuello de las crías de las madres suplementadas fue menor que la temperatura de las crías de las madres testigo.

La suplementación con Selenio no mejoró la calidad de las relaciones madre-cría en los caprinos estudiados, sin embargo tampoco demostró deteriorar la misma ya que los animales contaban con una dieta que cumplía el cien por ciento de sus requerimientos nutricionales.

El objetivo final de ésta tesis será presentar los resultados obtenidos de dicho trabajo de investigación.

---

## 2.- INTRODUCCIÓN

La caprinocultura a nivel mundial se ha desarrollado paralelamente a la historia de la humanidad y actualmente existen más de 450 millones de cabras en el planeta. La población caprina se distribuye prácticamente en todo el mundo y bajo una gran variedad de climas, a lo largo de una franja comprendida entre los Trópicos de Cáncer y Capricornio, en donde confluyen por un lado, la mayor parte de las zonas áridas y semiáridas del planeta, y por otro, gran cantidad de países subdesarrollados, quienes coincidentemente poseen el mayor número de cabras a nivel mundial (India, Pakistán, Nigeria y Turquía) (FAO, 2016). En México el inventario nacional de caprinos asciende a cerca de 8.7 millones de cabezas, que producen 167,000 toneladas de leche (1.1% producción mundial) y 48,000 toneladas de carne (0.89% producción mundial). Este sector se concentra principalmente en zonas áridas y semiáridas que corresponden al 60% del país, extendiéndose de sur a norte. Siendo los principales estados según sus censos: Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Guerrero, Coahuila, Zacatecas, Guanajuato y Michoacán (Cuéllar *et al.*, 2012).

Actualmente la producción de cabras sigue asociada mayormente a estratos de población rural con menores ingresos, siendo en un 80% sistemas de producción de subsistencia. Cerca de 1.5 millones de mexicanos viven de la cabra, la cual se encuentra en 450,000 unidades de producción (Cuéllar *et al.*, 2012). Sin embargo, se reconoce a la cabra como una de las pocas fuentes de ingresos en las regiones semiáridas del país, y cada vez es mayor el sector empresarial dedicado a la producción de leche y su transformación (Andrade, 2017).

La producción caprina es el resultado de la interacción de diversos factores como la reproducción, la genética, la conducta, la nutrición y la sanidad, los minerales son esenciales para muchos procesos vitales y cuando estos faltan o existe exceso de ellos, los animales enferman. Por lo tanto los minerales pueden ser tan importantes como la energía y la proteína en la dieta (Pugh y Baird, 2012).

Los minerales constituyen parte fundamental de los nutrientes requeridos por los rumiantes, y algunos elementos traza, como cobre, cobalto, yodo, selenio y zinc (NRC, 2007).

El Selenio (Se) es un elemento que se encuentra en forma constante pero en pequeñas cantidades en los tejidos animales (Acosta, 2007)

En cantidades muy pequeñas el Se estimula los procesos vitales, es un elemento indispensable para el funcionamiento normal del sistema inmune, músculos, corazón, hígado, riñones, páncreas, testículos, plasma, glóbulos rojos y otros órganos como la tiroides (NRC, 2007).

La carencia de este mineral está asociada la distrofia muscular, con fallas en la fertilidad, mortalidad embrionaria que ocurre entre 3-4 semanas después de la fertilización, lo que coincide con la formación de la placenta y la implantación. También produce retraso en el crecimiento (Trejo, 2016).

Por el origen del suelo volcánico, la mayor parte del territorio mexicano presenta problemas de carencia de selenio (Se), que se traducen incluso en la presencia de cuadros clínicos y subclínicos de enfermedad del músculo blanco, en particular en rumiantes (Ramírez *et al.*, 2004) lo que obliga a suplementar este elemento. Los principales efectos en la deficiencia de Se son, en el metabolismo tiroideo, que afecta seriamente los parámetros productivos de los animales (Hermosillo, 2013).

Las especies precoces como los caprinos tienen crías bien desarrolladas desde el punto de vista motriz y sensorial, con alta autonomía térmica. Las crías son capaces de levantarse rápido y seguir a su madre después de nacidas, lo cual está asociado con un proceso de reconocimiento rápido entre ambos a través de diferentes vías sensoriales (Numann y Fleming, 2006).

Tras el parto, la hembra caprina inicia su comportamiento maternal mediante el cuidado, acicalamiento de la cría y establecimiento de la relación con la cría. El postparto se caracteriza por una serie de actividades relacionadas con los siguientes eventos: a) atracción y limpieza del recién nacido, b) Búsqueda de la ubre por los recién nacidos, c) Reconocimiento entre madre y prole. El establecimiento de la relación materno-filial se produce en un periodo muy corto de tiempo (3 a 5 horas) e inicialmente está regulado hormonalmente y después la motivan los estímulos procedentes de la cría (Poindron *et al.*, 2007-A). Sin embargo, al igual que en ovejas se sabe que hay factores que puede afectar el adecuado establecimiento del vínculo materno-filial y uno de ellos es la nutrición durante la gestación. Aquellas cabras que estuvieron mal nutridas durante la gestación muestran una

pobre motivación materna y se deteriora su capacidad para reconocer a su cabrito de uno ajeno (Terrazas *et al.*, 2009).

Por su parte dentro de los factores que afectan la sobrevivencia de los cabritos se encuentran, un bajo peso corporal al parto, lo cual también está asociado con el aumento de los abortos y con una elevada mortandad perinatal de las crías (Mellor y Stafford, 2004). El frío, viento y humedad suelen ser las principales causas de una alta mortandad al nacimiento. La deficiencia de selenio en muchas partes de México es una de las principales causas de muertes de cabritos, ya que en general los suelos son pobres en este mineral por lo que es importante incluirlo en las mezclas minerales (Ramírez-Briebesca *et al.*, 2001-B).

---

### 3.- MARCO TEÓRICO

#### 3.1.- Historia y desarrollo del ganado caprino y la caprinocultura.

La cabra fue uno de los primeros animales en ser domesticados en el oeste de Asia (Cantu, 2008), y uno de los primeros en ser domesticados con el fin para el consumo humano (Boyazoglu *et al.*, 2005). Se piensa que la cabra doméstica actual (*Capra hircus*) descende de las cabras salvajes de Pasang<sup>1</sup> o de la Ibex<sup>2</sup> encontrada en Asia Menor, Persia y otros países cercanos (Cantu, 2008). En el género *Capra*, existen varias especies, la cabra doméstica se encuentra únicamente dentro de la especie *Capra hircus*.

Una referencia de la existencia del uso de la cabra puede encontrarse dentro de la literatura religiosa como la Biblia, en los tiempos de Moisés, cuando él les dice a los niños de Israel que traigan cera blanca y lana de cabra para el altar de los Tabernáculos.

De acuerdo con los antecedentes históricos, los campesinos del antiguo Egipto arreaban cabras y ovejas domesticadas por los campos húmedos del Valle del Nilo (Cantu, 2008).

La cabra era sagrada para los Sumerios y Babilonios, mientras que el dios Egipcio Osiris solía ser representado a veces en forma de una cabra. Tanto la leche como la carne de cabra se consume en la región del Mediterráneo hacia cientos de años (Boyazoglu *et al.*, 2005).

La historia revela que la cabra a menudo era llevada en las embarcaciones para asegurar la provisión de leche fresca en las expediciones del Nuevo Mundo por Colón en el siglo XV y más tarde Cook en el siglo XVIII en las expediciones a Oceanía (Boyazoglu *et al.*, 2005).

Ya en el siglo XIX se observó un cambio en la estructura social y los métodos de producción caprina empleados en Europa. La producción especializada, diseñada para cubrir las necesidades de las ciudades en rápido crecimiento, fué desplazando el método tradicional (Boyazoglu *et al.*, 2005).

Para el siglo XX tuvo lugar una importante reducción en la población caprina europea, a raíz de la implementación de estrictas leyes en contra de las cabras, en las que se consideraba una amenaza para el ecosistema (Mavrogenis y Sinapis, 2003).

---

<sup>1</sup> cabra salvaje (*Capra aegagrus*) ampliamente distribuido desde Europa y Asia Menor hasta Asia Central y el Oriente Medio.

<sup>2</sup> íbice o cabra salvaje de los Alpes (*Capra ibex*).

El interés de los consumidores ha logrado renovarse hacia los 60s'. Un ejemplo de ello es el cambio que se dió en Francia alrededor de 1960-1970 con la creación de la cadena de producción (*filière*) (Le Jaouen, 2002). Este nuevo sistema tuvo éxito gracias a tomar buena ventaja del deseo de la sociedad de volver a los métodos más naturales de producción, y finalmente respondiendo a los nuevos requisitos (calidad bacteriológica), impulsando con ello la competencia productiva entre los países del Mediterráneo (Boyazoglu *et al.*, 2005).

Actualmente puede considerarse que la caprinocultura alrededor del mundo se encuentra en un estado multifacético y relativamente complejo; los problemas y prospectos varían dependiendo del lugar en el que se desarrolla dicha actividad ganadera, ya que involucrará detalles culturales, geográficos, y políticos distintos en cada caso (Dorantes *et al.*, 2012).

### **3.2.- La caprinocultura en México**

Los caprinos, fueron introducidos a México por los españoles, probablemente la mayoría de los animales fueron embarcados en las Islas Canarias, los estudios genotípicos y fenotípicos, indican una mayor influencia Navarra y Andaluza de las cabras originarias que llegaron a nuestro país, habiéndose adaptado desde entonces en gran parte al territorio nacional, demostrando ser aptos para una producción pecuaria rentable, pero particularmente una especie muy resistente a la sequía y escasez de forrajes, por lo que se ha desarrollado como una fuente de ahorro de muchas familias marginadas (Guerrero, 2010).

El aprovechamiento del ganado caprino en México tuvo su origen a partir de la colonia. Fue mediante migraciones colonizadoras españolas que llegaron las primeras cabras al país. Desde principios de siglo, en nuestro país, han constituido una fuente de trabajo familiar, además de haber demostrado con la producción y transformación de la leche, capacidad empresarial de la especie, en diferentes regiones del país (Andrade, 2017).

La producción de cabras se encuentra asociada mayormente a estratos de población rural con menores ingresos (Devendra, 1980), siendo en un 80% sistemas de producción de subsistencia. Cerca de 1.5 millones de mexicanos viven de la cabra, la cual se encuentra en 450,000 unidades de producción (SIAP, SAGARPA, 2012). Sin embargo, se reconoce a la cabra como una de las pocas fuentes de ingresos en las regiones semiáridas del país, y cada vez es mayor el sector empresarial dedicado a la producción de leche y su transformación,

en especial en la región de la Laguna (Coahuila y Durango) y el Bajío (Guanajuato, Querétaro, Michoacán y Jalisco) (SAGARPA, 2012).

Los principales productos caprinos son la leche y la carne; en general, encuentran mercado en México, en especial la carne de los animales pequeños, que es consumida como cabrito; o bien la de los adultos con la que se prepara la birria. La leche por su parte, experimenta mayores cambios en el mercado debido a su producción estacional.

Con casi 9 millones de cabezas (SAGARPA, 2012), la población caprina de México es la segunda de América y la doceava del mundo.

### 3.2.1.- Censos

Según datos de la SAGARPA, el inventario nacional de caprinos en México se encuentra alrededor de las 9 millones de cabezas (8,993,221). Y de acuerdo con el resumen de nacional del SIAP para el 2017, en México la producción de carne de caprino en canal asciende a las 39,531 toneladas, mientras que en el caso de la leche de cabra, la producción reportada ronda las 160,217 toneladas en ese mismo año (SIAP, SAGARPA; 2017).

De acuerdo a información del SIAP para el 2017, en el país, las cabras se concentran en las zonas áridas-semiáridas (64%) y en el trópico seco, en la región agroclimática templada de México. Las entidades con mayor población caprina son: Puebla (15.4%), Oaxaca (12%); San Luis Potosí (10.5%); Guerrero (7.9%), y Zacatecas (6.1%). Asimismo las entidades con mayor producción de leche se encuentran Coahuila, con 37.2 por ciento del total nacional: Durango con 21 por ciento; Guanajuato, con 16.8 por ciento; Nuevo León, con 9.9 por ciento; Jalisco, con 3.7 por ciento, y Zacatecas, con 3.2 por ciento.

