

En cabras mantenidas en pastoreo extensivo, una suplementación alimenticia durante el efecto macho y en la gestación tardía incrementa la tasa ovulatoria y el peso de la cría al nacimiento

JORGE ARTURO BUSTAMANTE ANDRADE

TESIS

Presentada como requisito parcial para

optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

Director de Tesis: Dr. Horacio Hernández Hernández

Torreón, Coahuila, México

Noviembre, 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**En cabras mantenidas en pastoreo extensivo, una
suplementación alimenticia durante el efecto macho y en la
gestación tardía incrementa la tasa ovulatoria y el peso de la cría
al nacimiento**

TESIS

JORGE ARTURO BUSTAMANTE ANDRADE

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial, para optar el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

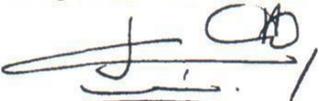
Asesor principal:


Dr. Horacio Hernández Hernández

Asesor:


Dra. Angélica María Terrazas García

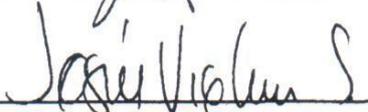
Asesor:


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Asesor:


Dr. José Alfredo Flores Cabrera

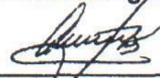
Asesor:


Dr. Jesús Vielma Sifuentes

Asesor:


Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez


Dr. Fernando Ruiz Zarate
Subdirector de Postgrado


Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado

Torreón Coahuila, México

Noviembre, 2013

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por darme las fuerzas necesarias, y salud para salir adelante en esta vida durante los momentos difíciles. Y por brindarme todo lo que tengo en la vida hasta el día de hoy.

A LA UAAAN-UL:

Por las facilidades otorgadas para la realización de los estudios de Maestría.

AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA:

Por el apoyo económico otorgado durante mi estancia en el programa de doctorado.

A MI ASESOR PRINCIPAL:

Dr. Horacio Hernández Hernández, por su confianza y apoyo incondicional hacia mi persona.

A MI COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA:

Dr. José Alberto Delgadillo, Dr. Jesús Vielma, Dr. José Alfredo Flores, Dra. Angélica María Terrazas García y al Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez. Gracias por sus atinadas recomendaciones para este trabajo.

AL BIOLOGO: J. MANUEL ELIZUNDIA

Por facilitarnos los análisis físico-químicos del calostro y la leche producido por las cabras en mi proyecto de investigación

A MI COMPAÑERO DE GENERACIÓN:

I.A.Z. Santiago Zúñiga García por su valiosa ayuda durante todo el trabajo de campo realizado durante mi proyecto de investigación.

A TODOS LOS MIEMBROS DEL CIRCA:

Que sin duda alguna colaboraron durante mi formación, de mis estudios de maestría.

A ESTHER PEÑA Y DOLORES LÓPEZ MAGAÑA:

Por su invaluable apoyo secretarial durante mi etapa como estudiante de maestría.

A LOS CAPRINOCULTORES:

Sr Enrique Urquizo y Sr. Hermeneligildo Medina, por la facilitación de las cabras para llevar a cabo el trabajo de campo, en el presente trabajo de tesis.

La posibilidad de realizar un sueño es lo que hace que la vida sea interesante...

Paulo Coelho.

DEDICATORIAS

A DIOS:

Por brindarme todo lo que hasta el día de hoy tengo en la vida, y darme salud para seguir adelante en la vida.

A MIS PADRES:

JORGE ARTURO BUSTAMANTE ANDRADE

OGLA ANDRADE MORONES

Porque sin duda alguna son lo más hermoso y preciado que Dios me ha dado. A ustedes mis padres, por sus enseñanzas y consejos de seguir superándome día a día, y afrontar los desafíos de la vida sin mirar hacia atrás después de un tropiezo.

A MIS HERMANOS:

JULIO CESAR, MARCKOS HERNAN, ADRIAN ARMANDO

Por brindarme ánimos, para seguir adelante con mis estudios y ser mi fuente inspiración y superación en la vida.

A MIS AMIGOS:

Por el apoyo incondicional brindado, estar siempre ahí en los momentos en los que más los necesite y por brindarme su amistad en todos estos años.

En especial para Sandra Victoria Mirón Chávez, por su brindarme su invaluable amistad, y estar a mi lado todo este tiempo.

A MIS COMPAÑEROS Y MAESTROS:

Por su invaluable apoyo en todos los sentidos, durante mis estudios de maestría.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pag.
ÍNDICE DE TABLAS	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE FIGURAS	¡Error! Marcador no definido.
COMPENDIO	x
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I.INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Estacionalidad reproductiva en caprinos de la región lagunera	5
2.2 Efecto macho	6
2.3 Estrategias de suplementación alimenticia en pequeños rumiantes	6
2.3.1 Suplementos alimenticios	7
2.3.2 Estrategias de suplementación durante la reproducción	9
2.3.3 Uso de la suplementación alimenticia para maximizar la producción espermática y la conducta sexual del macho	10
2.3.4 Uso de la suplementación alimenticia para incrementar la tasa ovulatoria	11
2.4 Efectos de la suplementación alimenticia durante la gestación	13
2.4.1 Influencias del nivel nutricional y de la suplementación alimenticia sobre la supervivencia embrionaria	13
2.4.2 Influencia del nivel nutricional y de una suplementación alimenticia al final de la gestación sobre la producción de calostro	15
2.4.2.1 <i>Suplementación proteica y producción de calostro</i>	16
2.4.2.2 <i>Suplementación energética y producción de calostro</i>	17
2.5 Factores que influyen en el peso al nacimiento en ovejas y cabras	17
2.5.1 Efecto del tipo de parto, raza y sexo de las crías sobre el peso al nacimiento	18
2.5.2 Influencia de una suplementación alimenticia durante la gestación y el peso de las crías	19
CAPÍTULO III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
3.1 HIPÓTESIS	25
3.2 HIPÓTESIS	25
CAPÍTULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1 Ubicación y condiciones de pastoreo	26
4.2 Experimento 1. Influencia de una suplementación alimenticia durante el efecto macho sobre la tasa ovulatoria, la fertilidad al parto y la prolificidad	27
4.2.1 Machos	27
4.2.2 Hembras	27
4.2.3 Tratamientos	27
4.2.4 Efecto macho	28
4.2.5 Variables evaluadas	29
4.2.5.1 <i>Porcentaje de cabras que ovulan y tasa ovulatoria en respuesta al efecto macho</i>	29
4.2.5.2 <i>Diagnostico de gestación y la tasa de preñez</i>	29
4.2.5.3 <i>Fertilidad al parto</i>	29
4.2.5.4 <i>Prolificidad</i>	30

4.2.6 Análisis estadísticos.....	30
4.3 Experimento 2. Influencia de una suplementación con maíz durante la gestación tardía sobre el peso de la cría al nacimiento, y la producción de calostro	30
4.3.1 Hembras y tratamientos experimentales.....	30
4.3.2 Variables evaluadas en las cabras	31
4.3.2.1 <i>Producción y composición química del calostro</i>	31
4.3.2.2 <i>Producción y composición química de la leche</i>	32
4.3.2.3 <i>Peso y condición corporal</i>	32
4.3.3 Variables evaluadas en las crías.....	33
4.3.3.1 <i>Peso al nacimiento</i>	33
4.3.3.2 <i>Concentraciones de glucosa en sangre al nacimiento</i>	33
4.3.4 Análisis estadísticos.....	34
CAPÍTULO V RESULTADOS	35
5.1 Experimento 1. Influencia de una suplementación alimenticia durante el efecto macho sobre la tasa ovulatoria, la fertilidad al parto y la proficidad	35
5.1.1 Porcentaje de cabras que ovularon y tasa ovulatoria en repuesta al efecto macho	35
5.1.2 Porcentaje de fertilidad a los 45 días despues de la introduccion de los machos, fertilidad al parto y prolificidad	35
5.2 Experimento 2. Influencia de una suplementación con maíz durante la gestación tardía sobre el peso de la cria al nacimiento, y la producción de calostro.....	38
5.2.1 Variables medidas en las madres	38
5.2.1.1 <i>Producción y composición química del calostro</i>	38
5.2.1.2 <i>Producción y composición química de la leche</i>	38
5.2.1.3 <i>Peso y condición corporal</i>	41
5.2.2 Variables medidas en las crías	43
5.2.2.1 <i>Peso al nacimiento</i>	43
5.2.2.2 <i>Concentración de glucosa en sangre de las crías al nacimiento</i>	44
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN	45
6.1 Experimento 1. Influencia de una suplementación alimenticia durante el efecto macho sobre la tasa ovulatoria, la fertilidad al parto y la proficidad	45
6.2 Experimento 2. Influencia de una suplementación con maíz durante la gestación tardía sobre el peso de la cria al nacimiento, y la producción de calostro.....	49
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	54
CAPÍTULO VIII. LITERATURA CITADA	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pag.
1. Efectos de proporcionar una suplementación alimenticia (GS n=27) o no (GT n= 28) durante 21 días en cabras mantenidas en pastoreo sedentario sometidas e efecto macho sobre algunos parámetros reproductivos.....	37
...	
2. Composición química promedio (\pm SEM) de la leche en diferentes días después del parto en cabras mantenidas bajo pastoreo sedentario sin (GT n=16) o con un suplemento de 0.6 Kg de maíz rolado por cabra/día (GS n=16) durante los últimos 24 días de gestación.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Variaciones anuales del fotoperiodo, lluvias, disponibilidad de alimento y gestaciones de las hembras caprinas de la Comarca Lagunera (Adaptado de Sáenz-Escárcega et al., 1991).....	7
2. Producción promedio (\pm SEM) de calostro producido al parto y de sus componentes en las cabras que se alimentaron durante toda la gestación con solo el pastoreo (GT n =16) y de las cabras suplementadas (GS n = 18) con maíz (0.6 Kg/cabra) durante los últimos 24 días de gestación ($P= 0.151$ y $P\geq 0.58$).....	40
3. Producción promedio (\pm SEM) de leche a los 5, 10, 15 y 20 días después del parto en cabras que se alimentaron durante toda la gestación con solo el pastoreo (GT n =16) y de las cabras suplementadas (GS n = 18) con maíz (0.6 Kg/cabra) durante los últimos 24 días gestación. ($P= 0.860$).....	40
4. Cambios promedio de peso (\pm SEM) antes, al parto y después del parto en cabras mantenidas bajo pastoreo (GT n=16) y de las cabras suplementadas (GS n= 18) con maíz rolado (0.6 Kg/cabra) durante los últimos 24 días de gestación ($P= 0.70$).....	42
5. Condición corporal promedio (\pm SEM) antes, al parto y después del parto en cabras mantenidas bajo pastoreo (GT n=16) y de las cabras suplementadas (GS n= 18) con maíz rolado (0.6 Kg/cabra) durante los últimos 24 días de gestación ($P= 0.80$).....	42
6. Peso promedio (\pm SEM) de las crías, al nacimiento. Las madres de las crías del GT (n=27) solo se alimentaron durante toda la gestación del pastoreo; en cambio, las madres de las crías del GS (n=26) además del pastoreo cada	

cabra recibió (0.6 Kg de maíz) durante los últimos 24 días de gestación. ($P= 0.04$).....

7. Concentración promedio (\pm SEM) de glucosa en sangre completa de las crías, al nacimiento. Las madres de las crías del GT ($n=27$) solo se alimentaron durante toda la gestación del pastoreo; en cambio, las madres de las crías del GS ($n=26$) además del pastoreo cada cabra recibió (0.6 Kg de maíz) durante los últimos 24 días de gestación. ($P= 0.03$)..... 44

..

COMPENDIO

En cabras mantenidas en pastoreo extensivo, una suplementación alimenticia durante el efecto macho y en la gestación tardía incrementa la tasa ovulatoria y el peso de la cría al nacimiento

Jorge Arturo Bustamante Andrade

TESIS

Presentada como requisito parcial para

optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Asesor

Dr. Horacio Hernández Hernández

En la presente tesis, un mismo rebaño de cabras fue utilizado en dos experimentos consecutivos con el fin de evaluar si una suplementación alimenticia durante el efecto macho o durante la gestación tardía influía sobre algunos parámetros reproductivos, como el peso de las crías al nacimiento y sobre la producción de calostro. En el primer trabajo el objetivo fue investigar si la suplementación alimenticia durante el época de empadre efecto macho, además de incrementar la proporción de cabras que

ovulaban, la tasa ovulatoria, ocurría lo mismo con la fertilidad y la prolificidad. Para lo cual se utilizaron 56 cabras anovulatorias múltiparas que fueron divididas en dos grupos. Un primer grupo de cabras, se alimentó únicamente con la vegetación natural disponible en el pastoreo durante el efecto macho (Grupo Testigo; GT= 28). El segundo grupo de cabras, además del pastoreo, y de manera individual se le ofreció diariamente, durante 21 días consecutivos un suplemento alimenticio (Grupo Suplementado; GS= 28). El suplemento proporcionado consistió de 260 g de maíz roado (3.2 Mcal/KgMS EM; 8,6% PC), 110 g de pasta de soya (49% PC) y 900 g de heno de alfalfa (18% PC;). El porcentaje total de cabras que tuvieron al menos una ovulación hasta el día 19 después de ponerlas en contacto con los machos no difirió entre el GT y del GS ($P= 0.389$). En cambio, la tasa ovulatoria registrada en las cabras del GT fue menor que la registrada en las del GS ($P= 0.006$). Así mismo, el porcentaje de cabras que mostraron más de un cuerpo lúteo en respuesta al macho fue mayor en el GS que en el grupo GT ($P= 0.01$). Por último, la prolificidad al momento del parto no difirió entre las cabras del GT y aquellas suplementadas durante el efecto macho (GS; $P= 0.478$). En el segundo experimento el objetivo fue investigar si una suplementación con maíz durante los últimos 24 días de gestación incrementaba el peso de las crías, al nacimiento, la producción de calostro al momento del parto. Para ello, se utilizaron 16 cabras gestantes del estudio anterior que siguieron manteniéndose solo con la vegetación disponible en las áreas de pastoreo (GT) y otras 16 cabras que provenían del grupo suplementado del primer experimento (GS). Estas últimas cabras recibieron en promedio durante los últimos 24 días de gestación, además del pastoreo diario, una suplementación con 0.6 kg de maíz roado. La producción de calostro al parto no difirió entre las cabras del GT y las del GS ($P= 0.151$). De igual forma, los contenidos de grasa, proteína y lactosa en el

calostro de las hembras no difirió entre grupos ($P \geq 0.58$). Respecto al, peso de las crías al nacimiento fue mayor en los cabritos provenientes de las madres del GS que el registrado en los cabritos de las madres del GT ($P=0.04$). Estos resultados permiten concluir que la suplementación alimenticia es una alternativa para proporcionar los nutrientes en períodos críticos a cabras mantenidas en pastoreo extensivo sedentario como lo son el momento del empadre (efecto macho) incrementando la tasa ovulatoria y durante la gestación tardía incrementando el peso de las crías al nacimiento.

