



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Posgrado de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

“Evaluación de los efectos de la suplementación con selenio sobre la actividad de amamantamiento y la producción de leche durante la lactancia, así como su relación con estrés por el destete *en cabras*”

Tesis para optar por el grado de:
Maestro en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal

PRESENTA

M.V.Z. Juan Carlos Martínez Ramírez.

TUTORA

Dra. Angélica María Terrazas García.
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

COMITÉ TUTORAL

Dr. Juan Pablo Damián Cabrera
Facultad de Veterinaria, Universidad de la República
Dr. Augusto César Lizarazo Chaparro
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

Cuautitlán Izcalli, Edo. México. Septiembre 2021



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.

Dedicatoria

A mis hijos Aura y Ángel a quienes espero poder servir de ejemplo a lo largo de su vida.

A mis padres Isabel y Francisco por su invaluable apoyo a lo largo de mi vida.

A mis amigos César, Raúl, James y Eduardo por los buenos ratos durante todos estos años.

A la UNAM y la FES Cuautitlán por darme la oportunidad de crecer entre sus muros y su gente.

A los profesores y compañeros que han estado presentes en mi vida académica.

A la Dra. Angélica por darme la oportunidad de trabajar con ella este proyecto y al Dr. Lizarazo y al Dr. Damián por apoyarnos a lo largo de este trayecto.

Al Maestro Jorge Muñoz y a la Maestra Juana Ortega (qepd), pues sin su apoyo y orientación probablemente no habría llegado aquí.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por UNAM-PAPIIT IN224220 y FESC-UNAM-PIAPI2052.

Se agradece la participación y colaboración de

Dr. Víctor M. Díaz Sánchez
MVZ EPOC César P. Cano Suárez
Dr. Jesús J. Ramírez Espinosa
Dra. Esperanza López García
Dr. Juan P. Damián Cabrera
Dr. Augusto C. Lizarazo Chaparro

Por su asistencia y asesoría en la realización y conclusión de este proyecto.

También se agradece el invaluable apoyo de los compañeros alumnos de la carrera de MVZ que ayudaron en la colecta de datos:

eM. En C. Karla Urbán
e MVZ Gladys Itzel Pérez Alaniz
e MVZ Ulises Smith Gómez
e MVZ Patricia Jimena Martínez Beltrán
e MVZ Ángel Martín Pérez

Agradezco también al CONACYT por aceptarme en su PNPC.

Índice general

1.- Resumen	10
2.- Abstract	12
3.- Introducción	14
4.- Marco teórico	18
4.1.- Conducta Materna	18
4.1.1.- Generalidades de la conducta materna	18
4.2.- Características de la conducta materna en pequeños rumiantes	19
4.2.1.- Aislamiento	19
4.2.2.- Acciones tras el nacimiento	20
4.2.3.- Reconocimiento y unión selectiva	20
4.2.4.- La conducta escondidiza del cabrito	21
4.3.- Comportamiento durante la lactancia	22
4.4.- Producción y calidad de la leche	23
4.5.- Destete	26
4.6.- Nutrición en los caprinos	28
4.7.- Selenio	33
4.7.1.- Importancia del Selenio en la producción animal	33
4.7.2.- Papel en el organismo	33
4.7.3.- Deficiencia	34
4.7.4.- Selenio y rumiantes	35
4.7.5.- Selenio durante la gestación y lactancia	36
4.7.6.- Suplementación	37
4.7.7.- Trabajos de interés	38
5.- Hipótesis	41
6.- Objetivos	41
6.1.- Objetivo general	41
6.2.-Objetivos particulares	41
7.- Materiales y métodos	42
7.1.- Sujetos y lugar de estudio	42
7.2.- Proceso experimental	44

7.2.1.- Peso y condición corporal de las madres y los cabritos	44
7.2.2.- Actividad de amamantamiento	44
7.2.3.- Producción de leche	45
7.2.4.- Calidad de la leche	46
7.2.5.- Mediciones conductuales al destete	46
7.3.- Análisis estadístico	48
8.- Resultados	49
8.1.- Peso y condición corporal	49
8.1.1.- Peso y condición corporal de las cabras	49
8.1.2.- Peso de los cabritos	51
8.2.- Actividades de amamantamiento	52
8.2.1.- Total de los episodios	52
8.2.2.- Episodios de amamantamiento realizados por una cría	52
8.2.3.- Episodios de amamantamiento realizados por dos crías	53
8.2.4.- Episodios de amamantamiento en los que finaliza la madre	54
8.2.5.- Episodios de amamantamiento en los que finaliza la cría	54
8.2.6.- Episodios de amamantamiento que fueron aceptados por la madre.	55
8.2.7.- Episodios de amamantamiento que fueron rechazados por la madre.	56
8.2.8.- Duración promedio de los episodios de amamantamiento	56
8.3.- Producción de leche	57
8.4.- Calidad de la leche	57
8.5.- Mediciones conductuales al destete de los cabritos	58
8.5.1.- Vocalizaciones	58
8.5.2.- Acostado	58
8.5.3.- Caminando	59
8.5.4.- Jugando	60
8.5.5.- Estar de pie	60
8.5.6.- Explorando	61
8.5.7.- Comiendo	62
8.5.8.- Rumiando	62
8.5.9.- Beber	63
8.5.10.- Escapar	64

8.6.- Mediciones conductuales al destete de las madres.	64
8.6.1.- Vocalizar y caminar	64
8.6.2.- Rumiar y comer.	65
9.- Discusión.	67
10.- Conclusiones	71
11.- Referencias bibliográficas	72

Índice de Tablas

Tabla 1. Lactancia promedio, composición y producción de leche de las razas caprinas más importantes.	24
Tabla 2. Requerimientos diarios de nutrientes en cabras lecheras.	31
Tabla 3. Composición de la dieta ofrecida a las cabras del proyecto.	42
Tabla 4. Producción y contenido de grasa, lactosa, sólidos y proteína de la leche de cabras durante la lactancia, que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación.	57

Índice de Figuras

Figura 1. Peso corporal de las cabras antes y después del parto, que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación.	50
Figura 2. Condición corporal de las cabras antes y después del parto, que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación.	50
Figura 3. Peso corporal de los cabritos después del nacimiento y hasta 2 meses de edad, provenientes de madres que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación.	51
Figura 4. Total de episodios de amamantamiento a lo largo de la lactancia de los cabritos y madres de los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.	52
Figura 5. Episodios de amamantamiento durante la lactancia realizados con una cría en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.	53
Figura 6. Episodios de amamantamiento durante la lactancia realizados con dos crías, en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.	53
Figura 7. Episodios de amamantamiento durante la lactancia, en los que finalizó la madre en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.	54
Figura 8. Episodios de amamantamiento durante la lactancia, que fueron finalizados por la cría en los grupos control y suplementadas con Se al final de la gestación.	55
Figura 9. Episodios de amamantamiento durante la lactancia que fueron aceptados por la madre en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.	55
Figura 10. Episodios de amamantamiento durante la lactancia que fueron rechazados por la madre en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.	56
Figura 11. Duración total de los episodios de amamantamiento durante la lactancia en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.	56
Figura 12. Frecuencia de cabritos que vocalizaron antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	58
Figura 13. Frecuencia de cabritos que estuvieron echados antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	59
Figura 14. Frecuencia de cabritos que estuvieron caminando antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	59

Figura 15. Frecuencia de cabritos que estuvieron jugando antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	60
Figura 16. Frecuencia de cabritos que estuvieron de pie o parados antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	61
Figura 17. Frecuencia de cabritos que estuvieron de pie o parados antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	61
Figura 18. Frecuencia de cabritos que estuvieron comiendo antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	62
Figura 19. Frecuencia de cabritos que estuvieron rumiando antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	63
Figura 20. Frecuencia de cabritos que estuvieron bebiendo agua antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	63
Figura 21. Frecuencia de cabritos que intentaron escapar del corral antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	64
Figura 22. Frecuencia de madres que vocalizaban (A) y caminaban (B) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio.	65
Figura 23.- Frecuencia de madres que rumiaban (A) o comían (B) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio	66

1. RESUMEN

La producción y disponibilidad de leche es determinante para la sobrevivencia de los cabritos. La relación madre-cría, es mediada por esta producción y se sabe que la relación materno-filial e incluso el destete podrían condicionarse por ella. Suelen implementarse estrategias buscando incrementar la producción de leche, siendo una la suplementación con Selenio (Se). En la especie caprina, no se ha explorado si este tipo de suplementación al final de la gestación afecte la producción de leche y en consecuencia el comportamiento madre-cría durante la lactancia. El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar el impacto de la suplementación con Se durante el último tercio de la gestación sobre la producción de leche, y su incidencia en el comportamiento de amamantamiento durante la lactancia. La presente investigación fue realizada en el módulo de producción caprina en FES Cuautitlán, U.N.A.M. Se utilizaron 24 hembras tipo lechero cruce Toggenburg x Alpino con peso promedio de 37 Kg y edad promedio de 4 años, alimentadas con una dieta que cubrió el 100% de requerimientos nutricionales para gestación y lactancia, divididas en dos grupos: Grupo testigo (GT, N=12) sin suplemento y Grupo Selenio (GS, N=12) suplementadas con Se parenteral en los días 136 y 147 de gestación a dosis de 0.25 mg/kg de PV. Se tomaron registros de: 1) Ritmos de amamantamiento a partir del día 7; cuatro horas/semana durante ocho semanas. 2) Producción estimada de leche: Días 15, 30, 45 y 60 de lactancia. 3) Calidad de leche días 30 y 60 de lactancia. 4) Registros conductuales de las madres y los cabritos 3 días antes, durante y dos días posteriores al destete (se registraron las siguientes conductas: vocalizar, caminar, estar de pie, comer, beber, intentar escapar, echado, jugar, explorar, rumiar y amamantar). La producción de leche no fue afectada por la suplementación ($P=0.21$), pero sí por el tiempo de lactancia ($P=0.004$), la cual fue mayor en el día 15 que en el día 30 de lactancia, para ambos grupos. El porcentaje de grasa tendió a ser mayor en el grupo Se a 30 días de lactancia, que en el grupo GT ($P=0.06$). Al 7 día de lactancia la cantidad de episodios de amamantamiento y aquellos terminados por la cría, en algunos casos fueron mayores en GT, que en el GS ($P<0.05$), mientras que en otros casos este resultado fue solo una tendencia ($P<0.08$). Al día 45 de lactancia la cantidad de episodios de amamantamiento, finalizados por madre, finalizados por la cría, aceptaciones y rechazos al amamantamiento fueron mayores en el GS que en el GT ($P\leq 0.056$). En los registros conductuales alrededor del destete no hubo en general, diferencias significativas entre ambos grupos salvo situaciones muy particulares, donde los cabritos del grupo Se mostraron una mayor tendencia a estar echados ($P<0.05$) o

explorando ($P=0.07$ en el día previo al destete), mientras los cabritos del grupo control tuvieron mayores tendencias a intentar escapar ($P= 0.023$).

En las madres la conducta de comer, presentó disminución de esta conducta en los días 1 y 2 posteriores al destete, en comparación a los días previos y este resultado mostró diferencias significativa para ambos grupos ($P<0.05$); las conductas de vocalizar y caminar el grupo control mostraron mayores frecuencias comparado con el grupo Se ($P=0.035$) a los 2 días después del destete mientras que la frecuencia de hembras caminando a los 3 días previos al destete, fue mayor en el grupo control ($P=0.044$).

Se concluye que al suplementar con Se al final de la gestación (días 136 y 147) no se observa un impacto en la producción de leche o una relación con el comportamiento de amamantamiento. Se sugiere continuar estudiando la suplementación en diferentes momentos de la gestación para delimitar un periodo crítico en el cual el Se ayude a la producción de leche, así como indagar si distintas condiciones de nutrición favorecen el efecto de la suplementación.

2. ABSTRACT

The production and availability of milk is determinant for the survival of kids. The mother-kid relationship is mediated by this production and it is known that the maternal-filial relationship and even weaning could be conditioned by it. Strategies are often implemented to increase milk production, one of them being the supplementation with Selenium (Se). In goats, it has not been explored if this type of supplementation at the end of gestation affects milk production and consequently the mother-calf behavior during lactation. The objective of this study was to evaluate the impact of Se supplementation during the last third of gestation on milk production, and if this in turn affects suckling behavior during lactation. The present investigation was carried out in the goat production module at FES Cuautitlán, U.N.A.M. Twenty-four dairy-type females were used, fed a diet that covered 100% of requirements, divided into two groups: control group (GT, N=12) without supplementation and Selenium group (GS, N=12) supplemented with parenteral Se on days 136 and 147 of gestation at a dose of 0.25 mg/kg of BW. Records were taken of 1) Suckling rhythms from day 7; four hours/week for eight weeks. 2) Estimated milk production: Days 15, 30, 45 and 60 of lactation. 3) Milk quality on days 30 and 60 of lactation. 4) Behavioral records of kids 3 days before, during and two days after weaning. Milk production was not affected by supplementation ($P=0.21$) but was affected by lactation time ($P=0.004$), which was higher on day 15 of lactation for both groups. Fat percentage tended to be higher in the Se group at 30 days of lactation than in the GT group ($P=0.06$). At day 7 of lactation the number of suckling episodes and those terminated by the kid were higher in GT, than in GS ($P\leq 0.08$). At day 45 of lactation the number of breastfeeding episodes, terminated by mother, terminated by kid, acceptances and refusals to suckle were higher in GS than in GT ($P\leq 0.056$). In the behavioral records around weaning there were, in general, no significant differences between the two groups except for very particular situations, where the kids in the Se group showed a greater tendency to be lying down ($P<0.05$) or exploring ($P=0.07$ on the day before weaning), while the kids in the control group had greater tendencies to try to escape ($P= 0.023$).

Regarding mothers and eating behavior, a decrease in this behavior was observed on days 1 and 2 after weaning, compared to pre-weaning days, and this result was similar for both groups ($P<0.05$); regarding vocalizing and walking behaviors, the control group showed higher frequencies compared to the Se group.

The frequency of vocalizing behavior in the mothers was higher in the control group than in the selenium group ($P=0.035$) at 2 days after weaning, while the frequency of females walking at 3 days prior to weaning was higher in the control group ($P=0.044$).

In general, it was observed that the amount of milk was greater in both groups at the beginning of lactation, which indicates that with adequate nutrition during gestation, there was no impact of Se supplementation. Therefore, changes in suckling behavior at the end of lactation could be associated with other factors such as the onset of mother-calf conflict, rather than the amount of milk produced. It is concluded that supplementing with Se at the end of gestation does not have an impact on milk production or a relationship with suckling behavior. It is suggested to delimit a critical period in which Se helps milk production, as well as to investigate if different nutritional conditions favor the effect of supplementation.

3. INTRODUCCIÓN

El total de caprinos en México en 2019 ascendía a cerca de 8.8 millones de cabezas, produciendo 167.000 toneladas de leche correspondiente al 1.1% de la producción mundial y 48,000 toneladas de carne equivalentes al 0.89% producción mundial). Este sector se concentra principalmente en las zonas áridas y semiáridas que corresponden al 60% del país, extendiéndose de sur a norte (Andrade-Montemayor, 2017; SIAP- SAGARPA, 2019).

Tradicionalmente la producción de cabras está asociada mayormente a estratos de población rural con menores ingresos, siendo en un 80% sistemas de producción de subsistencia (Andrade-Montemayor, 2017). Estos sistemas, pertenecientes a los productores con escasos recursos, son fuertemente dependientes del pastoreo en tierras comunales con poca productividad (Escareño *et al.*, 2011). Aproximadamente 1.5 millones de mexicanos viven de la cabra, distribuidas 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, aumentando más el sector empresarial dedicado a la producción de leche y su transformación (Escareño *et al.*, 2011; Andrade-Montemayor, 2017).

Un problema importante que limita la producción y comercialización de la leche de cabra en el país es su limitada disponibilidad, debido a la estacionalidad reproductiva de los animales, influenciada por las horas luz en la segunda parte del año, presentando los partos de noviembre a febrero, por lo tanto, la producción de leche desciende en forma importante a partir de septiembre hasta marzo, presentando su mayor producción de mayo a agosto (Andrade-Montemayor, 2017).

Se ha definido la conducta materna como una relación compleja y duradera que surge después del nacimiento, mediante la que se establece un lazo entre la cabra y el cabrito, incrementando su bienestar y tasa de supervivencia incrementando su esperanza de vida (Kaşikçi, 2018, Ruiz-Miranda, 1993; Poindron *et al.*, 2007a). El establecimiento de la impronta materno-filial ocurre en un periodo de tiempo muy corto y específico donde se combinan factores fundamentales en esta relación: las conductas de la cría en busca de atención y cuidado y la respuesta de la conducta materna para brindar esos cuidados (Ramírez *et al.*, 1996). Estudios en ovinos y caprinos han demostrado que los primeros 5-10 minutos después del parto son críticos para establecer la impronta. Durante este periodo, la madre se encuentra altamente sensible a las señales emitidas por la cría, lo que denota una alta motivación materna misma que permite aceptar a la cría (Ramírez *et al.*, 1996; Addae *et al.*, 2000; Poindron *et al.*, 2007).

Las cabras parturientas suelen ser cautelosas, se aíslan del rebaño, demuestran inquietud, vocalizan y son poco tolerantes a la presencia de compañeras (Dwyer y Lawrence, 2000; Poindron *et al.*, 2007; Yilmaz *et al.*, 2012). Algunos minutos después de la expulsión del producto, la madre se levanta y empieza a lamer vigorosamente a la cría, emitiendo balidos, ocasionalmente mostrando el reflejo de flehmen, especialmente al olfatear la orina del neonato. La cría intenta levantarse después de 5 o 10 minutos, lográndolo de manera exitosa después de 20-30 min (Rudge, 1969; Dwyer y Lawrence, 2000; Poindron *et al.*, 2007; Yilmaz *et al.*, 2012) y rápidamente desarrollan un vínculo materno exclusivo. Inmediatamente después del parto, las madres asean y alimentan a cualquier cría, pero en lapsos de 5 a 10 min aprenden a discriminar entre las propias y las ajenas; entre 2 y 4h después, rechazan a las crías extrañas (Romeyer y Poindron, 1992; Romeyer *et al.* 1993; Romeyer, *et al.*, 1994a; Poindron *et al.*, 1994b; Poindron *et al.*, 2007).

Las cabras se pueden adaptar a áreas donde el ambiente, la cantidad y la calidad de la pastura es muy amplia. La adopción de sistemas intensivos, para incrementar la producción aumenta la incidencia de enfermedades metabólicas, por lo que es imprescindible prestar atención a la salud y bienestar animal. La gestación y la lactancia son etapas que inducen estrés metabólico y subalimentar tiene efectos negativos sobre el crecimiento fetal y recién nacidos, así como en el desarrollo de la ubre y la producción de calostro y leche, lo que puede ser aún más importante en animales en pastoreo que difícilmente pueden cubrir sus requerimientos energéticos a finales de la gestación (Celi *et al.*, 2008). En ocasiones la suplementación puede ser necesaria para asegurar la viabilidad de la crianza de cabras lecheras (Osmari *et al.*, 2011).

Adicionalmente a lo anterior la calidad y cantidad de la grasa en leche pueden ser cambiadas por cambios en la dieta (relación forraje-concentrado, calidad del forraje) administrada a los animales y se ha demostrado que la raza también tiene efecto sobre los ácidos grasos de la leche. Mientras la producción también puede verse afectada por la estacionalidad y disponibilidad de la pastura ya que el tipo de forraje también puede modificar la proporción de ácidos grasos (Mele *et al.*, 2008).

Ahora bien, aunado a la producción de leche, el destete es un proceso que experimentan todos los mamíferos e involucra la separación de la madre y la pérdida del acceso a la leche (Damián *et al.*, 2013; Zobel *et al.*, 2019) y a la adquisición de independencia social de las crías. En sistemas caprinos comerciales, las crías suelen separarse de la madre inmediatamente al

nacer y se crían artificialmente. Cuando son criadas por la madre, el destete ocurre gradualmente alimentándolo con menor frecuencia y acortando los eventos de amamantamiento (Arnold *et al.*, 1979; Damián *et al.*, 2013; Zobel *et al.*, 2019).

Un cambio repentino en la dieta aunado a la interrupción del amamantamiento puede ser asociado con un periodo de retraso en el crecimiento y una respuesta de estrés intensa. Los rumiantes nacen con un rumen no funcional y requieren alimento sólido para estimular el crecimiento y maduración de este órgano. Implementar un destete gradual podría emular el destete natural y prepararlos para lidiar mejor con la transición (Zobel *et al.*, 2019)

Los nutrientes ingeridos en la dieta son promotores de la programación y expresión de rutas metabólicas, mismas que permiten al animal alcanzar su potencial genético para la reproducción, siendo estas rutas complejas y en muchos casos aún no totalmente descritas (Robinson, 1996). La nutrición juega un rol esencial en los sistemas de producción, por varios motivos: al ser el factor en el que los productores pueden actuar de manera más rápida (modificando la cantidad administrada, la composición de la dieta o el manejo del pastoreo) y al representar la mayor parte de los costos de producción (50 al 85%). La alimentación impacta directamente a otros componentes tales como condiciones patológicas y el desempeño reproductivo (Morand-Fehr, 2005).

En cuanto a las estrategias de suplementación, una de las opciones que se ha empleado es el selenio, el cual es un elemento traza vital para el crecimiento normal y la salud de los animales (Pechová *et al.*, 2008; Pechová *et al.*, 2012). Su deficiencia provoca crecimiento reducido, distrofia muscular nutricional, anemia, retención placentaria y abortos lo que afecta también la respuesta inmune tanto humoral como celular y la fertilidad (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008; Pechova *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2017; Schweinzer *et al.*, 2017), afecta los niveles de IgG y la eficacia de las células T, reduce la vida media de los macrófagos y es fundamental para el funcionamiento de neutrófilos y linfocitos. La producción de factores relacionados con la actividad quimiotáctica también se ve afectada (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008; Schweinzer *et al.*, 2017). También se ha demostrado que la deficiencia en animales neonatos está asociada a mortalidad neonatal, disminución del reflejo de succión, debilidad, alta incidencia de enfermedades infecciosas y enfermedad del músculo blanco; también resulta en desórdenes inmunes y endócrinos, en especial relacionado con la tiroides (Van

Metre y Callan, 2001; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 20010; Pechová *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2017).

En los rumiantes la absorción de selenio es menos eficiente que en otras especies porque el ambiente reductor del rumen convierte una fracción variable del selenato que es biodisponible a selenito, el cual no puede aprovecharse (Van Metre y Callan, 2001). Cuando está presente como selenometionina (forma orgánica) se absorbe en mayor medida que como selenito inorgánico, si bien algunas investigaciones han demostrado lo contrario (Van Metre y Callan, 2001; Tuffarelli y Laudadio, 2011; Pechová *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2017). La mayoría de su absorción ocurre en el duodeno y ésta parece ser proporcional al contenido de Se biodisponible en la dieta, sin mecanismos homeostáticos presentes a este nivel (Van Metre y Callan, 2001; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010). Como resultado del proceso de reducción en el rumen, la mayor parte del Se en las heces de los rumiantes está presente en forma de selénidos insolubles y no biodisponibles. Si la absorción excede los requerimientos el hígado mueve una pequeña fracción hacia la bilis y el exceso es liberado del hígado para ser excretado en la orina como trimetil selénido (Van Metre y Callan, 2001).