### 3.2.2.- Razas caprinas en México

Las razas de caprinos que se utilizan principalmente en México son: Alpina Francés, Boer, Anglo Nubia, Saanen, Toggenburg y sus cruzas (Orona *et al.*, 2014).

Las grandes explotaciones se dedican a la utilización de cabras lecheras especializadas (razas europeas) como la Anglo Nubia, Alpina Francesa, Saanen y Toggenburg. Cuyo fin zootécnico está enfocado a la producción de leche, y la industria se encarga del procesamiento de ésta en sus derivados conforme al enfoque de la explotación (Escareño-Sánchez *et al.*, 2011). Para la producción de carne, la raza Boer es la cabra que cumple con

dicho fin zootécnico, y los productos que se pueden obtener en México se destinan a la empresa culinaria.

En general los animales están adaptados a los factores limitantes y ecológicos del medio en el que se desarrollan (Devendra, 1980). El ganado criollo se ha adaptado a las condiciones difíciles, la escasez de recursos alimenticios determina diversas características del sistema como lo son la estacionalidad marcada de los empadres o la venta de cabritos al destete. La venta de leche y en segundo lugar el cabrito representan los principales productos obtenidos de la caprinocultura en México (Escareño-Sánchez *et al.*, 2011).

### 3.2.3.- *Sistemas de producción caprina existentes en el país.*

Los sistemas de producción de cabras existentes en México se pueden clasificar en:

- **Sistemas extensivos:** Estos sistemas se basan en la utilización de razas de interés zootécnico capaces de aprovechar eficazmente los recursos naturales mediante el pastoreo. Dicho sistemas están orientados principalmente a producir carne en las zonas áridas, semiáridas y en el trópico seco (Cuellar *et al.*, 2012).

- **Sistemas semi intensivos, mixtos, intermedios o semiestabulados:** El objetivo del rebaño es la producción de leche, aunque no es despreciable la venta de animales para pie de cría; también contribuyen al beneficio económico la venta de cabritos (Escareño-Sánchez *et al.*, 2011; Cuellar *et al.*, 2012). Las unidades se dedican principalmente a la producción de leche y a la venta de cabritos, se puede considerar la tenencia de más de 100 vientres en éste tipo de explotaciones (Orona *et al.*, 2014).

- **Sistemas intensivos:** Estos sistemas se caracterizan por la estabulación total de los animales, hay inversión de mucho capital en una reducida superficie de terreno, poseen una administración eficiente y una alta tecnificación con elevados costos de producción (Dorantes *et al.*, 2012). Es común que estén bien integrados en la transformación y comercialización de los productos (Cuellar *et al.*, 2012).

- **Sistema tradicional de autoconsumo o de traspatio:** La economía campesina es el sector dedicado a la actividad agropecuaria donde el proceso productivo se lleva a cabo en unidades de tipo familiar con el objetivo de la subsistencia familiar (Hernández *et al.*, 2013). Este sistema de producción es el más común y generalizado en México, está representado por rebaños de caprinos en manos de campesinos de muy bajos ingresos y

marginados; sin embargo, constituye una fuente de ingreso y alimento para muchas familias mexicanas (Escareño-Sánchez *et al.*, 2011; Cuellar *et al.*, 2012).

#### 3.2.4.- Actualidad de la caprinocultura en México

En la Región de La Laguna y el Bajío, se ha desarrollado una industria caprina tecnificada que destina su producción a la elaboración de quesos y dulces. La dulcería elaborada con leche de cabra tiene una gran tradición en México elaborándose una gran variedad y destacándose en este contexto la cajeta en Guanajuato, las Glorias en el norte y otra variedad de dulces (Andrade, 2017, Orona *et al.*, 2014).

La elaboración de quesos de leche cabra actualmente ha cobrado auge en México, identificándose a los estados del centro del país como los principales productores de un producto de alta calidad (Andrade, 2017).

En los últimos años, el estado de Puebla ha impulsado la actividad caprina hasta convertirse en la entidad federativa con más cabras. Ocupando actualmente el primer lugar a nivel nacional (SIAP SAGARPA, 2017).

### 3.3.- El estudio del comportamiento animal

Mientras que la etología es la ciencia del comportamiento animal, sus causas y funciones; vale la pena comenzar por los tipos de fenómenos biológicos que se incluyen en el concepto. En su forma más simple, dentro del comportamiento podrían considerarse la serie de contracciones musculares muy probablemente realizadas en respuesta clara a un estímulo, como en el caso de los reflejos (Goodenough *et al.*, 1993). No obstante, en el otro extremo, podemos encontrar conductas enormemente complejas, tales como la migración de las aves a través del mundo, continuamente asegurando su ruta con la ayuda de la posición de las estrellas, marcas en el terreno y geomagnetismo (Jensen, 2009).

De esta forma, es posible utilizar la palabra conducta para referirse a ambos extremos, y para muchas otras actividades que se encuentran en una complejidad intermedia a ellos. Se incluyen todo tipo de actividades en las que los animales se embarcan, tales como la locomoción, acicalamiento, reproducción, cuidado de la descendencia, comunicación, etc. (Jensen, 2009).

La conducta podrá involucrar a un sólo individuo reaccionando a uno o varios estímulos o cambios fisiológicos, así como también puede involucrar a dos o más individuos, cada uno respondiendo a las conductas del otro (Jensen, 2009).

### **3.4.- Conducta en pequeños rumiantes**

Tanto las cabras como las ovejas son ungulados (o mamíferos con pezuñas), pertenecientes al altamente exitoso orden *Artiodactyla*, Familia *Bovidae* (que incluye a los bovinos verdaderos, búfalos, ovinos y caprinos) y a la Tribu Caprini (comprendiendo a las ovejas y cabras) (Clutton-Brock, 1999). Ambas especies se encuentran dentro de las primeras en ser domesticadas, alrededor de 10,000 años atrás (Rider, 1984).

En la actualidad, se encuentran de forma general en las regiones en donde el clima es duro y el terreno inadecuado para el desarrollo de otro tipo de actividades agropecuarias.

Los pequeños rumiantes salvajes, como domésticos son altamente sociales y viven en grupos pequeños a moderados; en ambas especies, las madres forman un fuerte vínculo con su descendencia (Kendrick, 2001; Poindron *et al.*, 2007-A). La duración de la gestación en éstos animales se extiende alrededor de los 145 y 155 días. Así mismo, como en la mayoría de los mamíferos, en estas especies el cuidado de las crías es responsabilidad exclusiva de la madre, no existiendo así ninguna conducta referente a la cría de la descendencia por parte de los padres.

La calidad del comportamiento materno demostrado hacia las crías al parto puede estar afectada por la experiencia materna, factores ambientales, temperamento y raza. No obstante la expresión del comportamiento materno en las cabras puede verse reducida en aquellas que no han tenido una nutrición adecuada durante la gestación (Terrazas *et al.*, 2009).

### **3.5.- El Comportamiento Materno**

Las estrategias por las cuales los animales tienen éxito en la reproducción y conservación de sus genes varía ampliamente de especie a especie (González-Mariscal y Poindron, 2002).

El comportamiento materno puede definirse como toda aquella conducta y/o serie de las mismas, realizadas por la madre y dirigidas a su descendencia (ej. acicalamiento, alimentación, etc.) así mismo se incluyen aquellas relacionadas a dar ventaja y conveniencia a la recepción del neonato (ej. construcción del nido, aislamiento pre parto, placentofagia, defensa del nido, agresión post parto) (González-Mariscal y Poindron, 2002; Jensen, 2009).

El comportamiento materno, por corta que pueda ser su duración, está siempre presente en la fase inicial de desarrollo de la descendencia (González-Mariscal y Poindron, 2002). En el caso de las especies mamíferas, el neonato depende estrictamente del calostro materno y leche para asegurar su supervivencia temprana y crecimiento adecuado (Nowak y Poindron, 2006; Cunningham, 2014). Otro aspecto que influye en la manera en que la madre se hará cargo de su progenie, será el grado de desarrollo que tenga la cría al nacimiento (Dwyer *et al.*, 2003; Numan *et al.*, 2006).

Los requerimientos fisiológicos del neonato altricial (ej. cachorros de cánidos y félidos) serán distintos a los del neonato precocial (ej. corderos, cabritos), la conducta de la madre será específica para asegurar la supervivencia y el correcto desarrollo psicofisiológico de su progenie (Nowak *et al.*, 2000).

Las relaciones madre-cría de los ungulados domésticos están caracterizadas principalmente por el hecho de que las madres paren crías precoces con un alto nivel de independencia desde el momento de nacimiento (Herscher *et al.*, 1963; Numan *et al.*, 2006), éstas crías precociales nacen lo suficientemente desarrolladas para ser capaces de seguir a la madre al poco tiempo de su nacimiento (Numan *et al.*, 2006).

Las diferencias en el tamaño de la camada por especie, son un factor importante a considerar al momento de hablar del comportamiento materno. De la misma forma en que existen especies con un número importante de crías dentro de sus camadas (ej, perro, gato, cerdo), por otro lado animales que tienen una, dos y hasta tres crías por parto tenderán a comportarse de forma distinta con respecto a ellas. En el caso de las camadas numerosas, se considera relativamente sencillo introducir a una cría ajena para que la madre le de cuidados de la misma forma en la que haría con la propia descendencia; pero por otro, las especies con un número reducido de crías, crearán un vínculo selectivo con éstas y

rechazarán a cualquier cría ajena a la propia (Nowak *et al.*, 2000; Numan *et al.* 2006; García y González *et al.*, 2015; Poindron *et al.*, 2007-A).

Si existen diferencias en el comportamiento de especies seguidoras y escondedizas, es una cuestión importante (Jensen, 2009). En el caso de la cabra, posterior a las primeras horas post parto de cuidado de las crías en el lugar de nacimiento, la madre tenderá a irse de la misma forma durante algunas horas, mientras que las crías se mantendrán escondidas y esperarán a su regreso para ser alimentadas (Poindron *et al.*, 2007-B; Herscher *et al.*, 1963).

### **3.6.- Etograma del comportamiento materno**

#### 3.6.1.- Conducta pre parto

A la proximidad del parto, se pueden observar una serie de conductas realizadas por la hembra gestante. Algunas de ellas son comunes a más de una especie, por ejemplo cambios en la conducta social, y la aparición de comportamientos agresivos. Por otra parte algunas conductas serán específicas con respecto a las necesidades de la especie y sus crías (González-Mariscal y Poindron, 2002).

##### *a) Agresión materna*

La agresión dirigida a sus conespecíficos adultos, especialmente hacia los machos, ha sido bien estudiada en roedores. Ésto ha sido particularmente bien documentado en ratas, ratones y hamsters (Brown, 1953). En ratones, la agresión aumenta tan tempranamente como el quinto día de gestación.

En el caso de grandes especies, y más enfocado a pequeños rumiantes; en la oveja las agresiones intraespecíficas no han sido reportadas mientras que en la cabra éstas conductas han demostrado ser un mecanismo eficiente para la defensa del sitio de parto, así como para evitar la cría cruzada de su progenie (Das y Tomer, 1997; Ramírez, 1995; Herscher *et al.*, 1963).

Parece ser entonces que cambios fisiológicos asociados con la gestación, parto y lactancia provocan profundas modificaciones en la conducta de agresión de la hembra (Dwyer *et al.*, 2003), y éstos pueden considerarse componentes específicos del perfil conductual de la maternidad.

### *b) Aislamiento social y agitación pre-parto*

En la oveja y la cabra, así como en la mayoría de los ungulados, las madres tenderán a alejarse del rebaño poco antes del nacimiento de las crías (Numan *et al.*, 2006). Comúnmente ambas especies muestran una fuerte respuesta conductual indicativa de agitación y angustia cuando son aisladas de sus conespecíficos (Das y Tomer, 1997; Ramírez, 1995). No obstante, las hembras gestantes muestran una disminución en la agitación al separarse del rebaño alrededor de las últimas 24 horas precedentes al parto (Poindron *et al.*, 1997; Poindron *et al.*, 2007).

Finalmente una vez llegada la hora del parto las hembras tienden a mostrar fuertes signos de agitación, inquietud aumentada, locomoción y vocalizaciones (Pfaff, 2000; Das y Tomer, 1997; Ramírez, 1995).

### *c) Construcción del nido*

Otra característica de las hembras mamíferas al periparto que tienen crías altriciales es la provisión de refugio y protección térmica al neonato (González-Mariscal *et al.*, 1994).