ABSTRACT

Feed supplementation on goats maintained under extensive grazing conditions during the male effect and during late gestation increases the ovulation rate and the weight of the goat kids at birth

THESIS

By

Jorge Arturo Bustamante Andrade

**Presented as a partial requirement to obtain the degree
of**

MASTER IN AGRARIAN SCIENCES

Advisor

Dr. Horacio Hernández Hernández

In this thesis, two experiments were conducted using the same animals maintained under extensive grazing conditions to investigate if feed supplementation during the male effect and during late gestation can improve some reproductive parameters and the weight of the kids at birth, respectively. In the first study, the objective was to determine if feed supplementation given during the male effect increase the ovulation rate and prolificacy at partum. To this first study, 56 anovulatory multiparous goats

were used, which were assigned to one of the two following treatments. A first group of goats were maintained only with vegetation available in grazing areas during the male effect (GT; $n = 28$), while another group of goats in addition to daily grazing each female received a feed supplementation (GS; $n = 28$). The feed supplement consisted from 260 g of roled corn (3.2 Mcal/KgMS EM; 8,6% PC), 110 g of soybean meal (49% PC) and 900 g of alfalfa hay (18% PC;). This supplement was offered to the goats during the first 21 days when remained in contact with the males. Total percentage of goats that had ovulation until day 19 after male introduction did not differs between GT and GS ($P= 0.389$). On the other hand, ovulation rate was lower in goats from GT than in goats from GS ($P= 0.006$). Also, proportion of goats that had more than one corpus luteum in response to the male was higher in GS than in GT ($P= 0.01$). Finally, prolificacy at partum did not differs between goats from both groups ($P= 0.478$). In the second study the objectives were to determine if a maize supplementation during the last 24 days of gestation increases the weight of the kids at birth, the colostrum production at partum. To this end, sixteen pregnant goats from previous study continued maintained until parturition only under natural grazing conditions (GT), while another 16 feed-supplemented pregnant goats from previous study were supplemented daily during the last 24 days of pregnancy with 0.6 kg of flaked maize/goat. Colostrum production at parturition did not differs between females from both groups ($P= 0.151$). Similarly, fat, protein and lactose content in colostrum did not differs between the females of the two groups ($P\geq 0.58$). Finally, the weight of the goat kids at birth was higher in GS than in goat kids from GT ($P= 0.04$). Overall, these results indicate that in goats maintained under extensive grazing conditions, feed supplementation is a viable alternative to provides some of the required nutrients during critical periods such as during mating by male exposition and during late gestation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La cabra es un animal muy rústico, durante su filogenia se ha adaptado a condiciones extremas a tal grado que ha desarrollado la capacidad de transformar forrajes de baja calidad en productos de buena calidad para consumo humano (Koeslag, *et al.*, 1982). Leng (1990), define a los forrajes de baja calidad como aquellos en que la digestibilidad es inferior al 55%, son deficientes en proteína bruta (< 8%), poseen bajos contenidos de azúcares y almidón y tienen niveles altos de fibra.

En la Comarca Lagunera, la caprinocultura es una actividad importante ya que con ella, gran porcentaje de la población rural obtiene los recursos para cubrir sus necesidades básicas. El inventario de cabras en la Comarca Lagunera en 2012 fue de aproximadamente 450,000 cabezas (SAGARPA, 2012). Estudios previos se han valorado que los caprinos de esta región muestran un patrón de reproducción estacional (Delgadillo *et al.*, 2003; 2009). La actividad sexual del macho cabrío se presenta de mayo a diciembre, existiendo un periodo de reposo sexual que comprende de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999; 2003). Las hembras, desarrollan su actividad sexual desde el mes de septiembre a febrero, observándose un periodo de anestro de marzo a agosto (Duarte *et al.*, 2008).

En la Comarca Lagunera la mayoría (90%) de los caprinos locales se mantienen en un sistema de producción extensivo sedentario, en el cual los animales se alimentan solo de la flora natural en las áreas de pastoreo, sin recibir un suplemento alimenticio en el corral. La disponibilidad de la vegetación natural que consumen los caprinos en cantidad y calidad disminuye drásticamente de noviembre a marzo aunado al clima semi-árido que impide la proliferación y desarrollo de forrajes silvestres (Sáenz-Escárcega et al., 1991). Debido a lo anterior es común encontrar estados de desnutrición en las cabras; y esto representa una problemática muy frecuente en las explotaciones caprinas de la región.

Por otro lado la época de baja disponibilidad de alimento coincide con la época de anestro en dichas cabras (Sáenz-Escárcega et al., 1991). De manera natural, estos estados de desnutrición de las hembras repercuten en bajas tasas de fertilidad durante el empadre natural de los animales. Para contrarrestar en parte esta deficiente actividad reproductiva se ha utilizado la técnica del efecto macho en la época de anestro en las cabras, la cual consiste en poner en contacto a hembras estacionalmente anovulatorias con un macho cabrío (Flores *et al.*, 2000). Con esta técnica se ha logrado modificar la época reproductiva en las cabras de la Región; pero es probable que si también se mejora la nutrición de las hembras, durante el empadre podrá resultar en mayores tasas de ovulación y a su vez en mayor fertilidad y prolificidad como ha sido reportado anteriormante (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008 y Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Otra etapa reproductiva que puede ser afectada

significativamente debido a una sub-nutrición en estos animales mantenidos extensivamente es durante la gestación tardía. Estudios demuestran que tanto en ovejas como en cabras mantenidas en condiciones pobres de pastoreo, presentan mayor movilización de sus reservas corporales durante las últimas seis semanas de gestación debido al rápido crecimiento fetal y a la producción y almacenamiento de calostro en el parto (Hussain et al., 1996; Meyer et al., 2011). Además, una pobre nutrición de la madre puede reducir las posibilidades de sobrevivencia, de la cría al limitar la disponibilidad de calostro, lo cual es crítico para una óptima salud y el vínculo madre-cría (Nowak y Poindron, 2006). Por el contrario, una suplementación¹ con maíz o cebada durante los últimos 8 días de gestación incrementa hasta el doble la cantidad de calostro disponible al parto en ovejas de Uruguay (Banchemo et al., 2004a,b, 2007, 2009) y cabras de la Comarca Lagunera (Ramírez-Vera et al., 2012a) así como el peso de las crías de estas últimas (Ramírez-Vera et al., 2012b).

Los estudios donde se ha evaluado la suplementación alimenticia en cabras mantenidas extensivamente, con el fin de incrementar la tasa ovulatoria durante el efecto macho, así como aquellos trabajos en donde se midió la suplementación alimenticia con el fin de aumentar la cantidad de calostro y el peso de las crías al nacimiento han sido realizados de manera separada utilizando diferentes hatos de cabras. Por lo que resulta muy interesante determinar si la suplementación alimenticia en los mismos animales durante el efecto macho y la gestación tardía pueda obtener los beneficios descritos. Con base a lo anterior, se llevó a cabo un

¹ En esta tesis, el término "suplementación" se refiere a proporcionar un alimento adicional a la dieta en pastoreo de cada individuo. Es decir, completar con alimento los requerimientos 3
nutricionales en los animales a los que experimentalmente se les suplementó durante el efecto macho y en la gestación tardía; así, este alimento formó parte adicional a la dieta (Short *et al.*, 1996; Shauer *et al.*, 2005).

estudio donde se establecieron 2 grupos de cabras explotadas extensivamente. Uno de ellos recibió suplementación alimenticia durante el efecto macho y posteriormente durante la gestación tardía con el fin de determinar si además de incrementar la tasa ovulatoria, ocurre lo mismo con la fertilidad, la prolificidad, la producción de calostro de las hembras, así como el peso de las crías al nacimiento.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estacionalidad reproductiva en caprinos de la Comarca Lagunera

La estacionalidad reproductiva en los caprinos varía de una raza a otra, de acuerdo a diversos factores, como el lugar el origen o la latitud donde se encuentren. Por ejemplo, en los machos cabríos de la Comarca Lagunera se reportó una disminución del comportamiento sexual en Marzo y Abril (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991); y se comprobó que el principal factor que regula la estacionalidad en los machos cabríos es el fotoperiodo y no la alimentación (Delgadillo *et al.*, 1999). En las hembras caprinas originarias o adaptadas a las latitudes subtropicales, hay también diferencias en el periodo del año en que se desarrolla la estación sexual y la duración de ésta. En el caso de las hembras de la Comarca Lagunera, se asumió la existencia de un periodo de anestro de Marzo a Mayo, deducido por una reducción marcada en la ocurrencia de partos entre Agosto y Octubre (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Además, a nivel regional las cabras presentan anestro coincidente con la temporada de sequía, y consecuentemente, con una drástica reducción de la disponibilidad del alimento en el campo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). A pesar de esto, la estacionalidad reproductiva no es regulada por la alimentación, sino por factores medioambientales tales como el fotoperiodo, tal como lo demuestran estudios previos (Duarte *et al.*, 2008). Estos autores reportan que las hembras caprinas de la Comarca

Lagunera presentan una estación sexual que inicia en septiembre y termina en febrero.

2.2. Efecto macho

La introducción repentina de un macho cabrío en un grupo de cabras anéstricas induce el celo y la ovulación. A este fenómeno se la ha denominado “efecto macho” y ha sido utilizado de manera eficiente en cabras y ovejas bajo distintos sistemas de explotación para estimular su actividad sexual. Este fenómeno es multisensorial, en el cual están involucradas las señales olfativas, visuales, auditivas y táctiles que el macho emite hacia la hembra, pero a su vez la hembra emite señales hacia el macho, lo cual permite la retroalimentación entre ambos sexos para la estimulación sexual (Walkden-Brown, *et al.*, 1999). Está bien documentado que la mayor respuesta de las hembras sometidas al efecto macho se obtiene cuando todas las señales actúan en conjunto.

Con esta técnica se ha logrado modificar la época reproductiva de las cabras de la Región; pero es probable que si también se mejora la nutrición de las hembras, durante el empadre podrá resultar en mayores tasas de ovulación y a su vez en mayor prolificidad al parto, como ha sido reportado anteriormente (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008 y Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

2.3. Estrategias de suplementación alimenticia en pequeños rumiantes

Parte de los caprinos explotados de manera extensiva en algunas regiones del mundo, están expuestos a una deficiencia en sus

requerimientos nutricionales. Esto se debe a que muchos de estos rebaños se encuentran en lugares áridos y semiáridos donde la disponibilidad en la cantidad y calidad de vegetación fluctúa a través del año (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991 Fig 1). Además, la falta de una suplementación alimenticia en dichos rebaños repercute fuertemente a estos estados de deficiencia nutricional (Ramírez *et al.*, 1991; Cabello *et al.*, 1996; Roig, 2003).

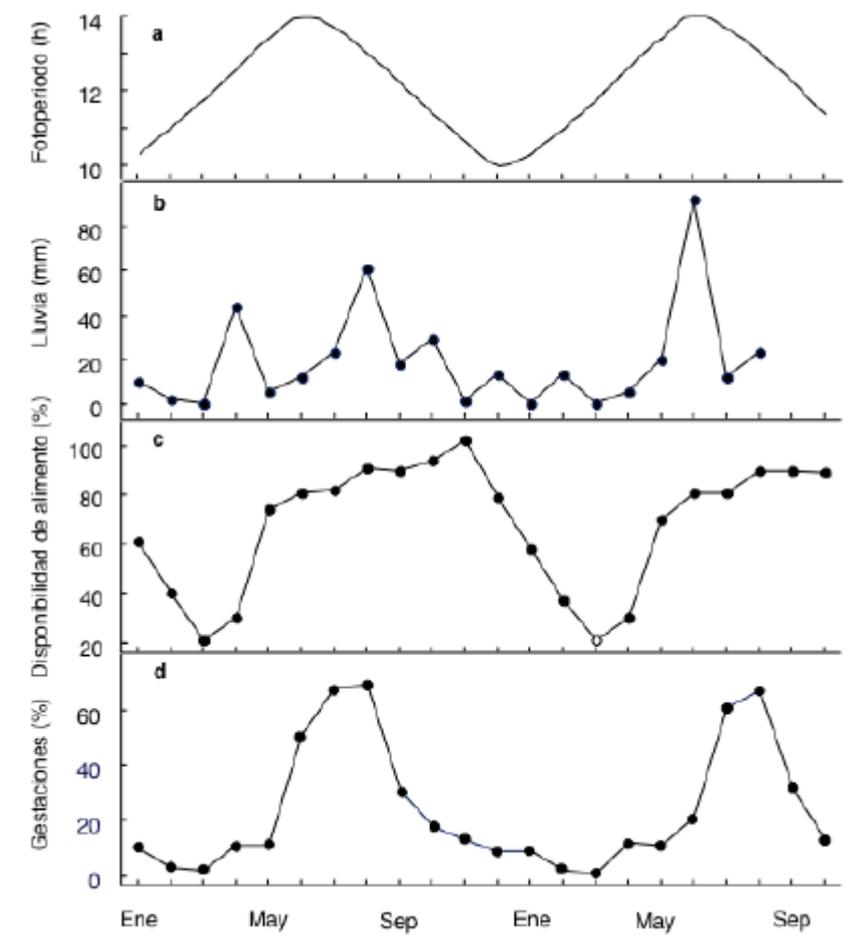


Figura 1. Variaciones anuales del fotoperíodo (a), lluvias (b), disponibilidad de alimento (c) y gestaciones (d) de las hembras caprinas de la Comarca Lagunera ubicada en el subtrópico mexicano (26°N). Las cabras estaban en contacto permanente con los machos en un sistema de producción extensivo (Adaptado de Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991).

En los animales mantenidos bajo estas condiciones se observa una marcada deficiencia nutricional, la cual podría impactar de manera negativa en los procesos fisiológicos y reproductivos de los animales.

Se ha determinado que en las cabras expuestas al macho en época donde hay poca disponibilidad de forrajes conlleva a una subnutrición que disminuye considerablemente la respuesta sexual (estro y ovulación), la fertilidad y la prolificidad (Mellado y Hernández, 1996). Por otro lado, durante la gestación tardía, el requerimiento de energía metabolizable es de $177.3 \text{ Kcal/W}^{0.75}$ y de $2.03 \text{ g/W}^{0.75}$ de proteína (McGregor, 2003; Roig, 2003) y debido a las variaciones en la disponibilidad vegetal en ocasiones dichos requerimientos no se satisfacen con sólo el pastoreo. En ovejas, el desarrollo y crecimiento del feto dependen de la buena alimentación de la madre durante las últimas seis semanas de gestación, cuando ocurre entre el 70 y 80 % del crecimiento fetal (Sormunen-Cristian *et al.*, 2001). Además, en este periodo se incrementa la demanda de nutrientes para la producción de calostro (Banchemo *et al.*, 2004; Nowak y Poindron, 2006). De tal manera que la opción más apropiada para contrarrestar la desnutrición al final de la gestación es proporcionar una suplementación nutricional. Lo anterior es una alternativa cuando la disponibilidad en cantidad y calidad del forraje son bajos y de este modo poder proveer los requerimientos nutricionales de las cabras mantenidas en pastoreo.

Por ello, la suplementación en ciertos periodos del ciclo reproductivo o “suplementación estratégica” es una alternativa para cubrir

los requerimientos nutricionales adecuados en ovejas y cabras mantenidas bajo sistemas de producción extensivos (Martin *et al.*, 2004).

2.3.1. Suplementos alimenticios

Un suplemento es un alimento o mezcla de estos que se utiliza junto con otro para mejorar el equilibrio nutritivo del animal. Los suplementos deben contener nutrimentos energéticos, nitrogenados y minerales, pero los niveles de esos componentes varían de acuerdo a sus características nutricionales. Los animales presentan distintas necesidades según la especie, sexo, peso vivo, etapa fisiológica y nivel de producción (NRC, 2007). Los mayores incrementos en las ganancias de peso se logran con suplementos energético-proteicos, y particularmente con aquellos cuyas proteínas sean de baja a mediana degradabilidad ruminal. Es necesario considerar las interacciones suplemento-pastura-animal, ya que ellas modifican la probable respuesta productiva (De León *et al.*, 2004).