Estudios sobre los efectos de la suplementación con Se en la calidad y producción de leche caprina son limitados comparados con la considerable cantidad de trabajos realizados acerca de la leche ovina y bovina. Se han reportado decrementos en el desempeño reproductivo y producción láctea de cabras con deficiencia de Se (Haenlein y Anke, 2011). En 2008, Zhao *et al.* demostraron que suplementar Se y vitamina E (selenio 0.3 mg/kg y 10 000 UI de vitamina E) en la dieta mejoró el porcentaje de grasa en leche de bovinos lecheros, mientras que Lacetera *et al.* (1999) reportaron que la producción de leche en ovejas Sardas mejoraba al recibir selenito de sodio inyectado a dosis de .1 mg/kg (Tuffarelli y Laudadio, 2011).

En relación con el efecto de nutrientes sobre el comportamiento en animales de producción las investigaciones son escasas, en un trabajo realizado en ovinos por Muñoz *et al.* (2008) se llegó a la conclusión que el plano nutricional favorece algunas conductas tanto de la madre como de la cría (acicalamiento, olfateo de la cría, facilitar el acceso a la ubre o en el caso de los corderos, buscar la ubre o amamantamiento exitoso). Teniendo en cuenta que no existen trabajos previos, el objetivo de este trabajo fue estudiar la interacción de la suplementación de Se con la producción de leche y el comportamiento de la madre y la cría durante la lactancia y el destete.

4.- MARCO TEÓRICO

4.1.- Conducta materna

4.1.1.- Generalidades de la conducta materna

Las relaciones madre-cría en los ungulados domésticos son particulares debido a que las madres paren crías precoces capaces de tener actividad independiente desde el nacimiento, lo que las diferencia de las especies altriciales, hasta cierto punto incapaces de desplazarse o defenderse. De este modo, es posible distinguir: 1) cerdas que paren camadas grandes y que permanecen en un nido por varios días, con relativa facilidad de adopción y 2) rumiantes domésticos con una o pocas crías, que no anidan y forman una unión selectiva con su propia cría (Poindron *et al.*, 2007a; Poindron *et al.*, 2007b; Hernández *et al.*, 2012).

Se ha definido la conducta materna como una relación compleja que surge después del nacimiento, establece un lazo entre la cabra y el cabrito, se considera una de las más duraderas asociaciones en los rumiantes siendo necesario para el bienestar y sobrevivencia de la cría (Ruiz-Miranda, 1993; Poindron *et al.*, 2007b; Yilmaz *et al.*, 2012; Kaşıkçı, 2018). El establecimiento de la impronta materno-filial ocurre en un periodo muy específico y corto de tiempo siendo justo en ese momento donde se combinan factores fundamentales en esta relación: las conductas de la cría en búsqueda de atención y cuidado (et-epimeléticas), y la respuesta de la conducta materna para brindar esos cuidados (epimelética) (Ramírez *et al.*, 1996). Estudios en numerosas especies de ungulados han demostrado que los primeros 5-10 minutos son críticos para establecer la impronta. Durante este periodo, la madre retiene un alto grado de maternidad, lo que le permite aceptar a la cría (Ramírez *et al.*, 1996; Addae *et al.*, 2000; Poindron *et al.*, 2007a y b).

El establecimiento de esta unión y los factores fisiológicos y neurobiológicos que la favorecen han sido objeto de extensos estudios en cabras y ovejas, y si bien tienen rasgos en común, también existen diferencias en las relaciones madre-cría en estas especies, por ejemplo, la cabra deja al cabrito por varias horas, mientras éste se esconde y espera al regreso para alimentarse; mientras en el otro extremo, los corderos se desplazan junto con la madre tan pronto son capaces de mantenerse en pie (Lent, 1974; Lickliter, 1984; Lych *et al.*, 1992; Poindron *et al.*, 2007; Yilmaz *et al.*, 2012).

Las diferencias individuales en las relaciones madre-cría (en particular en primates) han recibido bastante atención en los últimos años. Estudios cuantitativos han demostrado que algunas madres pasan más tiempo acicalando a sus crías y restrictivas en cuanto a los

intentos de la cría de alejarse, mientras otras son menos atentas y los rechazan, esto se ha descrito con los términos: protectiva, restrictiva, *laissez-faire* (que deja hacer o que da más libertad a la cría) y rechazante (Fairbanks, 1996).

Estudios basados en Análisis de Componentes Principales han sugerido que la conducta, materna se puede describir desde dos dimensiones: la protectividad y el rechazo; si bien también se ha propuesto una tercera: la calidez materna. Estas descripciones (basadas en correlaciones entre variables conductuales), son referidas como “estilos maternos”; que también se pueden definir como grupos de conductas maternas en un individuo que muestran persistencia a largo plazo en las pariciones y si bien las dos dimensiones (protectividad materna y rechazo) se han estudiado confiablemente en primates, la existencia de los estilos maternos en otras especies ha sido menos investigada (Horrocks y Hunt, 1983).

4.2.- Características de la conducta materna en pequeños rumiantes

4.2.1.- Aislamiento

Las hembras parturientas suelen ser cautelosas, buscando aislarse del rebaño. demuestran inquietud, vocalizan y se incrementa la intolerancia a los conoespecíficos (Poindron *et al.*, 1994a; Poindron *et al.*, 1997; Poindron *et al.*, 2007; Yilmaz *et al.*, 2012). Siendo esta actitud más marcada en cabras multíparas que en aquellas que son madres por primera vez (Chenoweth *et al.*, 2014). En un estudio en cabras por Lickliter (1985) se comprobó que el 65% de los partos ocurrieron en horario diurno (entre las 11:00 y las 16:00 horas), además se observó que una gran parte de las cabras parieron echadas. Sin embargo, otros autores habían reportado que los partos de las cabras ocurrían entre las 06:00 y las 22:00 horas (Poindron *et al.*, 2007; Yilmaz *et al.*, 2012). Algunos minutos después de la expulsión del producto, la madre se levanta y empieza a lamer vigorosamente a la cría, emitiendo balidos de tonos bajos y altos y ocasionalmente mostrando el reflejo de flehmen, especialmente al consumir la orina del neonato, quien intenta levantarse después de 5 o 10 minutos, lográndolo de manera exitosa después de 20-30 min (Rudge, 1969; Poindron *et al.*, 2007; Terrazas *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2012), y cuando el parto es gemelar, el primer cabrito suele tardar menos tiempo en incorporarse, que el segundo (Kaşıkçı, 2018). En menos de una hora encuentra la ubre mediante ensayo y error, y se alimenta (Rudge, 1969; Poindron *et al.*, 2007a; Terrazas *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2012). La supervivencia depende directamente de que se ponga de pie y amamante en el menor tiempo posible (Nowak y Poindron, 2000; Kaşıkçı, 2018).

4.2.2.- Acciones tras el nacimiento

La cabra y la cría rápidamente desarrollan un vínculo materno exclusivo. Inmediatamente al parto, las madres asean y alimentan a cualquier cría, pero aprenden en un lapso corto de tiempo a discriminar sólo a las propias (Smith *et al.*, 1966; Gubernick, 1980; Poindron *et al.*, 2007b). De 5 a 10 minutos suelen ser suficientes para esto y la mayoría rechaza a cabritos extraños a las 2 a 4 horas postparto. Esto depende del olfato, pues en cabras con anosmia inducida evita el establecimiento de esta conducta (Poindron *et al.*, 2007c). Señales acústicas son intercambiadas tras el nacimiento, mientras la madre dedica alrededor de dos horas al lamido y acicalamiento del cabrito (Terrazas *et al.*, 2009; Chenoweth *et al.*, 2014). Los lamidos, mismos que se realizan con la intención de secar y asear al cabrito suelen concentrarse en las áreas de la cabeza y los genitales, siendo conductas muy importantes (Ramírez *et al.*, 2011; Yilmaz *et al.*, 2012; Baxter *et al.*, 2016). Estas conductas, junto con las actividades realizadas por el cabrito tales como levantarse y amamantar son muy importantes para su sobrevivencia (Nowak y Poindron, 2006; Baxter *et al.*, 2016; Kaşikçi, 2018). El período inmediato postnatal se caracteriza por inestabilidad térmica, afectando más a los cabritos que los corderos por lo que su termorregulación depende de la rápida ingestión de calostro (Baxter *et al.*, 2016). Se han registrado cabritos desplegando la conducta de juego tan pronto como a las dos horas de nacidos y en ovejas se sabe que esto es independiente de la conducta materna (Baxter *et al.*, 2016).

4.2.3.- Reconocimiento y unión selectiva

En situaciones normales, la cría y su aceptación selectiva depende del aprendizaje por parte de la madre de la firma olfativa del neonato, mediada por el lamido del líquido amniótico en el que está impregnado durante las primeras horas de la interacción (Poindron *et al.*, 2007b; Ramírez-Vera *et al.*, 2012; Chenoweth *et al.*, 2014; Kaşikçi, 2018). Este proceso de aprendizaje es modulado por la estimulación cervicovaginal (ECV) e involucra al sistema olfatorio principal, si bien no se pueden descartar las participaciones del órgano vomeronasal y el sistema accesorio (Poindron *et al.*, 2007b).

Las hembras pueden reconocer a sus hijos dentro de las primeras horas postparto mediante la percepción del olor y posteriormente con la ayuda de señales visuales y auditivas (Romeyer *et al.*, 1997; Terrazas *et al.*, 2003; Poindron *et al.*, 2003). El reconocimiento de la madre por parte de la cría ocurre también desde el primer día de nacida y lo hace mediante el

reconocimiento de un comportamiento general de aceptación (Poindron *et al.*, 2007c). Después de una semana la cría aprende a reconocer a la madre mediante la visión, el olfato y la audición (Ruiz-Miranda, 1993). Klopfer *et al.* en 1964 y Ramírez en 1961 notaron una súbita caída en la sensibilidad maternal en cabras que no tenían contacto con la cría en la primera hora posparto, sin embargo, Lickliter (1982) observó como cabras multíparas aceptaban a su cría hasta 2 horas después del parto, demostrando que el rechazo materno no es consecuencia inevitable de las separaciones posparto, salvo por algunas cabras primíparas.

Se ha demostrado que la impronta maternal no es exclusiva al neonato; sino que puede extenderse a cabritos extraños sustituidos al parto (Rudge, 1969, Poindron *et al.*, 2007b).

También hay evidencia de la participación de la ECV en la selectividad materna. Tanto cabras como ovejas se unen rápidamente a su cría y la mayoría de las hembras presenta rechazo después de dos horas hacia cabritos con los que no han interactuado. Sin embargo, 5 minutos de estimulación cervicovaginal efectuados dos horas después del parto permiten la aceptación de un cabrito extraño en más de la mitad de las madres que previamente los rechazaban (Poindron *et al.*, 2007b).

4.2.4.- La conducta escondidiza del cabrito

Al referirse a la conducta de ocultamiento de la cría se puede mencionar que los sitios de parto y escondite suelen localizarse en áreas frecuentadas por el rebaño, son libre de viento y con baja intensidad de luz, donde las madres visitan a la cría sólo unas pocas veces al día. (O'Brien, 1984). La duración de esta fase es variable teniéndose registro desde 3 o 4 días hasta 6 semanas, también se han distinguido madres que se alejan y madres que permanecen en las cercanías del sitio de escondite (Rudge, 1970; McDougall, 1975). Esta plasticidad en la conducta puede resultar una ventaja selectiva en cabras ferales las cuales se enfrentan a diferentes hábitats y niveles de depredación (O'Brien, 1984).

La conducta de escondite es observable también en condiciones de manejo intensivo, demostrando que no se ha perdido por la domesticación. Los neonatos se alejan de la madre y del sitio de parto de 15 a 26 horas después del nacimiento, aislándose del resto de 4 a 7 días. Se observan frecuencias de alimentación más altas, posiblemente por la incapacidad de la madre de alejarse de sus crías (Lickliter, 1984).

4.3.- Comportamiento durante la lactancia

En el caso de ovinos la frecuencia e intensidad del acicalamiento disminuye con el paso del tiempo y la responsabilidad del contacto entre ambos gradualmente cambia a ser del cordero en los días subsecuentes, lo que es reforzado por el rechazo de las otras madres (Rudge, 1969; Dwyer y Lawrence, 2000). Se sabe que entre individuos varía la expresión de conductas afiliativas y que la experiencia materna puede afectar la expresión de estas conductas (Dwyer y Lawrence, 2000).

En el caso de caprinos se ha observado que una vez que la fase de escondite concluye, el cabrito se alimenta aproximadamente dos veces por hora, disminuyendo conforme crece y aumentando la sincronía entre sus actividades. Adicionalmente los cabritos se juntan en pequeños grupos, lo que puede influir en la adquisición de preferencias de alimentación, en conjunto con la transmisión de elecciones por parte de la madre. Si bien existe poca información concerniente a la relación madre-cría durante la lactancia y el destete, se sabe que la permanencia del cabrito es crítica para el mantenimiento de la conducta materna durante esta etapa (Hernández *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2000) El estímulo de amamantamiento no es necesario para mantener la respuesta materna, y el estado de lactancia por sí mismo no es suficiente para mantener la respuesta materna, aunque el reconocimiento permanece (Poindron *et al.* 2007).

Se ha observado que disminuir en la duración de las interacciones a 5 h por día incrementa la concentración de prolactina y hormona del crecimiento, dicha restricción asociada a un ordeño diario permite una colecta extra de leche sin perjudicar el crecimiento del cabrito, lo que demuestra una gran flexibilidad en los ritmos de amamantamiento (Hernández *et al.*, 2002).

El cabrito también tiene influencia en la fisiología postparto, pues su presencia puede desencadenar picos de oxitocina después de la exposición a señales olfativas, acústicas o visuales (Mc Neilly, 1972) y se ha comprobado que la selectividad materna regula la liberación de la misma hormona durante el amamantamiento, mientras parece no afectar la de prolactina (Hernández *et al.*, 2002). La recuperación de la actividad ovárica en la madre también puede ser influenciada por la presencia de la cría (que por las condiciones del subtrópico y la coincidencia del anestro estacional, solo se puede estudiar en hembras paridas en otoño) que puede retrasar la recuperación de la actividad sexual (Delgadillo *et al.*, 1997).

4.4.- Producción y calidad de la leche

La cabra ha sido el animal doméstico más estigmatizado, en parte a causa del olor ofensivo, en especial por parte del macho. Esto se piensa que podría repercutir en el sabor de la leche de la cabra especialmente si la ventilación, las prácticas de ordeño y enfriamiento son inapropiadas o insuficientes (Park *et al.*, 2017). Otro grave prejuicio con respecto a las cabras es que ha existido durante largo tiempo la creencia de que son responsables de la deforestación y desertificación, ocasionada a sus preferencias alimenticias; sin embargo, se ha demostrado que son las prácticas humanas de sobrepoblación y libre pastoreo sin un encargado lo que ocasiona esos problemas (Park *et al.*, 2017).

En años recientes el interés en la leche de cabra se ha incrementado no sólo como sustento de personas de escasos recursos y con terrenos pequeños, sino en verla como un importante superalimento con características especiales (Park *et al.*, 2017). Diversos estudios han determinado que la leche de cabra tiene características como el ser un producto hipoalergénico, con elevada digestibilidad (García *et al.*, 2014), capacidad buffer y ciertas características de valor terapéutico en medicina y nutrición humana (Park *et al.*, 2007).

La cabra es uno de los animales domésticos más versátiles en cuanto a su adaptación a distintas condiciones climáticas, proveyendo de productos tan importantes como carne, leche y sus derivados, pelo, piel e incluso estiércol como fertilizante. Mason (1988, 1991) enlistó más de 400 razas de cabras, pero sólo un poco más de 30 se consideran razas lecheras primarias, entre ellas cuatro son reconocibles como altas productoras (Alpina, Saanen, Toggenburg y Nubia) las cuales también son conocidas como “mejoradoras” en los países en desarrollo (Park *et al.*, 2017).

La calidad de la leche (Tabla 1) puede ser evaluada de acuerdo con diferentes parámetros (sanitarios, nutricionales y sensoriales), mismos que dependen de numerosos factores que interactúan entre sí; ligados a los principales componentes fisicoquímicos (grasa, proteína y lactosa) así como a los microcomponentes encontrados (colesterol, terpenos, vitaminas y minerales) (García *et al.*, 2014).

País	Raza	Duración (días)	Lactancia	Composición	
			Producción (kg)	Proteína (%)	Grasa (%)
Francia	Alpino francesa	295	886	3.32	3.78
Suiza	Toggenburg	268	777	nd	3.50
USA	Alpino	290	1086	nd	3.30
	Toggenburg	295	928	nd	3.00

Tabla 1. Lactancia promedio, composición y producción de leche de las razas más importantes (tomado y modificado de Park *et al.*, 2017).

La duración de la lactancia, producción y composición de la leche varía de acuerdo con la raza, la dieta, el individuo, la paridad, época del año, el manejo, las condiciones ambientales, la localidad, la etapa de la lactancia y el estado de salud de la ubre (Park *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2017). En general las razas que producen menores cantidades de leche tienen un mayor contenido de grasa y proteína; la excepción a esta regla son las razas españolas Murciano-Granadina y Florida, que son grandes productoras con un gran contenido de proteína y grasa (Park *et al.*, 2017).

Existen diversos factores que afectan la producción de leche, aparte de la genética, por ejemplo: ésta incrementa con la edad, siguiendo una función curvilínea con un pico entre los 2 y los 6 años de edad, no obstante parir en primavera también puede producir lactancias más grandes en comparación con hacerlo en otoño (Iloeje *et al.*, 1980). La paridad es paralela al efecto de la edad, misma que también se relaciona con el peso corporal (Goetsch *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2017). La dieta también afecta la composición de la leche y sus derivados por lo que puede haber diferencia de acuerdo con los sistemas de producción y el alimento ofrecido (Goetsch *et al.*, 2011).

Las características de la grasa en leche son influenciadas por la dieta administrada a los animales y se ha demostrado que la raza también tiene efecto sobre los ácidos grasos de la leche. Mientras la producción puede verse afectada por la temporalidad de la pastura, el tipo de forraje también puede modificar los ácidos grasos. En ocasiones la suplementación puede ser necesaria para asegurar la viabilidad de la crianza de cabras lecheras (Park *et al.*, 2007; Osmari *et al.*, 2011).

La longitud de la lactancia varía entre los 200 y los 305 días, si bien se puede prolongar hasta por dos años si se encuentran bien alimentadas (Goetsch *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2017;) con un efecto positivo al igualar la calidad de la leche, sin demeritar la reproducción (Goetsch *et al.*, 2011). Las cabras tienen una gestación más corta (5 meses vs 9 ½ en la vaca), por lo que pueden tener lactancias más largas, sin los efectos de una nueva gestación. La curva de lactancia es típicamente más plana, con un pico menor y una mayor persistencia, por lo que la relación de segmentos tempranos con la duración total de la lactancia es altamente predecible (68% para los primeros 69 días, 87% para 100 días y 96% para 140 días). El tamaño de la camada tiene un efecto positivo en la producción de leche, independientemente de la edad, peso corporal y estacionalidad. Aparentemente el número de cabritos regula el crecimiento mamario durante la gestación, con actividad lactogénica de la placenta con un rol importante (Park *et al.*, 2017).

A diferencia de la vaca, la cabra no parece necesitar un periodo de secado, en un estudio se encontró que una glándula ordeñada durante 66 semanas continuas tenía una producción mayor, un mayor peso del parénquima y un mayor número de células secretoras, que una ordeñada durante 23 semanas, secada otras 23 y ordeñada de nuevo durante 18 semanas; sin que la actividad de enzimas mamarias fuera diferente en ambas glándulas (Goetsch *et al.*, 2011).

La paridad afecta la concentración de grasa y proteína en leche, producción y conteo de células somáticas; siendo la más baja para las primíparas y la más alta alrededor del 3er o 4º parto. Se ha encontrado que la grasa y proteína permanecen constantes a lo largo de los primeros cinco partos disminuyendo bastante alrededor del sexto, mientras las células somáticas aumentan con la paridad (Goetsch *et al.*, 2011).

Tradicionalmente las cabras han sido ordeñadas dos veces al día y la magnitud del efecto de la frecuencia de ordeño sobre la producción varía de acuerdo con numerosos factores, entre ellos la raza. Este efecto es más evidente en las lactancias temprana y media, que en la tardía (Goetsch *et al.*, 2011).

4.5. Destete

El destete es un proceso que todos los mamíferos experimentan y típicamente el destete natural involucra la reducción progresiva de la ingesta de leche y el incremento en la toma de alimento sólido, además de la independencia social de la cría (Damián *et al.*, 2013; Zobel *et al.*, 2019). Los mamíferos responden conductualmente al destete (incrementando su actividad y vocalizaciones) y suele presentarse un periodo de estancamiento en el crecimiento por lo que el destete se considera una preocupación de bienestar importante para la mayoría de los animales (Budzynska y Weary, 2008).

En ovejas hay cambios graduales en la fuerza del lazo entre madre y cría desde el nacimiento, el cual inicia con la habilidad de la madre de reconocerla. Este contacto se mantendrá hasta aproximadamente los 190 días, aún cuando no se obtenga leche de la madre. El cordero se considera destetado cuando la madre impide activamente el amamantamiento (Arnold *et al.*, 1979). En el caso de las cabras el destete ocurre de manera gradual, reduciendo la cantidad y duración de los episodios de amamantamiento. Este periodo coincide con el incremento en el consumo de alimento sólido, compensando la reducción de energía láctea (Zobel *et al.*, 2019).

Por otro lado, en algunos sistemas de producción, las crías se separan abruptamente antes de que finalicen esos procesos lo que dispara respuestas de estrés tanto en la madre como en la cría la cual debe adaptarse simultáneamente a la pérdida de leche y a la ausencia de la madre (Arnold *et al.*, 1979; Jasper *et al.*, 2007; Budzynska y Weary, 2008; Ungerfeld *et al.*, 2009; Damián *et al.*, 2013). En cabritos y otras especies suelen separarse inmediatamente y alimentarse artificialmente, esto permite conservar la leche y el productor tiene control sobre cómo y cuándo destetarlos (Zobel *et al.*, 2019).

Los cambios en el cuidado materno que conllevan al destete pueden estar relacionados a cambios fisiológicos (disminución de la producción de leche) o a cambios conductuales en el cordero conforme crece (Arnold *et al.*, 1979).

En corderos y becerros se ha estudiado que diversos factores influyen en el estrés al destete: estresores sociales como separar a la cría de la madre y agruparla con desconocidos, cambios

nutricionales, así como la interrupción del acceso a la ubre y la conducta de succión (Jasper *et al.*, 2007; Damián *et al.*, 2013) y comúnmente se utilizan los cambios fisiológicos y conductuales como indicadores del estrés causado por el destete (Ungerfeld *et al.*, 2009).

Corderos a los que se les evita que mamen antes de la separación vocalizan menos que los corderos destetados abruptamente. De modo similar, estrategias de destete en dos pasos, reducen las conductas indicadoras de estrés propias del destete abrupto tales como vocalizar o intentar escapar (Jasper *et al.*, 2007; Damián *et al.*, 2013).

Un cambio súbito en la dieta y la eliminación de la oportunidad de mamar en las crías puede asociarse a periodos de crecimiento reducido y a una gran respuesta conductual (vocalizaciones y actividad incrementada). El consumo de leche antes de un destete abrupto puede ocasionar que disminuya el consumo de alimento sólido, se debe recordar que los rumiantes nacen con un rumen no funcional y se requiere alimento sólido para estimular el crecimiento y maduración, sin un consumo adecuado de alimento sólido los animales pudieran no estar preparados para la dieta post-destete (Zobel *et al.*, 2019).