Entre los ungulados, los cuales paren crías precociales, el patear, rascar y olisquear el suelo son conductas comunes, cual si fuesen vestigiales a la construcción del nido. A pesar de que las cabras no construyen un nido, ellas se dan a la tarea de seleccionar un sitio protegido para la cría de su descendencia. En contraste con la oveja que sólo busca refugio al tiempo del parto cuando las condiciones ambientales son desfavorables, y no necesariamente para dar refugio y cría al neonato (O'Brien, 1983).

## 3.6.2.- Conducta post-parto

### *a) Placentofagia e ingestión del fluido amniótico*

En la mayoría de los mamíferos, una de las primeras conductas que caracterizan a la hembra parturienta es la limpieza del neonato y el consumo de los fluidos amnióticos y placenta (González-Mariscal y Poindron, 2002).

En la oveja, la atracción a los fluidos amnióticos inicia durante la última etapa del parto y desaparece dentro de algunas horas si estas no se mantienen en contacto con sus corderos (Lévy *et al.*, 1983; Herscher *et al.*, 1963).

La limpieza del neonato de los fluidos amnióticos es importante para las crías que probablemente estarán expuestas a bajas temperaturas; como es el caso de los ungulados que parirán durante el invierno o a principio de primavera (Alexander, 1988). Así mismo se ha propuesto que la estimulación que la cría recibe de la limpieza dada por su madre con el lamido, estimula funciones de aprendizaje y comportamiento en el neonato (Pfaff, 2000).

#### *b) Emisión de vocalizaciones*

En diferentes especies de mamíferos, las madres emiten vocalizaciones características de baja amplitud y frecuencia, de la misma forma muestran alta sensibilidad al llamado de sus crías (Dwyer, et al., 1998; Nowak, 1990; Sebe et al., 2007; Sebe et al., 2008). En cabras y ovejas, las madres cambian su actividad vocal a balidos de bajo tono al nacimiento de las crías. Estos cambios en las vocalizaciones maternas y la sensibilidad de respuesta a las vocalizaciones del neonato sirven como base para el desarrollo de la comunicación acústica entre la madre y su descendencia, en algunas especies para el reconocimiento individual a distancia de la descendencia (Pfaff, 2000; González-Mariscal y Poindron, 2002; Terrazas et al., 2002; Terrazas et al., 2003).

#### *c) Amamantamiento*

Este es sin duda el patrón característico más importante del comportamiento materno en mamíferos. De hecho, independientemente del estado de desarrollo del neonato, el amamantamiento generalmente ocurre poco tiempo después del nacimiento (Herscher *et al.*, 1963).

En rumiantes uno o dos neonatos (dependiendo el tipo de parto), generalmente accederán a la ubre alrededor de 30 minutos a una hora después de su nacimiento (Romeyer y Poindron, 1992). Gran parte de la importancia del éxito del amamantamiento se apoya en el estado de las reservas energéticas con las que cuenta la cría al nacimiento; éstas influyen en su supervivencia cuando las condiciones son adversas, y facilitarán su acceso a la ubre (Nowak y Poindron, 2006).

La búsqueda de la ubre por parte de la cría juega un papel de suma importancia en la preferencia de la madre por ésta, de la misma forma en el desarrollo de un correcto vínculo materno-filial entre ambos (Nowak *et al.*, 1997).

La supervivencia de las crías mamíferas se basa en el correcto calostrado, y para ello influyen diversos factores, como la condición de la madre después del parto así como el tipo de parto; y el estado del neonato en relación a su capacidad para levantarse y comenzar a buscar la ubre como es el caso de las especies precociales (Nowak y Poindron, 2006).

Es posible concluir que la conducta de amamantamiento no es sólo un comportamiento promovido y apoyado solamente por la madre, sino un trabajo que implica tanto a la madre como a la cría para su éxito (Nowak *et al.*, 1997).

*d) Reconocimiento de la progenie y amamantamiento selectivo:*

Como regla, los padres, y en especial las madres invierten más en sus crías propias que en las crías ajenas (Poindron *et al.*, 2003). Sin embargo, el grado en el que las madres preferentemente criaran a su descendencia propia o a crías estrechamente relacionadas, contra crías completamente ajenas varía de una especie a otra (Romeyer y Poindron, 1992). Aquellas especies que paren crías altriciales, inicialmente confinadas a una madriguera o nido, inicialmente no presentan una conducta materna de exclusividad; más bien responden maternalmente con cualquier cría que les sea presentada. Así en la rata, las madres son capaces de distinguir entre su propia camada a una cría ajena, y sin embargo cuidarán de ésta (González-Mariscal y Poindron, 2002). Por su parte conejos y ardillas no muestran comportamiento discriminatorio entre sus crías y las crías ajenas (González-Mariscal *et al.*, 1998).

En contraste, ovejas domésticas y cabras, cuyos neonatos serán precociales, rápidamente establecerán un vínculo exclusivo con su propia cría y rápidamente rechazarán los intentos de mamar de crías ajenas (García y González, 2005; Romeyer y Poindron, 1992).

Las cabras, al igual que las ovejas, rápidamente desarrollan un vínculo materno exclusivo con sus propias crías. Inmediatamente después del parto las madres acicalan y amamantan a la cría, y así mismo rápidamente aprenden a discriminar entre ésta y una cría ajena (Romeyer y Poindron, 1992). En algunos casos, 5 a 10 minutos de contacto con el neonato son suficientes para que la cabra se vuelva selectiva (Gubernick, 1980), y la mayoría de las madres rechazan a la cría ajena a las 2 a 4 horas postparto, independientemente de la edad o similitudes en la capa con su propia cría (Romeyer y Poindron, 1992).

Existe evidencia sugerente de que la selectividad resulta de marcas olfativas en la cría hechas por la madre a través de la limpieza y amamantamiento de la misma (Poindron et al., 2003; Lévy *et al.*, 2004).

#### *f) Relación madre- cría durante la lactancia*

Una vez el intenso cuidado del neonato, característico del periodo inmediato al parto ha disminuido hasta finalmente desaparecer, la lactancia se convierte en la principal actividad materna dirigida a las crías, en conjunto con la transferencia de calor en el caso de las crías altriciales (Clutton-Brock, 1991).

La duración del amamantamiento varía ampliamente, y no necesariamente se relaciona al tamaño corporal, a pesar de que animales más grandes tienden a amamantarse durante periodos más largos de tiempo.

En contraste, en diversos ungulados, la maternidad está caracterizada por la ausencia de comportamiento estral, a pesar de que teóricamente la etapa del ciclo hormonal debería inducir la receptividad en la hembra. Es probable que la combinación de factores (ej. Fotoperiodo, condiciones climáticas, disponibilidad de alimento, duración de la gestación) eviten la expresión inmediata del estro postparto en los ungulados, condición que demanda una gran inversión energética de la hembra (Wade *et al.*, 1992).

### **3.7.- El estado nutricional y los procesos fisiológicos para la reproducción**

Los procesos reproductivos son críticos para la supervivencia de las especies. Tanto la gestación como la lactancia son dos periodos fisiológicos del ciclo productivo de gran importancia en los mamíferos. Durante la vida de éstos, la lactancia es uno de los periodos más demandantes de energía y nutrientes en las hembras (Wade *et al.*, 1992; Robinson, 1999). En el caso en el que el estado fisiológico es demandante en energía, sumado al bajo aporte de la misma, la reproducción y cría pueden ser fatales tanto para la madre como para su descendencia (Wade *et al.*, 1992; Morand-Fehr, 2005).

Así mismo, bajo condiciones en las que existen limitantes en la disponibilidad energética, las prioridades en la partición de la misma cambiarán en favor de los procesos necesarios para la supervivencia individual, dejando de lado la reproducción (Wade y Schneider, 1992).

La desnutrición en los mamíferos domésticos, tendrá como consecuencias, el retraso en la pubertad y madurez sexual, y conducirá al aumento en los intervalos de crianza en animales adultos (Wade *et al.*, 1992; Morand-Fehr, 2005).

La nutrición de la madre durante la gestación, tendrá un impacto sobre el peso al nacimiento de la cría, así como en la incidencia de mortalidad perinatal (Robinson *et al.*, 1999; Dwyer *et al.*, 2003; Morand-Fehr, 2005).

### 3.7.1.- Gestación

Durante la preñez, la dieta de la madre controla el crecimiento fetal, en forma directa, a través del aporte de los nutrientes esenciales, proporcionando al feto glucosa, aminoácidos y elementos químicos esenciales; e indirectamente alterando la expresión de mecanismos endócrinos materno-fetales que regulan el consumo y utilización de éstos nutrientes por el feto. La expresión de éstos mecanismos adicionalmente se verán modificados por las características de la madre, tales como el tamaño, condición corporal y la edad (Robinson *et al.*, 1999; Dwyer *et al.*, 2003).

Un proceso reproductivo, para ser considerado efectivo en mamíferos, involucra aspectos más allá de la fertilidad, gestación y parto. Los neonatos son enteramente dependientes de los recursos y cuidados proporcionados por su madre. Sin embargo, el cuidado de la descendencia también es asociado a un alto costo metabólico para la hembra, incluyendo el gasto energético para la producción de leche y termorregulación (Clutton-Brock, 1991).

Las exigencias metabólicas para las hembras durante las diferentes etapas de la gestación son tales que buscan la preservación de la especie y las mejores condiciones para la descendencia. En el caso de la hembra caprina, es notable la diferencia con respecto a la concentración energética requerida en la dieta dependiendo del tipo de parto (ej. simple, doble, triple), en el que la necesidad energética oscila entre las 1.9 y 2.39 kcal/kg dependiendo el caso (NRC, 2007). Durante el último tercio de gestación, la mayor parte de la energía se concentra en el crecimiento y desarrollo del feto, al igual que el mantenimiento del útero, y la glándula mamaria (NRC, 2007). La malnutrición a lo largo de la gestación tendrá efectos negativos importantes en la hembra caprina, como pérdida y

baja ganancia de peso; al mismo tiempo que el organismo se va deteriorando como consecuencia (Terrazas *et al.*, 2012).

El organismo de la hembra caprina y la función general de la gestación y éxito de ésta, están basados en la conservación de la especie. En éste sentido los animales tratarán de mantener la gestación haciendo uso de los recursos con los que cuentan, y su organismo priorizará al feto sobre la madre en la mayoría de los casos. Sin embargo, cuando existe malnutrición durante éste periodo, más allá de la utilización de mecanismos metabólicos de soporte contra las deficiencias, es posible observar efectos negativos en la madre malnutrida y su descendencia; éstos efectos negativos pueden ir desde la pérdida de condición corporal, deterioro en la condición general y dificultad para desarrollar adecuadamente sus actividades cognitivas, así como bajo peso de las crías al nacimiento, efectos adversos en el vigor y desarrollo de las conductas necesarias en la cría para su supervivencia (ej. latencia de pararse y amamantarse) (Terrazas *et al.*, 2009; Terrazas *et al.*, 2012).

### 3.7.2.- *Lactancia*

La capacidad de los mamíferos para alimentar a sus crías gracias a la secreción de leche durante la primera etapa de su vida post-fetal, ha proporcionado a éstos animales ventajas para su supervivencia (Cunningham, 2014).

Como la estrategia reproductora de estos animales implica la producción de muchas menos crías que los reptiles, anfibios y pájaros, las glándulas mamarias les permiten un mayor rendimiento en la nutrición de su descendencia (Cunningham, 2014).

En los animales domésticos que tienen una o dos crías, como las vacas, yeguas, ovejas y cabras, las crías deben mantenerse en pie para poder mamar (Cunningham, 2014).

Como parte de la lactancia, el estado del neonato al parto es de vital importancia para asegurar que sea capaz de alimentarse (Terrazas *et al.*, 2009). Se ha descrito que corderos nacidos de madres que atravesaron el periodo de gestación en un pobre estado nutricional, la carencia de vigor y vitalidad es notable (Moore *et al.*, 1986; Thomson y Thomson, 1949). Es posible atribuir deficiencias en la lactancia a éste hecho, ya que para la cría será más difícil seguir a su madre para alimentarse, más allá de que la madre sea por sí misma la que presente alguna dificultad para cuidar de su descendencia (Dwyer *et al.*, 2003).

Las necesidades proteicas en las hembras caprinas durante la lactancia oscilan entre los 138g/d al inicio de la lactancia hasta 154g/d al final de la misma. En cambio la concentración de energía requerida en la dieta permanece similar durante la lactancia a la requerida a lo largo de la gestación (1.9 a 2.39 kcal/kg) (NRC, 2007).