Peralta (2007), menciona que la suplementación sirve para cubrir el déficit estacional predecible en la calidad y cantidad de forrajes (menor producción de pasto invernal), o los debidos a inclemencias climáticas impredecibles (sequía, inundación, etc). Huitrón (1983), sugiere que aunque las cabras logran sobrevivir bajo condiciones de escaso alimento y agua, requieren de una suplementación durante algunos periodos críticos caracterizados por tener altos requerimientos nutricionales. Lyons *et al.*, (1970) y Ramírez (2009) mencionan que en base a estudios previos realizados la suplementación con proteína mejora la fermentación ruminal,

permitiendo que haya un mejor aprovechamiento de los alimentos energéticos. Según Bermúdez (1989), los suplementos para contrarrestar la deficiencia de los forrajes de mala calidad deben de reunir una o más de las siguientes características:

- a) La fuente de nitrógeno proporcionada debe liberar amoníaco a nivel ruminal para que los microorganismos ruminales puedan llevar a cabo la síntesis de nutrientes.
- b) La fuente de nitrógeno utilizada puede permitir que parte del mismo escape a la fermentación ruminal y llegue directamente al tracto digestivo bajo para su absorción.
- c) El suplemento debe de aportar energía para el adecuado crecimiento de los microorganismos ruminales o para el mismo hospedero.
- d) El suplemento debe de contener macrominerales, minerales traza y vitaminas.

2.3.2. Estrategias de suplementación alimenticia durante la reproducción

La respuesta reproductiva depende de la interacción de factores genéticos y ambientales, y dentro de éstos últimos, la disponibilidad estacional de los nutrientes en los forrajes puede afectar considerablemente la reproducción (Martin *et al.*, 2004; Robinson *et al.*, 2006).

En cabras, se ha demostrado que una alta ingesta alimenticia durante la etapa previa al apareamiento resulta en un aumento en las

tasas de ovulación y de la concepción (Mani *et al.*, 1994), al igual que en la tasa de parición (Sachdeva *et al.*, 1973).

La condición corporal es un factor importante a considerar dentro del estado metabólico de los animales y refleja a qué nivel nutricional estuvieron previamente sometidos los mismos. Por ejemplo, en las cabras de la Región de Córdoba Argentina al inicio de la primavera, el 62 % de las hembras presentan una condición corporal entre regular (2) y mala (1) de una escala de 0 a 4 (Arias y Alonso, 2002). La situación se revierte en otoño, cuando los animales recuperan considerablemente su condición corporal (Arias y Alonso, 2002). A su vez, estas variaciones en la condición corporal de los animales debido a la nutrición influyen en la capacidad de éstos para reproducirse. Por ello, la suplementación estratégica aporta los nutrientes necesarios a los animales para elevar parámetros reproductivos, optimizando de esta forma el potencial productivo de las hembras.

2.3.3. Uso de la suplementación alimenticia para maximizar la producción espermática y la conducta sexual del macho

Los cambios en el estado metabólico de carneros, repercuten de manera importante en la capacidad reproductiva, ya sea por una dieta de mantenimiento o por una dieta con altos niveles de energía y proteína. Blache *et al.*, (2006), ofrecieron una dieta de mantenimiento a un grupo de carneros, mientras que a otro grupo le proporcionaron una dieta con un alto nivel de energía y de proteína, para ver el efecto en diferentes parámetros reproductivos. Estos autores encontraron un efecto

significativo a los 14, 28 y 42 días después del cambio de dieta sobre el aumento de la circunferencia escrotal. Almeida *et al.*, (2007) ofrecieron un suplemento energético a base de heno de invierno, maíz y melaza a machos cabríos de la raza Boer y encontraron un efecto de dicha suplementación al incrementar la circunferencia escrotal, el peso del escroto, y peso total de los testículos, en comparación con los machos del grupo testigo. Como estas mediciones determinan el volumen testicular, que a su vez refleja la capacidad espermatogénica de un individuo, entonces el efecto se traduce en una mayor producción espermática de los machos (Delgadillo *et al.*, 1999).

También en los machos cabríos y moruecos australianos una suplementación estratégica por 8 semanas antes del empadre, repercute sobre un mayor tamaño testicular, aunado a una mayor producción espermática (Martin y Walkden-Brown 1995). Estas respuestas son fiables en razas cuya actividad reproductiva es regulada por el fotoperiodo, pero también puede influir en razas menos sensibles al fotoperiodo como la Corriedale (Pérez-Clariget *et al.*, 1998; Martin *et al.*, 2002). En los machos de esta raza se ha observado que la suplementación incrementa el comportamiento sexual, y la producción espermática. Por ello, la alimentación antes de la época de empadre debe de ser bien controlada ya que una desnutrición disminuye el comportamiento sexual de los machos (Zarazaga *et al.*, 2005; 2009). En efecto, por un lado, la debilidad general en el animal producto de una severa desnutrición, disminuye el desempeño sexual del macho. Por otro lado, en carneros, una sobrealimentación disminuye el comportamiento del apareamiento,

simplemente porque el aumento de peso conduce torpezas al momento del cortejo (Fernández *et al.*, 2004).

2.3.4. Uso de la suplementación alimenticia para incrementar la tasa ovulatoria

Una buena alimentación dentro de un hato de cabras es sin duda relevante, ya que es necesario que los animales estén en buena condición corporal y así poder llevar a cabo sus actividades reproductivas (Jimeno *et al.*, 2000). Tal es el caso de la tasa ovulatoria, la cual se ve reducida en las hembras debido a una desnutrición (Mani *et al.*, 1992; Abecia *et al.*, 2006). Estudios previos han demostrado que con una buena condición corporal tanto en ovejas (Johnson *et al.*, 2011) como en cabras se incrementa la tasa ovulatoria con respecto a hembras con una baja condición corporal (Henniawati y Fletcher, 1986). Así, la suplementación nutricional puede contrarrestar el efecto negativo de una desnutrición. Por ejemplo, en ovejas Merino en Australia mantenidas en pastoreo, una suplementación por 14 días antes o 12 días después del efecto macho incrementó de manera importante la tasa ovulatoria (Nottle *et al.*, 1997; Scaramuzzi *et al.*, 2006).

La tasa ovulatoria determina el valor de la prolificidad al parto, y por lo tanto la productividad de una explotación. Para los pequeños rumiantes, el límite superior de la tasa ovulatoria está determinado genéticamente y por lo tanto puede ser que se mejore mediante la selección. Sin embargo, la expresión de ese potencial genético está fuertemente influenciada por el régimen nutricional al que son sometidos

los animales antes del empadre (Scaramuzzi y Martin 2008). Esto se observa de manera evidente a partir de las correlaciones entre la condición corporal y el tamaño de camada. Pero lo más importante, en el contexto de la suplementación estratégica, es que se produce un efecto agudo sobre las ovulaciones. Así, una suplementación de tan sólo 4 días con heno, maíz grano y pasta de soya durante las etapas finales del ciclo estral, incrementan la frecuencia de ovulaciones dobles en un 20-30% de las hembras (Viñoles *et al.*, 2005; 2009). Lo mismo se puede lograr utilizando pasturas de elevada calidad (Viñoles *et al.*, 2009). En las cabras locales de la Comarca Lagunera mantenidas en pastoreo extensivo, una suplementación durante los primeros 7 días de introducir el macho incrementó la tasa ovulatoria (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Estos mismos autores también demostraron que cuando la suplementación nutricional se proporcionó durante los 14 o 28 días de contacto con los machos, se incrementó la tasa de gestación en comparación con los animales no suplementados.

2.4. Efectos de la suplementación alimenticia durante la gestación

Una nutrición adecuada durante la gestación favorece el incremento de peso y las reservas corporales de las hembras. El aumento de peso está correlacionado con mejores tasas de fertilidad, mayor número de cabritos destetados, y por ende mayor cantidad de kilos de carne producidos por hembra (Mani *et al.*, 1992). Además, el incremento de peso durante la gestación disminuye la tasa de abortos y reduce la duración del anestro posparto (Mani *et al.*, 1992). Por lo anterior, es importante mantener a los animales gestantes en buen estado corporal y

si existieran deficiencias nutricionales en dicho estado, establecer estratégicamente periodos adecuados de suplementación alimenticia.

2.4.1. Influencias del nivel nutricional y de la suplementación alimenticia sobre la supervivencia embrionaria

Al principio de la gestación, para poder garantizar la sobrevivencia del embrión, es necesario que la madre satisfaga sus necesidades nutricionales de manera adecuada. En efecto, tanto una sobrealimentación, como una desnutrición perjudican el desarrollo del embrión. Después de la ovulación, una sobrealimentación puede suprimir las concentraciones de progesterona en la sangre a niveles que comprometen la sobrevivencia de los embriones en ovejas (Robinson *et al.*, 2002). Cuando a los animales se les proporciona un nivel de mantenimiento en la alimentación durante el primer mes de gestación se considera óptimo para la supervivencia de los embriones en esta especie. Estudios han demostrado que una buena nutrición durante la maduración de los ovocitos tiene efectos importantes sobre la viabilidad de los embriones. Abecia *et al.*, (1997) observaron en ovejas, que a los 8 días después del apareamiento existía un retraso en el desarrollo de los embriones recogidos en animales desnutridos. Sin embargo, en otro estudio no se encontró efecto del nivel de nutrición del día 0 al 16 del ciclo estral sobre la supervivencia embrionaria (Wallace *et al.*, 1994). Estos últimos autores llegaron a la conclusión de que los beneficios del nivel nutricional no se ejercieron en estos días del ciclo estral ya que se ejercen antes que el embrión entre en el útero o después de que el embrión ha superado el tiempo en que ocurre la luteólisis.

En cuanto a una suplementación alimenticia con urea durante 12 semanas, McEvoy *et al.*, (1997) encontraron un retraso en el desarrollo de los embriones colectados en las ovejas suplementadas con este ingrediente. Estos autores llegaron a la conclusión de que el exceso de nitrógeno degradable en el rumen de la dieta de las ovejas eleva la urea plasmática y los niveles de amoníaco en el útero, asociado con un aumento de la mortalidad de los embriones.

Por otro lado un nivel de nutrición elevado después del apareamiento fue benéfico para la sobrevivencia sólo en embriones triples, sin embargo, resultó dañino a la tasa de concepción en la oveja, en embriones dobles y sencillos (West *et al.*, 1991). Además, una severa disminución de energía en la dieta de las cabras durante el tercer mes de gestación se asoció a un incremento en la pérdida embrionaria (Mani *et al.*, 1992).

2.4.2. Influencia del nivel nutricional y de una suplementación alimenticia al final de la gestación sobre la producción de calostro

La disponibilidad de calostro al momento del parto influye fuertemente en la sobrevivencia de las crías, ya que ello a su vez, resulta en que haya una exitosa interacción entre la madre y su cría (Nowak, 1996). Entre otras cosas, esta interacción permite a la oveja identificar a su cría y a la cría identificar a su madre (Nowak *et al.*, 1997; Goursaud y Nowak, 1999).

Además de proporcionar beneficio nutricional e inmunológico para la cría, el calostro en el intestino mejora la capacidad del cordero para reconocer su madre, lo que contribuye a establecer un fuerte vínculo oveja-cordero (Goursaud y Nowak 1999).

Durante varias horas, luego del parto, la oveja produce calostro el cual cubre los requerimientos nutricionales, y de inmunoglobulinas para el cordero (Pattinson, 1995). De esta manera, es importante que haya buena disponibilidad y calidad de calostro al momento del parto ya que existe una fuerte relación entre la nutrición durante la gestación y el inicio de la lactación. Mellor y Murray (1985 a,b) mostraron que una mala alimentación durante las últimas seis semanas de gestación deprime el desarrollo de la ubre y la acumulación prenatal de calostro, así como la producción subsiguiente de leche durante las 18 horas posteriores al parto.

Asimismo, se ha reportado que la disponibilidad de calostro al parto se ve también seriamente afectada por las variaciones en la disponibilidad y calidad de la vegetación (Banchemo *et al.*, 2007). Por lo que la suplementación estratégica energética o proteica al final de la gestación es una alternativa para cubrir el déficit nutricional durante ese periodo.

2.4.2.1. Suplementación proteica y producción de calostro

Las ovejas gestantes alimentadas a partir del día 85 de gestación hasta el parto con el 100% de sus requerimiento de proteína cruda (PC) y 10.5 megajoules (MJ) de energía metabólica (EM) producen más calostro a 12, 24 y 48 h postparto que aquellas hembras alimentadas con una

dieta que contiene el 140% de sus requerimiento en PC y 10.5 MJ de EM, (Ocak *et al.*, 2005). Asimismo, en ovejas alimentadas con una dieta alta en PC durante las últimas 6 semanas de gestación, no afectó la producción de calostro durante las primeras 18 h después del parto (Annett *et al.*, 2005). Ovejas suplementadas durante los últimos 8 días de gestación con 37% de PC y 13.8 MJ EM/Kg de materia seca (MS) tuvieron una producción de calostro de 830 g, a las 10 h postparto, similar a la producción obtenida en ovejas alimentadas con 14% de proteína y 9.3 MJ ME/Kg MS (Banchemo *et al.*, 2004b). Sin embargo, en ovejas alimentadas con una dieta baja en proteína (9.6%) y alta en energía (13.6 MJ ME/Kg MS), la producción de calostro fue mayor (Banchemo *et al.*, 2004). Los estudios antes mencionados confirman una relación negativa de la suplementación preparto con proteína sobre la producción de calostro.

2.4.2.2. Suplementación energética y producción de calostro

Un suplemento a base energía proporcionado en la gestación tardía puede duplicar la cantidad de calostro disponible para los corderos al nacer (Banchemo *et al.*, 2006). Por ejemplo, la suplementación energética con maíz durante los últimos 8 días de gestación incrementó la producción de calostro durante las primeras 10 h postparto tanto en hembras que paren crías únicas (control; 475 vs. suplementado; 730 g) o gemelas (control; 631 vs. suplementado; 1,259 g; Banchemo *et al.*, 2004; 2007). En las cabras gestantes mantenidas en condiciones de pastoreo semiárido, la suplementación con maíz durante los últimos 12 días antes del parto también incrementó al doble la cantidad de calostro disponible al parto y mejoró la actividad de las crías (Ramírez-Vera *et al.*, 2012a).

Además, este tratamiento nutricional mejoró la conducta materna y reforzó el vínculo madre-cría (Ramírez-Vera *et al.*, 2012b).

2.5. Factores que Influyen en el peso al nacimiento en ovejas y cabras

El peso al nacimiento de las crías es uno de los parámetros de mayor importancia dentro de una explotación pecuaria, ya que éste influye notablemente en el crecimiento y desarrollo de los animales especialmente cuando las madres están en la fase de lactación.

El genotipo o raza de la madre afecta el peso al nacimiento de las crías, ya que a mayor tamaño de la madre, mayor tamaño de la cría. Lo anterior puede provocar una serie de consecuencias tales como dificultades en el parto, enfermedades metabólicas y disminución en la producción de leche (Sauvant y Fehr 1987). La edad de la madre al parto es un factor de suma importancia ya que a menor edad al parto, las necesidades de crecimiento son mayores y hay competencias por los nutrientes entre la (s) cría (as) y la madre (Wallace *et al.*, 2000). Otros factores que pueden afectar el peso al nacimiento son el tamaño de camada, el sexo de la cría y la nutrición materna durante la gestación. A continuación se describe brevemente la influencia de los factores mencionados anteriormente.

2.5.1. Efecto del tipo de parto, raza y sexo de las crías sobre el peso al nacimiento

Díaz *et al.*, (1991) y Rico y Planes (1996), demostraron en cabras y ovejas, que el tipo de parto influye sobre el peso al nacimiento, encontrando un mayor peso en aquellos de parto simple comparados con los de parto múltiple. Del mismo modo, Martínez *et al.*, (2009) demostraron que los cabritos de raza Murciano-Granadina nacidos de parto sencillo fueron más pesados al nacer (3.0 kg) respecto a los cabritos nacidos de parto gemelar (2.2 kg).