En un estudio enfocado a cambios conductuales en becerros de carne, no se hizo diferencia entre los cambios producto de romper el lazo madre-cría y los causados por cambiar la dieta y acabar con la succión. Tampoco hay muchos estudios que relacionan la producción de leche y la respuesta al destete. Se sabe que al destete, aquéllos lechones que consumen más leche, vocalizan más y tienen niveles de cortisol más altos que aquéllos con acceso a ubres con menor cantidad de leche (Ungerfeld *et al.*, 2009). Se esperaría que la pérdida del suministro de leche esté involucrada en la respuesta de estrés al destete y que diferentes niveles de disponibilidad de leche provocarían diferentes respuestas.

Estudios en cabritos investigando el efecto de la edad al destete han demostrado que se puede realizar tan pronto como 8 semanas sin efectos negativos a largo plazo sobre el crecimiento (Zobel *et al.*, 2019).

4.6.- Nutrición en los caprinos

La nutrición juega un papel especial y esencial en los sistemas de producción caprinos, al ser el factor de producción en donde se puede actuar de manera más fácil y rápida; la nutrición tiene el efecto más pronunciado en los costos de producción (del 50-85% del costo total de producción); además de que la alimentación impacta directamente sobre otros componentes, tales como condiciones patológicas y desempeño reproductivo. Más aún, un programa nutricional debería establecerse tomando en cuenta la raza o genotipo, dado su potencial de producción y habilidad de adaptación (Morand-Fehr, 2005). No se debe olvidar también que los nutrientes de la dieta promueven la programación y expresión de las rutas metabólicas que permiten al animal alcanzar su potencial genético para producción y reproducción (Robinson, 1996).

Las cabras son animales que se pueden mantener en una gran diversidad de terrenos: baldíos planos, campos de rastrojo, prados de montaña escarpados, áreas boscosas y con arbustos, desiertos arenosos o rocosos (Celi *et al.*, 2008; Park *et al.*, 2017), no les molesta pararse en sus miembros posteriores para alcanzar las hojas aún de arbustos espinosos o trepar ramas de árboles, difiriendo de lo que hacen las ovejas y ganado vacuno; pero similar a la conducta alimenticia de venados y antílopes. No prefieren las mismas partes de las plantas que las ovejas, por lo que se complementan en la pradera (Park *et al.*, 2017).

Han demostrado habilidad para utilizar las hojas de especies como el roble, consideradas como tóxicas para otras especies por su alto contenido de taninos (cerca del 9% de MS) y otros fitoquímicos que se han desarrollado como defensa contra los herbívoros. Esta preferencia por hojas y brotes tiene el beneficio adicional de tasas inferiores por infestaciones parasitarias comparadas con el pastoreo (Park *et al.* 2017). La etapa fisiológica no influye en las preferencias, pero los riesgos de rechazo de alimento son más altos cerca del parto. Las preferencias innatas y adquiridas durante los períodos no productivos son esenciales para explicar respuestas conductuales durante la gestación o lactancia y aunque generalmente consumen una gran variedad de forrajes, probablemente para mantener el ambiente ruminal; también parecen limitar la variabilidad de proporciones o ingredientes dentro de periodos cortos (Morand-Fehr, 2005).

Los sistemas intensivos utilizan forraje verde cosechado para la alimentación en interiores, resultando en un trabajo intenso, que ahorra el gasto en cercado de praderas. También se incluyen forrajes almacenados en forma de heno o ensilado (Park *et al.*, 2017). Tanto el nivel de concentrado en la dieta como la naturaleza y calidad de un concentrado o forraje específico impacta el nivel de la producción y características de la leche y sus productos (Goetsch *et al.*, 2011). El uso de grandes cantidades de concentrado puede aumentar la incidencia de enfermedades metabólicas, por lo que es importante bajo estas condiciones prestar más atención a la salud y bienestar de los animales (Celi *et al.*, 2008).

La forma física de la dieta puede afectar la producción y composición de la leche, aunque parece ser que en menor magnitud comparado con el ganado lechero, lo que podría relacionarse a una menor permanencia de la ingesta en el rumen y a una menor proporción de energía metabolizable proveniente de ácidos grasos volátiles (AGV). Sampelayo *et al.* (1998) encontraron también mejora en la eficiencia en la utilización de la energía y nitrógeno en cabras alimentadas con alfalfa peletizada contra heno, aunque el nivel de producción cambió con diferencias en la ingesta de energía metabolizable, y el efecto sobre la composición de la leche fue un gran aumento de caseína gracias al pelletizado lo que se presume por un ligero aumento en el consumo de grasa digestible (Goetsch *et al.*, 2011).

Ochenta por ciento de la población mundial de cabras habita regiones semiáridas subtropicales con disponibilidad limitada de forraje de calidad y dónde el ochenta por ciento de los partos ocurre entre Noviembre y Febrero, en la estación seca; ocasionando altas tasas de mortalidad entre los cabritos debido a malnutrición de la hembra en la gestación tardía.

La gestación y la lactancia son etapas fisiológicas que inducen estrés metabólico, se han encontrado efectos letales sobre fetos y corderos recién nacidos al incidir negativamente el tamaño de la placenta, crecimiento fetal, deposición de reservas fetales de grasa, desarrollo de la ubre y producción de calostro y leche; además de bajas tasas de concepción y reabsorción embrionaria (Celi *et al.*, 2008; Terrazas *et al.*, 2009; Terrazas *et al.*, 2012). Cabras y ovejas mantenidas en condiciones de pastoreo de baja calidad movilizan reservas corporales las últimas seis semanas de la gestación a causa del rápido crecimiento fetal y la producción de calostro, afectándose esta última por un lento declive en la progesterona plasmática, contrario a lo que sucede cuando hay una suplementación alta en energía (Ramírez Vera *et*

al., 2012). Para altas productoras (>800 kg/año) es necesario suministrar un gran monto de alimentos suplementarios o concentrados y el suministro energético de la pradera puede que no cubra más que la energía gastada de caminar para encontrar el forraje, convirtiéndose en nada más que un ambiente para mantener a los animales sanos, además que se ha demostrado que también pueden resultar insuficientes para proveer micronutrientes, haciendo la suplementación necesaria (Celi *et al.*, 2008; Park *et al.*, 2017), especialmente si el parto es fuera de temporada o si las condiciones de producción son de escasez.

En un estudio en cabras en pastoreo, Ramírez-Vera *et al.* (2012) demostraron los beneficios de suplementar con grano al final de la gestación sobre la condición corporal y la lactogénesis, mejorando también la actividad neonatal. La disponibilidad diaria de glucosa proveniente de los alimentos digeridos es la principal limitante para la secreción de leche y calostro, debido a que en la ubre se forma lactosa, que controla en gran medida el movimiento de agua hacia la leche. La glándula mamaria necesita cerca de 70 g de glucosa/kg de leche formada. De la glucosa que entra a la circulación sanguínea del 60-85% es utilizada por la glándula mamaria. Reducciones en la ingesta de alimento resulta en niveles bajos de glucosa que conllevan a una rápida disminución en la producción de leche (Ramírez-Vera *et al.* 2012; Park *et al.*, 2017).

Una dieta con gran aporte calórico incrementa la glucosa disponible para la producción de calostro; así mismo facilita la disminución de la progesterona plasmática al final de la gestación, pues de mantenerse los niveles altos de esta hormona, se retrasa la producción de calostro (Ramírez-Vera *et al.* 2012; Terrazas *et al.*, 2012). Incluso se ha observado que la ingesta extra de energía o el mantenimiento de un buen estado nutricional resultó en un mayor vigor de las crías, reflejándose en conductas tales como la incremento en la actividad, el número de balidos, intentos de amamantar y seguir a la madre; lo que en conjunto con la producción incrementada de calostro determina el establecimiento de una fuerte unión madre-cría (Ramírez-Vera *et al.*, 2012; Terrazas *et al.*, 2012). Aumentar el contenido de grasa en la ración y diferentes proporciones de forraje-concentrado puede mejorar la producción láctea y la composición grasa hacia perfiles de ácidos grasos altos en ácidos grasos insaturados que son de particular interés en la salud humana (Park *et al.*, 2017).

La desnutrición induce diferencias significativas en el peso de la madre tan pronto como en la semana 15 de la gestación que se prolongan hasta por dos semanas después de que la alimentación se ha normalizado; entorpeciendo el desempeño al parto, afectando incluso la capacidad discriminativa no olfativa de la madre a las 8 h post parto (Terrazas *et al.*, 2009). En el caso de la cría han observado latencias más grandes en las actividades motrices (búsqueda de la ubre, mantenerse de pie, tiempo amamantando y vocalizaciones) en cabritos provenientes de madres desnutridas (Terrazas *et al.*, 2009). También se ha reportado que la endocrinología de la hembra gestante se afecta por la desnutrición, especialmente hormonas relacionadas con el metabolismo sexual y nutricional: insulina, hormona del crecimiento (GH), tiroxina (T4), y hormonas esteroidales asociadas con el mantenimiento de la preñez y posiblemente con la activación de la conducta materna (progesterona y estradiol) (Terrazas *et al.*, 2012).

Los requerimientos nutricionales han sido publicados en diferentes trabajos a lo largo de más de 130 años. No resulta fácil comparar datos entre los diferentes investigadores, debido entre otras cosas a la terminología, unidades (kCal, kJ), peso vivo, peso metabólico, uso base de energía metabolizable, digestible o neta o diferencias en los cálculos del sistema (Park *et al.*, 2017). No obstante, esta información está principalmente dirigida a sistemas intensivos en condiciones templadas, y no a sistemas tropicales o menos intensivos (Morand-Fehr, 2005). La tabla 2 provee de los datos más usados de las publicaciones en EUA (NRC, 2007), Francia (INRA, 1978), Reino Unido (AFRC, 1993) y Alemania (DLG, 2003).

Para un uso práctico de las tablas es necesario considerar datos de tablas de composición de alimentos, incluir cálculos de la ingesta limitada por el volumen del rumen, densidad nutricional, longitud mínima de partícula, proporción forraje-concentrado, requerimientos de agua, contenido de vitaminas, minerales y elementos traza, además del precio lo que suele ser complicado para hacer cálculos a mano y se suelen utilizar programas de cómputo que no están tan desarrollados como en el ganado vacuno (Park *et al.*, 2017).

	Peso corporal 50 Kg		70 Kg	
NRC, 1981 (2007) ^a	Mantenimiento ^b	Leche 1 Kg 3.5% grasa	Mantenimiento ^b	Leche 1 Kg 3.5% grasa
Ingesta MS. Kg	1,0 (1.8)		1.2 (1.52)	
% PV	1.9 (2.36)	(3.44)	1.8 (2.17)	(3.10)
Energía, TND, kg	0.5 (0.6)	0.8 (0.9)	0.7 (0.8)	1.0 (1.15)
Digestible, DE Mcal	2.3	3.8	3.0	4.5
Metabolizable. ME Mcal	1.9 (2.2)	3.1 (3.3)	2.4 (2.9)	3.6 (4.15)
Metabolizable, ME MJ ^c	7.9 (9.4)	12.9 (13.8)	10.0 (12.1)	15.0 (17.4)
Proteína cruda (g)	75 (79)	143	96 (101)	164 (213)
Proteína digestible (g)	51 (56)	99 (82)	66 (72)	114 (104)
Calcio (g)	3 (2.1)	5 (4)	4 (2.6)	6 (6.6)
Fósforo (g)	2 (1.7)	3.4 (4)	3 (2.2)	4.4 (4.6)
INRA, 1978 (Gall, 1981)				
Energía metabolizable (MJ)	9.9	14.4	11.7	16.9
Proteína digestible (g)	40.0	96.0	56.0	110.0
Calcio (g)	3.5	8.0	4.5	9.0
Fósforo (g)	2.5	4.5	3.5	5.5
AFRC, 1993				
Ingesta MS (kg)				
Energía metabolizable (MJ)	1.4	1.6		
Proteína metabolizable (g)	15.3	18.1		
	95.0	108.0		
DLG (Drochner <i>et al.</i> , 2003)		Peso corporal 60 kg Leche, 1 kg 4.0% Grasa		
Energía Metabolizable (MJ)	12.2 ^d	14.7		

^aNRC (2007) datos entre paréntesis para comparación

^bSolamente actividad mínima

^c1 MJ= 1000 kJ; 1 kJ=0.239 kcal; 1 kcal= 4.184 kJ.

^dPeso Corporal 50 kg.

Tabla 2. Requerimientos diarios de nutrientes en cabras lecheras (Tomado y modificado de Park *et al.*, 2017).

4.7.- SELENIO

4.7.1.- Importancia del Selenio en la producción animal

Acorde con las necesidades del organismo, algunos macrominerales y elementos traza pueden ser clasificados como esenciales. Algunos son requeridos en grandes cantidades (calcio, cloro, magnesio, fósforo, potasio, sodio y azufre) mientras que los minerales trazas, entre los que encontramos cobre, cobalto, yodo, selenio y zinc, se requieren en cantidades mínimas. Estos resultan esenciales para los procesos biológicos (crecimiento, salud, sistema inmune, reproducción, productividad). El aporte inadecuado lleva a deficiencias causando desorden y malfuncionamiento en estos procesos (Schweinzer *et al.*, 2017).

Durante los últimos 50 años se ha revalorado el papel de los microminerales en la nutrición animal. Relacionar su deficiencia o excedente y la presentación de cuadros de enfermedad explican en parte este interés. Particularmente, la importancia del Selenio (Se) en la fisiología animal se demostró en varios estudios en 1957 que lo relacionaban con la enfermedad del músculo blanco (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008, Haenlein y Anke, 2011).

4.7.2.- Papel en el organismo

El Se es un elemento traza vital para el crecimiento normal y la salud de los animales. Está presente en todas las células y tejidos, siendo necesario para mantener las funciones vitales (Pechová *et al.*, 2008; Pechová *et al.*, 2012). En los años 70 se descubrió la Glutación Peroxidasa (GSH-Px) y su relación estructural con el selenio (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008; Haenlein y Anke, 2011). El contenido en el organismo es naturalmente muy bajo, estando en su mayoría unido a tejidos y sangre en forma de seleno-proteínas, las cuales son por lo menos 25 con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y quimioprotectoras (Pechová *et al.*, 2008; Pechová *et al.*, 2012). La GSH-Px es una enzima que cataliza la reducción del peróxido de hidrógeno y de los hidroperóxidos lipídicos protegiendo a las membranas celulares del daño oxidativo (Van Metre y Callan, 2001; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010; Pechová *et al.*, 2008; Haenlein y Anke, 2011; Pechová *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2017; Schweinzer *et al.*, 2017). La carencia del elemento impide la síntesis y funcionamiento de GSH-Px, permitiendo que los peróxidos producto del metabolismo celular oxiden y dañen las grasas y proteínas de las membranas; también interviene en la actividad tiroidea mediante la peroxidasa tiroidea (fundamental en la síntesis hormonal), las deiodinasas (enzimas activadoras de T3 a partir de

T4) y del mismo modo se ha comprobado su incorporación a proteínas en células animales como seleno-cisteína, lo cual es contrario a lo que acontece en vegetales a los que se asocia como seleno-metionina. La síntesis de éstas depende en gran medida del aporte y cuando éste es limitado se jerarquizan las seleno-enzimas a producir, así como los órganos donde esto ocurre (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008; Kachuee *et al.*, 2019). Esta regulación demuestra que en condiciones de deficiencia, mantener los niveles de GSH-Px es la última prioridad por lo que su actividad en sangre refleja si los requerimientos del elemento han sido cubiertos (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008).

Se han descrito proteínas que fijan selenio en forma no específica y que podrían funcionar como acarreadoras (la selenoproteína P y la selenoproteína W). Se sugiere que el selenio se incorpora rápidamente a las proteínas específicas (selenocisteína) las cuales son responsables de los efectos biológicos y la estricta homeostasis de estas impiden su incremento aún en condiciones de sobre-suplementación (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008). Un factor importante que afecta la concentración en leche es el área geográfica y el contenido natural de selenio en el suelo, el cual es introducido a la cadena trófica por las plantas al absorber sales inorgánicas y convertirlas a formas orgánicas (seleno-metionina) que incorpora a las proteínas (Pechová *et al.*, 2008, Pechová *et al.*, 2008)

4.7.3.- Deficiencia

Es tal su importancia en la fisiología animal que la deficiencia de selenio provoca crecimiento reducido, distrofia muscular nutricional, anemia, retención placentaria, disminución del reflejo de succión, debilidad, alta incidencia de enfermedades infecciosas, desórdenes inmunes (afectando la respuesta inmune tanto humoral como celular) y endócrinas, así como abortos o incidiendo negativamente la fertilidad. La actividad reducida de la GSH-Px ocasiona un daño directo a las membranas celulares, se incrementa la fragilidad del eritrocito y se daña el endotelio vascular (Pechova *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2017; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008; Schweinzer *et al.*, 2017). Szilagyi *et al* en 1986, durante un estudio de 9 meses sobre deficiencia encontraron reducción significativa en los niveles de GSH-Px, además de incrementos en Creatincinasa debido a distrofia muscular y en Aspartato-aminotransferasa relativa a daño hepático en cabras deficientes (Haenlein y Anke, 2011). Un adecuado aporte de Se da soporte a la resistencia a enfermedades y a la eliminación de patógenos mediante

inmunidad no específica (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008; Schweinzer *et al.*, 2017). Su deficiencia afecta los niveles de IgG, la eficacia de las células T y hay indicios de que la baja actividad de la GSH-Px reduce la vida media de los macrófagos, también es fundamental para el funcionamiento de neutrófilos y linfocitos. La producción de factores relacionados con la actividad quimiotáctica también se ve afectada por la deficiencia de Se (Schweinzer *et al.*, 2017; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008). Los signos de deficiencia pueden aparecer de manera crónica, dependiendo del grado en que se presente, del tipo de mineral, cronicidad, así como de factores individuales (especie, edad, sexo, estado fisiológico). La deficiencia también ocurre si el suelo o las plantas consumidas poseen bajos niveles, por lo que podría ser un fenómeno muy común en animales en pastoreo (Schweinzer *et al.*, 2017).

4.7.4.- Selenio y rumiantes

En los rumiantes la absorción (29-35%) y digestibilidad (alrededor del 19% en ovejas y 11% en vacas) es menos eficiente que en otras especies, porque el ambiente reductor del rumen convierte una fracción variable del selenato que es biodisponible a selenito, selenio elemental o seleniuros los cuales no pueden aprovecharse, mientras que otra fracción significativa es incorporada a los microorganismos ruminales como selenometionina (SeMet) y selenocisteína (SeCys) (Van Metre y Callan, 2001; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010). Cuando el Se está presente como selenometionina (forma orgánica) se absorbe en mayor medida que como selenito inorgánico, si bien algunas investigaciones han demostrado lo contrario (Van Metre y Callan, 2001; Tuffarelli y Laudadio, 2011; Pechová *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2017). La mayoría de su absorción ocurre en el duodeno (Van Metre y Callan, 2001; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008) y ésta parece ser proporcional al contenido de Se biodisponible en la dieta, sin mecanismos homeostáticos presentes a este nivel. Como resultado del proceso de reducción en el rumen, la mayor parte del Se en las heces de los rumiantes está presente en forma de selénidos insolubles y no biodisponibles. Si la absorción excede los requerimientos el hígado mueve una pequeña fracción hacia la bilis y el exceso es liberado del hígado para ser excretado en la orina como trimetil selénido (Van Metre y Callan, 2001).

Al usar selenometionina como fuente, resulta un incremento de selenio en las proteínas y en las células, pero este incremento no mejora la actividad enzimática, lo que indica que en la síntesis de proteínas que requieren metionina, se opta por la forma selenificada, resultando en selenoproteínas no específicas y sin actividad biológica aparente (Hefnawy y Tórtora-

Pérez, 2008). La levadura *Saccharomyces cerevisiae* enriquecida con Se es rica en la forma orgánica, debido a la transformación de la forma inorgánica a selenometionina (Se-Met) o selenocisteína (Se-Cys) integrándose del 54 a 90% a la metionina. Esta levadura ha demostrado tener una influencia positiva en las características de la leche de vaca y cabra, así como en la salud de la glándula mamaria de la cabra. Incluso los niveles de Se en la leche de animales suplementados con levadura enriquecida se ha incrementado (Silvestre *et al.*, 2007; Krzyzewski *et al.*, 2014, Bagnicka, 2016, 2017). Por otro lado, también se han documentado resultados contradictorios (Petera *et al.*, 2009; Oltramari *et al.*, 2014; Reczynska *et al.*, 2019). En 1999, Allan *et al.* demostraron el efecto protector sobre la muerte inducida por radiación UV, demostrando también la priorización en la síntesis de selenoenzimas. También se comprobó que el efecto protector es más eficiente cuando se adiciona selenito que cuando se adiciona selenometionina (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008).

4.7.5.- Selenio durante la gestación y lactancia

Durante el parto se presentan algunas de las mayores exigencias nutricionales en la vida de los animales en producción (Robinson, 1990; Robinson *et al.*, 1999). Los cambios que se presentan incrementan la producción de especies reactivas de oxígeno causando estrés oxidativo, el cual debe ser eliminado o disminuido constantemente para prevenir enfermedades (Kachuee *et al.*, 2019).

En ovejas y cabras el selenio se transfiere a través de la placenta al feto y el estatus del selenio materno durante la gestación parece estar correlacionado positivamente con el estatus de selenio en el feto y el cordero neonato (Van Metre y Callan, 2001; Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010; Muñoz, 2009; Pechová *et al.*, 2012;) y en los rumiantes esto sucede aun cuando haya deficiencia. Se sugiere que la hembra podría sacrificar su condición para mantener el transporte al feto reduciendo los niveles plasmáticos maternos conforme progresa la gestación (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008). Los recién nacidos obtienen Se a través del calostro y la leche materna, por lo que la condición y disponibilidad de selenio de las madres resulta trascendental para el aporte en la lactancia. Se ha estudiado el efecto de la suplementación sobre la ganancia de peso obteniéndose resultados contradictorios (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008). La suplementación de ovejas gestantes podría suponer una mejora del estatus del selenio del cordero al nacer (Van Metre y Callan, 2001; Muñoz, 2009; Pechová *et al.*, 2012). El impacto del Se sobre la incidencia de enfermedades ha generado recomendaciones para

evitar patologías, como su aplicación en el período seco para evitar metritis o retención placentaria (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008).

En lo que respecta a cabras, en recién nacidos y durante la lactancia los niveles de Se en el organismo dependen de los niveles en el organismo de la madre. La concentración en la leche depende del monto y la forma del Se en la ración, aumentando significativamente por productos que contengan selenio orgánico en la forma de selenometionina (Pechová *et al.* 2012, Hefnawy y Tórtora- Pérez, 2010). La deficiencia de Se afecta a los animales que habitan áreas con concentraciones naturalmente bajas de este mineral, provocando pérdidas económicas (Pechova *et al.*, 2012). Lo anterior puede ocurrir si el suelo es pobre en este mineral ($< 0.5\text{mg/ Kg}$) o contiene elevados niveles de otros minerales. En suelos con niveles adecuados la presencia de calcio, cobre, azufre o arsénico pueden interferir con su incorporación a las plantas, del mismo modo la presencia de estos minerales, grasas poliinsaturadas y nitritos reducen la absorción en el intestino delgado (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010).