Una mejor calidad de la leche afecta positivamente la ganancia de peso del cabrito, así como el vigor de éste al nacimiento, mejorando su desempeño durante la lactancia (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2001b).

En el caso de la lactancia, los efectos de una dieta adecuada serán notables en cuanto a la condición del animal al parto y la forma en que éste se desarrolla a lo largo de ésta. De la misma forma, las madres que han tenido una nutrición adecuada, demostrarán un mejor desarrollo del comportamiento materno hacia sus crías, lo cual facilitará la madurez de éstas, un mejor vigor que en consecuencia se relaciona positivamente con la facilidad con que las crías comienzan a amamantar, y posteriormente mantener un amamantamiento adecuado (Terrazas *et al.*, 2009).

En consecuencia, una dieta adecuada en las cabras y más aún en el último tercio de la gestación mejorará el estado de las crías al nacimiento, y será notable el efecto positivo sobre la actividad demostrada por éstas al nacimiento; como la búsqueda de la ubre y el amamantamiento (Ramírez-Vera *et al.*, 2012).

### **3.8.- El Selenio**

El Selenio ( $\text{Se}^{34}$ ) es un elemento traza descubierto por el químico sueco Jons Jacob Berzelius en 1817. A éste mineral, con propiedades similares a las del telurio (llamado así por la palabra latina para tierra, *tellus*). Se dice que Berzelius eligió llamarle Selenio en nombre de la diosa griega de la luna, *Selene*. Más tarde, en 1957 Schwarz y Foltz denominaron al Selenio por primera vez como un elemento esencial (Schwarz, 1999).

Se sabe que tanto el Yodo como el Selenio tienen un papel importante en la función tiroidea. Experimentos hechos en ratas han demostrado que la administración de tiroxina en la madre estimula el crecimiento tanto fetal como de la placenta, así como un aumento en las hormonas tiroideas involucradas en la maduración de los pulmones fetales y el desarrollo del tejido adiposo café, importantes para la termogénesis neonatal (Robinson *et al.*, 1999).

En los ovinos la deficiencia de Yodo en la madre durante el último tercio de la gestación, inducen una baja concentración de tiroxina (T4) en corderos recién nacidos, y esto a su vez se ha asociado con un incremento en la susceptibilidad a hipertermia y reducida viabilidad al nacimiento (Robinson *et al.*, 1999).

En el caso de la ausencia de una deficiencia de Yodo en la madre, existe una correlación positiva entre la concentración plasmática de triyodotironina (T3), la frecuencia cardiaca, temperatura rectal y viabilidad (Wollny *et al.*, 1986). Estas observaciones son particularmente interesantes ya que la yodotironina 5-deiodinasa, que convierte a la T4 en su forma activa T3 dentro del tejido extra tiroideo, incluido el tejido adiposo café; es seleno dependiente (Arthur, 1991).

En el campo de la biología molecular, ha atraído la atención ya que el Selenio es incorporado a las proteínas en forma de *selenocisteína* (Sec), a la altura del aminoácido 21 un codón UGA decodifica a Sec. Este hecho es de especial atención ya que normalmente el codón UGA es un codón de terminación, pero en éste caso se da una reprogramación en la traducción, que da lugar a la incorporación del Selenio como Selenocisteína por un enlace covalente a las proteínas de diversos organismos mayores (Driscoll, 2003). En animales, el 80% del Se se encuentra incorporado a proteínas, denominadas selenoproteínas (Flohé, 1989).

La mayoría de las selenoproteínas caracterizadas son enzimas que contienen Sec en su sitio activo y catalizan reacciones de óxido-reducción (Flohé, 2007).

### 3.8.1.- *Selenoproteínas.*

El Selenio, más allá de compartir similitudes con el Telurio, cuenta también con propiedades químicas similares a las del Azufre (S). Por su parte, la selenocisteína (Sec) es estructuralmente idéntica a la cisteína (Cys), excepto que ésta contiene Selenio y no Azufre. No obstante las selenoproteínas se han identificado en diversos organismos, no se encuentran en todos ellos; como es el caso de las plantas mayores y las levaduras, en ambas, las proteínas correspondientes contienen Cys en lugar de Sec (Flohé, 2007).

El hecho de tener Sec y no Cys confiere a las proteínas una ventaja funcional distintiva, ya que el grupo selenol se encuentra completamente ionizado a pH fisiológico, en comparación con el grupo tiol de la Cys (Stadtman, 2000). Cuando la Sec se reemplaza por

Cys, la actividad catalítica de las selenoenzimas se ve drásticamente reducida (Berry *et al*, 1991).

Las selenoproteínas son esenciales para la vida, y juegan un rol crítico en una gran variedad de procesos biológicos, todo ellos involucrados en la defensa contra la oxidación (Driscoll, 2003). De forma general, vale la pena mencionar dentro de éste grupo a dos de las glutathion peroxidases (GPx) que protegen a las células del daño por peroxidación, reduciendo el peróxido de hidrógeno y liberando hidroperóxidos de ácidos grasos (Flohé, 1989). En mamíferos, otras reductasas que contienen Sec, son las incluidas en la familia de las deiodinasas, encargadas de funciones relacionadas con el metabolismo de la hormona tiroidea (St Germain, 2001). Por otro lado, para el correcto funcionamiento de la hormona tiroidea, se requiere una cantidad adecuada de Se en la dieta (Berry *et al*, 1991).

### 3.8.2.- Deficiencia de Selenio

La deficiencia de Selenio ocasiona la enfermedad conocida como del “músculo blanco” e infertilidad en mamíferos domésticos, así como cardiopatías en humanos.

A pesar de que la deficiencia de Se puede presentarse básicamente en cualquier especie (Köhrle, 2005), al parecer los rumiantes son los más susceptibles a ella, y aún más los pequeños rumiantes (Ghany Hefnawy y Tórtora, 2010).

Es sabido que los animales pueden obtener Selenio de las pasturas, y que éstas a su vez contienen diferentes concentraciones del mismo debido a las condiciones del suelo en el que crecen. De ésta forma, es factible la visualización del tipo de resultados que se esperaría encontrar en los animales con respecto al estado del mineral, haciendo un estudio del suelo previo a alguna medición directamente en los animales (ej.: concentración de Se en suero sanguíneo) . En éste sentido, Ramírez Bribiesca ha estudiado dos áreas distintas del altiplano mexicano, ámbas durante el periodo seco y el de lluvias. Fue posible exponer la correlación existente entre la calidad de la pastura en cuanto al Se y las condiciones del mismo en los animales del estudio. En caprinos (la especie en la que se enfocó el estudio antes mencionado) es posible encontrar correlación positiva en la presentación de signos clínicos de la enfermedad del músculo blanco y las condiciones de la pastura que éstos animales consumían. Una deficiencia de Se existente desde el forraje, se verá reflejada en el estado del Se en los animales que se encuentran en pastoreo sin ningún tipo de

suplementación anexa. Encontrándose así signos clínicos de la enfermedad de músculo blanco en cabritos, o resultados clínicos exponiendo la deficiencia del mineral en los cabritos y las madres (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2001a).

Una etapa crítica con respecto a la disposición de Se, es la gestación y posteriormente la lactancia. En donde las hembras transfieren éste elemento al feto a través de la placenta, y a su descendencia por medio de la leche. En rumiantes, la transferencia placentaria de Se se prioriza sobre la disposición del mismo, en éste caso, el organismo de una madre deficiente en el elemento para sus funciones propias, independientemente de éste hecho proporcionará el Se del que dispone al feto (Koller *et al.*, 1984).

La deficiencia de Se al nacimiento y el padecimiento de la enfermedad del músculo blanco es una de las principales causas de mortalidad en cabritos, algunos de estos animales pueden presentar arresto cardiaco inducido por el estado de la musculatura del corazón a causa de la deficiencia de Se; por otra parte, un bajo peso al nacimiento y una pobre ganancia del mismo durante la lactancia, pueden atribuirse a dos factores importantes, igualmente relacionados a la deficiencia del mineral. En las madres deficientes de Se durante la gestación, como se ha mencionado con anterioridad, ceden el Se con el que cuentan a sus crías, independientemente de la necesidad existente en su propio organismo. Los cabritos nacidos de madres deficientes en Se serán así mismo deficientes en el mineral, y más susceptibles a desarrollar las enfermedades relacionadas. La falta de vigor en el neonato, así como la baja ganancia de peso durante la lactancia pueden ir de la mano con la deficiencia de Se, una madre deficiente en el mineral, producirá leche igualmente deficiente; y una cría no vigorosa tendrá dificultad para amamantar adecuadamente (Ramírez-Bibriesca *et al.*, 2001-B).

### 3.8.3.- *Suplementación.*

Como parte de la dieta, el Selenio es necesario principalmente por su asociación a las llamadas selenoproteínas, cuya síntesis se ve detenida toda vez que la disposición de Se es limitada (Driscoll, 2003). Con respecto a la producción y salud animal, tomando en cuenta el impacto productivo que una deficiencia de Se puede causar, se considera la suplementación del mismo como una opción.

La suplementación de Se se puede lograr mediante la incorporación de premezclas en la dieta, agua, suplementos minerales, bolos intraruminales y soluciones inyectables (Abd Elghany *et al.*, 2010).

En humanos, estudios han registrado que la suplementación con Se a personas deficientes, a la larga mejorará la expectativa de vida media; disminuyendo patologías, y en general mejorando el vigor. En el caso de la suplementación en animales, particularmente en ovinos las revisiones destacan una importante disminución en la incidencia de la enfermedad del músculo blanco, un impacto positivo en el sistema inmune, mientras que la suplementación en las hembras se relaciona con el crecimiento fetal. Estudios hechos en ovejas suplementadas con Se, mostraron un aumento en la concentración del mismo en el líquido alantoideo, leche y calostro; y sus corderos tuvieron una mejor ganancia de peso en las primeras dos semanas de vida (Abd Elghany *et al.*, 2008; Castellan *et al.*, 1999).

En el caso de los caprinos, la suplementación ha demostrado un efecto positivo no sólo en los músculos estriados, sino también en órganos internos como rumen e intestinos; ocasionando así el apoyo a la fermentación y con ello una mejora en la digestión. De forma similar al caso en ovinos, con la suplementación con Se en caprinos es destacable una disminución en la incidencia de la enfermedad del músculo blanco y una mejora en la ganancia de peso en los animales (Samo *et al.*, 2018).

Durante en periodo de lactancia se ha observado mejora en la calidad de la leche obtenida de hembras suplementadas con Se, con respecto al contenido de materia seca y proteínas como las caseínas y lactosa; así mismo, un aumento en la producción láctea del animal. Éstos resultados son atribuidos más que nada a la mejora en la condición general del animal, y la ganancia de peso de éste, lo cual promueve que su producción sea mejor (Krzyżewski *et al.*, 2014).

---

## **4.- OBJETIVOS**

### **4.1.- General**

Estudiar el efecto de la suplementación con selenio, sobre la calidad de las relaciones madre-cría y la sobrevivencia del cabrito durante la lactancia.

### **4.2.- Particulares**

1. Evaluar la motivación materna en las primeras 2 horas postparto en cabras suplementados o no con selenio.
2. Evaluar la vitalidad del cabrito durante las primeras 2 horas de nacido, proveniente de madres suplementados o no con selenio.
3. Evaluar la capacidad de formación de vínculo selectivo a las 2 horas postparto en cabras suplementadas o no con selenio.
4. Evaluar la tasa de sobrevivencia hasta el destete y el efecto de la suplementación o no con selenio a las madres.

## **5. HIPÓTESIS**

Dado que el Selenio tiene un papel importante en las condiciones nutricionales de los rumiantes, se piensa que al suplementar a los animales con dicho mineral durante la gestación y en el postparto, se podrían mejorar la relaciones madre-cría, la vitalidad y por lo tanto la sobrevivencia del cabrito.

---

## 6.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1.- Animales, localización y condiciones de mantenimiento

El trabajo se realizará en el módulo de producción caprina de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se utilizarán 40 hembras caprinas adultas tipo lechero, pertenecientes al módulo de producción caprina de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Se realizará un diagnóstico de gestación para determinar a los animales positivos. Dichas cabras permanecerán en el mismo corral que aquellas cabras que resulten vacías.