El tamaño de camada es un componente importante de la productividad en los rebaños y contribuye en forma importante a la producción de kilos de corderos destetados por oveja, así como su tasa de crecimiento individual (Rojas y Rodríguez, 1995). Por ejemplo, Gardner *et al.*, (2007) demostraron que los corderos machos simples de raza Welsh Mountain tuvieron un mayor peso al nacimiento (4.2 kg) que los corderos machos provenientes de partos gemelares de la misma raza (3.3 kg); mientras que los machos de la raza Mule fueron más pesados que los anteriores (5.4 kg). En esta misma especie, Hermosillo *et al.*, (1992), utilizaron animales de las razas Pelibuey, variedades Blanco y Bayo (café claro), y Panza Negra, encontrando que la variedad Pelibuey Blanco, tuvo menor peso al nacimiento (2.3 kg) respecto al Panza Negra y Pelibuey Bayo (2.51 kg y 2.74 kg, respectivamente), pero que esta diferencia fue reduciéndose a medida que se alcanzaba el peso al mercado. Estos argumentos, muestran claramente que el número de crías al nacer y la raza son dos factores que determinan en gran parte el peso de las crías.

Díaz *et al.*, (1991) y Rico y Planes (1996), también señalaron que otro de los factores que afectan el peso al nacimiento es el sexo de las crías. Al respecto, se indicó en la literatura que los machos resultan de talla mayor que las hembras; situación semejante se observó en regiones tropicales con animales de raza de pelo (Fabelo *et al.*, 1991).

2.5.2. Influencia de una suplementación alimenticia durante la gestación y el peso de las crías

La nutrición materna influye en el crecimiento del feto y el tamaño del recién nacido, ya sea directamente como resultado de la adecuación en la ingesta de nutrientes y la circulación en el torrente sanguíneo de las concentraciones de sustrato, o indirectamente debido a efectos sobre la capacidad de la placenta para el transporte de nutrientes para el feto.

En ovejas y cabras, la condición corporal de la madre antes de la gestación y la ingesta de energía durante la gestación tardía son importantes para que exista un buen peso de las crías al nacer (Gardner *et al.*, 2007). Por ejemplo, los corderos Columbia provenientes de madres nutridas adecuadamente de parto sencillo tuvieron pesos al nacimiento mayores (5.6 ± 0.22^a) que los de parto sencillo (3.4 ± 0.42^b) y doble (4.2 ± 0.11^b) del grupo con restricción nutricional durante la gestación (Olazábal *et al.*, 2013).

Una severa desnutrición al final de la gestación reduce significativamente el peso al nacer de las crías hasta en 500 g, en comparación con las crías de ovejas bien nutridas. (Robinson *et al.*, 1977). En las cabras Africanas enanas, una suplementación (a base de

harina de yuca, melaza y desechos de cervecería) durante la gestación o durante algunos periodos de la misma incrementó 1.5 kg el peso de los cabritos en comparación con los cabritos de madres no suplementadas, los cuales solo incrementaron 1.0 kg (Osuagwuh, 1992). En las cabras de la Comarca Lagunera que se mantuvieron en pastoreo semi-árido, una suplementación con maíz durante los últimos 12 días de la gestación incrementó el peso al nacer en camadas gemelares (3.1 kg) en comparación con el peso de los cabritos de cabras no suplementadas (2.8 kg; Ramírez-Vera *et al.*, 2012). De igual manera en un estudio realizado en cabras, donde se midieron los diferentes efectos de una desnutrición durante la preñez las crías de las cabras del grupo sometido a una buena alimentación fueron más pesadas que las crías de las cabras sometidas a desnutrición (3.2 vs 2.4 kg).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para que exista una adecuada producción dentro de una explotación pecuaria es necesario que se presente una buena interacción entre la nutrición y la reproducción. En el contexto de ésta última se deberá incluir a la producción de calostro por las madres, al peso de los crías como parte del proceso reproductivo. En efecto, estas variables determinan, en gran parte, la sobrevivencia de las crías, lo que a su vez asegura o no el éxito reproductivo. En la Comarca Lagunera, los caprinos muestran un patrón de reproducción estacional y se utiliza el “efecto macho” durante la época de anestro para llevar a cabo la reproducción de las hembras. Sin embargo, en esta región es frecuente que el momento durante el cual se realiza el efecto macho (marzo-abril) exista escasez en la cantidad y calidad del forraje disponible en las áreas de pastoreo como lo reporta Sáenz-Escárcega *et al.* 1991 (Figura 1). Ello, ha conducido a implementar estrategias de suplementación de las cabras para mantener su condición corporal, y así su tasa ovulatoria en respuesta al macho. Lo anterior ya ha sido comprobado y efectivamente la suplementación alimenticia durante el efecto macho incrementó la tasa ovulatoria (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Sin embargo, aun se desconoce si este incremento en la tasa ovulatoria resulte también en un incremento en la fertilidad y la prolificidad al momento del parto de esas hembras. En cuanto a la etapa de gestación, una suplementación con maíz mejora la producción de calostro, la relación madre-cría y el peso de las mismas al

nacer, cuando los partos ocurren en noviembre. Por lo que una suplementación estratégica en ciertos periodos del ciclo reproductivo puede prevenir bajas tasa de ovulación o de peso al nacimiento de las crías. Sin embargo, los estudios anteriores se han realizado utilizando diferentes grupos de cabras tanto durante el efecto macho como durante la gestación tardía. Entonces, resulta interesante estudiar si los efectos de la suplementación alimenticia descritos anteriormente pudieran observarse sobre los mismos animales.

3.1. OBJETIVOS

Investigar si en cabras mantenidas extensivamente, una suplementación alimenticia por 21 días durante el efecto macho además de incrementar la tasa ovulatoria, incrementa la fertilidad al parto y la prolificidad.

Asimismo, investigar si una suplementación alimenticia con maíz a estas mismas hembras durante los últimos 24 días de gestación incrementa el peso de los cabritos y la producción de calostro.

3.2. HIPÓTESIS

En cabras mantenidas extensivamente una suplementación alimenticia por 21 días, durante de efecto macho, además de incrementar la tasa ovulatoria incrementará la fertilidad al parto y la prolificidad.

En las hembras del estudio 1 una suplementación con maíz durante los últimos 24 días de gestación, incrementará el peso de los cabritos y la producción de calostro.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación y condiciones de pastoreo

El presente estudio se realizó en el Ejido Morelos II en el Municipio de Matamoros, Coahuila, México, en la Región Lagunera (Latitud 25° 36´N, Longitud 104° 47´ W). Esta localidad se encuentra ubicada a una altitud de 1110 m.s.n.m., la precipitación pluvial se presenta de junio a septiembre y es en promedio de 266 mm/año (rango 163 a 540 mm/año). Además, esta región posee un clima seco con una temperatura promedio anual de 21°C variando de 37°C (Mayo-Agosto) a 6°C (Diciembre-Enero; CONAGUA, 2012).

En las áreas de pastoreo, entre otras especies vegetales los animales consumen pastos como buffel (*Cenchrus ciliare*), bermuda (*Cynodon dactylon*), navajita (*Bouteloua spp.*), Johnson (*Sorghum halepense*), así como rebrotres vegetales y frutos de mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Acacia farnesiana*), arbustos y esquilmos de cosecha como sorgo, melón, sandía y algodón. (INIFAP, 2010).

4.2. Experimento 1. Influencia de una suplementación alimenticia durante el efecto macho sobre la tasa ovulatoria, la fertilidad al parto y la prolificidad

4.2.1. Machos

Se utilizaron 4 machos sexualmente activos, tratados con 2.5 meses de días largos (16 horas de luz por día) a partir del primero de noviembre para estimular su actividad sexual en la época de reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002). Los machos fueron alimentados con 2.5 kg de heno de alfalfa (18 % PC) a libre acceso y 300 gr de concentrado comercial (14 % PC 1.7Mcal/kg) con acceso libre a bloques de sales minerales y agua.

4.2.2. Hembras

Se utilizaron 56 cabras anovulatorias multíparas con una edad de 3-4 años y una condición corporal promedio de (1.9 ± 0.1) . Para determinar el estado anovulatorio de las hembras antes del efecto macho, en el mes de marzo se realizó una ecografía para confirmar la presencia o ausencia de cuerpos lúteos. Se utilizó un equipo de ultrasonido Aloka SSD-500 conectado a un transductor rectal de 7,5 MHz.

4.2.3. Tratamientos

Previa identificación con aretes en el mes de marzo, las cabras se distribuyeron en base a su peso y condición corporal en dos tratamientos homogéneos ($n = 28$, cada uno). Un primer grupo de cabras, con una condición corporal de 1.98 ± 0.1 y un peso corporal de 40.6 ± 1.7 kg se

mantuvo solo con la vegetación natural disponible en el pastoreo (Grupo Testigo= GT). El segundo grupo de cabras, con una condición corporal de 1.94 ± 0.1 y un peso corporal de 40.5 ± 1.5 kg además del pastoreo, a cada hembra se le ofreció un suplemento alimenticio (Grupo Suplementado= GS) a base de 260 g de maíz roado 3.2 Mcal/KgMS EM; 8,6% PC), 110 g de pasta de soya (49% PC) y 900 g de heno de alfalfa (18% PC) por animal. Este suplemento se proporcionó en 2 fracciones: por las mañanas antes de salir al pastoreo (50%) y por las tardes después de volver del pastoreo (50%). Las cabras salían al pastoreo diariamente de las 0900 a las 1300 h y posteriormente volvían al pastoreo de las 1600 a las 1900 h. Por las noches, todos los animales se confinaban en los corrales de manejo. La suplementación alimenticia se ofreció a las hembras durante los primeros 21 días que estuvieron en contacto con los machos.

4.2.4. Efecto macho

Los machos y las hembras fueron puestos en contacto el 26 de marzo del 2011 y permanecieron juntos por un lapso de dos semanas. Para ello, se introdujo un macho por cada 14 hembras, esto se facilitó al dividir en 4 corrales mediante tarimas de madera, los corrales de manejo. Diariamente, los machos fueron intercambiados en los 4 corrales.

4.2.5. Variables evaluadas

4.2.5.1. *Porcentaje de cabras que ovulan y tasa ovulatoria en respuesta al efecto macho*

Los porcentajes de hembras que ovularon se determinaron al día 19 después de ponerlas en contacto con los machos, mediante una ultrasonografía transrectal utilizando un equipo Aloka SSD-500 conectado a una sonda lineal de 7,5 MHz (Schrick *et al.*, 1993). El criterio para saber si una hembra había ovulado fue la presencia de cuerpos lúteos en los ovarios de cada hembra al realizarse la ultrasonografía. La tasa ovulatoria se determinó al contabilizar el número de cuerpos lúteos registrados en los ovarios y dividido entre el número de hembras que ovularon.

4.2.5.2. *Diagnóstico de gestación*

La gestación se determinó a los 45 días después del contacto con los machos mediante ultrasonografía transrectal (Schrick *et al.*, 1993). El criterio para decidir si una cabra estaba gestante, fue la visualización, en el monitor del ultrasonido de membranas fetales o el feto al momento del diagnóstico.

4.2.5.3. *Fertilidad al parto*

La fertilidad se determinó, en base al número de hembras gestantes que parieron por grupo.

4.2.5.3. Prolificidad

La prolificidad se determinó al parto con el registro del número de crías nacidas por cada hembra.

4.2.6. Análisis estadísticos

La tasa ovulatoria y la prolificidad fueron comparadas usando una prueba de *U* de Mann–Whitney, mientras que el porcentaje de gestación a los 45 días y la fertilidad fueron comparadas mediante una prueba de Chi cuadrada. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SYSTAT 13 (Inc., Chicago IL USA). Los resultados se expresan en promedio \pm el error estándar de la media (EEM) y en porcentajes.

4.3. Experimento 2. Influencia de una suplementación con maíz durante la gestación tardía sobre el peso de la cría al nacimiento, y la producción de calostro

4.3.1. Hembras y tratamientos experimentales

Con las hembras que resultaron gestantes del experimento 1 (Grupo Testigo vs Grupo Suplementado), se llevó a cabo el segundo trabajo de esta tesis que inició el 6 de Agosto de 2011 y que a continuación se describe. En este segundo experimento se utilizaron 16 cabras gestantes que siguieron manteniéndose sólo con la vegetación disponible en las áreas de pastoreo, y que provenían del grupo que no recibió suplementación alguna (Grupo Testigo: GT). Además, se utilizaron otras 16 cabras que provenían del grupo suplementado del primer experimento. Estas últimas cabras recibieron en promedio durante los

últimos 24 días de gestación, además del pastoreo diario, una suplementación con 0.6 kg de maíz roado (Grupo Suplementado; GS). Dicha suplementación se ofreció en 2 fracciones: antes y después del pastoreo (300 g a las 0700 h y 300 g a las 1700 h). La cantidad de maíz proporcionado a las cabras del GS se calculó de acuerdo a su peso metabólico ($W^{0.75}$), suministrándole 25 g por kg de dicho peso. Además, el maíz proporcionó 3.2 Mcal/KgMS EM y 8,6% PC. En los corrales, ambos grupos de cabras tuvieron libre acceso a sales minerales y agua.

4.3.2. Variables evaluadas en las cabras

4.3.2.1. Producción y composición química del calostro

La producción de calostro fue determinada inmediatamente después del parto (expulsión del producto) mediante la extracción completa del calostro de uno de los medios de la hembra, (mediante ordeña manual). Con el objetivo de coleccionar el calostro residual, a la cabra se le administró 5 UI de oxitocina (Oxilac, Proquivet, Guadalajara, México), por vía intravenosa e inmediatamente se volvió a ordeñar, y se registró el peso total de calostro obtenido en las 2 ordeñas. Además, se tomó una muestra de 20 ml de calostro que se mantuvo en hielo y posteriormente se transportó al laboratorio para el análisis de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, y el porcentaje de sólidos totales. Al inicio del periodo de colección del calostro, cada cría se amantó de un medio de la madre y una vez que finalizó el periodo de colección de calostro, se permitió el libre acceso a las crías a los dos medios de la ubre de su madre.

4.3.2.2. Producción y composición química de la leche

La producción de leche se midió en un periodo de 24 h, a los 5, 10, 15 y 20 días post-parto, mediante la técnica del peso de la cría antes y después de amamantarse (Ricordeau *et al.*, 1960). El día antes de iniciar la medición, las hembras fueron ordeñadas completamente a mano, a las 1900 h. Al día siguiente (aproximadamente a las 0700 h), las crías fueron pesadas antes de amamantarse (las crías fueron separadas de la madre durante la noche) y posteriormente se amamantaron por un tiempo de 5 minutos y fueron pesadas nuevamente. Posteriormente, a cada hembra se le suministró en la vena yugular 2 UI de oxitocina exógena (Oxilac, Proquivet, Guadalajara, México) y se procedió a ordeñar manualmente para extraer la leche residual. El peso de la leche residual se añadió a la correspondiente diferencia en las mediciones del peso corporal de las crías, obteniéndose así la producción en las primeras 12 h. Posteriormente el procedimiento se repitió a las 1900 h y de esta manera se obtuvo la producción de en 24 h. Cada vez que se evaluó la producción de leche se le tomó una muestra de 20 ml de la misma para determinar el contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, y el porcentaje de sólidos totales. Para lo anterior se utilizó un Milkoscan 6000 (Foss Electric, Hillerød, Denmark).

4.3.2.3. Peso y condición corporal

El peso y condición corporal fueron registrados cada 10 días durante los últimos 30 días de gestación al parto y 30 días después del parto. Para determinar el peso se utilizó una báscula electrónica con una

capacidad de 250 kg y una precisión de 50 g. La condición corporal (CC) se determinó utilizando el método descrito anteriormente para esta especie por Walkden-Brown *et al.*, (1997) que considera un punto de escala de 1 (muy delgada) a 4 (muy gorda).