4.7.6.- Suplementación

Se han obtenido resultados que señalan que es posible mejorar los parámetros reproductivos al suplementar Se y, si bien Ramírez y colaboradores en 2005 no obtuvieron resultados favorables esta aparente contradicción podría depender de la severidad de la deficiencia, condiciones de suplementación y la capacidad del sistema para priorizar la síntesis. La suplementación de los animales puede realizarse mediante premezclas, bolos intrarruminales o soluciones inyectables, dependiendo la elección de las condiciones productivas y la facilidad para administrarlo (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008; Pechová *et al.*, 2008). Se ha reportado que el uso de selenometionina (SeMet) implica el doble de biodisponibilidad de Se que, al usar selenito no obstante su uso puede ser discutido considerando la incorporación bioactiva en las enzimas. Además, las mezclas con SeMet son más costosas y en los rumiantes la microflora ruminal puede transformar sales inorgánicas a SeMet. Se considera adecuado un aporte de 0.1 a 0.3 ppm/Kg MS para ovejas y cabras en el total de la dieta (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2010). Aún con recomendaciones definidas, estas pueden resultar insuficientes para satisfacer los requerimientos durante periodos delicados (último tercio de gestación o alta producción de leche) además de que no se consideran todas las formas (orgánica, inorgánica, nanopartículas) ni su biodisponibilidad (Kachuee *et al.*, 2019). Existen varios compuestos

disponibles (levadura, proteinato, lactato) entre los cuáles aún se discute si son similares en cuanto efectividad biológica (Pechová *et al.*, 2008).

Poco se ha investigado para evaluar su biodisponibilidad y demostrar las interacciones que tiene con otros elementos, por ejemplo: zinc, cobre y hierro. Si bien el contenido de Se del organismo mantiene una relación vital con otros elementos, los puntos de interacción esenciales aún no se han establecido. En el caso particular de Fe existe unido a proteínas como pigmentos (hemoglobina y mioglobina) como hemoenzimas (citocromos, catalasa o peroxidasa) o en la forma de compuestos no-hemo (flavin-fe, transferrina y ferritina). La glándula mamaria segrega lactoferrina, una glicoproteína que desempeña un papel vital como antibiótico (Kachuee *et al.*, 2019). Sin olvidar su importancia, el hierro puede resultar muy dañino, especialmente si es expuesto al peróxido de hidrógeno o a sitios que contengan azufre como los existentes en el aminoácido cisteína. Se ha demostrado que compuestos con formas orgánicas de selenio (selenocisteína, selenometionina y metilselenocisteína) inhiben el daño oxidativo al ADN causado por el hierro y cobre debido a su acción secuestrante. Algunas investigaciones indican una posible relación del selenio en la homeostasis del hierro y en la expresión de genes para transferrina y sus receptores (Kachuee *et al.*, 2019).

4.7.7.- Trabajos de interés

Estudios sobre los efectos de la suplementación con Se en la calidad y producción de leche caprina son limitados comparados con los trabajos realizados acerca de la leche ovina y bovina. En 2008 Zhao *et al.*, demostraron que suplementar Se y Vit. E en la dieta mejoran la cantidad de grasa en la leche de bovinos lecheros, mientras que Lacetera *et al.* en 1999 reportaron que la producción de leche en ovejas Sargas mejoraba al recibir Se y Vit. E en la dieta (Tuffarelli y Laudadio, 2011). En una investigación de 2 años con cabras deficientes en Se, Anke *et al* en 1987 registraron decrementos en el desempeño reproductivo y producción láctea (Haenlein y Anke, 2011).

También en 2008 Pechová y su grupo de trabajo monitorearon la posibilidad de influenciar la composición de leche y sus productos al suplementar con selenito de sodio y proteinato de selenio. Trabajaron en 30 cabras divididas en 3 grupos suplementando durante 4 meses, desde antes del parto hasta el 2° mes de la lactancia. Realizaron 6 muestreos en un lapso de 2 semanas y elaboraron queso y yogurth. Si bien no encontraron un efecto significativo en la

concentración de Se en leche queso o yogurth, encontraron resultados prometedores en otros indicadores como menor acidez y una capacidad de cuajar significativamente mayor en el grupo de selenio inorgánico, así como una mayor concentración de grasa en leche y yogurth del grupo suplementado con selenio orgánico (Pechova *et al.*, 2008a). A pesar de suplementar dosis altas no se logró elevar la concentración de Se en leche, debido posiblemente a que la dieta básica saturaba las necesidades del organismo. La Se-Met se absorbe en intestino delgado mediante un sistema de transporte de aminoácidos neutros dependiente de sodio el cual resulta bastante efectivo, por lo que los autores lo establecen como una primera opción para incrementar los niveles de Se en leche de vaca (Ortman y Person, 1999; Knowles *et al.*, 1999; Heard, 2004; Juniper, 2006; Pechová *et al.*, 2008a).

En otro trabajo realizado ese mismo año (2008b) Pechová *et al.*, trabajaron con un grupo de 24 cabras de raza blanca de pelo corto, durante el 4° y 5° mes de lactancia. Se dividieron en 4 grupos administrando: levadura enriquecida con Se 0.5 %, lactato con 0.17% de Se y proteinato (una mezcla de selenito de sodio y proteína hidrolizada de soya) con 2% de Se; en preparados después de la comida de la mañana conteniendo 250 µg de Se. Iniciando con concentraciones promedio de 180 µg en sangre, en el transcurso del experimento en el grupo de levadura enriquecida se alcanzaron niveles de 205 µg mientras en el grupo control disminuyeron hasta 155 µg. Estos resultados muestran la mayor eficiencia de la levadura, la Se-Met (como se mencionó anteriormente) se absorbe en intestino delgado mediante transporte activo y se piensa que las otras dos formas difunden mediante transporte pasivo. Las altas concentraciones en sangre se explicarían por la unión de la selenometionina a la hemoglobina y a la albúmina; por otro lado, si no es metabolizada se incorporaría a órganos con elevada tasa de síntesis de proteínas. Después de 5 días la concentración de Se en leche aumentó y aunque posteriormente se mantuvo elevada en el grupo de levadura enriquecida ya no aumentó de manera importante. Se sugiere que otra opción para incrementar la concentración en leche es la aplicación parenteral, aunque aplicada antes del parto no incrementa la concentración en calostro (Pechová *et al.*, 2008b).

Reczynska *et al.*, (2019) trabajando con cabras de las razas Polish White y Polish Fawn mejoradas de febrero a septiembre y administrando selenio orgánico e inorgánico tomaron muestras de leche en los días 21, 70, 120 y 180. Sus resultados mostraron una disminución

en el conteo de células somáticas, se encontraron libres de bacterias patógenas, aumentó la producción, así como los porcentajes de grasa y proteína. En este estudio el grupo suplementado con selenio orgánico tuvo niveles más altos en leche y sangre, así como una mejor respuesta inmune. Por su parte Kachuee y colaboradores en 2019 compararon la suplementación con tres formas distintas (selenometionina, selenito de sodio y nanopartículas selenificadas, obteniendo mejores resultados con Se-Met en la concentración de sangre de crías de madres suplementadas, así como en la concentración de Se en calostro por sobre el selenito y las nanopartículas. Asimismo, registraron que la Se-Met se transporta de manera más efectiva hacia la leche a las cuatro semanas posparto (Kachuee *et al.*, 2019).

5.- HIPÓTESIS

En cabras la suplementación con Selenio inorgánico durante el último tercio de la gestación tendrá un impacto positivo en la producción láctea, lo que modificará la actividad de amamantamiento y atenuará el estrés pos-destete de los cabritos.

6.- OBJETIVOS

6.1.- Objetivo general:

- Evaluar en cabras el impacto de la suplementación con selenio durante el último tercio de la gestación sobre: la producción de leche, la actividad de amamantamiento durante la lactancia y efectos sobre la conducta de los cabritos al destete.

6.2.-Objetivos particulares:

- Evaluar el impacto de la suplementación con Selenio en la producción y calidad de la leche.
- Conocer la manera en que este manejo incide en la actividad de amamantamiento de la cabra y sus crías.
- Conocer si la suplementación con este mineral impacta sobre las conductas desplegadas por los cabritos al destete.

7.- MATERIALES Y MÉTODOS

Nota ética: Este protocolo fue revisado y aprobado por el Subcomité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales Experimentales del posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal con número de proyecto SICUAE.MC-2019/2-13.

7.1.- Sujetos y lugar de estudio

El trabajo se realizó en el módulo de producción caprina de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 de la Universidad Nacional Autónoma de México. El cual se encuentra ubicado en el Municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México (19°40'50" N; 99°12'25" W; 2,250 m por encima del nivel del mar; García, 2004).

Se utilizaron 24 hembras caprinas adultas tipo lechero con encastes de las razas Alpino Francés y Toggenburg con una edad que oscilaba entre 2 y 5 años.

Las hembras estuvieron alojadas en 2 corrales separadas por grupo, cuyas dimensiones fueron 12m x 12m (144m²) por corral. Las cabras fueron alimentadas de acuerdo con sus necesidades nutricionales indicadas en el NRC (2007), elaborada y analizada en el laboratorio de Bromatología de FES Cuautitlán. Los animales tuvieron libre acceso a agua.

Ingrediente	MS %	PC T	Inclusión	PC %	EM Mcal/Kg MS	EM MCAL/Kg MS T	% Fibra	% FDN
Alfalfa heno	85	16.75	20 %	3.35	0.39	1.95	6.08	9.82
Avena heno	88	9.1	5%	0.455	0.092	1.84	1.7	2.9
Ensilado de maíz	32	6	30%	1.8	0.6	2.00	5.4	13.5
Concentrado	90	18	45%	8.1	1.215	2.7	6.3	5.4

Tabla 3. Composición de la dieta ofrecida a las cabras del proyecto.

Con el fin de tener un grupo de hembras gestantes en un periodo corto de tiempo, el estro de dichas hembras fue sincronizado en el mes de agosto aplicando esponjas intravaginales que contenían acetato de flurogestona (20mg, Chronogest ®CR, Intervet), las cuales permanecieron por 12 días. Un día previo al retiro de la esponja se les aplicó 1 ml (IM) de Lutalyse® que contiene 5 mg de Trometamina de Dinoprost-PGF2α (Zoetis CR). En el día 12, al retiro de la esponja, a cada cabra se le aplicó vía intramuscular una inyección de 250 UI de Novormon 5000®, que contiene gonadotropina coriónica equina (Zoetis CR). Inmediatamente después las hembras fueron expuestas a machos caprinos sexualmente activos, provistos de un arnés con crayón marcador. Para determinar la fecha probable de parto se tomó como referencia la marca que dejó el macho por primera vez.

Aproximadamente a los 60 días de introducción de los machos se realizó un diagnóstico de gestación con un equipo de ultrasonido de tiempo real (SonoVet 600, Japón). Una vez determinada la gestación fueron distribuidos aleatoriamente en dos tratamientos a las cabras:

Grupo testigo (N=12): Cabras alimentadas durante la gestación con una dieta que cubrió el 100% de sus requerimientos nutricionales, sin suplementación extra con Se (NRC, 2007).

Grupo Selenio (N=12): Cabras a las que además de suministrarle una dieta similar a las del grupo testigo, se les dio una suplementación con Selenio de forma parenteral.

Dicha suplementación se hizo en dos aplicaciones: una en el día 136 y otra en el día 147 (+/- 3 días) de gestación, estimado de acuerdo al momento del parto. Se aplicó una dosis de 0.25 mg/kg IM de acuerdo a lo recomendado por Ramírez-Bribiesca *et al* (2004); utilizando el producto comercial Beef-Se® (Aranda) que contiene Selenito de Sodio (10.95 mg) y acetato de vitamina E (60 mg).

7.2.- Proceso experimental

7.2.1- Peso y condición corporal de las madres y los cabritos.

Las cabras fueron pesadas y evaluada su condición corporal, medida en una escala del 1 al 5 mediante palpación e inspección visual del animal y como es descrito por (Frost *et al.*, 2008) realizado por dos personas en los días 104, 136 y 147 de gestación, así como en los días 11, 25, 40, 54 y 68 de lactancia. Los partos se concentraron en un período de siete días, presentándose los partos de la siguiente manera: 1 triple, 4 dobles y 7 sencillos para el grupo selenio y 1 triple, 3 dobles y 8 sencillos para el grupo control; quedando asignados 17 cabritos al grupo selenio (peso promedio 2.8 kg) y 14 cabritos al grupo control (peso promedio 3 kg). Sin datos adicionales sobre la edad o paridad de las madres. Los cabritos fueron pesados a las 2 horas de nacidos, así como en los días 11, 25, 40, y 54 de nacidos. Adicionalmente los cabritos fueron pesados 3 días antes del destete (día 63 de lactancia), en el destete (día 66 de lactancia) y 2 días posteriores al destete (día 68 de lactancia), fechas consideradas por la edad promedio en que los productores de la zona realizan el destete. El pesaje se hizo con una báscula digital marca Trip2-trip de origen chino, con capacidad de 40 kg y con una precisión de 50 gramos.

7.2.2.- Actividad de amamantamiento.

En el día 7 postparto (± 3 días) se inició el registro de la actividad de amamantamiento, el cual se realizó con un método similar al descrito por Hernández *et al.* (2002). Por lo que días previos a esta actividad se les colocó a las madres un collar de plástico (SIGIGAN™) con un número para identificarlas, y con el fin de que se acostumbraran a portar dicho collar. Las mediciones se realizaron con ayuda de 3 observadores previamente entrenados, quienes siempre fueron los mismos y se colocaban fuera de los corrales para no perturbar a los animales (se asignó un corral o grupo experimental a cada observador). Una vez a la semana se realizaban los registros en dos periodos: matutino de 07:00 a 09:00 horas y vespertino de 16:00 a 18:00 horas, horarios establecidos de acuerdo a lo estudios realizados por Hernández *et al.* (2001) estas observaciones se repitieron semanalmente hasta la semana 8 de lactancia. El registro se hizo con el método conductual continuo y en donde se registraba en una hoja pre-formateada las siguientes conductas basado y adaptado de los experimentos realizados por Hernández *et al* (2001, 2007):

- *Episodios de amamantamiento*: Cuando la madre aceptaba a una o dos crías (dependiendo del tipo de parto) al amamantamiento y éste tenía una duración mínima de 5 segundos.
- *Número de episodios*: Fue la sumatoria de episodios realizados, por cada sesión de observación, en cada grupo.
- *Episodios con una cría*: Cuando ocurría un episodio y en donde participaban la madre y sólo una cría.
- *Episodios con 2 crías*: Cuando ocurría un episodio y en donde participaban la madre y 2 crías, este tipo de episodio ocurría sólo con las madres de partos dobles o triples.
- *Episodios en que termina la madre*: Era cuando la culminación del episodio de amamantamiento fue debido a la determinación de la madre, por ejemplo, se alejaba o amenazaba a los cabritos para que no siguieran amamantando.
- *Episodios en que termina la cría*: Era cuando la culminación del episodio de amamantamiento fue debido a la determinación de la cría (s), por ejemplo, que dejaba de succionar y se alejaba de la madre.
- *Aceptación a mamar*: Cuando el cabrito (s) se acercaba a la zona inguinal de la madre para intentar succionar y la madre se lo permitía, se consideró “aceptación” cuando el cabrito permanecía por más de 5 segundos seguidos succionando.
- *Rechazo a mamar*: Cuando el cabrito (s) se acercaba a la zona inguinal de la madre para intentar succionar y la madre lo rechazaba, ya sea agrediéndolo o simplemente se alejaba de la cría.
- *Duración de amamantamiento*: El tiempo total que tenía lugar la conducta de amamantar en cada episodio.

7.2.3.- Producción de leche.

La producción de leche se determinó a cada cabra en los días 15, 28, 45 y 59 de la lactancia. Para realizar este procedimiento se utilizó el método de separación parcial durante 12 horas de la cría y su madre, descrito por Ricordeau *et al.* (1960) y utilizado por Hernández *et al.* (2002). La separación se realizó a las 19:00 h y la ubre de cada cabra fue vaciada con ordeña manual, posteriormente el remanente de leche en ubre fue retirado aplicando la inyección intravenosa de 2 UI de oxitocina (Oxitocin®, Aranda) y repitiendo la ordeña.

Al día siguiente a las 07:00 horas los cabritos de cada hembra fueron primero pesados (para determinar el peso vacío) y luego se les permitió amamantar por al menos 3 minutos, posteriormente fueron nuevamente pesados (para determinar el peso lleno). Finalmente, el residual de leche fue retirado con ordeña manual y posterior inyección intravenosa de oxitocina, repitiendo la ordeña. La producción total de leche fue calculada en gramos con la diferencia de peso de la cría llena - la cría vacía + el peso de la leche residual ordeñada. Eso dio una producción para 12 horas lo cual fue multiplicado por 2 para determinar la producción diaria estimada de leche por cada cabra, de acuerdo a lo descrito por Ricordeau *et al* (1960).

7.2.4.- Calidad de la leche

Para verificar la calidad los días 28 y 59 de la lactancia, utilizando el método de Ricordeau *et al.*, (1960) de separación parcial descrito previamente, se recolectaron muestras a las 07:00 horas, eliminando el primer chorro ordeñado y antes de permitir el acceso a la ubre al cabrito, en tubos Falcon estériles de 50 ml. marcándose cada uno con el número de la cabra y el grupo (Se o Control) al cual se encontraba asignada, así como la fecha y hora. Dichas muestras fueron colocadas en refrigerante para posteriormente ser trasladadas en contenedores térmicos al laboratorio, analizándose de manera inmediata. Se realizaron tres análisis por muestra en un Lactoscan modelo Julie C3™ de Scope Electric® Instruments que recuperó 15 ml de cada muestra a través de una pipeta de acero, analizándose mediante espectrofotometría y posterior despliegue de los resultados en una pantalla LCD., se registraron los datos referentes a grasa, lactosa, sólidos no grasos y proteínas Después de registrar las lecturas de las muestras por triplicado se calculó el valor promedio de cada uno de los analitos de interés.

7.2.5.- Mediciones conductuales al destete

El destete se hizo en el día 66 ± 3 postparto de acuerdo a la edad promedio en que se realiza entre los productores de la zona, previo a esto los cabritos convivían todo el tiempo con su madre con libre acceso al alimento. Se realizó un destete abrupto con pesos promedio de 14.6 kg para el grupo selenio y 17 k para el grupo control, los cabritos fueron llevados a un corral con agua y alimento a una distancia de 12 metros de las madres desde donde podían escucharlas. Cinco días antes del destete los cabritos fueron identificados con un número pintado en sus costados, el cual era el mismo que las madres tenían en el collar para medir

los ritmos de amamantamiento. Los registros conductuales se hicieron con el método de escaneo o barrido, (con ayuda de 3 observadores, asignados a cada uno los corrales), se realizaron durante 6 días, 6 horas diarias; comenzaron 3 días previos a la fecha estimada de destete y terminaron en el día 2 posterior al destete. Se registraron tanto las conductas de las madres, como las de las crías. El registro se hizo diariamente en dos periodos: uno matutino de 07:00 a 10:00 horas y otro vespertino de 16:00 a 19:00 horas, durante los cuales se realizaban escaneos cada 10 minutos. Las conductas registradas se adaptaron del trabajo de *Damián et al (2013)* fueron:

- *Vocalizando*: Cuando se emite sonido a manera de balido de cualquier intensidad.
 - *Caminando*: Cuando se desplaza con sus 4 miembros.
 - *Comiendo*: Cuando se encuentra en el comedero ingiriendo alimento.
 - *Bebiendo*: Cuando se encuentra en el bebedero ingiriendo agua.
 - *Intentando escapar*: Cuando el animal busca en el perímetro del corral un lugar para tratar de salir.
 - *Acostado*: Cuando se encuentra sobre el piso recargado en uno de sus costados, descansando.
 - *Jugando*: Cuando realizar cualquier actividad lúdica ya sea en grupo o en solitario.
 - *Explora*: Cuando realiza actividades de búsqueda en cualquier parte del corral, principalmente con la nariz.
 - *Rumia*: Cuando se encuentra remasticando el bolo alimenticio.
- Amamanta*: Cuando la cría se encuentra en la zona inguinal de la madre succionando la ubre durante más de tres segundos.

Para el análisis de estos datos se obtuvo un promedio de ambos turnos de observación y sobre eso se hicieron los cálculos estadísticos. Para el caso de las madres se analizaron las conductas de comer, rumiar, vocalizar y caminar.

7.3.- Análisis estadístico

- Para comparar la producción de leche, la calidad de la leche, el peso y la condición corporal entre los dos grupos se utilizó un análisis ANOVA para mediciones repetidas, incluyendo los efectos fijos del tratamiento, el tiempo y tipo de parto, así como la interacción entre ellos.
- Para comparar las conductas de los ritmos de amamantamiento y las conductas observadas antes, durante y después del destete se utilizaron las pruebas estadísticas no paramétricas de Kruskal Wallis y Friedman. Se consideró significativa la diferencia si $P < 0.05$, y se consideró una tendencia cuando $0.05 < p \leq 0.10$.
- Toda la información estadística fue analizada en el programa Systat®, versión 13.0 (Evanston, IL, USA).

8.- RESULTADOS

Se obtuvieron 12 partos en cada grupo, obteniéndose 17 crías en el grupo selenio con peso promedio de 2.8 ± 0.18 kg y 13 crías en el grupo control con peso promedio de 3.06 ± 0.19 .

8.1.- Peso y condición corporal

8.1.1.- Peso y condición corporal de cabras

El peso corporal de las cabras no fue afectado por el grupo experimental ($P=0.35$), pero sí por el tiempo de pesaje ($P=0.001$) del mismo modo se encontró una interacción entre el grupo y el tiempo de registro para el peso corporal de las madres ($P=0.038$). Se puede observar en la Figura 1, que el peso disminuye al final de la gestación para ambos grupos, y hubo una pérdida significativa una vez que ocurrió el parto. Sin embargo, a partir del día 25 de la lactancia se observa una recuperación del peso en los animales.

Cuando se analizó el efecto del tipo de parto sobre el peso corporal de las cabras, se encontró que no hubo efecto ($P=0.14$), sin embargo, sí se observa un efecto de la interacción tiempo de la gestación y la lactancia x tipo de parto ($P=0.002$).

En condición corporal (Figura 2) no se encontró efecto del grupo experimental ($P=0.39$), ni del tipo de parto ($P=0.23$), pero sí se encontró un efecto del tiempo de medición ($P<0.0001$). La condición corporal de las cabras presenta disminución gradual para ambos grupos a partir del día 104 de gestación, teniendo un descenso significativo en el parto, para nuevamente observarse una recuperación gradual a partir del día 11 postparto (Figura 2).