Las hembras estarán alojadas en tres corrales, cuyas dimensiones de cada uno es 5m x 9m (45m<sup>2</sup>).

Las cabras serán alimentadas de acuerdo al manejo habitual del módulo de producción caprina de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. La dieta ofrecida se compondrá de Ensilado de Maíz (M.S. 21% y PC 8% y 34 Mcal/kg de energía); Heno de Avena (M.S. 31.0%, P.C. 10% y 90 Mcal/kg de energía); y un Concentrado comercial balanceado con un contenido de P.C. del 18%. Los animales tendrán libre acceso a agua.

### 6.2.- Proceso experimental

#### 6.2.1.- Grupos experimentales

Se realizó un diagnóstico de gestación para determinar a los animales positivos. Posteriormente dichos animales fueron asignados a dos grupos de estudio, homogeneizándolos por edad y condición corporal. Los grupos fueron:

- **Grupo testigo (N=11).** Animales alimentados con el 100% de sus requerimientos nutricionales (NRC, 200).
- **Grupo Selenio (N=5).** Además de la dieta suministrada que la del grupo testigo, a las cabras se les administrará Selenio de forma parenteral a una dosis de 0.25 mg/kg de peso con dos aplicaciones aproximadamente 15 días antes y después del parto.

#### 6.2.2. Observaciones durante las primeras horas postparto

Este proceso se realizará de manera similar al reportado por Freitas de Melo et al., 2017. Una vez que inicie el primer parto se hará la supervisión continua del rebaño de hembras, la cual se hará con observadores entrenados ubicados a 5-7 m de cada cabra (una distancia

suficiente para evitar perturbar el comportamiento normal de los animales) hasta el parto. Cuando comience un nacimiento, los comportamientos de la cabra se registraron continuamente durante aproximadamente 2 h. En esta observación se registrará: a) La duración de la segunda etapa del parto, desde la aparición de las patas delanteras o traseras del feto, hasta la expulsión completa del cabrito. b) Latencia del nacimiento, tiempo desde que aparece la bolsa amniótica hasta que la cría expulsada completamente. c) Latencia de lamer a la cría, tiempo en que por primera vez la cabra lame al cabrito. d) Duración del primer lamido, el tiempo durante el cual la cabra lame en un primer episodio al cabrito. e) Latencia de la cría en intentar pararse, tiempo en que por primera vez la cría intenta ponerse de pie. f) Latencia de la cría en ponerse de pie, tiempo que tarda por primera vez la cría en ponerse en una posición erguida en las piernas extendidas durante al menos 5 segundos continuos. g) Latencia del primer amamantamiento, tiempo en que por primera vez el cabrito haga una succión durante al menos 5 segundos continuos. h) Duración de la primera succión, tiempo total empleado por los cabritos en succionar por primera vez. i) El número de vocalizaciones de la madre y la cría desde el nacimiento hasta la primera succión.

#### *6.2.3.-Temperatura y peso corporal del cabrito.*

Después de finalizar la observación postparto, al cabrito se le medirá las temperaturas rectal y superficial en la piel en la zona interescapular y del cuello. A partir de entonces, los cabritos serán identificados y pesados, así como se registrará el sexo de los mismos.

#### *6.2.4.- Prueba de selectividad materna.*

Se realizará una prueba de selectividad materna aproximadamente 2 h después del nacimiento en un corral de 2 m × 2 m colocado cerca del corral donde las cabras tengan su parto. Cada madre será sometida a dos fases sucesivas de 3 minutos cada una, en una se probará con su cría y en la otra con una cría ajena de edad y aspecto físico similar (color y tamaño). Durante cada fase se registrarán los siguientes comportamientos en la cabra: (1) frecuencia de balidos altos y bajos; (2) frecuencia de aceptaciones a la ubre (número de veces que el cabrito acerque su cabeza en la región inguinal de la madre, sin cualquier signo de rechazo por parte de la madre), (3) frecuencia de rechazo en la ubre (número de veces que, la cría intente acercarse a la ubre y sea rechazado por la madre), (4) comportamientos agresivos hacia el cabrito (cabezazos y amenazas), (5) También se

registrará el tiempo cerca de la ubre (tiempo que pase el cabrito cerca de la a ubre, durante al menos 5 s continuos (Poindron et al., 2010).

### **6.3.- Análisis estadístico**

Se utilizará una prueba de U de Mann Whitney para comparar el efecto de la suplementación del selenio. Adicionalmente se utilizará una prueba de Wilcoxon para comparar el comportamiento de las cabras en la prueba de selectividad cuando fueron expuestas a una cría ajena versus una cría propia. Se utilizará una prueba de Pearson para comparar la proporción de crías que sobrevivan entre los dos grupos. Finalmente se utilizará una prueba de t student para comparar el efecto del selenio sobre el peso y temperatura corporal de las crías Toda la información estadística será analizada en el programa SYSTAT 13.0.

---

## 7.- RESULTADOS

### 7.1.- Observaciones durante las primeras horas postparto.

#### 7.1.1- Comportamiento de las madres al parto.

La duración del parto no difirió entre los grupos de madres suplementadas con Selenio y testigo (Tabla 1,  $P = 0.517$ ). Similarmente no se encontraron diferencias significativas entre los grupos testigo y Selenio en la latencia de las madres en ponerse de pie después del parto ( $P = 0.379$ ), ni en y la latencia de las madres en limpiar a la cría después del parto ( $P = 0.327$ , Tabla 1).

La duración del primer lamido no difirió entre los grupos testigo versus Selenio ( $P = 0.606$ , Tabla 1). Tampoco se encontraron diferencias en el número de vocalizaciones que emitieron las madres hasta el primer amamantamiento, entre los grupos de madres testigo y suplementadas con Selenio ( $P = 0.346$ , Tabla 1).

**Tabla 1. Conductas (media  $\pm$  e.e.) registradas durante las primeras 2 h postparto a cabras pertenecientes a los grupos testigo y suplementadas con Selenio al final de la gestación.**

	Testigo (n=11)	Selenio (n=5)	Valor de P
Duración del parto (s)	565.2 $\pm$ 175.4	72.0 $\pm$ 466.3	0.51
Latencia de levantarse después del parto (s).	150.3 $\pm$ 70.4	48.0 $\pm$ 44.0	0.37
Latencia de lamer a la cría (s).	82.7 $\pm$ 53.2	105.2 $\pm$ 44.9	0.32
Duración del primer lamido (s).	142.2 $\pm$ 32.4	128.5 $\pm$ 24.2	0.60
Número de vocalizaciones hasta el primer amamantamiento.	191.3 $\pm$ 89.2	37.0 $\pm$ 5.6	0.36

### *7.1.2.- Proporciones de por tipo de parto y posición para parir de las cabras*

Cuando se comparó la proporción de cabras que parieron de pie o echadas, entre el grupo testigo versus Selenio se encontró lo siguiente: en el grupo testigo 5 de las 11 cabras parieron echadas, mientras que en el grupo Selenio 2 /5 cabras parieron echadas. No se encontraron diferencias significativas entre esas proporciones ( $P > 0.49$ ).

### *7.1.3.- Comportamiento de las crías al parto*

En el caso de los comportamientos registrados en las crías, la latencia de intentar pararse, así como la latencia de los cabritos en mantenerse de pie, no difirió entre los nacidos de las madres suplementadas con Selenio versus los del grupo testigo ( $P \leq 0.877$ , Tabla 2).

Por su parte en la latencia de los cabritos en amamantar y la duración del primer amamantamiento no se encontraron diferencias significativas entre los cabritos nacidos de las madres de los grupos testigo versus suplementadas con Selenio (Tabla 2,  $P \leq 0.856$ ).

Así mismo el número de vocalizaciones que emitieron los cabritos hasta el primer amamantamiento no difirió entre las crías de las madres suplementadas con Selenio y las de madres del grupo testigo ( $P = 0.630$ , Tabla 2).

**Tabla 2. Conductas (media  $\pm$  e.e.) registradas durante las primeras 2 h postparto en las crías nacidas de cabras de los grupos testigo y suplementadas con Selenio al final de la gestación.**

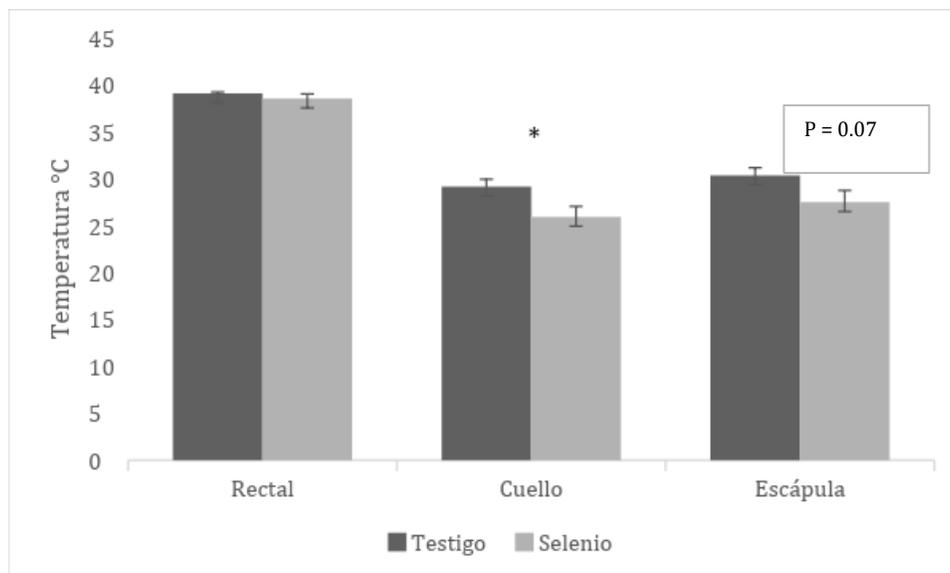
	<b>Testigo (n=23)</b>	<b>Selenio (n=10)</b>	<b>Valor de P</b>
Latencia de intentar pararse (s)	675.7 $\pm$ 121.9	480.0 $\pm$ 104.3	0.37
Latencia de estar de pie (s).	1,876.6 $\pm$ 351.0	1,573.3 $\pm$ 269.4	0.87
Latencia de amamantar (s)	4,053.3 $\pm$ 674.0	2,940.0 $\pm$ 334.8	0.85
Duración del primer amamantamiento (s)	80.0 $\pm$ 15.3	80.0 $\pm$ 10.0	0.47
Número de vocalizaciones hasta el primer amamantamiento	43.1 $\pm$ 8.5	37.7 $\pm$ 10.9	0.63

*7.1.4- Temperatura y peso corporal de los cabritos a las primeras 2 horas de nacidos.*

Los cabritos nacidos de las madres suplementadas con Selenio mostraron una temperatura del cuello significativamente menor que los nacidos de las madres del grupo testigo (P = 0.027, Figura 1).

Similarmente se encontró que la temperatura de la escápula tendió a ser menor en los nacidos de las madres a las que se les suplementó con Selenio que los nacidos de las madres testigo (P = 0.074, Figura 1).

Por su parte la temperatura rectal de los cabritos no difirió entre los nacidos de madres del grupos testigo y las suplementadas con Selenio (P = 0.155, Figura 1).

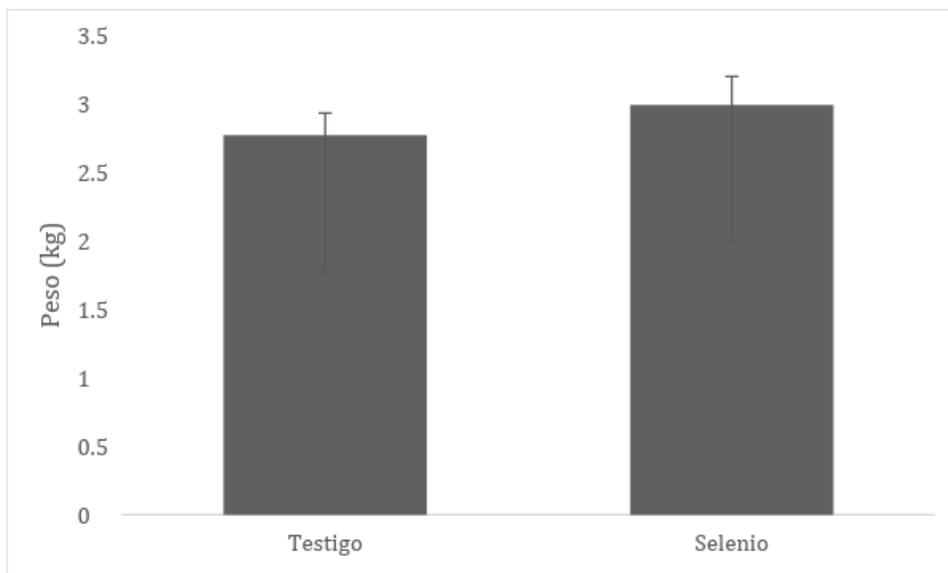


**Figura 1.** Temperaturas (media  $\pm$  e.e.) rectal y superficial en la piel de la zona interescapular y del cuello, de cabritos nacidos de madres de los grupos testigo y las suplementadas con Selenio al final de la gestación. \* indica diferencias significativas entre grupos (P=0.027).