4.3.3. Variables evaluadas en las crías

4.3.3.1. *Peso al nacimiento*

El peso de las crías al nacer fue registrado inmediatamente después de que la madre terminó de limpiarla, ello con el fin de no perturbar el establecimiento del vínculo madre-cría. Además del peso corporal de las crías, se registró el sexo y cada cría fue identificada con un arete. Para el peso de las crías, se utilizó una báscula con una capacidad de 40 kg y una precisión de 5 g.

4.3.3.2. *Concentraciones de glucosa en sangre al nacimiento*

La concentración de glucosa en sangre de las crías antes de que se amamantara por primera vez se determinó con la utilización de un glucómetro de la marca Accu-Chek Performa System y tiras reactivas (Roche, México). En cada ocasión, se tomó a la cría de la parte del cuarto delantero y con una aguja de calibre 21 se punzó la yugular. Inmediatamente que fluyó la primer gota de sangre se tomó y se puso en los electrodos del glucómetro. Finalmente, se procedió a tomar la lectura correspondiente.

4.3.4. Análisis estadísticos

Los datos de producción de calostro y de las madres, el peso de los cabritos al nacimiento y sus niveles de glucosa en sangre se analizaron entre grupos mediante una prueba de t de student para 2 grupos independientes. La producción de leche de las hembras en los diferentes periodos fue analizada entre grupos utilizando un análisis de varianza para medidas repetidas (MANOVA). Este mismo procedimiento se utilizó para analizar el peso y CC de las madres.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Experimento 1 Influencia de una suplementación alimenticia durante el efecto macho sobre la tasa ovulatoria, la fertilidad al parto y la prolificidad

5.1.1. Porcentaje de cabras que ovularon y tasa ovulatoria en respuesta al efecto macho

El porcentaje total de cabras que tuvieron al menos una ovulación hasta el día 19 después de ponerlas en contacto con los machos no difirió entre el grupo testigo y el grupo suplementado (Tabla 1; $P= 0.389$). En cambio, como se observa en la Tabla 1, la tasa ovulatoria registrada en el grupo testigo fue menor que la registrada en el grupo suplementado ($P= 0.006$). Asimismo, el porcentaje de cabras que mostraron más de un cuerpo lúteo en respuesta al macho fue mayor en el grupo suplementado que en el grupo testigo ($P= 0.01$).

5.1.2. Porcentaje de fertilidad a los 45 días después de la introducción de los machos, fertilidad al parto y prolificidad.

Como se observa en la Tabla 1, ni la fertilidad a los 45 días después de haber puesto en contacto a las hembras con los machos, ni la prolificidad al momento del parto difirió entre las cabras testigo y aquellas suplementadas durante el efecto macho ($P= 0.931$ y 0.478 , respectivamente). De igual manera no existió diferencia estadística entre ambos tratamientos respecto a la fertilidad al parto ($P= 0.931$)

TABLA 1. Efectos de proporcionar una suplementación alimenticia (GS n=28) o no (GT n= 28) durante 21 días en cabras mantenidas en pastoreo sedentario sometidas a efecto macho sobre algunos parámetros reproductivos.

GRUPO¹	PORCENTAJE DE CABRAS QUE OVULARON	TASA OVULATORIA	PROPORCIÓN DE CABRAS QUE TUVIERON MAS DE UN CUERPO LÚTEO	FERTILIDAD A LOS 45 DIAS DESPUES DEL EFECTO MACHO	FERTILIDAD AL PARTO	PROLIFICIDAD
GT	85.7% (24/28)	1.67	53.5% (15/28)	85.7% (24/28)	71.4% (20/28)	1.65
GS	96.4% (27/28)	2.04	85.7% (24/28)	78.6% (22/28)	75.0% (21/28)	1.52
<i>P</i>	0.389	0.006	0.01	0.347	0.931	0.478

¹ En el GT las hembras fueron mantenidas durante toda la gestación sólo con la vegetación disponible en las áreas de pastoreo. En el GS, las cabras además del pastoreo sedentario cada hembra recibió un suplemento que consistió en: 260 g de maíz roado (8.6% PC), 110 g de soya (49% PC) y 900 g de alfalfa (18% PC). Todas las cabras salían a pastar a las 0900 y a las 1800. *P* = Valor de la probabilidad de la comparación entre grupos.

5.2. Experimento 2. Influencia de una suplementación con maíz durante la gestación tardía sobre el peso de la cría al nacimiento, y la producción de calostro

En el GT, 6 cabras tuvieron parto simple, 9 cabras tuvieron parto gemelar y una hembra presentó parto triple. En el GS, se registraron 7 partos simples, 9 gemelares y ninguna presentó parto triple. Los partos iniciaron el 23 de agosto de 2011 y finalizaron el 06 de septiembre de 2011; por lo que la fecha promedio de parto fue el 31 de agosto de 2011.

5.2.1. Variables medidas en las cabras

5.2.1.1. Producción y composición química del calostro

Como se muestra en la Figura 2, la producción de calostro al parto no fue diferente entre las cabras del grupo testigo y las del grupo suplementado ($P= 0.151$). De igual forma, los contenidos de grasa, proteína y lactosa en el calostro de las hembras no difirió entre grupos ($P\geq 0.58$).

5.2.1.2. Producción y composición química de la leche

La producción de leche de las cabras de ambos grupos durante los diferentes periodos de la lactancia se muestra en la Figura 3. En ella, se observa claramente que no existieron diferencias en la producción láctea obtenida en las hembras del GT y GS, en ningún periodo ($P= 0.86$). De igual manera, los diferentes componentes de la leche no difirieron entre ambos tratamientos (Tabla 2; $P\geq 0.101$). Únicamente, se observa que algunos componentes de la leche producida por las cabras de ambos grupos mostraron variaciones a través de los primeros 20 días de lactancia ($P\leq 0.02$).

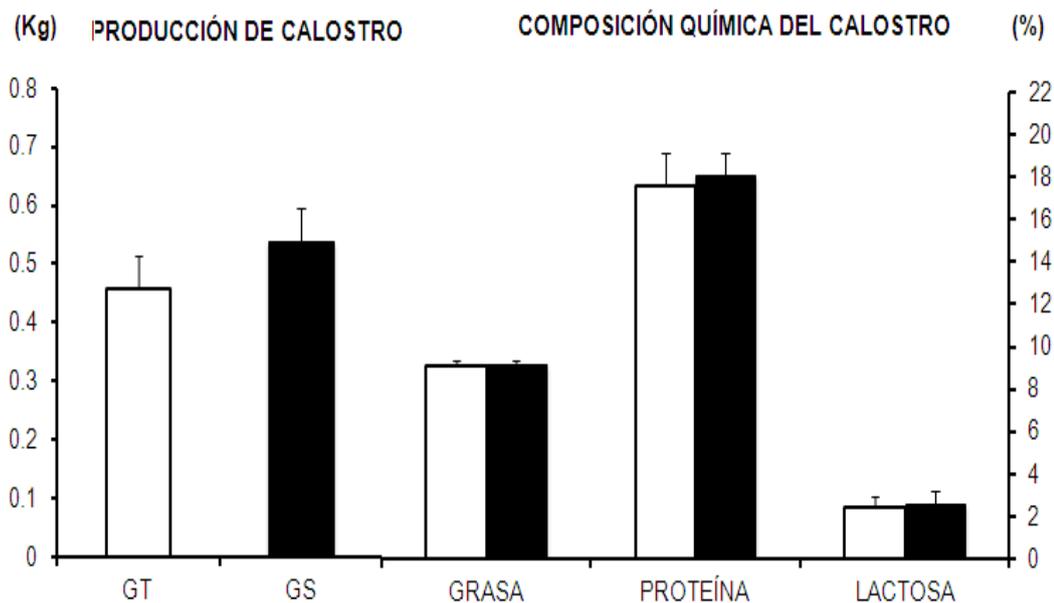


FIGURA 2. Producción promedio (\pm EEM) de la cantidad de calostro producido al parto y de sus componentes en las cabras que se alimentaron durante toda la gestación con sólo el pastoreo sedentario (GT n =16) y de las cabras que además del pastoreo recibieron una suplementación diaria a base de maíz rolado (0.6 Kg/cabra) durante los últimos 24 días antes de la fecha de parto (GS n = 18). No existieron diferencias entre grupos en ninguna de esas variables ($P= 0.151$ y $P\geq 0.58$).

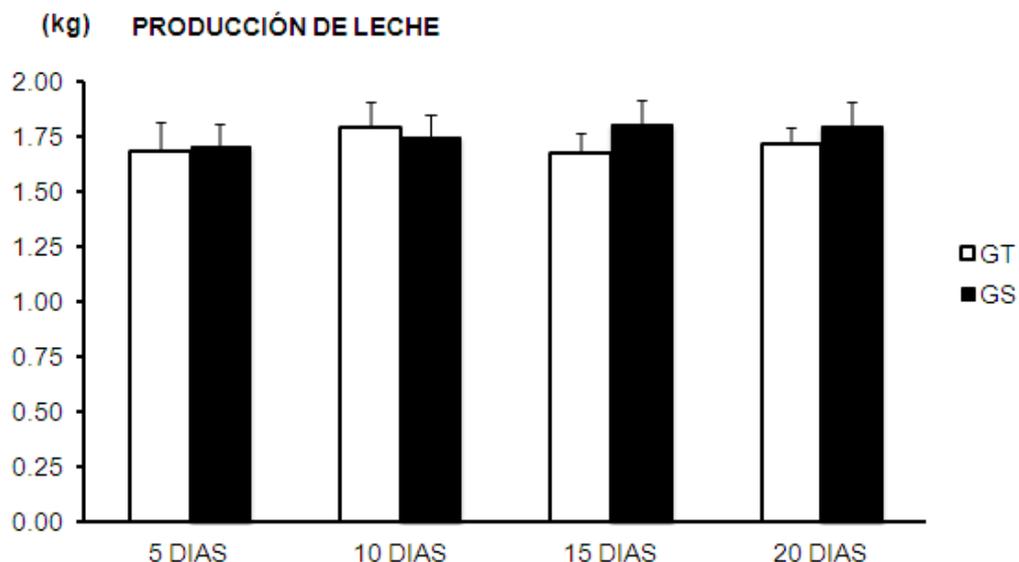


FIGURA 3. Producción promedio (\pm EEM) de la cantidad de leche a los 5, 10, 15 y 20 días después del parto en cabras que se alimentaron durante toda la gestación con sólo el pastoreo sedentario (n =16) y de las cabras que además del pastoreo recibieron una suplementación diaria a base de maíz rolado (0.6 Kg/cabra) durante los últimos 24 días antes de la fecha de parto (n = 18). No existieron diferencias entre grupos en ningún periodo ($P= 0.860$).

TABLA 2. Composición química promedio (\pm EEM) de la leche en diferentes días después del parto en cabras mantenidas bajo pastoreo sedentario sin (GT n=16) o con un suplemento de 0.6 Kg de maíz rolado por cabra/día (GS n=16) durante los últimos 24 días de gestación (n= 18)

%	Días después del parto	Grupo Testigo (GT)	Grupo Suplementado (GS)	P^1
Grasa	5	5.95 \pm 0.60 ^a	5.74 \pm 0.59 ^a	0.504
	10	5.01 \pm 0.82 ^{ab}	5.07 \pm 0.69 ^a	0.101
	15	3.55 \pm 0.39 ^b	4.58 \pm 0.75 ^a	0.703
	20	4.02 \pm 0.25 ^{ab}	4.13 \pm 0.38 ^a	0.300
Proteína	5	4.49 \pm 0.33 ^a	4.77 \pm 0.20 ^a	0.785
	10	3.88 \pm 0.23 ^b	3.55 \pm 0.14 ^b	0.256
	15	3.39 \pm 0.14 ^c	3.60 \pm 0.18 ^b	0.872
	20	3.15 \pm 0.08 ^c	3.47 \pm 0.08 ^b	0.809
Lactosa	5	4.21 \pm 0.23 ^a	4.42 \pm 0.21 ^a	0.492
	10	4.44 \pm 0.13 ^a	4.57 \pm 0.08 ^a	0.906
	15	4.49 \pm 0.09 ^a	4.46 \pm 0.07 ^a	0.301
	20	4.38 \pm 0.12 ^a	4.43 \pm 0.10 ^a	0.897

P^1 = probabilidad de la comparación entre grupos.

^{a,b,c} = En cada componente, dentro de la misma columna, letras diferentes indican diferencias en los diferentes días postparto ($P \leq 0.02$).

5.2.1.3. Peso y condición corporal

El peso y la condición corporal de las madres antes, durante y después del parto se muestran en las siguientes Figuras 4 y 5, respectivamente. En ellas se puede observar que en ambas variables no hubo diferencia estadística entre las hembras del GT y del GS ($P= 0.70$ y $P= 0.80$ respectivamente). De manera general, se observó que el peso corporal de las cabras de ambos grupos mostró variaciones durante el tiempo de la gestación, al parto y durante el postparto. De igual manera, como se observa en la Fig. 4, la CC registrada en las cabras de ambos grupos mostró variaciones a través del tiempo de estudio.

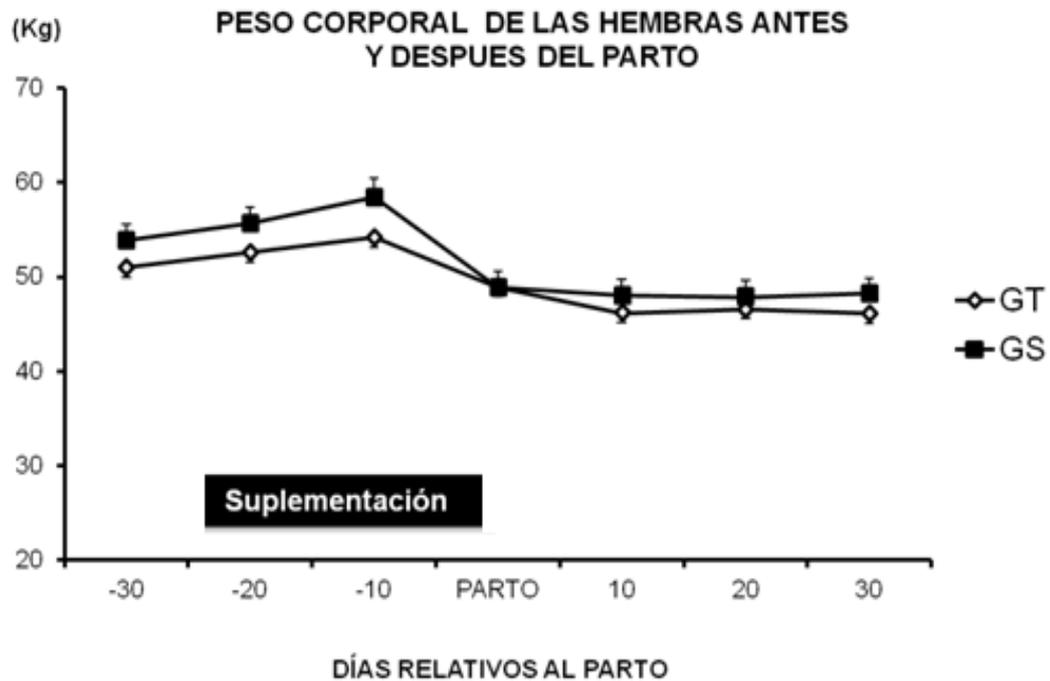


FIGURA 4. Cambios promedio de peso (\pm EEM) antes, al parto y después del parto en cabras mantenidas bajo pastoreo sedentario (GT n=16) y de las cabras que además del pastoreo recibieron una suplementación de 0.6 Kg de maíz roado por cabra/día durante los últimos 24 días de gestación ($P= 0.70$).