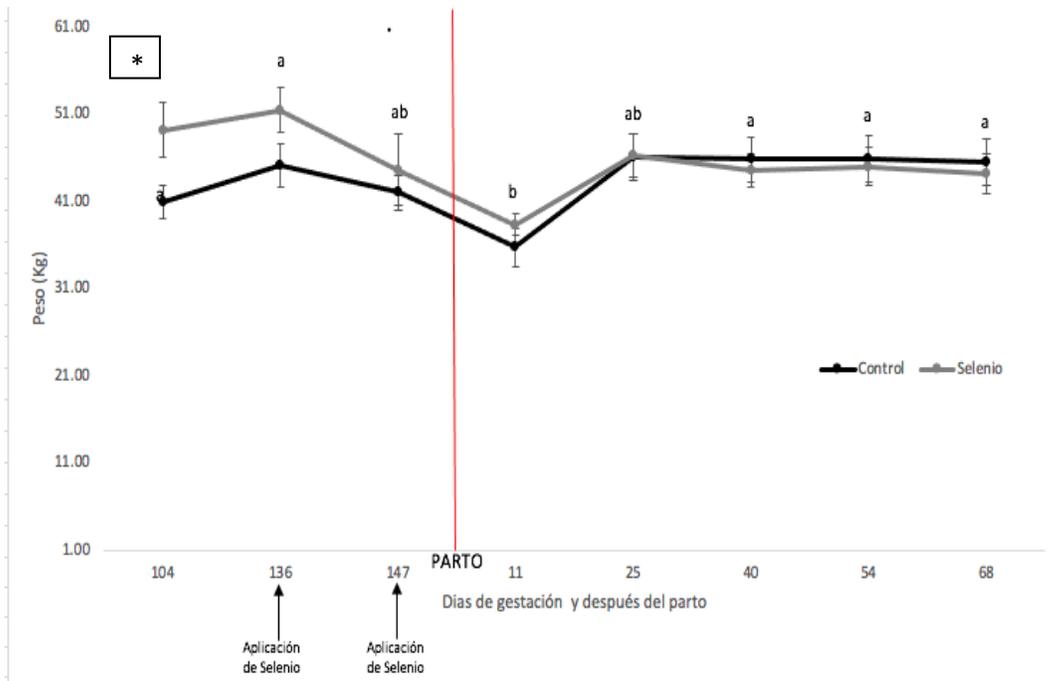


Figura 1.- Peso corporal (media \pm e.e.) de las cabras antes y después del parto, que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación. La línea vertical indica el momento del parto. Literales distintas indican diferencias significativas a lo largo del tiempo, $P < 0.05$. El asterisco indica diferencia entre grupos

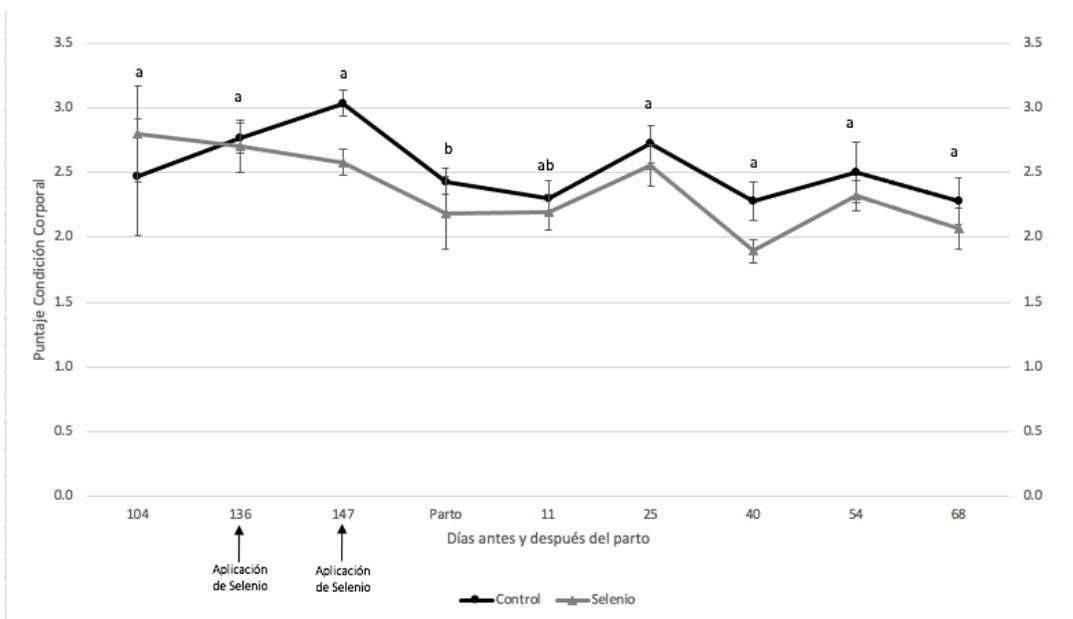


Figura 2.- Condición corporal (media \pm e.e.) de las cabras antes y después del parto que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación. La línea vertical indica el momento del parto. Literales distintas indican diferencias significativas a lo largo del tiempo, $P < 0.05$.

8.1.2.- Peso de los cabritos

El peso de los cabritos (Figura 3) no fue afectado por el grupo experimental ($P=0.52$), pero sí por la edad del cabrito ($P<0.001$). No se encontró efecto de la interacción grupo x edad ($P=0.48$). Los cabritos de parto múltiple fueron menos pesados que los de parto sencillo ($P=0.002$). Conforme avanza la edad el peso de los cabritos se incrementó significativamente ($P<0.001$, Figura 3).

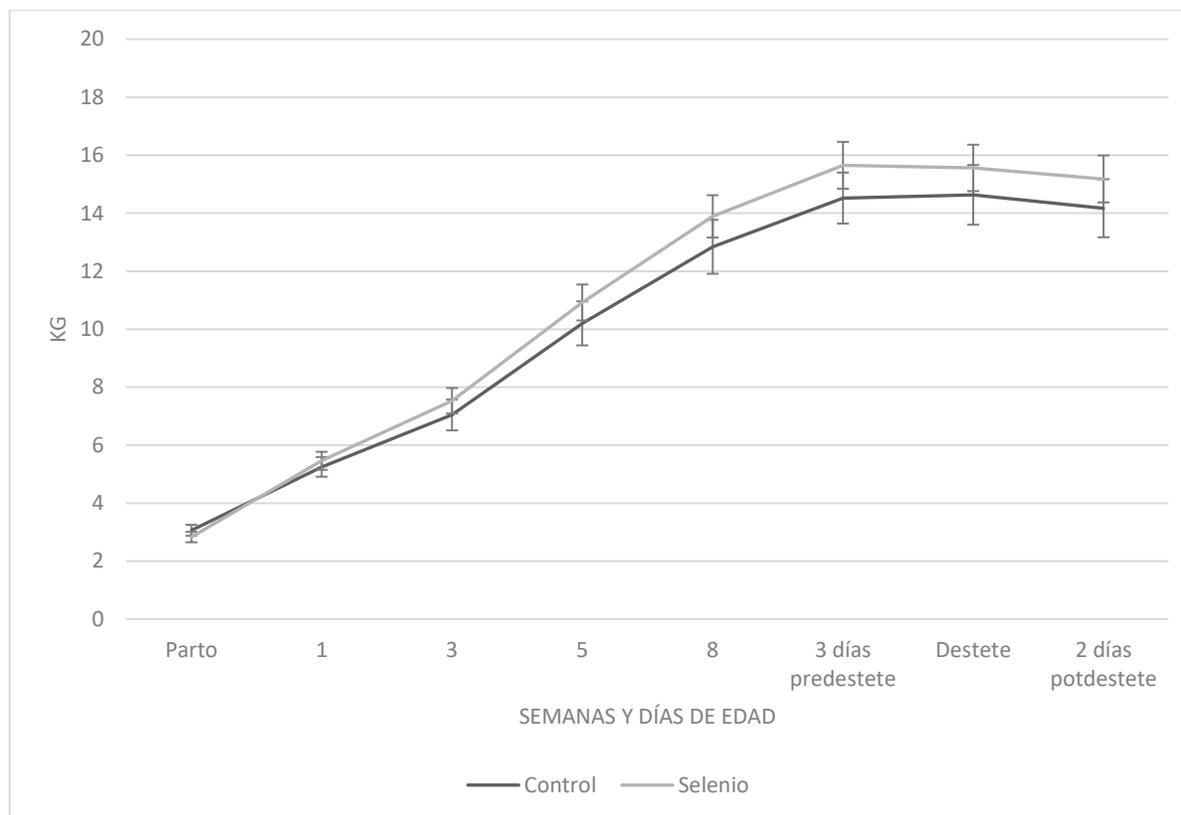


Figura 3.- Peso corporal (media \pm e.e.) de los cabritos después del nacimiento y hasta 2 meses de edad, provenientes de madres que fueron suplementadas o no con Selenio al final de la gestación.

8.2.- Actividad de amamantamiento.

8.2.1.- Total de episodios

Se encontró que los episodios de amamantamiento totales fueron mayores en el grupo selenio, que en el control en la semana 6 de lactancia ($P=0.019$, Figura 4). Mientras que en las semanas primera, segunda, tercera, cuarta, quinta, séptima y octava de lactancia no hubo diferencias significativas ($P>0.05$, Figura 4).

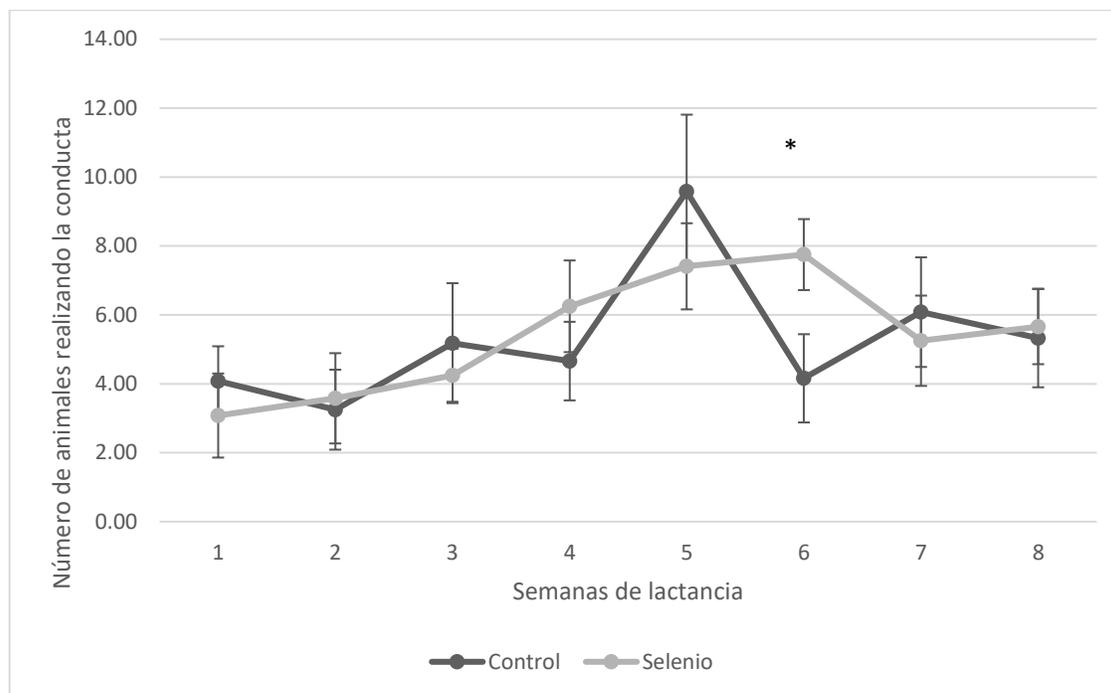


Figura 4.- Total de episodios de amamantamiento a lo largo de la lactancia (media \pm e. e.) de los cabritos y madres de los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación. Asterisco indica diferencias entre grupos $P<0.05$.

8.2.2.- Episodios de amamantamiento realizados por una cría.

En la semana 1 de lactancia se encontró una tendencia a que los episodios de amamantamiento realizados con la participación solo de una cría fueran mayores en el grupo control que en el suplementado ($P=0.08$, Figura 5). Por su parte en la semana 6 de lactancia se encontró que este tipo de episodios fue mayor en los animales del grupo selenio que en el control ($P=0.049$, Figura 5)

Mientras que en las semanas segunda, tercera, cuarta, quinta, séptima y octava de lactancia no hubo diferencias significativas ($P>0.05$, Figura 5).

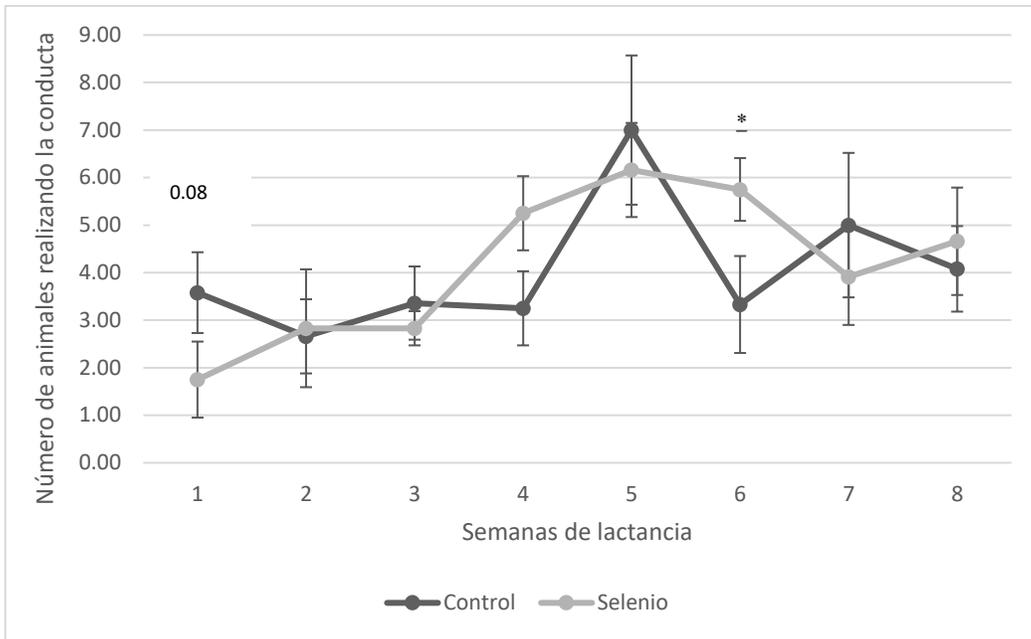


Figura 5.- Episodios de amamantamiento durante la lactancia realizados con una cría (media \pm e. e.) en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.

8.2.3.- Episodios de amamantamiento realizados por dos crías.

No se encontraron diferencias significativas, en este tipo de episodios entre grupos en ningún momento del estudio ($P > 0.05$, Figura 6)

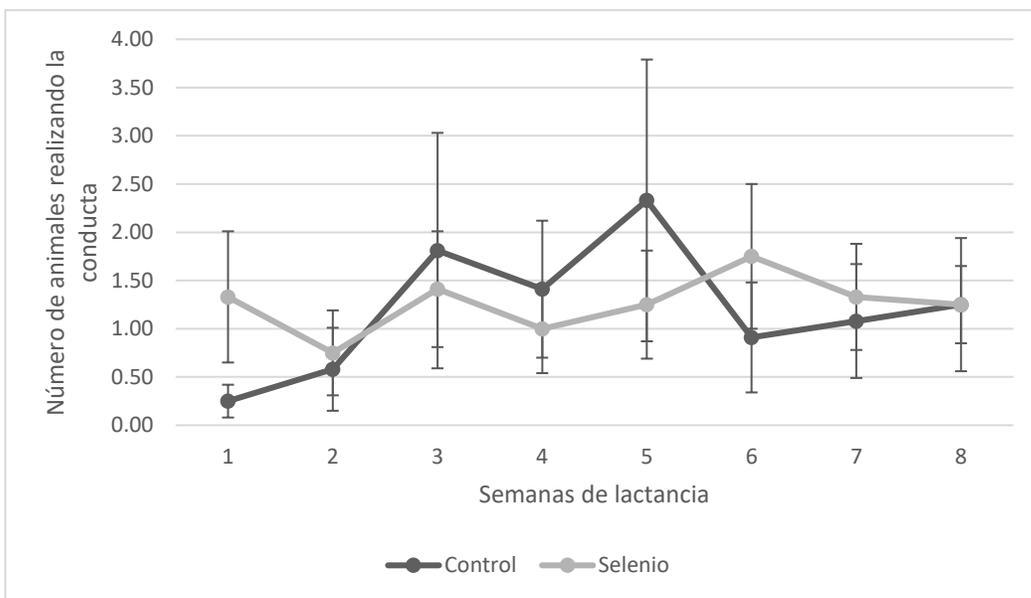


Figura 6.- Episodios de amamantamiento durante la lactancia realizados con dos crías (media \pm e. e.) en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.

8.2.4.- Episodios de amamantamiento en los que finaliza la madre.

En la semana 6 de lactancia se encontró que los animales del grupo selenio presentaron mayor número de episodios en los que finalizó la madre, que los del grupo control ($P=0.022$, Figura 7).

En las semanas 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 8, no hubo diferencia significativa entre grupos ($P>0.05$, Figura 7).

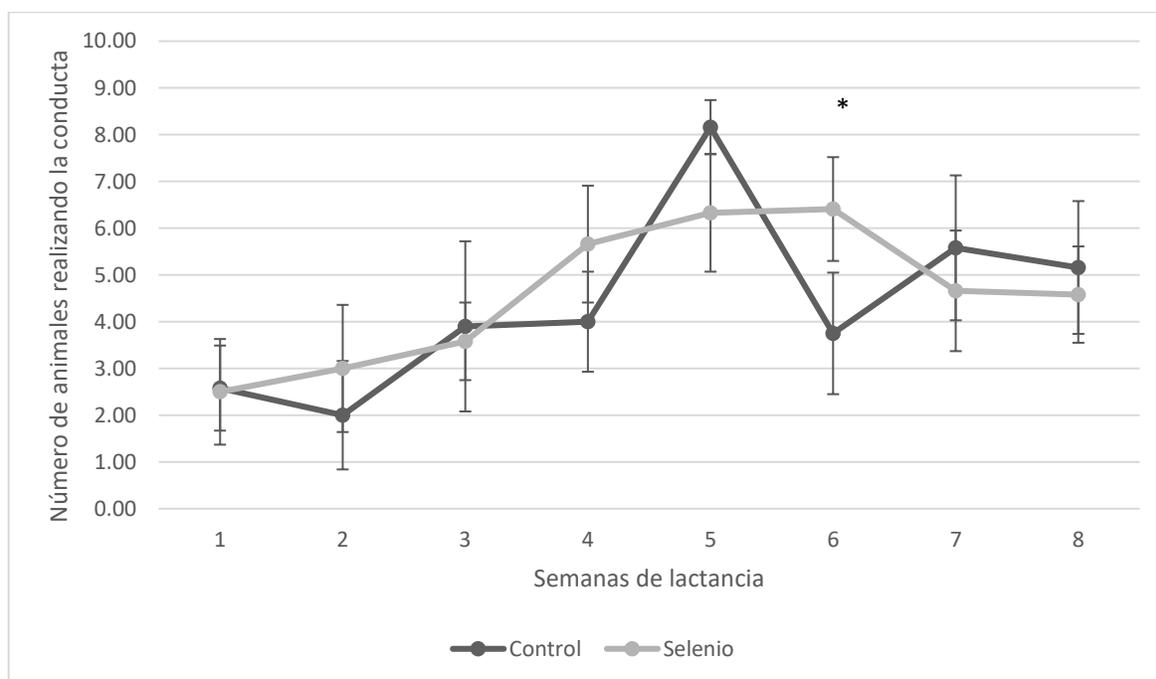


Figura 7.- Episodios de amamantamiento durante la lactancia, en los que finalizó la madre (media \pm e. e.) en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.

8.2.5.- Episodios de amamantamiento en los que finaliza la cría.

El número de episodios de amamantamiento que fueron finalizados por la cría mostró tendencia a ser mayor en los animales del grupo control, que en el suplementado en la semana 1 de lactancia ($P=0.06$, Figura 8). En comparación en la semana 6 de lactancia dichos episodios tendieron a ser mayores en el grupo suplementado que en el control ($P=0.08$, Figura 8).

En las semanas 2, 3, 4, 5, 7 y 8, no hubo diferencia significativa ($P>0.05$, Figura 8).

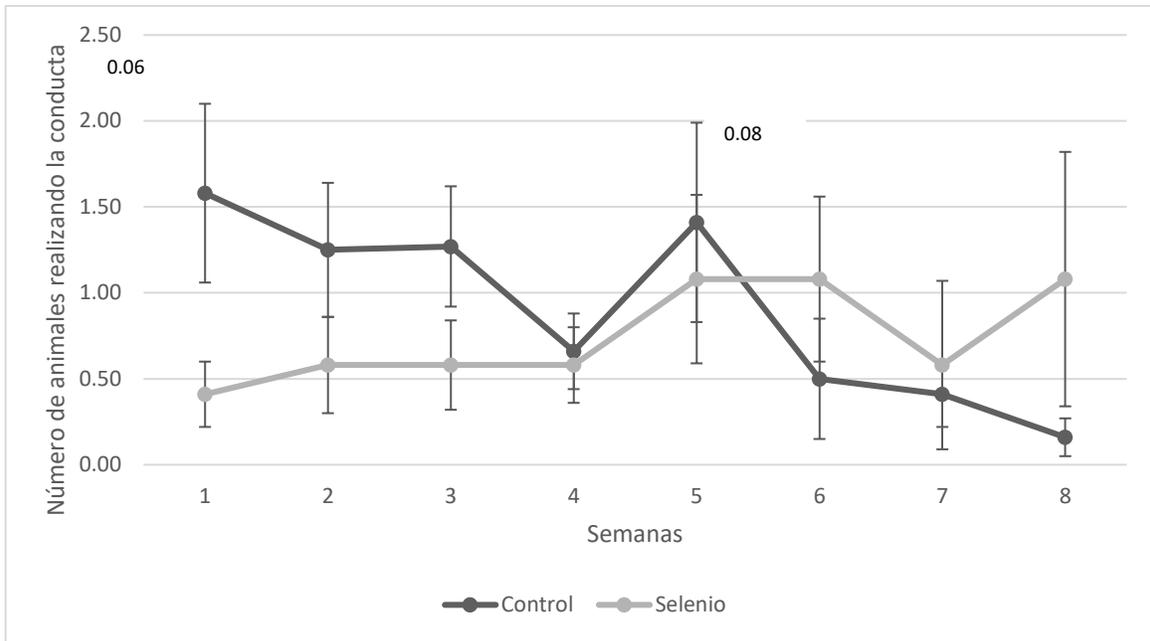


Figura 8.- Episodios de amamantamiento durante la lactancia, que fueron finalizados por la cría (media \pm e. e.) en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.

8.2.6.- Episodios de amamantamiento que fueron aceptados por la madre.

El número de episodios que fueron aceptados por la madre mostró tendencia a ser mayor en el grupo selenio en la semana 6 de lactancia ($P=0.048$, Figura 9).

En las otras semanas no hubo diferencia significativa entre grupos ($P>0.05$, Figura 9)

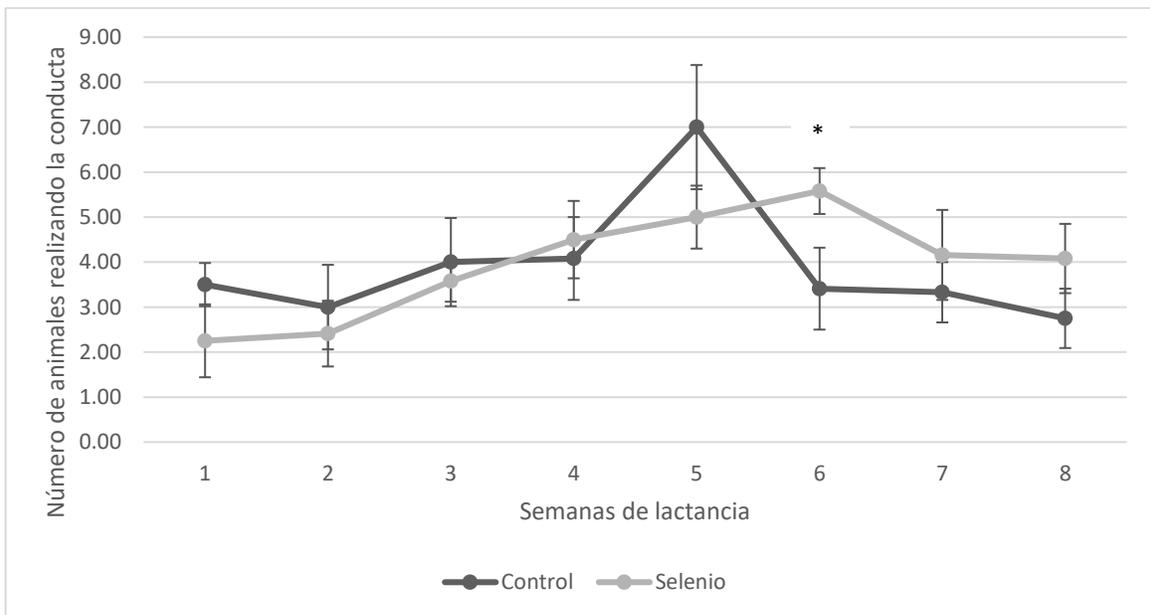


Figura 9.- Episodios de amamantamiento durante la lactancia que fueron aceptados por la madre (media \pm e. e.) en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.