El peso al nacimiento de los cabritos no mostró diferencias significativas entre los nacidos de las madres de los grupos testigo versus los de las madres suplementadas con Selenio (P = 0.450, Figura 2).

#### *7.1.5- Supervivencia de las crías desde el nacimiento hasta el destete.*

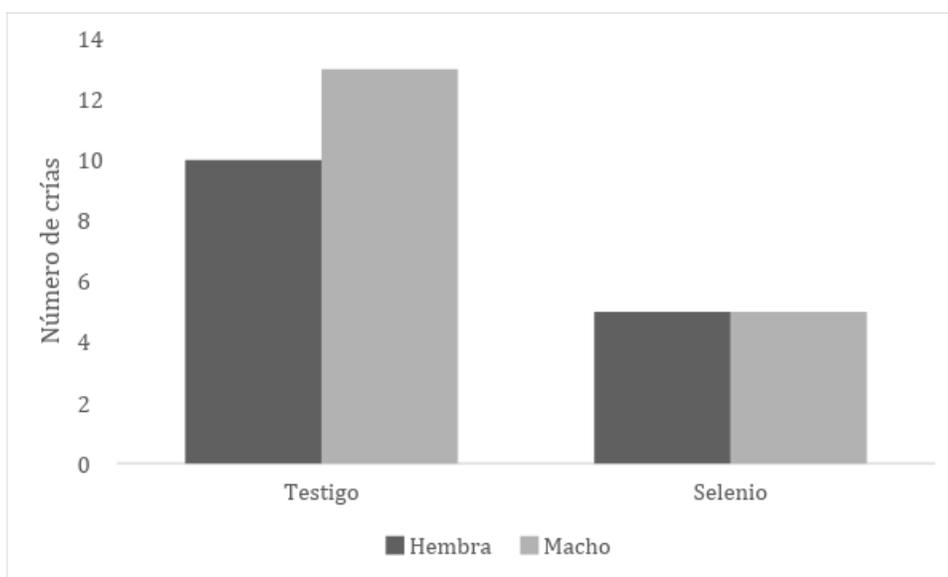
Con respecto a la supervivencia durante la lactancia, se registraron seis bajas en total, cuatro de los cabritos pertenecientes a las madres testigo, y dos de ellos, crías de las madres suplementadas con Selenio.



**Figura 2.** Peso corporal (media  $\pm$  e. e.) de los cabritos nacidos de madres de los grupos testigo y las suplementadas con Selenio al final de la gestación. No hubo diferencias entre grupos ( $P>0.05$ ).

#### 7.2.- Proporción de crías por sexo

Se reporta que la proporción de cría nacidas por tipo de sexo no difirió entre grupos ( $P=0.15$ , Figura 3). De esta manera se encontró que el grupo testigo nacieron 10 crías macho y 13 crías hembra. En tanto que las cabras del grupo selenio tuvieron 5 crías macho y 5 crías hembra.



**Figura 3.** Proporción de crías nacidas por tipo de sexo en las cabras pertenecientes al grupo testigo o selenio. No hubo diferencias entre grupos en dicha proporción ( $P>0.05$ ).

### 7.3.- Prueba de selectividad materna

#### 7.3.1.- Comparaciones entre grupos

Se encontró que las conductas mostradas por las cabras ante la presencia de la cría propia o la cría ajena no difirieron entre los grupos testigo versus Selenio ( $P > 0.05$ , Tabla 3).

#### 7.3.2.- Comparaciones dentro del mismo grupo

**CABRAS SUPLEMENTADAS CON SELENIO:** Se encontró que estas cabras emitieron más balidos bajos en presencia de la cría ajena, que en presencia de la cría propia ( $P = 0.04$ , Tabla 3). Las hembras tendieron a permitir más tiempo cerca de la ubre a la cría propia que a la ajena ( $P = 0.06$ ). Asimismo las madres tendieron a permitir mayor frecuencia de aceptaciones a la ubre a la cría propia que a la cría ajena ( $P = 0.066$ ). Finalmente tendieron a realizar en mayor frecuencia de conductas agresivas a la cría ajena que a la propia ( $P = 0.10$ , Tabla 3).

**CABRAS TESTIGO:** Las cabras a las que no se les administró suplemento o cabras testigo tendieron a emitir más balidos bajos en presencia de la cría ajena que la propia ( $P = 0.10$ , Tabla 3). Las madres de este grupo permitieron a sus crías permanecer más tiempo cerca de la ubre, que a las crías ajenas ( $P = 0.003$ ). Por lo que tuvieron mayor frecuencia en aceptar a la ubre a la cría propia, que a la ajena ( $P = 0.011$ ). Y por lo tanto tendieron a realizar más rechazos al acercarse a la ubre, a la cría ajena que a la propia ( $P = 0.066$ ). Finalmente las cabras testigo realizaron mayores agresiones a la cría ajena que a la propia ( $P = 0.05$ , Tabla 3).

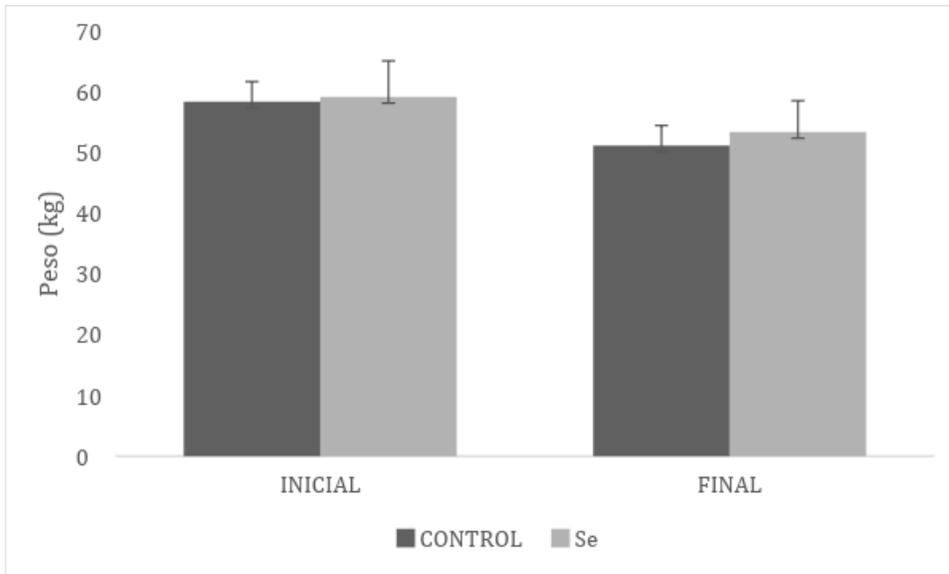
**Tabla 3. Conductas (media  $\pm$  e.e.) registradas durante la prueba de selectividad realizada a las 2 horas postparto en cabras de los grupos testigo y suplementadas con Selenio al final de la gestación.**

	Testigo (n=11)		Selenio (n=5)	
	Cría propia	Cría ajena	Cría propia	Cría ajena
Número de balidos bajos	22.27 $\pm$ 6.030	37.727 $\pm$ 8.320	12.800 $\pm$ 4.673 <sup>a</sup>	29.200 $\pm$ 4.872 <sup>b</sup>
Número de balidos altos	0.273 $\pm$ 0.273	13.909 $\pm$ 9.876	1.800 $\pm$ 1.800	1.000 $\pm$ 1.000
Tiempo cerca de la ubre	70.091 $\pm$ 15.321 <sup>a</sup>	9.636 $\pm$ 5.082 <sup>b</sup>	38.200 $\pm$ 13.048	2.000 $\pm$ 2.000
Número de rechazos a la ubre	0.000 $\pm$ 0.000 <sup>a</sup>	1.273 $\pm$ 0.895 <sup>b</sup>	0.000 $\pm$ 0.000	0.400 $\pm$ 0.245
Número de aceptaciones a la ubre	2.182 $\pm$ 0.553 <sup>a</sup>	0.455 $\pm$ 0.207 <sup>b</sup>	1.800 $\pm$ 0.663 <sup>a</sup>	0.200 $\pm$ 0.200 <sup>b</sup>
Número de conductas agresivas	0.000 $\pm$ 0.000 <sup>a</sup>	0.455 $\pm$ 0.207 <sup>b</sup>	0.000 $\pm$ 0.000	2.000 $\pm$ 1.095

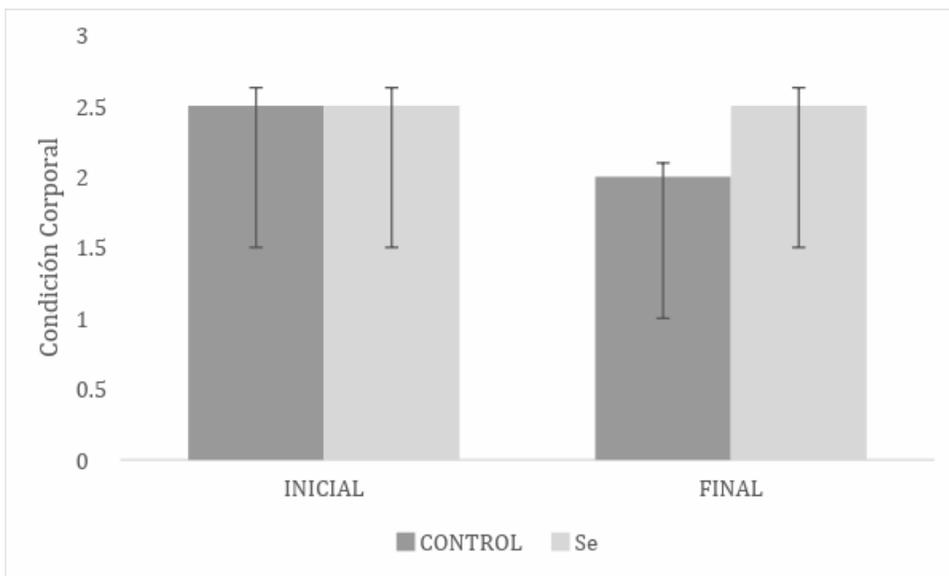
Superíndices <sup>a</sup> y <sup>b</sup> señalan diferencias significativas entre las conductas con la cría propias versus la ajena dentro de un mismo grupo (Wilcoxon, P <0.05). Duración de la prueba 3 minutos con cada cría, presentada de forma sucesiva.

#### 7.4.- Peso y condición corporal de las cabras antes y después del parto

El peso (Figura 4) y la condición corporal (Figura 5) de las cabras antes y después del parto no difirió entre las del grupo Selenio y las testigo (P>0.05).



**Figura 4.-** Peso corporal (media  $\pm$  e.e.) de las cabras antes y después del parto, que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación. (No se encontraron diferencias significativas entre grupos (t student,  $P>0.05$ )).



**Figura 5.-** Condición corporal (media  $\pm$  e.e.) de las cabras antes y después del parto que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación. (No se encontraron diferencias significativas entre grupos (t student,  $P>0.05$ )).

---

## 8.- DISCUSIÓN

Considerando nuestra hipótesis sobre la suplementación con Selenio en caprinos y dada la importancia que tiene éste mineral como parte de las condiciones nutricionales en rumiantes; se pensó que dicha suplementación durante la gestación y el postparto tendría un impacto positivo en las relaciones madre-cría, la vitalidad y con ello la supervivencia del cabrito.