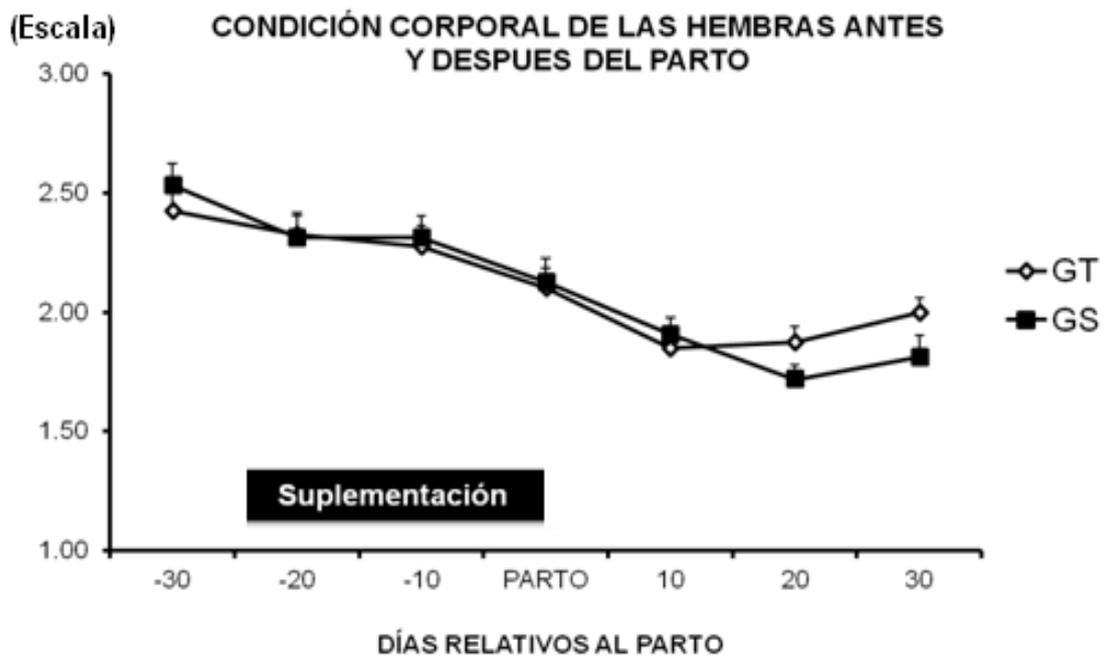


FIGURA 5. Condición corporal promedio (\pm EEM) antes, al parto y después del parto en cabras mantenidas bajo pastoreo sedentario (GT n=16) y de las cabras que además del pastoreo recibieron una suplementación de 0.6 Kg de maíz roado por cabra/día durante los últimos 24 días de gestación ($P= 0.80$).

5.2.2. Variables medidas en las crías

5.2.2.1. Peso al nacimiento

El peso de las crías al momento del nacimiento se observa en la Fig. 6. En ella, es posible notar que el peso fue mayor en los cabritos provenientes de las madres suplementadas, que el registrado en los cabritos de madres testigo ($P= 0.04$).

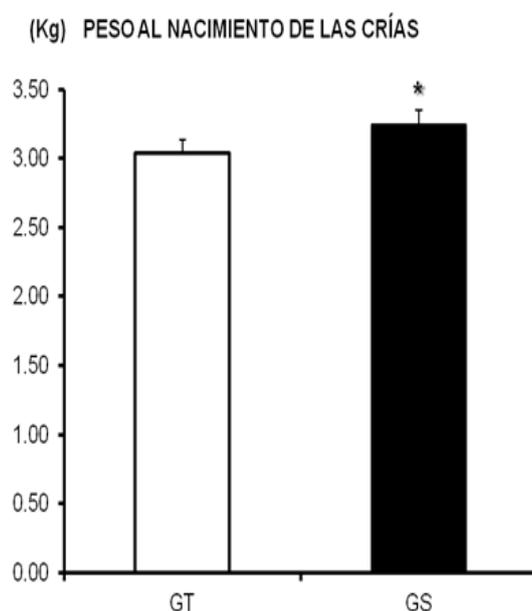


Figura 6. .Peso promedio (\pm EEM) de las crías, al nacimiento. Las madres de las crías del GT ($n=27$) sólo se alimentaron durante toda la gestación del pastoreo sedentario; en cambio, las madres de las crías del GS ($n=26$) además del pastoreo cada cabra recibió diariamente 0.6 Kg de maíz roado durante los últimos 24 días de gestación. * indica diferencia entre grupos ($P=0.04$).

.5.2.2.2. Concentración de glucosa en sangre de las crías al nacimiento

La concentración de glucosa en la sangre de los cabritos, de los dos grupos, antes del primer amamantamiento es mostrada en la Fig. 7. El igual que el peso, esta variable fue mayor en los cabritos del GS que en los cabritos del GT ($P= 0.03$).

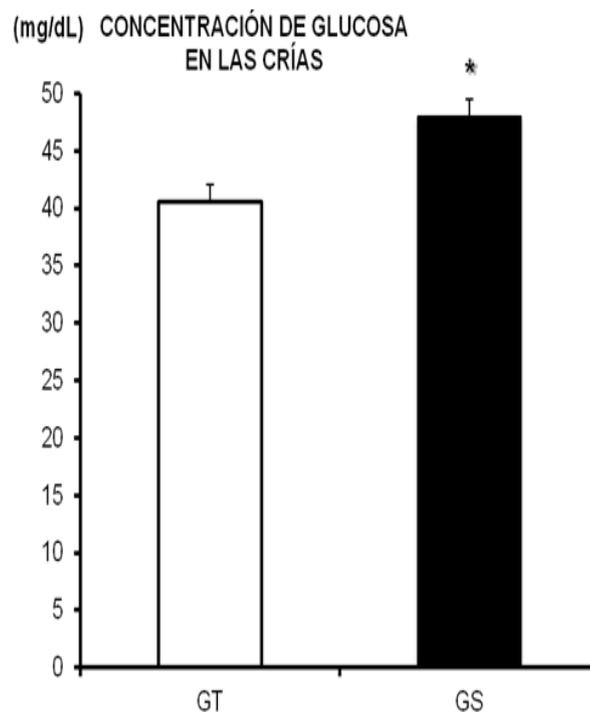


Figura 7. Concentración promedio (\pm EEM) de glucosa en sangre completa de las crías al momento del nacimiento. Las madres de las crías del GT ($n=27$) sólo se alimentaron durante toda la gestación del pastoreo sedentario; en cambio, las madres de las crías del GS ($n=26$) además del pastoreo cada cabra recibió diariamente 0.6 Kg de maíz rolado durante los últimos 24 días de gestación. * indica diferencia entre grupos ($P=0.03$).

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los presentes experimentos muestran que la suplementación alimenticia ofrecida a cabras del mismo genotipo durante el efecto macho y posteriormente a las mismas durante la gestación tardía tiene repercusiones importantes sobre aspectos reproductivos y productivos. En efecto, este tratamiento nutricional mejoró en parte la respuesta reproductiva al efecto macho, reflejado por el incremento observado en la tasa ovulatoria, y además sobre el peso al nacimiento de las crías al igual que la concentración de glucosa de las crías al nacimiento. Sin embargo, los presentes resultados no apoyan la hipótesis de que la suplementación alimenticia durante el efecto macho incrementa la fertilidad de las madres al parto y su prolificidad.

6.1 Experimento 1. Influencia de una suplementación alimenticia durante el efecto macho sobre la tasa ovulatoria, la fertilidad al parto y la prolificidad

En el presente trabajo, la suplementación alimenticia no incrementó el porcentaje de cabras que ovularon hasta el día 19 después de introducir los machos. Este resultado coincide en parte con los reportados anteriormente en cabras del mismo genotipo por Fitz-Rodríguez *et al.*, (2009) quienes no encontraron diferencia al día 14 post-introducción de los machos en el porcentaje de cabras que ovulan al ser (96%) o no

(89%) suplementadas nutricionalmente durante los primeros 7 días de exposición al macho. En otro estudio se encontró un incremento en el número de hembras que ovulan al día 5 post-introducción de los machos, al proporcionar una suplementación durante 7 días antes del efecto macho, comparado con las no suplementadas (88% vs 64%; De Santiago Miramontes *et al.*, 2008); desafortunadamente, en nuestro trabajo no se realizó ultrasonido al día 5 después del contacto con los machos para comprobar tal incremento.

En el presente trabajo, la tasa ovulatoria fue mayor en las hembras suplementadas, que en las que no recibieron suplementación durante el efecto macho. Lo anterior concuerda con lo reportado por Fitz-Rodríguez *et al.*, (2009) en las cabras de este mismo genotipo cuando ellas recibieron una suplementación durante los primeros 7 días de contacto con los machos tuvieron mayor tasa ovulatoria (2.0) que las no suplementadas (1.6). Además, los resultados del presente trabajo son consistentes con trabajos previos en los que se observó que las hembras con baja condición corporal, debido a una subnutrición inducida tuvieron también una baja tasa ovulatoria (1.6) durante 10 meses de estudio, que las hembras en buena condición corporal (1.9; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2009). Este efecto benéfico de la suplementación alimenticia sobre la tasa ovulatoria está bien comprobada en la especie ovina (Rhin *et al.*, 1989; Molle *et al.*, 1995; Nottle *et al.*, 1997).

En el presente estudio el incremento en la tasa ovulatoria ocasionado por la suplementación alimenticia se debió muy posiblemente como ha sido sugerido en la oveja, la suplementación alimenticia

promueve el crecimiento en un mayor número de folículos ovulatorios y disminuye la atresia folicular (Muños-Gutiérrez *et al.*, 2002; Viñoles *et al.*, 2005). En el presente estudio, en los animales suplementados la mayor tasa ovulatoria se mantuvo hasta el día 19, lo cual difiere de lo reportado por De Santiago-Miramontes *et al.*, (2008) quienes no encontraron diferencia en la tasa ovulatoria de la segunda ovulación entre cabras suplementadas y no suplementadas. La diferencia se explica muy probablemente a que en el presente trabajo la suplementación alimenticia se mantuvo hasta el día 21 post-introducción, mientras que en el trabajo de De Santiago Miramontes sólo se suplementó durante 7 días antes del efecto macho (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008).

Respecto a la fertilidad a los 45 días post-introducción de los machos y la registrada al parto en el presente trabajo, estadísticamente no existieron diferencias entre grupos, muy probablemente a pérdidas embrionarias y abortos en GS, posiblemente asociado al cambio de dieta e inclusive debido a que debió prolongarse la suplementación en diferentes etapas de la gestación temprana, para asegurar la sobrevivencia del embrión.

En el presente estudio, la ausencia de diferencia estadística en la prolificidad al parto entre grupos no es congruente con la mayor tasa ovulatoria registrada durante el efecto macho en las cabras suplementadas. Es decir, las cabras que presentaron mayor tasa ovulatoria (suplementadas) también deberían haber tenido un mayor número de crías al parto; sin embargo, lo anterior no ocurrió. La razón precisa por la cual no existió diferencia en la prolificidad entre grupos es

difícil de explicar. Sin embargo, es probable que esta falta de diferencia estadística pueda ser debida a problemas de pérdidas embrionarias debido a un estrés nutricional en las hembras del grupo suplementado, ya que entre el final del empadre y hasta 24 días antes del parto estuvieron nuevamente alimentadas sólo con pastoreo. En efecto, la suplementación fue suspendida al día 22 después del contacto con los machos, y a partir de ahí las hembras sufrieron, un estrés al cambiar de dieta debido a volverlas a alimentar sólo con lo disponible en el pastoreo. Robinson *et al.*, (2005) indicaron que a diferencia de los monogástricos, en los rumiantes, cambios abruptos en la composición de la dieta o fluctuaciones rápidas en el nivel de alimentación o el patrón de consumo, pueden interrumpir la función ruminal y la homeostasis metabólica perjudicando la sobrevivencia embrionaria. Por lo cual, se sugiere estudiar la fertilidad durante varios estados de la gestación y al parto en un grupo de cabras que sigan bajo un buen mantenimiento nutricional después del efecto macho. Este diseño podrá explicar en parte si el cambio de dieta afecta la prolificidad.

6.2. Experimento 2. Influencia de una suplementación con maíz durante la gestación tardía sobre el peso de la cría al nacimiento, y la producción de calostro

En el presente trabajo, la suplementación con maíz durante la gestación tardía tuvo sólo un incremento numérico en la producción de calostro (GT= 0.458 vs GS= 0.540 kg) el cual no alcanzó diferencia estadística con referencia a las cabras testigo. Además, los componentes del calostro no difirieron entre el producido por las hembras

suplementadas y las testigo, esto se debió muy posiblemente a que al momento de los partos (Agosto-Septiembre) la disponibilidad en cantidad y calidad de la vegetación en las áreas de pastoreo era buena. Estos resultados son diferentes a los reportados previamente por Ramírez-Vera *et al.*, (2012) en cabras del mismo genotipo pero cuyos partos se presentaron hasta finales de octubre. Estos autores demostraron que con sólo proporcionar a cada hembra 0.6 kg de maíz/día durante los últimos 12 días de la gestación, incrementó, al doble, la cantidad de calostro disponible al parto, comparado con las hembras que no recibieron tal suplementación, esta diferencia con respecto a los resultados de esta tesis es debida muy probablemente a que en el estudio anterior la suplementación se realizó, a finales del mes de octubre, donde la disponibilidad en cantidad y calidad de la vegetación en las áreas de pastoreo en la Región va disminuyendo; por lo cual se asume que la suplementación con maíz, tuvo efecto positivo sobre el incremento en la producción de calostro. Además, los resultados de la presente tesis en cuanto a la producción de calostro coinciden con el hecho de que manteniendo las ovejas gestantes bajo una desnutrición, estas producen menor cantidad de calostro al parto que aquellas que son nutridas adecuadamente (Mellor y Murray 1985). Mientras que respecto a la composición química en el estudio de Ramírez-Vera *et al.* (2012) se encontró que el porcentaje de proteína y lactosa fue mayor cuando se obtuvieron muestras de calostro de las 3 a las 10 h postparto.

El hecho de que no existiera diferencias en la producción de calostro entre las cabras testigo y las suplementadas pudo deberse a que

el final de la gestación (agosto-septiembre de 2011) coincidió con la estación del año en que existe una elevada disponibilidad de alimento en las áreas de pastoreo (principalmente mezquites y huizaches; Granados, 1996; Ruíz-Tavares 2011) y residuos de cosecha (Melón, Sandía y rastrojos de Sorgo; SAGARPA, 2007). Esta alta disponibilidad de esos recursos forrajeros y esquilmos posiblemente cubrió en parte los requerimientos de las cabras gestantes para mantenerlas en buen estado corporal. En efecto, aunque en la presente no se midieron los rechazos al maíz, se observó que en algunas ocasiones los animales rechazaron el suplemento. Lo anterior ocurrió muy probablemente a que las cabras saciaban sus necesidades nutricionales con el pastoreo. Además, este argumento anterior está apoyado con la ausencia de diferencia estadística en condición y peso corporal entre grupos registrada sobre todo al momento del parto.