8.2.7.- Episodios de amamantamiento que fueron rechazados por la madre.

El número de episodios de amamantamiento que fueron rechazados por la madre fue mayor en el grupo suplementado que en el grupo control, en la semana 6 de lactancia ($P=0.05$, Figura 10).

No hubo diferencia significativa entre grupos el resto de las semanas ($P>0.05$, Figura 10).

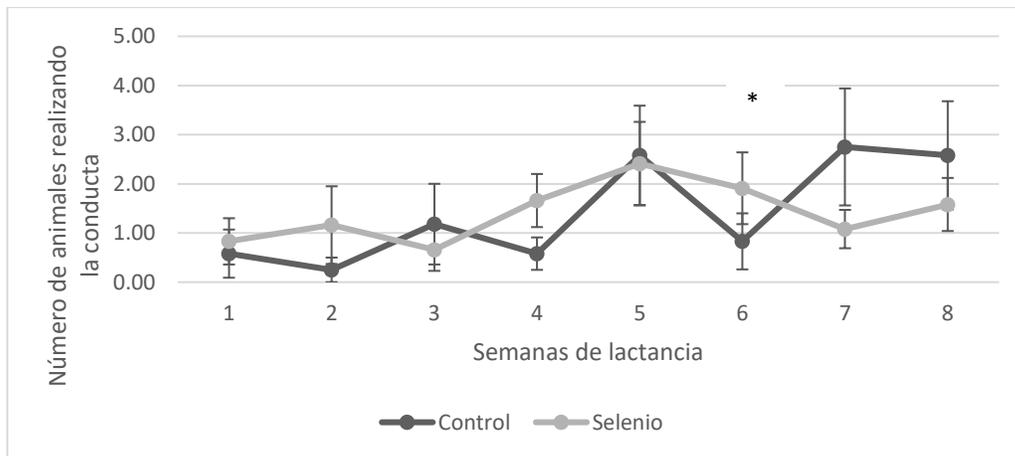


Figura 10.- Episodios de amamantamiento durante la lactancia que fueron rechazados por la madre (media \pm e. e.) en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.

8.2.8.- Duración promedio de los episodios de amamantamiento.

No hubo diferencia significativa, entre los grupos control y suplementado en ninguna de las semanas de lactancia registradas ($P>0.05$, Figura 11).

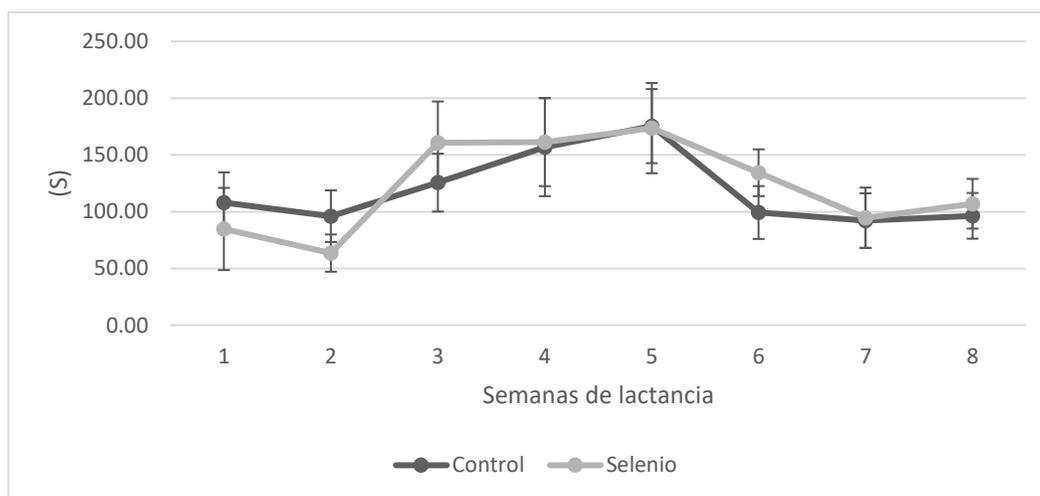


Figura 11.- Duración total (media \pm e. e.) de los episodios de amamantamiento durante la lactancia en los grupos control y suplementadas con Selenio al final de la gestación.

8.3.- Producción de leche.

La producción de leche no fue afectada por el grupo ($P=0.19$), pero sí por el tiempo ($P=0.017$) ya que ésta variable incrementó conforme avanzaba la lactancia, incrementando significativamente en ambos grupos. (Tabla 3). No se encontró efecto significativo de la interacción de los factores grupo x tiempo ($P=0.53$). Finalmente, el tipo de parto no tuvo efecto sobre la producción de leche ($P=0.35$).

8.4.- Calidad de la leche.

Los parámetros evaluados en la leche se muestran en la tabla 3, se encontró una tendencia a ser mayor en el grupo selenio, en el contenido de grasa al día 30 de lactancia, sin diferencia significativa en las otras características ($P=0.06$, Tabla 4).

No se encontraron efectos significativos del tiempo de lactancia, ni del tipo de parto en los parámetros evaluado en la leche ($P>0.05$).

Días	Contenido	Grupo Control	Grupo Selenio	Valor de P	Producción láctea (Kg)	
					Grupo C	Grupo Se
15					2.26 ± 1.53	1.75 ± 0.57
30	Grasa (%)	1.40 ± 0.20	1.94 ± 0.19*	0.06		
	Lactosa (%)	4.11 ± 0.08	4.09 ± 0.06	0.87		
	Sólidos (%)	7.49 ± 0.15	7.46 ± 0.12	0.87	2.50 ± 1.33	2.10 ± 1.06
	Proteína (%)	2.76 ± 0.05	2.74 ± 0.04	0.83		
45					3.11 ± 1.32	2.60 ± 1.13
60	Grasa (%)	1.29 ± 0.20	1.31 ± 0.22	0.96		
	Lactosa (%)	4.02 ± 0.06	3.92 ± 0.14	0.54		
	Sólidos (%)	7.32 ± 0.11	7.15 ± 0.26	0.54	2.96 ± 1.80	2.95 ± 1.55
	Proteína (%)	2.70 ± 0.04	2.63 ± 0.09	0.55		

Tabla 4.- Producción de leche y su contenido de grasa, lactosa, sólidos y proteína (media ± e.e.) de cabras durante la lactancia, que fueron suplementadas o no con selenio al final de la gestación.

8.5.- Mediciones conductuales al destete de los cabritos

8.5.1.-Vocalizaciones

El número de cabritos realizando esta conducta, antes, durante y después del destete no difirió entre los grupos control y suplementado ($P>0.05$), sin embargo y como se observa en la Figura 12 sí hubo un efecto del destete en ambos grupos, ya que el número de animales que vocalizaba fue menor en los tres días previos al destete, mientras que esta conducta se vio incrementada significativamente en el día del destete, en día 1 y en el día 2 posteriores al destete ($P<0.002$, Figura 12).

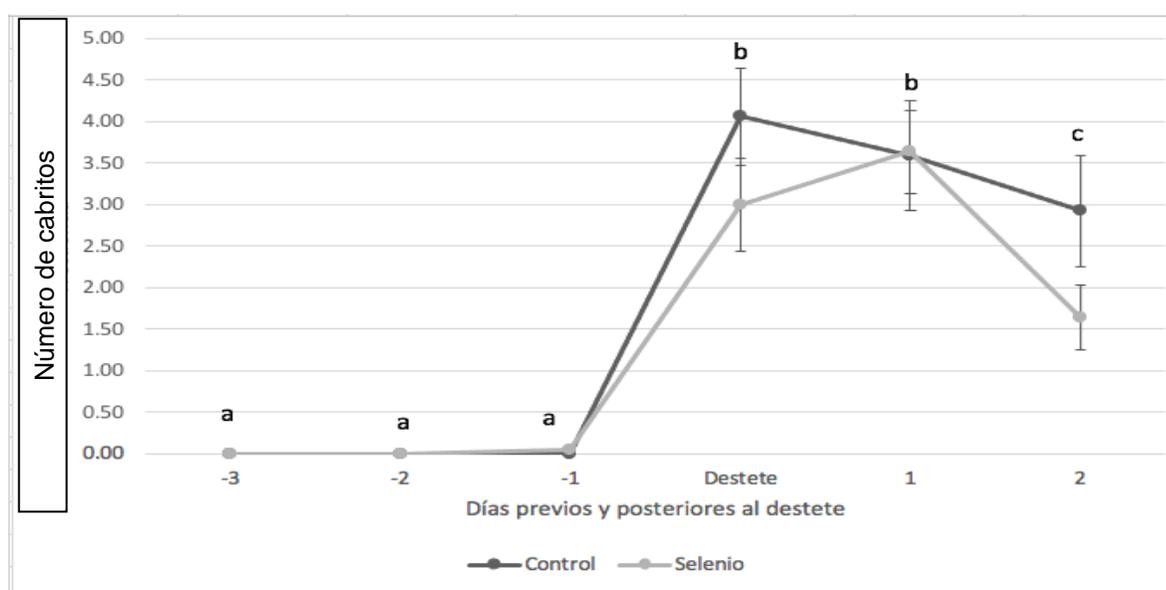


Figura 12.- Número de cabritos que vocalizaron (media \pm e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P<0.05$)

8.5.2.-Acostado

Esta conducta fue afectada tanto por el grupo, como por el tiempo de observación alrededor del destete. En primera instancia se registró que la cantidad de cabritos que estuvieron echados en el día 3 previo al destete tendió a ser mayor en el grupo Selenio, que en el grupo control ($P=0.08$). Mientras que en los días -2, -1, al destete y 1 día post destete, el número de animales que estuvieron echados sí mostró diferencia significativa en el grupo selenio ($P<0.04$, Figura 13).

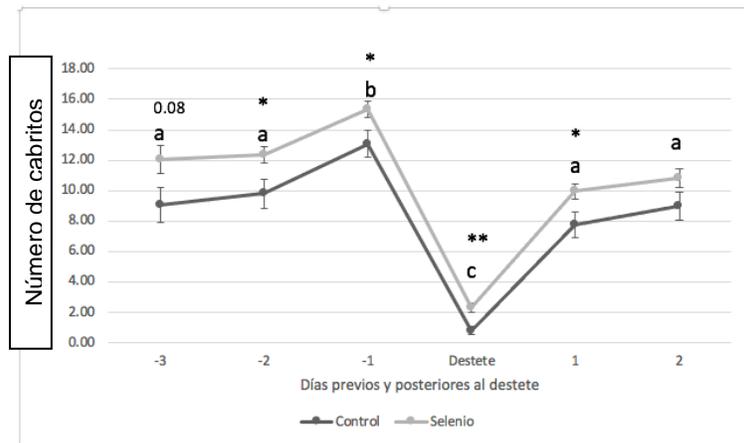


Figura 13.- Frecuencia de cabritos que estuvieron acostados (media ± e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P < 0.05$). Asterisco indica diferencias entre grupos ($P < 0.05$).

8.5.3.-Caminando

La frecuencia de cabritos que estuvieron caminando (Figura 14), fue mayor para los de grupo selenio sólo en -3 antes del destete, que para el control ($P = 0.014$); en contraste en el día 1 post destete, la frecuencia de presentar esta conducta fue mayor para los cabritos del grupo control que para los del selenio ($P = 0.035$).

Cuando se comparó dentro de grupo a lo largo de las observaciones, se apreció que la frecuencia de cabritos que estuvieron caminando se incrementó, en ambos grupos, desde el día 3 antes del destete hasta el día del destete, y dicha conducta se mantuvo elevada en los 2 días posteriores al destete ($P < 0.05$, Figura 14).

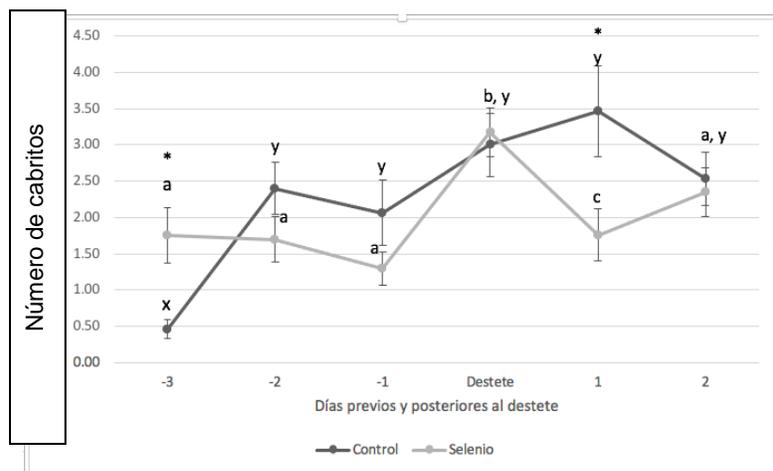


Figura 14.- Frecuencia de cabritos que estuvieron caminando (media ± e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P < 0.05$). Asterisco indica diferencias entre grupos ($P < 0.05$).

8.5.4.-Jugando

En el día 3 previo al destete el número de cabritos de cabritos que se encontraban jugando (Figura 15) fue mayor en el grupo selenio, que en el control ($P=0.005$), en contraste en el día 2 previo al destete hubo una tendencia a que hubiera más cabritos del grupo control jugando que del grupo selenio ($P=0.07$). No hubo más diferencias entre grupos en el resto de las observaciones.

Cuando se comparó dentro de grupo se pudo observar que el número de cabritos jugando, en ambos grupos, fue mayor en los días 3, 2 y 1 previos al destete. En tanto, el día del destete se observa un descenso en esta conducta y se mantienen baja en los 2 días posteriores ($P<0.05$, Figura 15).

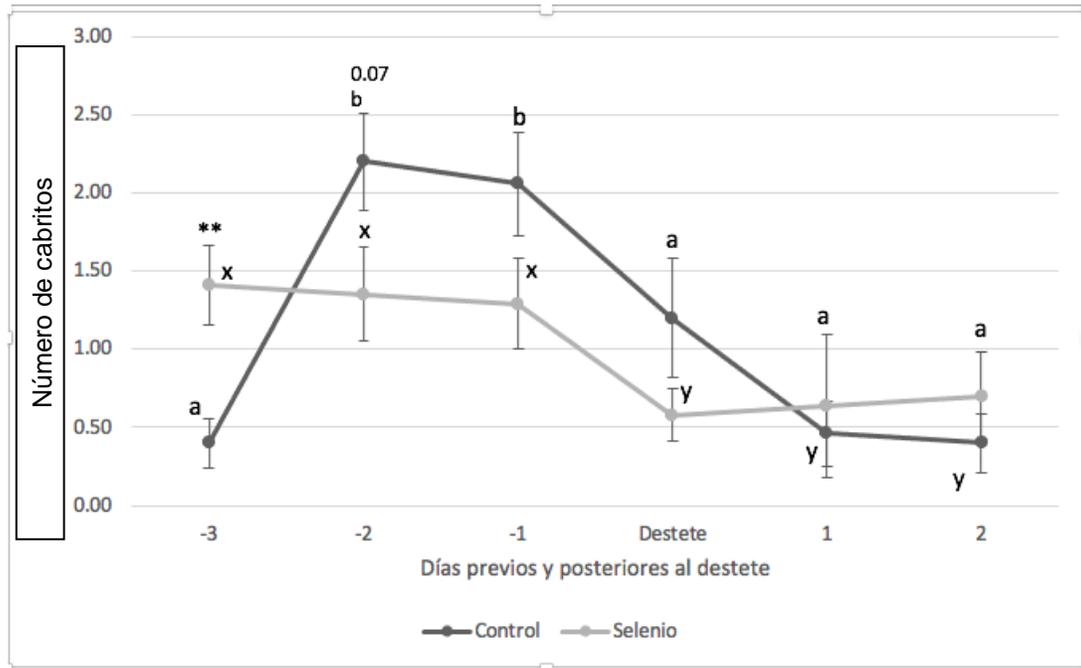


Figura 15.- Número de cabritos que estuvieron jugando (media \pm e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P<0.05$). Asterisco indica diferencias entre grupos ($P<0.05$).

8.5.5.-Estar de pie

El número de cabritos que estuvieron parados o de pie no fue diferente entre grupos en las distintas mediciones ($P>0.05$, Figura 16).

Mientras que para ambos grupos hubo un incremento significativo de la cantidad de cabritos que estaba haciendo esta conducta del día 3 previo al destete, en comparación con los subsecuentes días (Figura 16, $P < 0.005$).

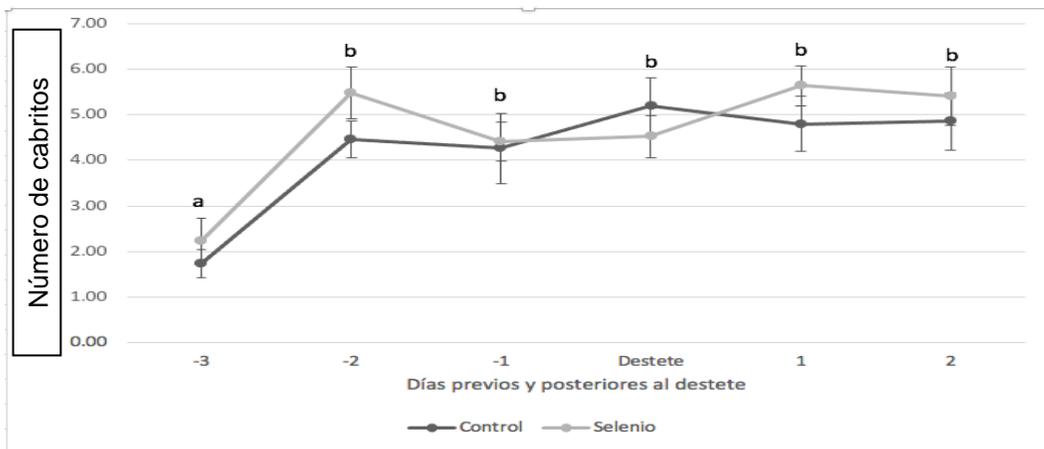


Figura 16.- Número de cabritos que estuvieron de pie o parados (media \pm e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P < 0.05$).

8.5.6.-Explorando

En el día 1 previo al destete se encontró sólo una tendencia a que los cabritos del grupo selenio estuvieron explorando más que los del grupo control ($P = 0.07$, Figura 17).

Por su parte para ambos grupos se observó que el número de cabritos que estuvieron explorando disminuyó significativamente desde el día 3 previo al destete, hasta el día 1 posterior al destete ($P < 0.04$, Figura 17).

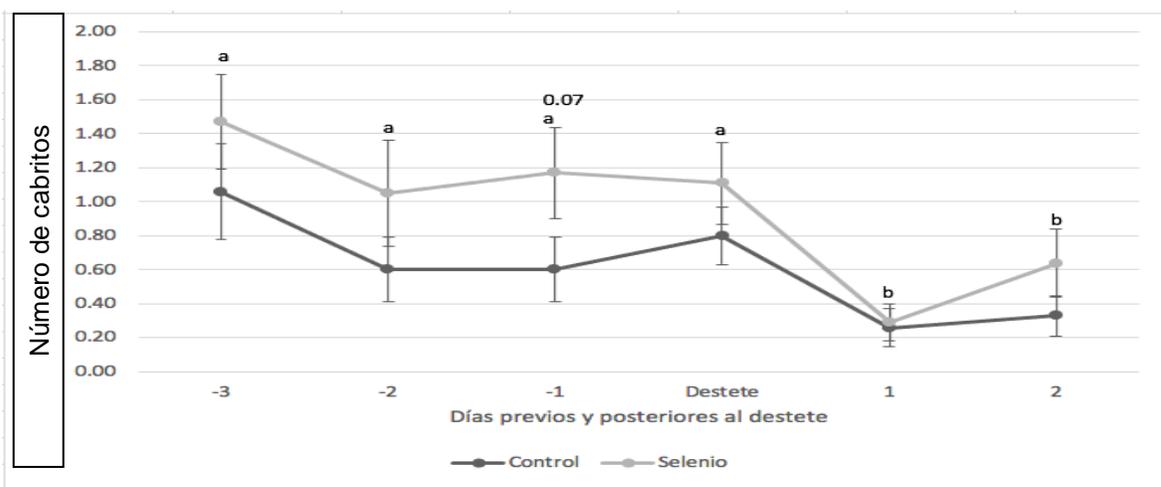


Figura 17.- Número de cabritos que estuvieron explorando (media \pm e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P < 0.05$).

8.5.7.-Comiendo

En el día 1 previo al destete se encontró que los cabritos que estaban comiendo (Figura 18) fue mayor en el grupo selenio, que en el grupo control ($P=0.03$). No se encontraron diferencias entre grupos en el resto de las observaciones.

Por su parte al comparar a lo largo del tiempo, se encontró, para ambos grupos, un incremento en el número de animales comiendo desde el día del destete y posterior a este, que en los días previos al destete ($P<0.004$, Figura 18).

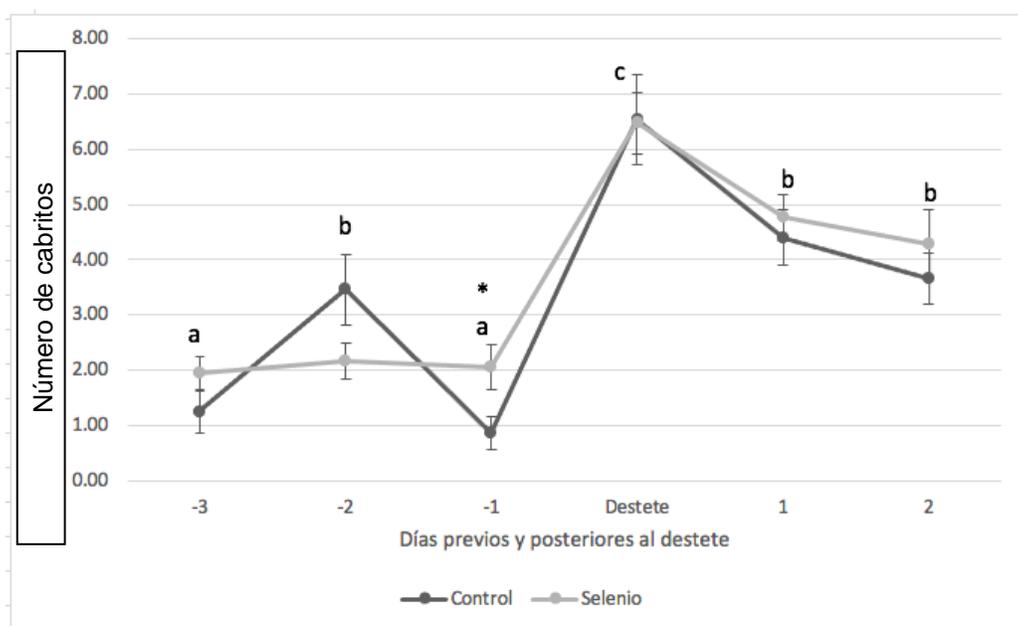


Figura 18.- Número de cabritos comiendo (media \pm e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P<0.05$). Asterisco indica diferencias entre grupos ($P<0.05$)

8.5.8.-Rumiando

En los días 2 y 1 antes del destete hubo un mayor número de cabritos que se encontraban rumiando en el grupo control, en comparación con el grupo selenio ($P<0.01$, Figura 19).