### 8.1.- Comportamiento de las madres al parto

No se encontraron diferencias en la latencia de limpieza de la cría entre las cabras a las que se les suplementó con Selenio versus las testigo. Esto significa que dicha suplementación no tiene más impacto positivo que el ya provisto por una adecuada nutrición durante la gestación sobre la conducta materna en cabras. Ya que es importante recordar que las cabras controles tuvieron acceso a una dieta que cubrió sus requerimientos nutricionales durante esa etapa de la gestación (NRC, 2007). En estudios previos hemos demostrado que cuando la cabra tiene acceso a una dieta que cubre el 100% de sus requerimientos puede manifestar su comportamiento materno en periodo periparto (Terrazas *et al.*, 2009); Ramírez-Vera *et al.*, 2012 a, b). Es la nutrición adecuada la que permite una oportuna caída de la progesterona y un incremento en el estradiol (Dwyer *et al.*, 2003; Terrazas *et al.*, 2012) Lo que favorece la expresión de la conducta materna (Poindron y Le Neindre, 1980).

De esta manera se pudo observar que la latencia de limpieza a la cría es muy similar a la reportada en cabras en condiciones estabuladas con una dieta que cubría el cien por ciento de sus requerimientos durante la gestación (Terrazas *et al.*, 2009).

Similarmente no hubo diferencia significativa en la latencia para levantarse en aquellas cabras que parieron echadas, ni en el número de vocalizaciones emitidas por la madre durante el postparto entre las cabras del grupo testigo y las suplementadas con Se. Estos resultados sugieren que tanto la motivación materna como el inicio y desarrollo de las conductas maternas hacia la cría no presentan efectos perceptibles a la suplementación con Se con respecto a la etología de dicha etapa fisiológica.

### 8.2.- Comportamiento de las crías al parto

Al nacimiento, diversos factores relacionados con la vitalidad influyen en la supervivencia de las crías, similarmente éstos factores intrínsecos, son afines a la capacidad del neonato precocial para expresar una conducta adecuada al nacimiento, que de la misma forma afectará positivamente su capacidad de supervivencia (Nowak y Poindron, 2006). De manera similar al comportamiento de la madre, se encontró que la vitalidad de la cría durante la observación de las primeras dos horas posparto no difirió entre las crías provenientes de las madres testigo y madres suplementadas. Sin embargo se observa que la vitalidad de la cría en ambos grupos es adecuada y por lo tanto puede favorecer la supervivencia (Ramírez-Vera *et al.*, 2012a). También se pudo observar que la latencia de intentar pararse así como la de mantenerse de pie de las crías es muy similar a la reportada en crías de madres mantenidas en estabulación con un mínimo de estresores durante el periodo de gestación (Baxter *et al.*, 2016)

El peso al nacimiento es de igual forma un factor importante para determinar la supervivencia de las crías. Con un rango de medias entre 2.5 y 3 kg de peso al nacimiento entre las crías de las madres del grupo testigo y las crías de las madres suplementadas con Se respectivamente, lo cual sumado a la baja incidencia de mortalidad en los cabritos durante el estudio; determina que nuestros resultados son consistentes con los reportados sobre el índice de mortalidad y su relación al bajo peso en las crías (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2001), concluyendo para ésta variable que tanto en los cabritos de las madres testigo así como en los cabritos de las madres suplementadas con Se no se encontró un impacto distintivo entre los pesos de ambos, y de ésta forma la supervivencia de las crías no se vio afectada.

### 8.3.- Temperatura y peso corporal del cabrito

El peso al nacimiento es de igual forma un factor importante para determinar la supervivencia de las crías. Con un rango de medias entre 2.5 y 3 kg de peso al nacimiento entre las crías de las madres del grupo testigo y las crías de las madres suplementadas con Se respectivamente, lo cual sumado a la baja incidencia de mortalidad en los cabritos durante el estudio; determina que nuestros resultados son consistentes con los reportados sobre el índice de mortalidad y su relación al bajo peso en las crías (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2001), concluyendo para ésta variable que tanto en los cabritos de las madres testigo así

como en los cabritos de las madres suplementadas con Se no se encontró un impacto distintivo entre los pesos de ámbos, y de ésta forma la supervivencia de las crías no se vio afectada.

#### 8.4.- Selectividad Materna

En el presente trabajo se exploró el papel de la suplementación con Selenio en cabras al final de la gestación y en el posparto, los resultados demuestran que esa suplementación no tuvo un impacto importante en las relaciones madre-cría. Ya que tanto las cabras del grupo testigo, como las suplementadas con Se mostraron una conducta adecuada durante las primeras horas después del parto y establecieron su comportamiento selectivo a las dos horas posparto, mostrando una discriminación selectiva correcta entre la cría propia y la ajena conforme a las conductas consideradas dentro de la prueba de selectividad, resultados que concuerdan con lo descrito en la literatura (Romeyer y Poindron, 1992; Gubernick, 1980).

Tanto las madres testigo como las suplementadas con Se, tendieron a permitir el acercamiento de la cría propia, y sus conductas agresivas fueron dirigidas a la cría ajena, conductas que se registraron durante el tiempo de la prueba, comportamientos tales que confirman la correcta selectividad y el establecimiento del vínculo materno filial (Terrazas *et al.*, 2009) y en cabras malnutridas y complementadas con maíz en los últimos 12 días de gestación (Ramírez-Vera *et al.*, 2012 b).

De forma general, los resultados obtenidos no apoyan la hipótesis propuesta principalmente por que los resultados fueron globalmente similares entre ambos grupos. Sin embargo cabe mencionar que así mismo, es posible considerar que no existe entonces un efecto negativo en las relaciones madre-cría a la suplementación con Se en caprinos.

---

## 9.- CONCLUSIONES

Se considera cumplido el objetivo general de estudiar el efecto de la suplementación con Selenio, sobre la calidad de las relaciones madre-cría y la sobrevivencia del cabrito durante la lactancia, ya que fue posible recabar información, analizarla y debatirla a lo largo del presente trabajo de investigación.

En cuanto a los objetivos particulares, tanto las madres testigo como las del grupo suplementado con Selenio demostraron una motivación materna en las primeras 2 horas postparto sin diferencia significativa en los patrones conductuales entre los grupos estudiados.

Por otra parte, los cabritos nacidos de ambos grupos fueron capaces de realizar el comportamiento esperado sin ninguna diferencia remarcable entre grupos.

Tanto las cabras del grupo testigo y las suplementadas con Selenio, presentaron una capacidad de formación del vínculo materno-filial con resultados similares entre ambos grupos, y concordantes con la literatura.

La suplementación o no con Selenio, no afectó la tasa de sobrevivencia de los cabritos hasta el destete.

---

## 10.- REFERENCIAS

Abd Elghany, H., López-Arellano, A.E., Revilla-Vázquez, R., Ramírez-Bribiesca, A., Tórtora-Pérez, J. L.; 2008. Effect of pre- and postpartum selenium supplementation in sheep. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7; pp 61–67.

Abd Elghany, H., Tórtora-Pérez, J. L.; 2010. The importance of selenium and the effects of its deficiency on animal health. *Small Ruminants Research*, 89; pp 185-192.

Acosta, Leonardo; *El Selenio*; Sitio Argentino de Producción Animal; Argentina, 2007.

Alexander, G., Stevens, D. y Bradley, L. R. 1988. Maternal behavior in ewes following cesarean section. *Applied Animal Ethology*, 19; pp 273-277.

Andrade Montemayor, H.M.; *Producción de Caprino en México*; Memorias del VIII Foro nacional del Caprino; IGA; México, 2017.

Andrade M., H. M.; 2017. *Producción de caprino en México*. Tierras Caprino no.18. México; pp 24-27.

Arthur, J. R.; 1991. The role of Selenium in thyroid hormone metabolism. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 69. 1648-1652.

Axley, M. J., Böck, A., Stadtman, T. C.; 1991. Catalytic properties of an *Escherichia coli* formate dehydrogenase mutant in which sulfur replaces selenium. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 88; pp 8450–8454.

Baxter, E. M., Mulligan, J., Hall, S. A., Donbavand, J. E., Palme, R., Aldujaili, E., Dwyer, C. M.; 2016. Positive and negative gestational handling influences placental traits and mother-offspring behavior in dairy goats. *Physiology & Behavior*, 157, 129–138.

- Berry, M. J., Banu, L. y Larsen, P. R.; 1991. *Nature (London)*, 349; pp 438-440.
- Boyazoglu, J., Hatziminaoglou, I., Morand-Fehr, P.; 2005. The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future. *Small Ruminant Research* 60; pp 13-23.
- Brown, R. Z.; 1953. Social behavior, reproduction, and population changes in the house mouse. *Ecology Monograph*, 23; pp 217-240.
- Cantu B., J. E.; 2008. *Zootecnia de ganado caprino*. Editorial Trillas. México, D.F.; pp 304.
- Castellan, D.M., Mass, J.P., Gardner, I.A., Oltejen, J.W., Sween, M.L.; 1999. Growth of suckling beef calves in response to parenteral administration of selenium and the effect of dietary protein provided to their dams. *Journal of the American Veterinary Medicine Association*, 214; pp 816–821.
- Clutton-Brock, T. H.; 1991. *The Evolution of Parental Care*. Princeton University Press; pp 352.
- Clutton-Brock, J. 1999. *The Natural History of Domesticated Mammals*. Cambridge University Press and British Museum (Natural History), Cambridge. UK.
- Cuellar O., J. A.; Tórtora P., J., *et al*; 2012. La producción caprina mexicana, particularidades y complejidades. UNAM FES-Cuautitlán, SAGARPA. México; pp 183.
- Cunningham, B. G.; 2014. *Textbook of Veterinary Physiology*, 5th edition. Elsevier Saunders; pp 439-449.
- Das, N., y Tomer, O. S. 1997. Time pattern on parturition sequences in Beetal goats and crosses: Comparison between primiparous and multiparous does. *Small Ruminant Research*, 26; pp 157-161.

Devendra C. 1980. Potential of sheep and goats in less developed countries. *J. Anim. Sci.* 51: 461- 473.

Dorantes, C. E. J., Torres, H. G., Castañeda, B. V. J., Hernández, M. O., Gallegos, S. J., Becerril, P. C. M. y Rojo, R. R.; 2012. Limitantes socioeconómicas de los sistemas de producción caprina en el sur del Estado de México. *AICA* (2); pp 333-336.

Driscoll, D. M., Copeland, P. R.; 2003. Mechanism and regulation of selenoprotein synthesis. (2003). *Annual review of nutrition*, doi:10.1146/annurev.nutr.23.011702.073318

Ducoing W., A. Situación de la caprinocultura en México. *Memorias del Curso Avances sobre la alimentación de la cabra lechera. AMENA, Querétaro. 2005.*

Dwyer, C.M., Lawrence, A.B. 2005. A review of the behavioural and physiological adaptations of extensively managed breeds of sheep that favour lamb survival. *Applied Animal Behavior Science* 92; pp 235-260.

Dwyer, C. M, Lawrence, A. B., Bishop, S. C. y Lewis, M. 2003. Ewe-lamb bonding at birth are affected by maternal undernutrition at pregnancy. *British Journal of Nutrition*, 89; pp 123-136.

Dwyer, C. M., McLean, K. A., Deans, L. A., Chirnside, J., Calvert, S. K. y Lawrence, A.B. 1998. Vocalizations between mother and young in sheep. Effects of breed and maternal experience. *Applied Animal Behaviour*, 58; pp 105-119.

Escareño-Sánchez, L. M., Wurzinger, M., Pastor, L. F., Salinas, H., Sölkner, J. y Iñiguez, L.; 2011. La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la comarca lagunera, en el Norte de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Volumen XVII, Edición Especial*; pp 235-246

Flohé, L., & Harris, J. R.; 2007. *Peroxiredoxin systems : structures and functions.* Dordrecht : Springer, 2007.

Flohé. L.; 1989, The selenoprotein glutathione peroxidase. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Food and Agricultural Organization, F., 2016. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma.

García y González, E., Cuellar, A., Hernández, H., Nandayapa, E., Álvarez, L., Tórtora, J., & Terrazas, A. 2015. Research: Maternal experience in Romanov sheep impairs mother-lamb recognition during the first 24 hours postpartum. *Journal Of Veterinary Behavior: Clinical Applications And Research*, 1066-72. doi:10.1016/j.jveb.2014.08.008

Guerrero C., M. M.; 2010. La Caprinocultura en México, una estrategia de Desarrollo. *RUDICS*, vol.9. No. 17 Julio-Diciembre. UNAM. México.