La suplementación de las madres con maíz durante los últimos 24 días de gestación incrementó el peso de sus crías al nacer y sus concentraciones de glucosa. Lo anterior coincide con lo reportado anteriormente en cabras del mismo genotipo y en corderos cuyas madres fueron suplementadas con maíz durante los 12 y 8 días antes del parto, respectivamente (Banchemo *et al.*, 2004; Ramírez-Vera *et al.*, 2012). Estos resultados coinciden con el hecho de que durante el último tercio de la gestación ocurre del 70 al 80% del crecimiento fetal (Sormunen-Cristian *et al.*, 2001; Bell *et al.*, 2003; Laporte-Brioux *et al.*, 2011) entonces posiblemente en nuestro trabajo el maíz ofrecido cubrió, en parte, este requerimiento nutricional. En la presente tesis, la mayor concentración de

glucosa registrada al nacimiento en los cabritos de madres suplementadas concuerda con los resultados recientes en corderos cuyas madres recibieron una suplementación con maíz (Banchemo *et al.*, 2004). Asimismo, la baja concentración de glucosa de las crías de madres que sólo se mantuvieron con el pastoreo, concuerda con los reportados en cabritos o corderos cuyas madres tuvieron una restricción alimenticia durante el último tercio de la gestación (Laporte-Brioux *et al.*, 2011; Gao *et al.*, 2013). De este modo, de estudios previos, se conoce que el mayor peso de las crías al nacimiento está correlacionado positivamente con una mayor concentración de glucosa de las madres en la preñez tardía (Barry y Manley, 1985; Landau, 1994). Lo anterior está además apoyado con el hecho de que las madres que son suplementadas con maíz al final de la gestación muestran una mayor concentración de glucosa días antes del parto y al momento mismo del parto que las madres no suplementadas (Ramírez-Vera *et al.*, 2012). Al respecto, la síntesis y utilización de la glucosa se incrementan marcadamente en animales gestantes bien nutridas (Chaiyabutr *et al.*, 1982) comparado con animales no gestantes o gestantes pero con deficiencias energéticas debido a una dieta deficiente en nutrientes (Bas *et al.*, 1994). Por último, un componente que se relaciona con la sobrevivencia de la cría es la disponibilidad inmediata de una cantidad adecuada de calostro la cual también está relacionada positivamente con las concentraciones de glucosa (Barry y Manley, 1985).

La suplementación con maíz al final de la gestación no influyó sobre la producción láctea en los primeros 20 días postparto. Este resultado confirma el obtenido por Escobar-López (2009), en cabras del

mismo genotipo que fueron mantenidas extensivamente y que recibieron la suplementación con maíz pero sólo durante los últimos 12 días de gestación. Por lo que pudiera pensarse que de manera general el aporte nutritivo proporcionado por la suplementación con maíz en etapas tardías de la gestación en cabras mantenidas extensivamente, se dirige más a la producción de calostro y a un mayor peso y vitalidad de la cría pero no a la posterior producción láctea. Los componentes de la leche tampoco se modificaron debido a la suplementación con maíz ya que el mantenimiento de la lactancia implica un gasto energético fuerte que requiere una buena alimentación. Lo anterior concuerda con resultados obtenidos por Flores (2011), quién encontró que la suplementación alimenticia en cabras mantenidas en extensivo no afectó los componentes de la leche durante los primeros 80 días de lactancia. Este autor observó que la suplementación alimenticia incrementó el contenido de grasa y lactosa a partir de los 90 días de lactancia. Lo anterior, posiblemente debido a una diferencia en el nivel de producción de leche entre grupos.

En el presente trabajo, el peso y la condición corporal de las hembras en ambos experimentos no difirieron entre grupos. Respecto al efecto de suplementación durante la gestación se pudo observar que aunque este peso tiende a ser mayor en el grupo suplementado, ello no alcanzó significancia estadística. Lo anterior es diferente a lo previamente reportado por Ramírez- Vera *et al.*, (2012) quienes demostraron que la suplementación con maíz durante los últimos 12 días de gestación mantuvo un adecuado peso corporal y evitó una caída abrupta en la condición corporal de las madres al momento del parto. Como se

mencionó anteriormente, la diferencia entre los resultados de estos estudios, se debió muy probablemente a la época en que fueron suplementados los animales en cada estudio.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

En base a los resultados obtenidos de ambos experimentos se concluye que la suplementación alimenticia es una alternativa para proporcionar los nutrientes en períodos críticos, como lo son el momento del empadre (efecto macho) y durante la gestación tardía, a cabras mantenidas en pastoreo extensivo.

Sin embargo, los presentes resultados no apoyan la hipótesis de que la suplementación alimenticia durante el efecto macho incrementa la fertilidad al parto y su prolificidad de las hembras.

La suplementación alimenticia durante el efecto macho mejoró la tasa ovulatoria, aunque al parto no existió diferencias en el número de crías obtenidas entre cabras testigo y suplementadas. Lo anterior se debió probablemente a que el periodo de suplementación no fue suficiente, aunando a que pudieron existir pérdidas embrionarias debido a un estrés por el cambio de dieta. Por lo anterior, se sugiere que se estudie el mismo tratamiento nutricional pero extendiendo el periodo de suplementación o en distintas ventanas durante el efecto macho, comparado con animales no suplementados.

Con respecto a la adición del maíz durante la gestación tardía en cabras bajo pastoreo semi-árido, se concluye que dicha suplementación no incrementó la cantidad de calostro al parto ni modificó su composición.

Asimismo, la adición de maíz en la gestación tardía no afectó la producción de leche ni su composición de calostro. Sin embargo, la suplementación con maíz resultó en crías más pesadas y con mejor estado metabólico, al presentar mayores concentraciones de glucosa en sangre al nacer. En el presente trabajo, se puede concluir que en esta época de nacimientos la suplementación energética con maíz a cabras mantenidas en pastoreo extensivo, los nutrientes se dirigen más al desarrollo del feto, pero no a la posterior síntesis de calostro o leche. Por ello, se sugiere que se estudie el periodo de suplementación a hembras durante la gestación tardía se lleve a cabo en época de baja disponibilidad de vegetación en las áreas de pastoreo. Asimismo, se sugiere estudiar en cabras en pastoreo si ofreciendo la suplementación en el periodo de mayor crecimiento placentario pudiera obtenerse un mayor peso de las crías.

CAPÍTULO VIII

LITERATURA CITADA

- Abecia, J.A., Lozano, J.M., Forcada, F., Zarazaga, L. 1997. Effect of the level of dietary energy and protein on embryo survival and progesterone production on day eight of pregnancy in Rasa Aragonesa ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 48: 209-218.
- Abecia, J.A., Sosa, C., Forcada, F., Meikle, A. 2006. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 367–378.
- Allen, D.M., Lamming, G.E. 1961. Nutrition and reproduction in the ewe. *J. Agric. Sci. Camb.* 56: 69-79.
- Allen, W.R. 1978. Maternal recognition of pregnancy and immunological implications of trophoblast–endometrium interactions in equids. *Ciba Found. Symp.* 64: 323–352.
- Almeida, M.A., Schwalbach, L.M.J., Cardoso, L.A., Greyling J.P.C. 2007. Scrotal, testicular and semen characteristics of young Boer bucks fed winter veld hay: The effect of nutritional supplementation. *Small Rumin. Res.* 73: 216–220.
- Annett, R.W., Carso, A.F., Dawson, L.E.R. 2005. The effect of digestible undegradable protein (DUP) content of concentrates on colostrum production and lamb performance of triplet-bearing ewes on grass-based diets during late pregnancy. *Anim. Sci.* 80:101-110.
- Arias, M., Alonso, A. 2002. Estudio sobre sistemas de producción caprina en el norte de la Provincia de Córdoba. Argentina. *Arch. Zootec.* 511: 341-349.
- Banchemo, G. E., Quintans, G., Martin, G. B., Lindsay, D. R., Milton, J. T. B. 2004. Nutrition and colostrum production in a sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reprod. Fert. Dev.* 16: 633-643.
- Banchemo, G.E., Pérez-Clariget, R., Bencini R., Lindsay D.R., Milton, J.T.B., Martin G.B. 2006. Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reprod. Nutr. Develop.* 46: 447-460.
- Banchemo, G.E., Perez-Clariget, R.C., Bencini, R., Lindsay, D.R., Milton J.T.B., Martin, G.B. 2006. Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 447-460.
- Banchemo, G.E., Quintans G. 2003. Como aumentar la tasa ovulatoria/mellicera en ovejas Corriedale. *Actividades de Difusión.* 332: 53-57.

- Banchero, G.E., Quintans, G., Lindsay, D.R., Milton, J.T.B. 2009. A prepartum lift in ewe nutrition from a high-energy lick or maize or by grazing *Lotus uliginosus* pasture, increases colostrum production and lamb survival. *Animal*. 3: 1183-1188.
- Banchero, G.E., Quintans, G., Milton, J.T.B., Lindsay, D.R. 2002. Supplementation of Corriedale ewes with maize during the last week of pregnancy increases production of colostrum. *Anim. Prod. Aust.* 24: 273-277.
- Banchero, G.E., Quintans, G., Vazquez, A., Gigena, F., La Manna A., Lindsay D. R., Milton J.T.B. 2007. Effect of supplementation of ewes with barley or maize during the last week of pregnancy on colostrum production. *Animal*. 1: 625-630.
- Barry, T.N., Manley, T.R. 1985. Glucose and protein metabolism during late pregnancy in triplet-bearing ewes given fresh forages ad Lib. *Brit. J. Nutr.* 54: 521-533.
- Bell, A.W., Battaglia, F.C., Meschia, G. 1987. Relation between metabolic rate and body size in the ovine fetus. *J. Nutr.* 117: 1181-1186.
- Bell, A.W., Kennaugh, J.M., Battaglia, F.C., Meschia, G. 1989. Uptake of amino acids and ammonia at mid-gestation by the foetal lamb. *Q. J. Exp. Physiol.* 74: 635-643.
- Bell, A.W., Kennaugh, J.M., Battaglia, F.C., Makowski, E.L., Meschia G. 1986. Metabolic and circulatory studies of the fetal lamb at mid-gestation. *Am. J. Physiol.* 74: 635-643.
- Bell, A.W., Richard, A. 2002. Regulation of placental nutrient transport and implications for fetal growth. *Nutr. Res. Rev.* 15: 211-230.
- Bermúdez, E.J. 1989. Alternativas de mejoramiento de uso de esquilmos agrícolas para la alimentación de ovinos. *Memorias 2º Congreso Nacional de Producción Ovina*. SLP, Mexico. pp 145-154.
- Blache, D., Zhang, S., Martin, G.B. 2006. Dynamic and integrative aspects of the regulation of reproduction by metabolic status in male sheep. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 379-390.
- Bocquier, F., Kann, G., Thériez, M. 1990. Relationships between secretory patterns of growth hormone, prolactin and body reserves and milk yield in dairy ewes under different photoperiod and feeding conditions. *Anim. Prod.* 51: 115-125.
- Chaiyabutr, N., Faulkner, A., Peaker, M. 1982. Glucose metabolism in vivo in fed and 48 h starved goats during pregnancy and lactation. *Br. J. Nutr.* 47: 87-92.
- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, J.A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.* 8: 299-312.
- Chilliard, Y., Bocquier, F., Doreau, M., 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 38: 131-152.
- Clarke, L., Heasman, L., Juniper, D.T., Symonds, M.E., 1998. Maternal nutrition in early-mid gestation and placental size in sheep. *Br. J. Nutr.* 79: 359-364.

- Dahl, G.E., B.A. Buchanan, H.A. Tucker. 2000. Photoperiodic effects on dairy cattle: a review. *J. Dairy Sci.* 83: 885-893.
- Dawson Ler Carson, A.F., Kilpatrick, D.J. 1999. The effect of the digestible undegradable protein of concentrates and protein source offered to ewes in late pregnancy on colostrum production and lamb performance. *Anim. Feed Sci. Tech.* 82: 21-36.
- De León, M., Peuser R., Bulaschevick M., Boetto C. 2004. E.E.A Manfredi, *Boletín Técnico Producción Animal.* 2: 2 Provincia. de Cordoba. www.produccion-animal.com.ar
- De Santiago-Miramontes, M.A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpoux, B., Scaramuzzi, R.J., Delgadillo, J.A. 2008. The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to the male effect is increased by nutritional supplementation. *Anim. Reprod. Sci.* 105: 409–416.
- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 52: 727–737.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci.* 80: 2780–2786.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpoux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtropico mexicano utilizando tratamientos fotoperiodicos y efecto macho. *Vet. Méx.* 34 (1).
- Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, A.R., Martin, G.B. 2009. The 'male effect' in sheep and goats—Revisiting the dogmas. *Beha. Brain Res.* 200: 304–314.
- Díaz, P. 1991. Comportamiento productivo de un lote de corderos Pelibuey Blackbelly x Pelibuey en la Chontalpa, Tabasco. *Memorias del IV Congreso Nacional de Producción Ovina.* AMTEO San Cristobal de las Casas, Chis. México. pp. 103-106.
- Duarte, G. Flores, J.A. Malpoux B. Delgadillo J.A. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Dom. Anim. Endo.* 35: 362–370.
- Dwyer, C.M., Lawrence A.B., Bishop S.C. Lewis M., 2003. Ewe-lamb bonding behaviours at birth are affected by maternal undernutrition in pregnancy. *B. J. Nutr.* 89: 123-136.
- Fernández, M., Giráldez, F.J., Frutos, P., Lavín, P., Mantecón, A.R. 2004. Effect of undegradable protein supply on testicular size, spermogram parameters and sexual behavior of mature Assaf rams. *Theriogenology.* 62 (1-2): 299-310.

- Fitz-Rodríguez, G. 2004. Estimulación de la actividad reproductiva en cabras Criollas mantenidas en condiciones extensivas usando el efecto macho. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.
- Fitz-Rodriguez, G., De Santiago-Miramontes, M.A., Scaramuzzi, R.J., Malpaux, B., Delgadillo. 2009. Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Anim. Reprod. Sci.* 116: 85-94.
- Flint, A.P., Burton, R.D., Gadsby, J.E., Saunders, P. T., Heap, R.B. 1978. Blastocyst oestrogen synthesis and the maternal recognition of pregnancy. *Ciba Found. Symp.* 64: 209–238.
- Flores, J.A., Veliz, F.G., Perez-Villanueva, J.A., Martinez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in the female goats. *Biol. of Reprod.* 62: 1409-1414.
- Flores, M.J. 2011. En cabras subtropicales paridas en el otoño, los días largos artificiales incrementan la producción de leche, la proporción de hembras que ovulan y el peso de las crías al destete. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.
- Foster, D.L., Ebling, F.J., Micka, A.F., Vannerson, L.A., Bucholtz, D.C., Word, R.I., Suttie, J.M., Fenner, D.E. 1989. Metabolic interfaces between growth and reproduction. I. Nutritional modulation of gonadotropin, prolactin, and growth hormone secretion in the growth-limited female lamb. *Endocrinology.* 125: 342-350.
- Gao, F., Lui, Y.C., Hou, X.Z. 2013. Effect of maternal undernutrition during late pregnancy on hormonal status and metabolic changes in neonatal lambs *Czech J. Anim. Sci.* 58: 15–20.
- Gardner, D.S., Buttery, P.J., Daniel, Z., Symond, M.E. 2007. Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *J. Reprod. Fertil.* 133: 297-307.
- Gomez- Pasten, M., Mora, O., Pedraza- Chaverry, J., Shimada, A. 1999. The effect of a long term feed restriction on metabolism and tissue composition of goats. *J. Agr. Sci. Camb.* 132: 227-232.
- Goursaud, A.P., Nowak, R. 1999. Colostrum mediates the development of mother preference by newborn lambs. *Physiology & Behavior* 67, 49-56.
- Goursaud, A.P., Nowak, R. 1999. Colostrum mediates the development of mother preference by newborn lamb. *Physiol. Behav.* 67: 49-56.
- Granados, D. 1996. El mezquite: el árbol de desierto. *Chapingo, serie Cien. Amb.* 2: 37-51.