Por su parte la cantidad de cabritos, en ambos grupos, que estaban rumiando fue mayor en el día tres antes del destete, luego hubo un descenso significativo durante el día del destete, para observarse un incremento súbito de esta conducta en los días 1 y 2 posteriores al destete ($P<0.011$, Figura 19).

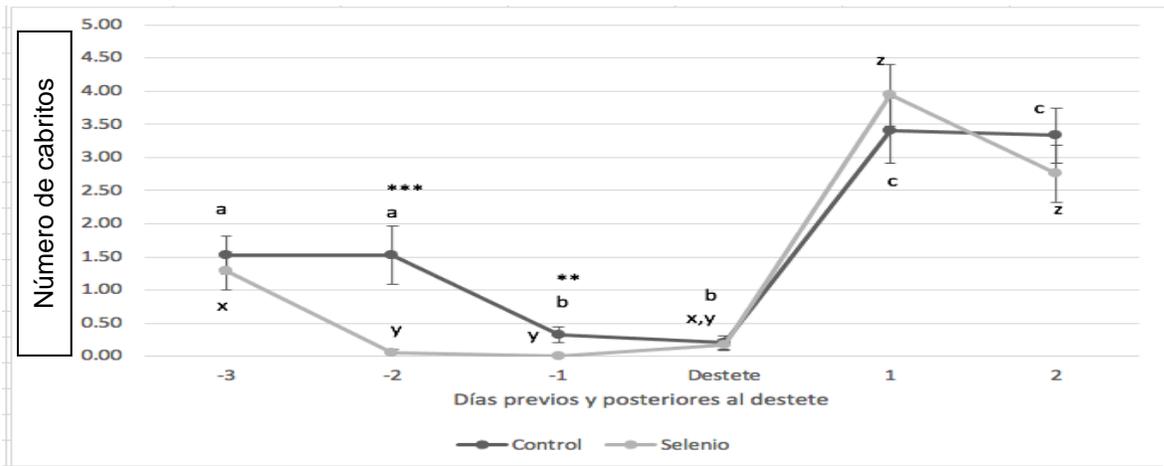


Figura 19.- Número de cabritos que estuvieron rumiando (media \pm e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P < 0.05$). Asterisco indica diferencias entre grupos ($P < 0.05$)

8.5.9.- Beber

No se encontraron diferencias significativas en esta conducta entre los dos grupos ($P > 0.05$, Figura 20). Por su parte se observó que en ambos grupos hubo un incremento significativo de la cantidad de cabritos que estuvieron bebiendo al momento del destete, en comparación a los tres días previos al destete, así como en el día 2 posterior al destete ($P < 0.05$, Figura 20).

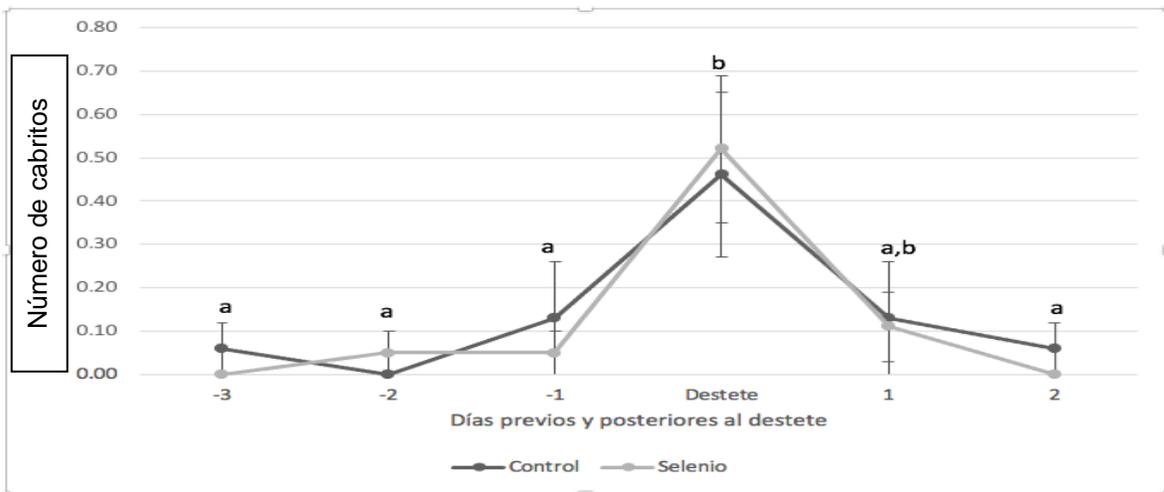


Figura 20.- Número de cabritos que estuvieron bebiendo agua (media \pm e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P < 0.05$).

8.5.10.- Escapar

El número de cabritos que intentaron escapar de corral fue mayor en el grupo control, que en el selenio ($P=0.023$, Figura 21).

Mientras que al comparar dentro de grupos se observó que la frecuencia de cabritos que intentaron escapar se incrementó significativamente al momento del destete en comparaciones a los 3 días previos y 2 posteriores al destete ($P<0.034$, Figura 21)

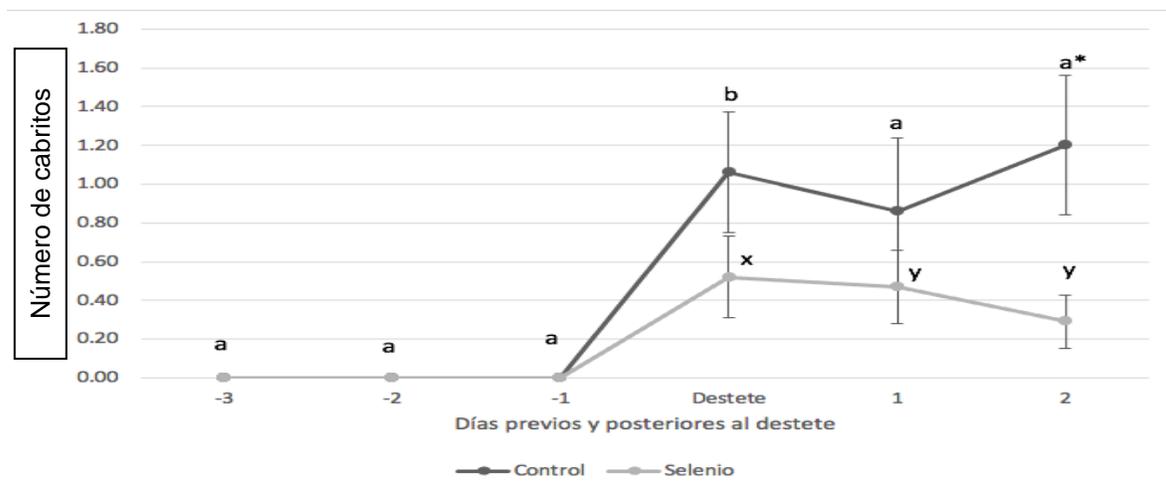


Figura 21.- Número de cabritos que intentaron escapar del corral (media \pm e.e.) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P<0.05$).

8.6.- Mediciones conductuales al destete en las madres.

8.6.1.- Vocalizar y caminar

El número de hembras vocalizando a los 2 días después del destete, fue mayor en las del grupo control que las del grupo selenio ($P=0.035$, Figura 22 A). La frecuencia de hembras caminando a los 3 días previos al destete, fue mayor en el grupo control, que en el selenio (Figura 22 B, $P=0.044$), un resultado similar se observó a 2 dos días después del destete ($P=0.035$, Figura 22 B).

Al comparar dentro de grupo, en estas dos conductas, se observó que en los tres días previos al destete la cantidad de hembras vocalizando o caminando fue menor en comparación con los 2 días posteriores al destete ($P<0.05$, Figura 22 A y B).

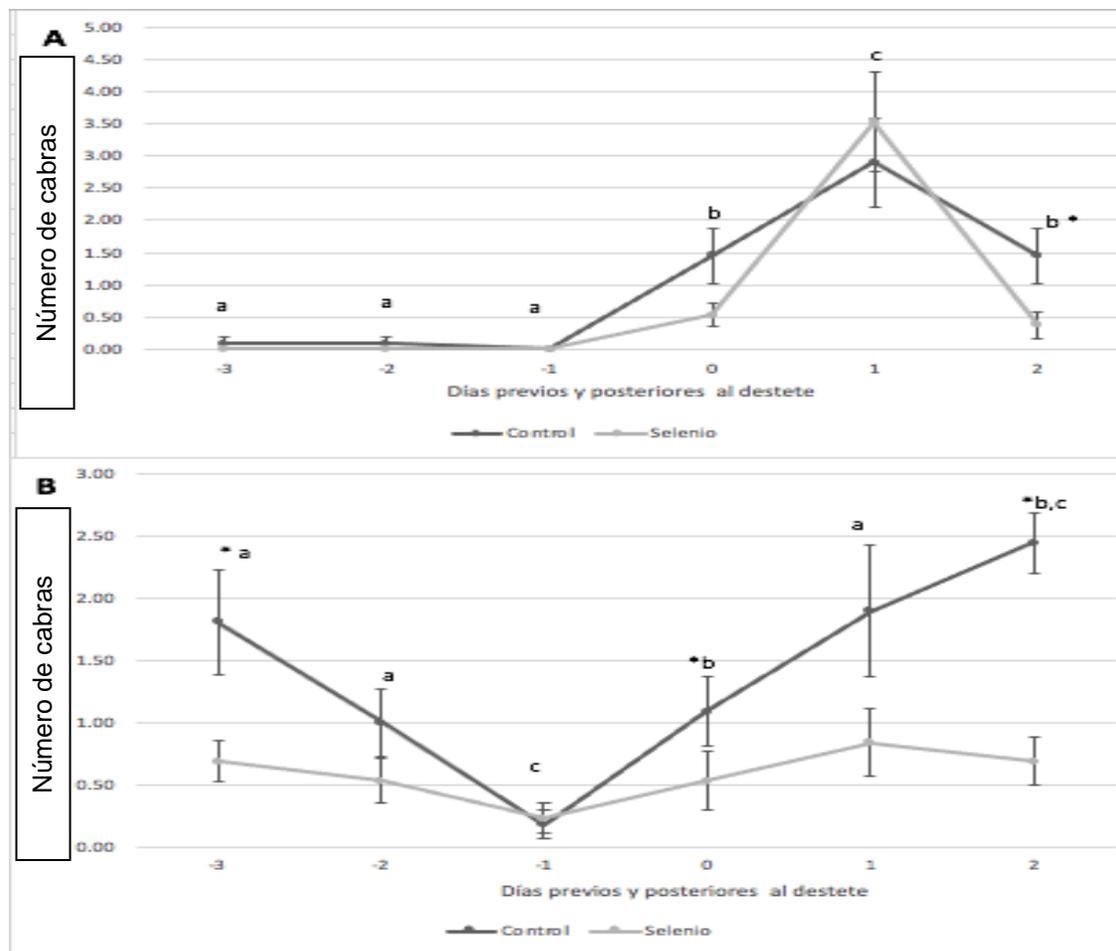


Figura 22.- Número (media \pm e.e.) de madres que vocalizaban (A) y caminaban (B) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales diferentes indican diferencias entre los días de las observaciones ($P < 0.05$). Asteriscos indica diferencias entre grupos.

8.6.2.- Rumiar y comer.

Se encontró que las cabras del grupo selenio comieron y rumiaron con mayor frecuencia en el día 3 antes del destete, que las del grupo control ($P < 0.05$, Figura 23 A y B). En el caso particular de la rumia se observó mayor frecuencia en el día 1 antes del destete en cabras controles que en suplementadas ($P = 0.013$ figura 24-A). Finalmente, en la conducta de comer lo hicieron con mayor frecuencia las cabras del grupo selenio que las del grupo control en el día 1 después del destete ($P = 0.05$, Figura 23-B).

Cuando se hizo la comparación a lo largo del tiempo se encontró que en ambos grupos las cabras disminuyeron la conducta de rumia de manera significativa en el momento del destete en comparación con los días previos y posteriores al destete ($P < 0.05$, Figura 23-A). Para el caso de las conductas de comer se observa una disminución de esta conducta en los días 1

y 2 posteriores al destete, en comparación a los días previos al destete, y este resultado fue similar para ambos grupos ($P < 0.05$, Figura 23-B).

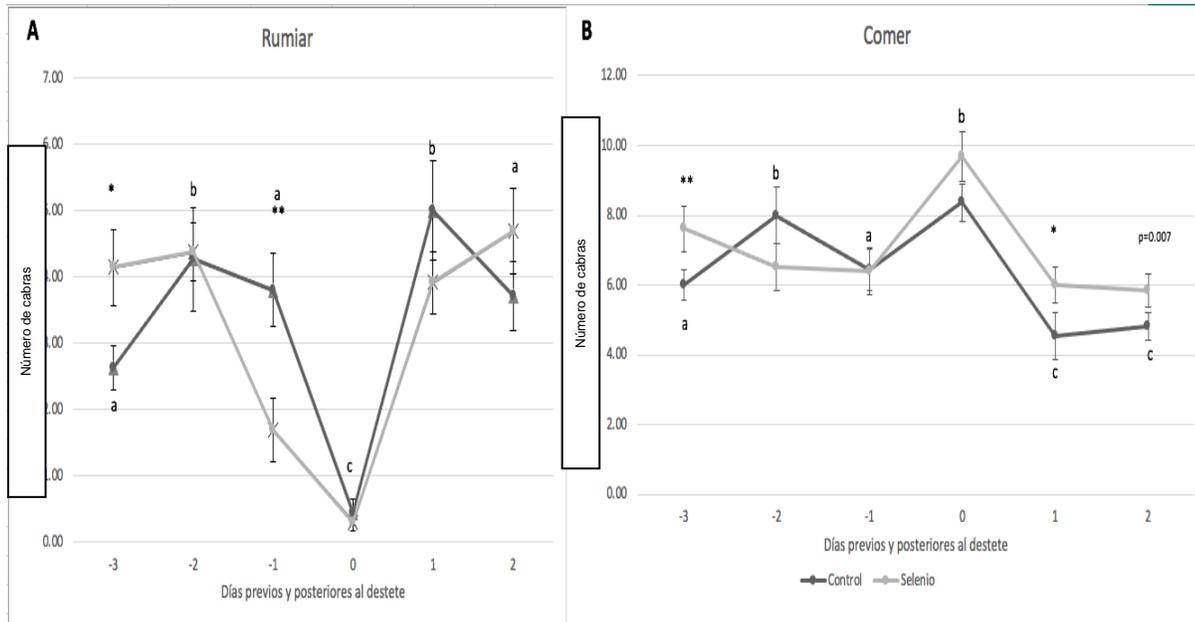


Figura 23.- Número (media \pm e.e.) de madres que rumiaban (A) o comían (B) antes, durante y después del destete, en los grupos control y suplementado con Selenio. Literales distintas indican diferencias a lo largo de los días observación. ($P < 0.05$). Asteriscos indican diferencias entre grupos.

9.- DISCUSIÓN

Desde su descubrimiento, se ha demostrado la enorme importancia del Selenio en la fisiología animal, de modo que su deficiencia se ha ligado a crecimiento reducido, distrofia muscular nutricional, anemia, retención placentaria, disminución del reflejo de succión, debilidad, alta incidencia de enfermedades infecciosas, desórdenes inmunes o incluso endócrinos (Hefnawy y Tórtora-Pérez, 2008; Pechova *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2017; Schweinzer *et al.*, 2017). Estudios en cabras han obtenido resultados que señalan que es posible mejorar los parámetros reproductivos al suplementarlo a cabras de tipo lechero Pechová *et al.* (2008b) compararon 30 cabras en tres grupos (control, inorgánico y orgánico) a dosis de 0.94 mg/kg desde 4 meses antes del parto y hasta el segundo mes de lactancia; registrando un mayor contenido de grasa en el grupo suplementado con selenio orgánico. Zhang *et al.* (2017) en estudio con 96 cabras en seis grupos, compararon 2 dosis diferentes (0.2 y 0.4 mg/kg) de dos fuentes distintas (orgánico e inorgánico) contra un grupo no suplementado durante 90 días (inicio 30 días postparto hasta el día 120 postparto) con registros cada 30 días y encontraron incrementos en la producción láctea de los grupos suplementados, siendo mayor los grupos con selenio orgánico. Por otro lado, Reczynka *et al.* (2019) trabajando con 24 cabras comparó entre dos grupos (n=12) uno con selenito de sodio (0.7 mg/Se/cabra/día y otro con levadura selenizada (0.6 mg/Se/cabra/día) durante siete meses (febrero a septiembre) iniciando tres semanas después del parto; registraron incrementos en la producción total de leche, y en el contenido promedio de grasa y proteína en las cabras con selenio orgánico y se demostró una disminución en el conteo de células somáticas y de bacterias patógenas. En contraste, en nuestro trabajo la producción de leche no fue afectada por la suplementación con Selenio, tampoco se observó influencia del grupo x tiempo o por el tipo de parto y respecto a la calidad el contenido de grasa mostró una tendencia a ser superior al día 30 en el grupo Selenio. De acuerdo con lo establecido por Iloeje *et al.* (1980), Goetsch *et al.* (2011), Park *et al.* (2017) son diversos los aspectos que pueden incidir sobre la producción y la calidad de la leche, tales como la edad, la estación del año en que se presente el parto, la etapa de la lactancia, la dieta ofrecida, el tipo de parto, el sistema de producción implementado. Es una fuerte relación entre diferentes factores que pueden incidir unos sobre otros. La raza, el manejo, condiciones ambientales, localidad, incluso el estado de salud de la ubre son también factores que considerar (Park *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2017). Considerar que en los experimentos arriba mencionados la suplementación se realizó de manera diaria y durante un periodo prolongado

de tiempo, explicaría porque en este estudio el efecto no se mantuviera constante en el tiempo o se manifestara con mayor intensidad. También es importante mencionar que Osmani *et al.* (2011) reportaron a su vez que las características de la grasa en leche son influenciadas por la dieta administrada a los animales. En nuestro experimento no se registró incremento significativo en la producción láctea y en el contenido de grasa del grupo experimental se encontró tendencia a ser mayor en el día 30, situación que podría explicarse debido a la dieta rica en concentrado y ensilado (Morand-Fher y Sauvant, 1980; Emery, 1988; Sanz Sampelayo *et al.* 2007).

El no observar diferencia de pesos o condición corporal en las madres entre grupos coincide con lo registrado por Tufarelli y Laudadio (2011) quienes tampoco observaron diferencias en las GDP trabajando con 40 cabras Jónica italianas (20 en grupo control con dieta base y 20 con dieta experimental) suplementando selenito de sodio (0.25 mg/cabeza/día) y vitamina E (20 mg/día) en forma de premezcla durante 4 meses, si bien lograron registrar incrementos en la producción de leche y en el contenido de grasa. En cuanto a los cabritos, coincide con lo reportado por Ungerfeld *et al.*, (2009) quienes en un trabajo con vacas y becerros, que encontraron que la separación abrupta y el cambio de dieta no afectaron la ganancia de peso pero sí los patrones conductuales demostrando que los factores no nutricionales (presencia de la madre, apego, conducta de amamantamiento) tienen un rol importante en el estrés inmediato.

Se ha propuesto que una mayor producción de leche podría influir en la intensidad del lazo madre-cría y en el número de veces que una cría se amamanta, a este respecto Ungerfeld *et al.*, (2009) en una investigación con becerros de un grupo de vacas con alta producción y otro de bajas productoras encontraron tendencia a que los hijos de madres altas productoras, desplegaron con mayor frecuencia la conducta de amamantamiento. Si bien en nuestros objetivos no estaba dividir a las crías de acuerdo con la producción de su madre, durante el curso de este experimento se manifestó una tendencia el día 6 de las observaciones, donde los cabritos del grupo experimental manifestaron la conducta de mamar un mayor número de veces, lo que confirmaría lo expuesto por Newberry y Swanson (2008), pues al liberar cantidades más grandes de insulina, estimula procesos anabólicos y de crecimiento, mientras que al hacerlo con la oxitocina activa rutas dopaminérgicas y opioides responsables de la naturaleza adictiva y reconfortante del contacto social involucrados en el cuidado materno; situación que resulta interesante al pertenecer al grupo que no tuvo una mayor producción

como se esperaba. Esto podría explicarse en el caso de que en el grupo predominaran los partos múltiples y que de este modo la acción del lactógeno placentario propiciara el crecimiento mamario y una mayor producción acorde a Hayden *et al.* (1979). No obstante al tener un número de partos sencillos y dobles muy similares, podríamos atribuir la escasa diferencia en la producción a la edad o a la paridad de las madres. Respecto al resto de las observaciones, los episodios de amamantamiento finalizados por la madre no presentaron diferencias significativas entre grupos y refiriéndonos a las categorías de episodios aceptados y episodios rechazados, no fue posible encontrar diferencias significativas entre grupos. Si observamos la progresión en el tiempo de ambas gráficas, es posible apreciar la disminución de los aceptados y el aumento gradual de los rechazos, que muestran un comportamiento similar a los resultados obtenidos por Bungo *et al.*, (1998), que sugieren una adaptación progresiva al alimento sólido y al establecimiento del conflicto madre-cría ya mencionado por Trivers (1974) y consistente también con lo apuntado por Miranda-de la Lama y Mattiello (2010). La relación entre episodios totales, episodios aceptados y episodios rechazados presenta menores frecuencias en la primera semana, que incrementan gradualmente a lo largo de las semanas registradas, consistente con lo señalado en investigaciones anteriores (Bungo *et al.* 1988; Rudge, 1969; Trivers, 1974) como una conducta “de escondite” típica, y que contrasta con los resultados obtenidos por García y González *et al.* (2017) cuyos resultados se presentaron compatibles con el comportamiento de una especie “seguidora”.

Al analizar la respuesta conductual de las crías en los días previos, durante y después del destete podemos establecer, de acuerdo a los resultados obtenidos en otras especies (Jasper *et al.*, 2008; Hötzel *et al.*, 2010) que es posible encontrar conductas asociadas a estrés (vocalizaciones, incremento de actividad, disminución en la ingesta de alimento, e intentos de escape) y como contraparte, conductas asociadas al confort (alimentarse, descansar, explorar, jugar y rumiar; (Atasoglu *et al.*, 2008). Al referirnos a vocalizar, conducta considerada indicador de aislamiento social de acuerdo con Price y Thos (1980) y Bovin y Braastad (1996), en los días previos al destete no hubo registros de dicha actividad, indicio que los cabritos se encontraban en un ambiente sin estrés. Realizada la separación de madres y crías, dicha conducta se disparó drásticamente, en ambos grupos. Esto coincide con lo descrito por Damián *et al.* (2013) quienes trabajando con 27 corderos (destetados al nacer y destete a 75 días) observados 6 horas diarias en dos periodos durante una semana, señalaron que la separación de la madre es un evento altamente estresante y que coincide con incrementos en

las vocalizaciones, los intentos de escape, comer, quedarse de pie y la disminución en las conductas de descanso y desplazamiento (echado, de pie y caminar y jugar). Budzynska y Weary (2008) también obtuvieron resultados similares en su trabajo con becerros reportando una mayor incidencia de vocalizaciones en los primeros dos días con tendencia a la baja en el tercero. Ugur et al. (2004) trabajando con 24 cabritos de partos gemelares divididos en dos grupos y destetados al día 45 y 60 con observaciones de dos horas, una vez a la semana; registraron que comer, permanecer acostado o de pie son comportamientos comunes al destete.