González-Mariscal, G., Diaz-Sanchez, V, Melo, A. I., Beyer,C., y Rosenblatt, J. S. 1994. Maternal behavior in New Zealand white rabbits: Quantification of somatic events, motor patterns, and steroid plasma levels. *Physiology and Behavior*, 55; pp 1081-1089.

Gonzalez-Mariscal, G., Melo, A. I., Chirino, R., Jimenez, P., Beyer, C., y Rosenblatt, J. S. 1998. Importance of mother/young contact at parturition and across lactation for the expression of maternal behavior in rabbits. *Dev Psychobiology*, 32; pp 101-111.

González-Mariscal, G.; Poindron ,P. 2002. Parental care in mammals: immediate internal and sensory factors of control. In Pfaff, D. W., Arnold, A. P., Etgen, A. M., Farhfbach, S. E., Rubin, R. T. (Eds.), *Hormones, Brain and Behaviour*, vol. 1. Academic Press, New York, pp 215-298.

Goodenough, J, McGuire, B. y Wallace, R. A. 1993. *Perspectives on Animal Behavior*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Gubernick, D.J., 1980. Maternal “imprinting” or maternal “labelling” in goats. *Animal Behavior*, 28; pp 124–129.

Hermosillo C., Miguel Antonio; Use of Selenium in sheep; *Abanico Veterinario*; México, 2013; 3(1); pp 44 – 54.

Hernández, H. J., Camacho, R. J. C., Franco, G. F., García, S. F., Romero, C. Salvador, S., Villareal, E. B. O.; 2013. La unidad de producción familiar caprina: promotora del avance socioeconómico en la mixteca poblana, México. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 5 (2); pp 358-365.

Herscher, L., Richmond, J.B., Moore, A.U., 1963. Maternal behavior in sheep and goats. In: Rheingold, H.L. (Ed.), *Maternal Behavior in Mammals*. John Wiley and Sons Inc., New-York, pp. 203–232.

Jensen, P. 2009. *The ethology of domestic animals, 2nd edition an introductory text*. Modular Texts; pp 161-174.

Kendrick, K. M. 2001. Sex differences in the influence of mothers on the sociosexual preferences of their offspring. *Hormones and Behavior* 40; pp 322-338.

Koller, L.D., Whitbeck, G.A., South, P.J.; 1984. Transplacental transfer and colostrums concentrations of selenium in beef cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 45; pp 2507–2510.

Krzyżewski, J., Bagnicka, E., & Horbańczuk, J. O.; 2014. The effect of selenium supplementation to the diet of dairy cows and goats on production traits and animal health - a review. *Animal Science Papers & Reports*, 32(4); pp 283-299.

Le Jaouen, J. C.; 2002. Les grandes étapes de mutation de l'élevage caprin en France au XX siècle. *Ethnozootecnie* 70, pp 3-10.

Levy, E, Poindron, P., y Le Neindre, P. 1983. Attraction and repulsion by amniotic fluids and their olfactory control in the ewe around parturition. *Physiology and Behavior*, 31; pp 687-692.

Lévy, F., Keller, M., Poindron, P., 2004. Olfactory regulation of maternal behavior in mammals. *Horm. Behav.* 46, 284–302.

Lickliter, R. E. 1985. Behavior associated with parturition in the domestic goat. *Applied Animal Ethology*, 13; pp 335-345.

Mavrogenis, A., Sinapis, E.; 2003. A review on goat production in the East and South Mediterranean Region. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. European Association for Animal Production (EAAP) Publication no.99, pp 279-288.

Mellor, D.J., Stafford, K.J., 2004. Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *Veterinary Journal*. 168; pp 118-133.

Moore, R. W., Millar, C. M. y Lynch, P. R.; 1986. The effects of prenatal nutrition and type of birth and rearing of lambs on vigour, temperature and weight at birth, and weight and survival at weaning. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 46; pp 259–262.

Nowak, R., Porter R. H., Levy, F., Orgeur, P. y Schaal, B 2000. Role of mother-young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. *Reviews of Reproduction* 5, pp 153-163.

Nowak, R., Poindron, P., 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reproduction, nutrition, development*, 46, 431-446.

Nowak, R., Murphy, T.M., Lindsay, D.R., Alster, P., Andersson, R., Uvnäs-Moberg, K., 1997. Development of a preferential relationship with the mother by the newborn lamb: importance of the sucking activity. *Physiol. Behav.* 62, 681-688.

Nowak, R., Porter R. H., Levy, F., Orgeur, P. y Schaal, B; 2000. Role of mother-young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. *Reviews of Reproduction* 5, pp 153-163.

Numan, M., Fleming, A., Levy, F. 2006. CHAPTER 35 - Maternal Behavior, Editor(s): Jimmy D. Neill, Knobil and Neill's *Physiology of Reproduction* (Third Edition), Academic Press; pp 1921-1993, ISBN 9780125154000, <https://doi.org/10.1016/B978-012515400-0/50040-3>.

Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids. (2007). Washington, D.C. National Academies, c2007.

O'Brien, P. H. 1983. Feral goat parturition and lying-out sites: Spatial, physical and meteorological characteristics. *Applied Animal Behavior Science*, 10; pp 325-339.

Orona Castillo, I., Fortis Hernández, M., Gallegos Robles, M. Á., Salazar Sosa, E., & García Hernández, J. L.; 2014. Proyección económica de unidades representativas de producción caprina en la Comarca Lagunera, México.

Pfaff, D. W., Arnold, A. P., Fahrbach, S. E., Etgen, A. M., and Rubin, R. T. 2002. *Hormones, brain, and behavior*. Amsterdam, Academic Press.

Poindron, P., Otal, J., Ferreira, G., Keller, M., Guesdon, V., Nowak R., Lévy, F., 2010. Amniotic fluid is important for the maintenance of maternal responsiveness and the establishment of maternal selectivity in sheep. *Animal*. 4, 2057-2064.

Poindron, P., Soto, R., y Romeyer, A. 1997. Decrease of response to social separation in preparturient ewes. *Behavioral Processes* 40; pp 45-51.

Poindron, P., Le Neindre, P., 1980. Endocrine and sensory regulation of maternal behavior in the ewe. *Advances in the Study of Behavior* 11, 75-119.

Poindron, P., Keller, M., Lévy, F., 2007a. Maternal responsiveness and maternal selectivity in domestic sheep and goats: the two facets of maternal attachment. *Dev. Psychobiol.* 49, 54–70.

Poindron, P., Terrazas, A., Montes de Oca M., L., Serafin, N., Hernández, H., 2007b. Sensory and physiological determinants of maternal behavior in the goat (*Capra hircus*). *Hormones and Behavior* 52, 99-105.

Poindron, P., Gilling, G., Hernandez, H., Serafin, N., Terrazas, A., 2003. Early recognition of newborn goat kids by their mother: I. Nonolfactory discrimination. *Dev. Psychobiol.* 43, 82–89.

Pugh, D. and Baird, A. 2012. *Sheep and goat medicine. Second Edition.* Elsevier, U.K. pp 621.

Ramírez, B.J.E., Hernández, C.E., Hernández, C.L.M., Tórtora, P.J.; 2004. Efecto de un suplemento parenteral con selenito de sodio en la mortalidad de corderos y los valores hemáticos de Se. *Agrociencia.* 38; pp 43-51.

Ramírez, A., Quiles, A., Hevia, M., y Sotillo, E. 1995. Behavior of the Murciano-Granadina goat in the hour before parturition. *Applied Animal Behavioral Science*, 44; pp 29-35

Ramírez-Bribiesca, J. E., Tórtora, J. L., Huerta, M., Aguirre, A., Hernández, L. M.; 2001a. Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican plateau. *Small Ruminant Research*, 41; pp 81-85.

Ramírez-Bribiesca, J. E., Tórtora, J. L., Hernández, L. M., Huerta, M.; 2001b. Main causes of mortalities in dairy goat kids from the Mexican plateau. *Small Ruminant Research*, 41; pp 77-80.

Ramírez-Vera, S., Terrazas, A., Delgadillo, J.A., Serafín, N., Flores, J.A., M., E., Hernández, H., 2012a. Feeding corn during the last 12 days of gestation improved colostrum production and neonatal activity in goats grazing subtropical semi-arid rangeland. *Journal Animal Science* 20

Ramírez-Vera, S., Terrazas, A., Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Serafín, N., Vielma, J., Duarte, G., Fernández, I. G., Fitz-Rodríguez, G., Hernández, H.; 2012b. Inclusion of maize in the grazing diet of goats during the last 12 days of gestation reinforces de expression of maternal behaviour and selectivity during the sensitive period. *Livestock Science*, 148; pp 52-59.

Rider, M. L. 1984. *Evolution of Domesticated Animals*. Longman; pp 63-85.

Robinson J., Sinclair K. and Mcevoy T.; 1999. Nutritional effects on foetal growth. *Animal Science*, 68(2), 315-331. doi:10.1017/S1357729800050323

Romeyer, A., Poindron, P., 1992. Early maternal discrimination of alien kids by post-parturient goats. *Behav. Processes* 26, 103–112.

SAGARPA. 2018. Sistema de Información Agrícola y Pesquera SIAP. [www.sagarpa.gov.mx](http://www.sagarpa.gov.mx)

Samo, S. P., Malhi, M., Gadahi, J., Yan, L., Kaciwal, A. B., & Soomro, S. A.; 2018. Effect of Organic Selenium Supplementation in Diet on Gastrointestinal Tract Performance and Meat Quality of Goat. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(3); pp 995-1001. doi:10.17582/journal.pjz/2018.50.3.995.1003

Schwarz, K. y Foltz, C. M.; 1999. Selenium as an Integral Part of Factor 3 Against Dietary Necrotic Liver Degeneration. *Nutrition* vol.15, No.3; pp 254-256.

Sebe, F., Nowak, R., Poindron, P., Aubin, T., 2007. Establishment of vocal communication and discrimination between ewes and their lamb in the first two days after parturition. *Developmental psychobiology* 49, 375-386.

Sebe, F., Aubin, T., Boue, A., Poindron, P., 2008. Mother-young vocal communication and acoustic recognition promote preferential nursing in sheep. *The Journal of Experimental Biology* 211, 3554-3562.

Stadtman, T. C.; 2000. Selenium biochemistry, Mammalian selenoenzymes. *NY Academy of Science*, 899, pp 399–402.

St. Germain, D. L.; 2001. Selenium, deiodinases and endocrine function. *Departments of Medicine and of Physiology. Dartmouth Medical School. Lebanon. NH 03756. USA*

Terrazas, A., Serafín, N., Hernández, H., Nowak, R., Poindron, P., 2003. Early recognition of newborn goat kids by their mother: II. Auditory recognition and evidence of an individual acoustic signature in the neonate. *Developmental Psychobiology* 43, pp 311-320.

Terrazas, A.; Robledo, V.; 2009. Differential effects of undernutrition during pregnancy on the behaviour of does and their kids at parturition and on the establishment of mutual recognition. *Animal (3) 2. The Animal Consortium*; pp 294-306.

Terrazas, A., Nowak, R., Serafin, N., Ferreira, G., Levy, F., Poindron, P., 2002. Twenty-four-hour-old lambs rely more on maternal behavior than on the learning of individual characteristics to discriminate between their own and an alien mother. *Developmental Psychobiology* 40, pp 408-418.

Terrazas, A., Hernández, H., Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Ramírez-Vera, S., Fierros, A. Rojas, S. y Serafín, N.; 2012. Undernutrition during pregnancy in goats and sheep, their repercussion on mother-young relationship and behavioral development of the young. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (15), SUP 1; pp S161–S174.

Trejo González, Arturo Ángel; 2016. Los minerales y su importancia en la producción de leche caprina; Memorias del 8vo congreso internacional del borrego y la cabra; Universidad Nacional Autónoma de México; México.

Thomson AM & Thomson W.; 1949. Lambing in relation to the diet of the pregnant ewe. *British Journal of Nutrition* 2, 290–305.

Wade, G. N. and Schneider J. E.; 1992. Metabolic fuels and reproduction in female mammals. *Neuroscience and Biobehavioral reviews*, vol.16. Pergamon Press; pp 235-272.

Wollny, C., Wassmuth R., Meinecke-Tillman, S. and Dzapov, v.; 1986. Endocrine and enzyme activity and maternal effects in relation to lamb survival. In *Factors affecting the survival of newborn lambs* (ed. G. Alexander, J. D. Barker and J. Slee), pp 63-77. Commission of the European Communities, Luxembourg.