Rudge (1969) al observar cabras ferales menciona que gran parte del tiempo del cabrito se invertía en jugar. Si bien nuestros resultados no señalan diferencias importantes entre grupos podemos ver que el estrés del destete influye en la disminución de la actividad y consistente también con los resultados de Damián (2013) *et al.* señalándose al estrés y al déficit de energía como los posibles responsables de la disminución de la conducta de juego. El aumento en la inquietud de los destetados es común entre mamíferos, como concluyeron Budzynska y Weary (2008) y concordante con los incrementos a lo largo del tiempo observados en los cabritos que se mantenían de pie, caminando, que no estuvieron echados, que dejaron de jugar o disminuyeron la conducta de exploración y mostraron incremento en la conducta de escape. Respecto a los datos obtenidos con las madres, el grupo control presentó mayores frecuencias en la vocalización el cual es referido como indicador de aislamiento social (Price y Thos, 1980; Bovin y Braastad, 1996) y conducta asociada al estrés al igual que incremento en la actividad motriz, que también tuvo mayor incidencia en este grupo (Jasper et al., 2008; Hötzel et al., 2010) y que también explica la disminución drástica de la rumia el día del destete.

10.- CONCLUSIONES

De lo anterior podemos concluir que en este trabajo no fue posible establecer que la suplementación con selenio incrementara la producción de leche o mejorara su calidad, a excepción de una tendencia mostrada a un mayor contenido de grasa en el día 30 en el grupo experimental.

Respecto a la actividad de amamantamiento, el grupo experimental mostró algunas tendencias en la semana 6 a tener un mayor número de episodios de amamantamiento, un mayor número de episodios aceptados por la madre, un mayor número de rechazos, así como mayor número de episodios finalizados tanto por la madre como por la cría, sugiriendo un mayor número de interacciones en este grupo.

En cuanto a las conductas estudiadas al destete el grupo selenio mostró un mayor número de animales acostados y caminado, mientras que el grupo control mostró un mayor número de intentos de escape, sin que en ningún caso resultaran determinantes para definir la efectividad de la suplementación.

Respecto a la influencia sobre la actividad de amamantamiento, si bien no se evidenció efecto de la suplementación, se sugiere continuar investigando el contemplar la paridad de la madre, el sexo de las crías o incluso incrementar los periodos de observación o modificar su duración pues podría arrojar información más consistente sobre el tema y si bien, tampoco fue posible encontrar influencia significativa de la suplementación sobre el destete, no es posible descartar que variar la edad del destete, el peso de los cabritos, dividir por sexo o incluso conocer con anterioridad los niveles basales de selenio tanto de la dieta como de las crías y las madres (todas ellas situaciones no contempladas en el alcance de este proyecto) pudieran tener efecto sobre cómo el cuerpo asimila el micromineral pudiendo influir de este modo en el aspecto conductual de las crías.

La información sobre la relación entre cabras y crías durante la lactancia tardía y el destete, es escasa y considerando que por su comportamiento de ocultar a la cría les toma más tiempo desarrollar una respuesta de distrés es importante continuar con las investigaciones sobre estos aspectos y los factores que los afectan.

11.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Addae, P. C., Awotwi, E. K., Oppong-Anane, K. y Oddoye, E. O. K. (2000). Behavioural interactions between West African dwarf nanny goats and their single-born kids during the first 48 hours post-partum. *Applied Animal Behaviour Science*. 67. p. 77–88.
2. Andrade Montemayor, H. M. (2017). Producción de Caprino en México en *Tierras Caprino*. 18 p.24-27 en <https://www.ces.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/07/Produccio%CC%81n-de-Caprino-en-Me%CC%81xico.pdf?pwd=no>
3. Arnold, G. W., Wallace, S. R. y Maller, R. A. (1979). Some factors involved in natural weaning processes in sheep. *Applied Animal Ethology*. 5: 43-50.
4. Baxter, E. M.; Mulligan, J., Hall, S. A., Donbavand, J. E., Palme, R., Aldujaili, E., Zanella, A. J. y Dwyer, C. M. (2016). Positive and negative gestational handling influences placental traits and mother-offspring behavior in dairy goats. *Physiology & Behavior*. 157. 129–138.
5. Boivin, X., Braastad, B.O. (1996) Effects of handling during temporary isolation after early weaning on goat kid's later response to humans. *Applied Animal Behaviour Science*. 48. 61-71.
6. Budzynska, M. y Weary, D. M. (2008). Weaning distress in dairy calves: effects of alternative weaning procedures en *Applied Animal Behaviour Science*. 112. 33-39.
7. Bungo, T., Shimojo, M., Nakano, Y., Kamasuda, Okano, K., Masuda, Y. y Goto, I. (1998) Relationship between nursing and suckling behavior in Tokura native goats. *Applied Animal Behaviour Science*, 59. 357-362.
8. Celi, P., Di Tranab, A. y Claps, S. (2008). Effects of perinatal nutrition on lactational performance, metabolic and hormonal profiles of dairy goats and respective kids en *Small Ruminant Research*. 79. 129-136
9. Chenoweth, P. J., Landaeta-Hernández, A. J. y Flöercke, C. (2014). Reproductive and maternal behavior of livestock. *Genetics and the Behavior of Domestic Animals*. 159–194.
10. Damián, J. P. Hötzel, M. J., Banchemo, G. y Ungerfeld, R. (2013). Behavioural response of grazing lambs to changes associated with feeding and separation from their mothers at weaning. *Research in Veterinary Science*. 95. 913-918.

11. Delgadillo, J.A., Poindron, P., Krehbiel, D., Duarte, G., Rosales, E., 1997. Nursing, suckling and postpartum anoestrus of creole goats kidding in January in subtropical Mexico. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 55, 91–101.
12. Dwyer, C. M. y Lawrence, A. B. (2000). Maternal Behaviour In Domestic Sheep (*Ovis Aries*): Constancy And Change With Maternal Experience en *Behaviour*, 137. p. 1391-1413.
13. Dwyer, C. M. y Lawrence, A. B. (1997). Induction of maternal behaviour in non-pregnant, hormone-primed ewes en *Animal Science*, 65. p. 403-408.
14. Emery, R. S. (1988). Milk Fat Depression and the Influence of Diet on Milk Composition. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 4(2), 289–305. doi:10.1016/s0749-0720(15)31049-5.
15. Escareño Sánchez, L. M., Wurzinger, M., Pastor López, F., Salinas, H., Sölkner, J., Iñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la comarca lagunera, en el norte de México en *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XVII, Edición Especial: 235-246.
16. Freitas-de-Melo, A., Terrazas, A., Ungerfeld, R., Hötzel, M. J., Orihuela, A. y Pérez-Clariget, R. (2017). Influence of low pasture allowance during pregnancy on the attachment between ewes and their lambs at birth and during lactation en *Applied Animal Behaviour Science*. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.10.016>
17. Frost R.A, Launchbaugh K.L, Taylor A.J. (2008). Age and body condition of goats influence consumption of Juniper and monoterpene treated feed. *Rangel. Ecol. Manage.* 61(1):48–54.
18. García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN-970-32-1010-4. 91pp.
19. García, V., Rovira, S., Boutoial, K. y López, M. B. (2014). Improvements in goat milk quality: A review en *Small Ruminant Research*. 121. 51-57.
20. García y González, E., Flores, J.A., Delgadillo, J. A., González-Quirino, T., Fernández, I.G. Terrazas, A. Vielma, J., Nandayapa, E., Mendieta, E.S., Loya-Carrera, J. Flores, M.J., H. Hernández. (2017). Early nursing behaviour in ungulate mothers with hider

- offspring (*Capra hircus*): correlations between milk yield and kid weight. *Small Ruminant Research*, 151: 59-65.
21. Goetsch, A. L., Zeng, S. S. y Gipson, T. A. (2011). Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*. 101. 55-63.
 22. Gubernick, D.J. (1980). Maternal “imprinting” or maternal “labelling” in goats. *Anim. Behav.* 28, 124–129.
 23. Haenlein, G. F. W. y Anke, M. Mineral and trace element research in goats: A review. (2011). *Small Ruminant Research*, 95. 2-19
 24. Hayden, T.J., Thomas, C.R., Forsyth, I. A. (1979) Effect of Number of Young Born (Litter Size) on Milk Yield of Goats: Role for Placental Lactogen. *Journal of Dairy Science*. 62. 1, 53-57. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(79\)83201-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(79)83201-4)
 25. Hefnawy, A. E. G., Tórtora-Pérez, J. Selenio y Salud animal: importancia, deficiencia, suplementación y toxicidad. (2008) *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR Umuarama*, 2 (11). 153-165.
 26. Hefnawy, A. E. G., Tórtora-Pérez, J. L. The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. (2010) *Small Ruminant Research*. 89. 185-192.
 27. Hernández, H., Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Rodríguez, A.D., Serafin, N., Kann, G., Marnet, P.G., Poindron, P., (2007). Effects of restricted nursing on milk production and collection, kid growth and plasma prolactin and growth hormone concentrations in dairy goats. *Animal* 1, 233–240.
 28. Hernandez, H., Serafín, N., Terrazas, A., Marnet, P. G., Kann, G., Delgadillo, A., y Poindron, P. (2002). Maternal olfaction differentially modulates oxytocin and prolactin release during suckling in the goat. *Hormones and Behavior*. 42. 232-244.
 29. Hernández, H., Serafin, N., Vazquez, H., Delgadillo, J. A., & Poindron, P. (2001). Maternal selectivity suppression through peripheral anosmia affects neither overall nursing frequency and duration, nor lactation performance in ewes. *Behavioural Processes*, 53, 203–209.
 30. Hernández H., Terrazas A., Poindron P., Ramírez-Vera S., Flores J. A., Delgadillo J. A., Vielma J., Duarte G., Fernández I. G., Fitz-Rodríguez G., Retana-Márquez S., Muñoz-Gutierrez M. y Serafín N. (2012). Sensorial and physiological control of maternal behavior in small ruminants: sheep and goats en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15. SUP 1: S91 – S102.

31. Hötzel, M. J., Ungerfeld, R., Quintans, G. (2010). Behavioral responses of 6 month-old calves prevented from suckling: influences of dam's milk yield. *Animal Production science*. 50. 909-915.
32. Iloeje, M. U., Rounsaville, T. R., McDowell, R. E., Wiggans, G. R. y Van Vleck, L. D. (1980) Age-season adjustment factors for alpine, LaMancha, nubian, saanen and Toggenburg dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 63. 8. 1309-1316.
33. Jasper, J., Budzynka, M. y Weary, D. M. (2008). Weaning distress in dairy calves: acute behavioural responses by limit-fed calves. *Applied Animal Behaviour Science*. 110. 136-143.
34. Kachuee, R., Abdi-Benemar, H., Mansori, Y., Sánchez-Aparicio, P., Seifdavati, J., Elgandoun, M., Jiménez Guillén, R. y Salem, A. (2019). Effects of sodium selenite, L-selenomethionine and selenium nanoparticules during late pregnancy on selenium, zinc, copper and iron concentrations in Khalkhali goats and their kids. *Biological Trace Element Research*. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1618-1>
35. Kaşıkçı, D. (2018). Maternal behaviors of saanen x hair goat crosses at partum and early postpartum doe kid relationships en *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(6) p. 7791-7798.
36. Lent. P. C., (1974). Mother-infant relationships in ungulates. In: Geist, V., Walter F. (eds.) *The behavior of ungulates and its relation to management*. U. I. C. N., Morgues, Suiza. 14-55.
37. Lickliter, R. E. (1982). Effects of a post-partum separation on maternal responsiveness in primiparous and multiparous goats. *Appl. Anim. Ethol.*, 8: 537-542.
38. Lickliter, R. E., (1984). Mother-infant spatial relationships in domestic goat. *Applied Animal Behavior Science*. 13., 93-100.
39. Lickliter, R.E., (1985). Behavior associated with parturition in the domestic goat. *Applied Animal Behavior Science*. 13, 335–345.
40. Lu, C. D., Potchoiba, M. J. (1988). Milk feeding and weaning of goat kids – A review. *Small Ruminant Research*. 1. 105-112.
41. Lych, J. J., Hinch, G. N., Adams, D. B., (1992). *The behavior of sheep. Biological principles and implications for production*. C. A. B. International, Oxon, Reino Unido.

42. McNeilly, A. S. (1972). The blood levels of oxytocin during suckling and handmilking in the goat with some observations on the pattern of hormone release. *J. Endocrinol.* 52, 177–188.
43. Mendizabal, J. A., Delfa, R., Arana, A. y Purroy, A., (2011). Body condition score and fat mobilization as management tools for goats on native pastures en *Small Ruminant Research.* 98, 121-127.
44. Mele, M., Buccioni, A., Serra, A., Antongiovanni, M. y Secchiari, P. (2008). Nutrition and quality in goat´s milk en *Dairy Goats Feeding and Nutrition.* CABI. UK. 307 p.
45. Miranda-de la Lama, G. C., Mattiello, S. (2010). The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Research.* 90. 1-10.
46. Morand-Fher, P. (2005). Recent development in goat nutrition and application: a review en *Small Ruminant Research.* 60. 25-43.
47. Morand-Fher, P. y Sauvant, D. (1980) Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. *Journal of dairy science.* 63. 10. 1671-1680.
48. Muñoz, C., Carson, A. F., McCoy, M. A., Dawson, L. E. R., O' Connell, N. E. y Gordon. A. W. (2009). Effect of plane of nutrition of 1- and 2-year-old ewes in early and mid-pregnancy on ewe reproduction and offspring performance up to weaning en *Animal,* 3. (5) p 657-669.
49. National Research Council. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press. Washington, DC, USA.
50. Nowak, R. y Poindron, P. (2006). From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reproduction Nutrition Development* 46, 431–446.
51. Newberry, R. C., & Swanson, J. C. (2008). Implications of breaking mother–young social bonds. *Applied Animal Behaviour Science,* 110(1-2), 3–23. doi:10.1016/j.applanim.2007.03.021
52. Osmari, E. K., Cecato, U., Macedo, F. A. F. y Souza N.E. (2011). Nutritional quality indices of milk fat from goats on diets supplemented with different roughages. *Small Ruminant Research.* 98. 128–132.
53. Park, Y. W., Haenlein, G. F. W. y Wendorff, W. L. (2017). Handbook of milk of non-bovine mammals. 2nd ed. Blackwell Publishing. 30-32.

54. Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M. y Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk en *Small Ruminant Research*. 68. 88-113.
55. Pechová, A., Sevcikova, L., Pavlata, L. y Dvorak, R. (2012). The effect of various forms of selenium supplied to pregnant goats on selected blood parameters and on the concentration of Se in urine and blood of kids at the time of weaning en *Veterinarni Medicina*, 8 (57). p 394-403
56. Pechová, A., Misurova, L., Pavlata, L. y Dvorak, R. (2008a). Monitoring of changes in selenium concentration in goat milk during short-term supplementation of various forms of selenium. *Biological Trace Element Research*, 121. 180-191
57. Pechová, A., Janstová, B., Misurova, L., Dracková, M., Varlova, L. y Pavlata, L. (2008b). Impact of supplementation of various selenium forms in goats on quality and composition of milk, cheese and yogurt. *Acta Veterinaria Brno*, 77. 407-414.
58. Poindron, P., Caba, M., Gomora Arrati, P., Krehbiel, D. & Beyer, C. (1994c). Responses of maternal and non-maternal ewes to social and mother-young separation. *Behav. Process*. 31, p. 97-110.
59. Poindron, P., Gilling, G., Hernandez, H., Serafín, N., Terrazas, A. (2003). Early recognition of newborn goat kids by their mother: I. Nonolfactory discrimination. *Developmental Psychobiology*. 43:82-89.
60. Poindron, P., Gilling, G., Hernández, H., Serafín, N. y Terrazas, A. (2007). Preference of 12-h-old kids for their mother goat is impaired by pre-partum-induced anosmia in the mother. *Animal*, 1:9, 1328-1334.
61. Poindron, P., Soto, R., Romeyer, A. (1997). Decrease of response to social separation in preparturient ewes. *Behavioural Processes* 40. 45–51.
62. Poindron, P., Terrazas, A., Navarro Montes de Oca, M. de la Luz, Serafín, N. y Hernández, H. (2007a). Sensory and physiological determinants of maternal behavior in the goat (*Capra hircus*) en *Hormones and Behavior*, 52. p. 99–105.
63. Poindron, P., Levy, F. y Keller, M. (2007b). Maternal responsiveness and maternal selectivity in domestic sheep and goats: The two facets of maternal attachment en *Developmental Psychobiology*, 49. 54–70.
64. Price, E.O., Thos, J. (1980). Behavioral responses to short-term social isolation in sheep and goats. *Applied Animal Ethology*. 6: 331-339. doi.org/10.1016/0304-762(80)90133-9

65. Pulina, G., Nudda, A., Battaccone, G., Fancellu, S. y Francesconi, A. H. D. (2008). Nutrition and quality in goat's milk en *Dairy Goats Feeding and Nutrition*. CABI. UK. 307 p.
66. Ramírez A., Quiles A., Hevia, M. L., Sotillo F. y Ramírez M. del Carmen. (1996). Influence of forced contact on the maternal-filial bond in the domestic goat after different periods of post-partum separation en *Small Ruminant Research*, 23. 75-81.
67. Ramírez, M., Soto, R., Poindron, P., Álvarez, L., Valencia, J., González, F. y Terrazas, A. (2011). Comportamiento maternal alrededor del parto y reconocimiento madre-cría en ovinos Pelibuey. *Veterinaria México*, Núm 1 Vol 42, 27-46.
68. Ramírez-Vera S., Terrazas A., Delgadillo J. A., Flores J. A., Serafín N., Vielma J., Duarte G., Fernández I. G., Fitz-Rodríguez G. y Hernández H. (2012). Inclusion of maize in the grazing diet of goats during the last 12 days of gestation reinforces the expression of maternal behavior and selectivity during the sensitive period en *Livestock Science*, 148. p. 52–59.
69. Ramírez-Vera, S., Terrazas, A., Delgadillo, J. A., Serafín, N., Flores, J. A., Elizundia, J. M. y Hernández, H. (2012). Feeding corn during the last 12 days of gestation improved colostrum production and neonatal activity in goats grazing subtropical semi-arid rangeland en *Journal of Animal Science*. 90. p 2362-2370
70. Reczynska, D., Witek, B., Czopowicz, M., Mickiewicz, M., Kaba, J. y Zwierzchowski Bagnicka, E. (2019). The impact of organic selenium vs inorganic selenium on dairy goat productivity and expression of selected genes in milk somatic cells. *Journal of Dairy Research*, 86. 48-54.
71. Ricordeau, G., Boccard, R., y Denamur, R. (1960). Mesure de la production laitière des brebis pendant la période d'allaitement. *Annales de Zootechnie*. 9. 97–120.
72. Robinson, J.J. (1990). Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutrition Research Reviews*. 3: 253- 276
73. Robinson, J. J. (1996). Nutrition and reproduction. *Animal Reproduction Science*. 42. 25-34.
74. Robinson, J.J., McEvoy, T.G., Sinclair, K.D. (1999). Nutritional effects on foetal growth. *Animal Science*. 68: 315-331.
75. Romeyer, A. y Poindron, P., (1992). Early maternal discrimination of alien kids by post-parturient goats. *Behav. Processes* 26, 103–112.

76. Romeyer, A., Porter, R.H., Lévy, F., Nowak, R., Orgeur, P., Poindron, P., (1993). Maternal labelling is not necessary for the establishment of discrimination between kids by recently parturient goats. *Anim. Behav.* 46, 705–712.
77. Romeyer, A., Poindron, P., Orgeur, P., (1994a). Olfaction mediates the establishment of selective bonding in goats. *Physiol. Behav.* 56, 693–700.
78. Romeyer, A., Poindron, P., Porter, R.H., Lévy, F., Orgeur, P., (1994b). Establishment of maternal bonding and its mediation by vaginocervical stimulation in goats. *Physiol. Behav.* 55, 395–400.
79. Rudge, M. R. (1969). Mother and Kid Behaviour in Feral Goats (*Capra hircus* L.) en. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 27. 687 - 692.
80. Ruiz-Miranda, C. R. (1993). Use of pelage pigmentation in the recognition of mothers in a group by 2 to 4-month-old domestic kid goats en *Applied Animal Behaviour Science*, 36.317-326.
81. Sanz Sampelayo, M.R., Chilliard, Y., Schmidely, Ph. Y Boza, J. (2007) Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68. 42-63.
82. SIAP-SAGARPA. Inventario caprino 2019. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/564339/Inventario_2019_caprino.pdf
83. Schweinzer, V., Iwersen, M., Drillich, M., Wittek, T., Tichy, A., Mueller, A. y Krametor-Froetscher, R. (2017). Macromineral and trace element supply in sheep and goats in Austria. *Veterinarni Medicina*, 62 (2). 62-73
84. Smith, F. V., Van-Toller, C. y Boyes, T. (1966). The 'critical period' in the attachment of lambs and ewes. *Animal Behaviour* 14, 120–125.
85. 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 behavioural development of the young en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15 (1) p. S161-S174.
86. Terrazas, A., Robledo, V., Serafin, N., Soto, R., Hernandez, H., Poindron, P. (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: 294-306.

87. Terrazas, A., Serafin, 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*. 43:311-320.
88. Trivers, R. L. (1974). Parent-offspring conflict. *American Zoologist*. Vol. 14, N.1.249-264.
89. Tufarelli, V. y Laudadio V. (2011). Dietary supplementation with selenium and vitamin E improves milk yield, composition and rheological properties of dairy Jonica goats. *Journal of Dairy Research*, 78. p 144-148.
90. Ugur, F., Savas, T. Dosay, M. Karabayir, A., Atasoglu, C. (2004). Growth and behavioral traits of Turkish Saanen kids weaned at 45 and 60 days. *Small Ruminant Researc*. 52. 179-184.
91. Ungerfeld, R., Quintans, G., Enríquez, D. H. y Hötzel, M. J. (2009). Behavioural changes at weaning in 6-month-old beef calves reared by cows of high or low milk yield. *En Animal Production Science*. 49. 637-642.
92. Van Metre, D. y Callan, R. (2001). Selenium and Vitamin E. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 17 (2). p 373-402
93. Yilmaz, A., Karaca, S., Kor, A. y Bingöl, M. (2012). Determination of pre-parturition and post-parturition behaviors of Norduz Goats en *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 18 (2), 215-219.
94. Zhang, L., Liu, X. R., Liu, J. Z., An, X. P., Zhou, Z. Q., Cao, B. Y. y Song, Y. X. (2017). Supplemented organic and inorganic selenium affects milk performance and selenium concentration in milk and tissues in the Guanzhong dairy goat en *Biological Trace Element Research*. Springer Media. DOI 10.1007/s12011-017-1112-1.
95. Zobel, G., Freeman, H., Watson, T., Cameron, C. y Sutherland, M. (2019). Effect of different milk-removal strategies at weaning on feed intake and behavior of goat kids. *Journal of Veterinary Behavior*. En prensa 1-7.