- Hearn, J.P., Webley, G.E., Gidley-Baird, A.A. 1991. Chorionic gonadotrophin and embryo-maternal recognition during the periimplantation period in primates. *J. Reprod. Fertil.* 92: 497–509.
- Hermosillo, G., Castañeda, N.J., Bañuelos, D.J. 1992. Establecimiento de un modelo de mejoramiento genético en ovinos tropicales en el sur de Jalisco, resultados iniciales peso al nacimiento. *Memorias del III Congreso nacional de Producción Ovina*. Tlaxcala, México. pp 66-69.
- Hodgson, J.C., Mellor, D.J., Field. A.C. 1991. Kinetics of lactate and glucose metabolism in the pregnant ewe and conceptus. *Exp. Physiol.* 76: 389-398.
- ÍAnson, H., Quint E.H., Wood R.I., England B.B., Foster D.L. 1994. Adrenal axis and hypogonadotropism in the growth- restricted female lamb. *Biol Reprod.* 50: 137-143.
- INIFAP. 2010. Boletín técnico. Coeficientes de agostadero de la Republica Mexicana: estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí. 2: 13-78 SAG. México.
- Jimeno, V., Castro, T., Rebollar, G.P. 2000. Interacción nutrición-reproducción en ovino de leche. XVII Curso de especialización Federación Española para el Desarrollo y Nutrición Animal. p 125-130.
- Kennaugh, J.M., Bell, A. W., Teng, C., Meschia, G., Battaglia, F.C. 1987. Ontogenetic changes in the rates of protein synthesis and leucine oxidation during fetal life. *Pediatr. Res.* 22: 688-692.
- Kile, J.P., Alexander, B.M., Moss, G.E., Hallford, D.M., Nett, T.M. 1991. Gonadotropin- releasing hormone overrides the negative effect of reduced dietary energy on gonadotropin synthesis and secretion ewes. *Endocrinology.* 128: 843-849.
- Knowlton, K.F., Dawson, T.E., Glenn, B.P., Huntington, G.B., Erdman, R.A. 1998b. Glucose metabolism and milk yield of cows infused abomasally or ruminally with starch. *J. Dairy Sci.* 81: 3248– 3258.
- Knowlton, K.F., Glenn, B.P., Erdman, R.A. 1998a. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. *J. Dairy Sci.* 81: 1972–1984.
- Koeslag, J.H., Castellanos, E.F., Kirchner, S.F.R., Orosco, L.A., y Alanis M. A. 1982. *Cabras*. Editorial Trillas. México, DF. p 112.
- Landau, S. 1994. Increasing glucose metabolism in dry and pregnant ewes by nutritional means. Ph.D. Thesis, the Hebrew University of Jerusalem, Israel.
- Landau, S., Z. Nitsan, Z. Zoref, Z. Madar. 1999. The influence of extruding corn grain on glucose metabolism in pregnant ewes. *Reprod. Nutr. Dev.* 39: 181-187.

- Landau, S., Zoref, Z., Nitsan, Z. Madar, Z. 1997. The influence of extruding corn grain in diets fed to Finn ´ Awassi crossbred ewes during late pregnancy on birth weight of lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 77: 141–147.
- Laporte-Broux, B. 2013. Effets d’une restriction alimentaire pendant le dernier tiers de la gestation des chevres sur le developpement du comportement alimentaire de leur progéniture. Thèse de Doctorat. L’Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l’Environnement (AgroParisTech). Josas, France.
- Leng, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.* 3:277-303.
- Linzell, J.L. 1974. Mammary blood flow and methods of identifying and measuring precursors of milk. In 'Lactation. A Comprehensive Treatise', Vol. 1. (Eds B. L. Larson and V. R Smith.). 143–225. (Academic Press: NewYork, USA.)
- Linzer, D.I., Fisher, S.J. 1999. The placenta and the prolactin family of hormones: regulation of the physiology of pregnancy. *Mol. Endocrinol.* 13: 837–840.
- Lyons, T. 1970. The effect the energy, protein and vitamin supplementation on the performance and voluntary intake of barley straw by cattle. *Anim. Res.* 53: 515-525.
- Mahouachi, M., Rekik, M., Lassoued, N., Atti, N. 2004. The effect of constant dietary energy supply during late gestation and early lactation on performances of prolific D´man ewes. *Anim. Res.* 53: 515-525.
- Mani, A.U., McKelvey, W.A.C., Watson, E.D. 1992. The effects of low level of feeding on response to synchronization of estrus, ovulation rate and embryo loss in goats. *Theriogenology.* 38: 1013–1022.
- Mani, A.U., Watson, E.D., McKelvey, W.A.C. 1994. The effects of subnutrition before ad embryo transfer no pregnancy rate ad embryo survival in does. *Theriogenology.* 41: 1673-1678.
- Martin, G.B. Walkden-Brown S.W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 49: 437-449.
- Martin, G.B., Blache, D., Williams, I.H. 2008. The costs of reproduction. In: *Resource allocation theory applied to farm animals.* Edited by Rauw, W.M. CABI publishing: Oxford, UK. 10: 169-191.
- Martin, G.B., Hötzel, M.J., Blache D., Walkden-Brown S.W., Blackberry M.A., Boukliq R., Fisher J.A. Miller D.W. 2002. Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: Modification of response to photoperiod by annual cycle of food supply. *Reprod. Fertil. Develop.* 14: 165-175.
- Martin, G.B., Rodger, J. Blache, D. 2004. Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reprod. Fertil. Develop.* 16: 491-501.

- Martinez, M., Otal J., Ramirez A., Heiva M.L., Quiles, A. 2008. Variability in the behavior of kids born of primiparous goats during the first hour after parturition: Effect of type of parturition, sex, duration of birth, and maternal behavior. *J. Anim. Sci.* 87: 1772-1777.
- McCance I, Alexander, G. 1959 The onset of lactation in the Merino ewe and its modification by nutritional factors. *Aus. J. Agr. Res.*10: 699–719.
- McEvoy, T.G., Robinson, J.J., Aitken, R.P., Findlay, P.A., Robertson, I.S. 1997. Dietary excesses of urea influence the viability and metabolism of preimplantation sheep embryos and may affect fetal growth among survivors. *Anim. Reprod. Sci.* 47: 71-90.
- McGregor, B.A. 2003. Nutrition of goats during drought. (RIRDC). 16: 1-63.
- McMullen, S., Osgerby, J.C., Milne, J.S., Wallace, J.M., Wathes, D.C., 2005. The effects of acute nutrient restriction in the mid-gestational ewe on maternal and fetal nutrient status, the expression of placental growth factors and fetal growth. *Placenta.* 26: 25–33.
- Mellor, D.J. 1983. Nutritional and placental determinants of foetal growth rate in sheep and consequences for the newborn lamb. *Brit.Vet. J.* 139: 307-324.
- Mellor, D.J., Mathenson, I.C. 1979. Daily changes in curved crown-rump length of individual sheep fetuses during the last 60 days of pregnancy and effects of different levels of maternal nutrition. *Q. J. Exp. Physiol.* 64: 119-131.
- Mellor, D.J., Murray, L. 1981. Effect of placental weight and maternal nutrition on the growth rates of individual fetuses in single and twin bearing ewes during late pregnancy. *Res. Vet. Sci.* 30: 198-204.
- Mellor, D.J., Murray, L. 1985a. Effects of maternal nutrition on the availability of energy in the body reserves of fetuses at term and in colostrum from Scottish Blackface ewes with twin lambs. *Res. Vet. Sci.* 39: 235-240.
- Mellor, D.J., Murray, L. 1985b. Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in Scottish Blackface ewes with twin lambs. *Res. Vet. Sci.* 39: 230-234.
- Mellor, D.J., Murray, L. 1986. Making the most of colostrum at lambing. *Vet. Record.* 118: 351-360.
- Morrissey, A., A. Cameron, A., Tilbrook. 2008. Artificial lighting during winter increases milk yield in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 91: 4238-4243.
- Muñoz-Gutiérrez, M., Blache, D., Martin, G.B., Scaramuzzi, R.J., 2002. Folliculogenesis and ovarian expression of RNA encoding aromatase in anoestrous sheep after 5 days of glucose or glucosamine infusion or supplementary lupin feeding. *Reproduction.* 124: 721–731.
- Nocek, J.E., Tamminga, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74: 3598–3629.

- Nottle, M.B., Kleemann, D.O., Grosser, T.I., Seamark, R.F. 1997. Evaluation of a nutritional strategy to increase ovulation rate in Merino ewes mated in late spring-early summer. *Anim. Reprod. Sci.* 47: 255–261.
- Nowak, R. 1996. Neonatal survival: contributions from behavioural studies in sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 49: 61–72.
- Nowak, R. Poindron P. 2006. From birth to colostrum: Early steps leading to lamb survival. *Reprod. Nut. Develop.* 46: 431-446.
- Nowak, R., Murphy, T.M., Lindsay, D.R., Alster, P., Andersson, R., Uvnäs-Moberg, K. 1997. Development of a preferential relationship with the mother by the newborn lamb: importance of the sucking activity. *Physiol Behav* 62, 681-688.
- NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. Natl. Acad. Press. Washington, DC.
- Ocak, N., Kuran M.A.M. 2005. The effect of high dietary protein levels during late gestation on colostrum yield and lamb survival rate in singleton-bearing ewes. *Small Rumin. Res.* 56: 89-94.
- Olazábal, A., Vera, H., Serafín, N., Medrano, A., Sánchez, H. y Terrazas, A. 2013. Reconocimiento mutuo madre-cría en ovinos Columbia con restricción nutricional durante la gestación. *Rev. Mex. de Cien. Pec.* 4(2): 127-147.
- Osgerby, J.C., Wathes, D.C., Howard, D., Gadd, T.S. 2002. The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. *J. Endocrinol.* 173: 131–141.
- Osuagwu, A.I.A. 1992. Effects of strategic feed supplementation during pregnancy on birth weight and perinatal survival of West African Dwarf Kids. *J. Agr. Sci. Camb.* 119: 123-126
- Parker, G.V. Thwaites C.J. 1972. The effects of undernutrition on libido and semen quality in adult Merino rams. *Aust. J. Agr. Res.*, 23: 109-115.
- Pattinson, S.E., Davies, D.A.R., Winter, A.C. 1995. Changes in the secretion rate and production of colostrum by ewes over the first 24 h post partum. *Anim. Sci.* 61: 63-68.
- Peralta, M.M. 2007. Fundamentos técnicos de la suplementación proteica en forrajes de baja calidad nutricional. Departamento Técnico y Comercial Area Poligástricos -Vetifarma S.A. p 20.
- Pérez-Clariget, R., Forsberg, M., López, A., Castrillejo, A. 1998. Effects of nutrition on seasonal changes in scrotal circumference, testosterone and pituitary responsiveness to exogenous GnRH in Corriedale rams. *Small Rumin. Res.* 29: 61-69.
- Ramírez, L.R.G. 2008. Nutrición de caprinos en pastoreo. Editorial Trillas México D.F. p 208.
- Ramírez, L.R.G. 2009. Nutrición de rumiantes en sistemas extensivos. Editorial Trillas. México, D.F. p 250.
- Ramirez, R.G., Loyo, A., R., Sanchez, E.M., Chaire, A. 1991. Forage intake and nutrition of range goats in a shrubland in northeastern Mexico. *J. Anim. Sci.* 69: 879-885.

- Ramírez-Vera, S., Terrazas A., Delgadillo, J.A., Serafín, N., Flores J.A., Elizundia J.M., Hernández, H. 2012a. Feeding corn during the last 12 days of gestation improved colostrum production and neonatal activity in goats grazing subtropical semi-arid rangeland. *J. Anim Sci.* 7: 2362-2370.
- Ramírez-Vera, S., Terrazas A., Delgadillo, J.A., Serafín, N., Flores J.A., Elizundia J.M., Hernández, H. 2012b. Inclusion of maize in the grazing diet of goats during the last 12 days of gestation reinforces the expression of maternal behaviour and selectivity during the sensitive period. *Liv. Sci.* 148: 52-59.
- Redmer, D.A., Wallace, D., Reynolds, L.P. 2004. Effect of nutrient intake during gestation on fetal and placental growth and vascular development. *Dom. Anim. Endocrinol.* 27: 199–217.
- Reynolds, L.P., Ferrell, C.L., Robertson, D.A., Ford, S.P. 1986. Metabolism of the gravid uterus, fetus and utero-placenta at several stages of gestation in cows. *J. Agri. Sci. Camb.* 106: 437-444.
- Rico, C., Planes, T. 1996. Nota sobre el peso al nacer de un rebaño mestizo Pelibuey. *Rev. Cub. Cien. Agrí.* 30: 19-21.
- Riera, S. 1982. Reproductive efficiency and management in goats. *Proc. 3rd Inter. Conf. on Goat Prod. And Disease, Tuscon, Arizona, USA, Dairy Goat Pub.* 162-174.
- Robinson, J.J., McDonald, I., Fraser, C. Crofts, R.M.J. 1977. Studies on reproduction in prolific ewes. I. Growth of the products of conception. *J. Agric. Sci. Camb.* 85: 539-552.
- Robinson, J.J., Rooke, J.A., McEvoy, T.G. 2002. Sheep nutrition, M. Freer H. Dove (Eds.), CABI Publishing in association with Csiro Publi.. 189.
- Rojas, R.O., Rodriguez, R.O.L. 1995. Factores que modifican la prolificidad en ovejas Blackbelly en clima tropical. *Tec. Pec. México.* 3: 159-166.
- Rubianes, E., Ungerfeld, R., Viñoles, C., Rivero, A., Adams, G.P. 1997. Ovarian response to gonadotropin treatment initiated relative to wave emergence in ultrasonographically monitored ewes. *Theriogenology* . 47: 1479–1488.
- Ruiz-Tavares, D.R. 2011. Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del altiplano potosino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
- Sachdeva, K.K., Sengar, D.P.S., Singh, S.M., Lindhl, L.L. 1973. Studies on goats. I. Effects of plane of nutrition on the reproductive performance of does. *J. Agric. Sci. Camb.* 80: 375-379.
- Sáenz-Escárcega, P.F., Hoyos, G.L., Salinas, G.H., Martínez, D.M Espinoza, J.J., Guerrero B.A., Contreras G.E. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En *Evaluación de Módulos Caprinos en la Comarca Lagunera. SARH. INIFAP. CIID. Matamoros, Coahuila, México.*
- SAGARPA. 2007. Producción Pecuaria en la Region Lagunera. Resumen 2007. Suplemento Especial. Torreón Coahuila. p. 8

- SAGARPA. 2012. Producción Pecuária en la Region Lagunera. Resumen 2007. Suplemento Especial.. Torreon Coahuila. p 10
- Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., Somchit, A. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 339–354.
- Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B. 2008. The importance of interactions among nutrition, seasonality and sociosexual factors in the development of hormone-free methods for controlling fertility. *Reprod. Dom. Anim. Suppl.* 2: 129-136.
- Schauer, C.S., Bohnert D.W., Ganskopp, D. C., Richards, C. J., Falck S. J. 2005. Influence of protein supplementation frequency on cows consuming low-quality forage: Performance, grazing behavior, and variation in supplement intake. *J. Anim. Sci.* 83:1715-1725.
- Schrick, F.N., Surface, R.A., Pritchard, J.Y., Dailey, R.A., Townsend, E.C., Inskeep, E.K. 1993. Ovarian structures during the estrous cycle and early pregnancy in ewes. *Biol. Reprod.* 49: 1133–1140.
- Sen, U., Sirin, E., Kuran, M. 2013. The effect of maternal nutritional status during mid-gestation on placental characteristics in ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 137: 31– 36.
- Short, R.E., Grings E.E., MacNeil, M.D., Heitschmidt R.K., Haferkamp, M.R. Adams D.C. 1996. Effects of time of weaning, supplement, and sire breed of calf during the fall grazing period on cow and calf performance. *J. Anim. Sci.* 74: 1701-1710.
- Soares, M.J., Muller, H., Orwig, K.E., Peters, T.J., Dai, G. 1998. The uteroplacental prolactin family and pregnancy. *Biol. Reprod.* 58: 273–284.
- Sourmunen-Cristian, R., Jauhiainen, L. 2001. Composition of hay and silage for pregnant and lactating Finnish Landrace ewes. *Small Rumin. Res.* 39: 47-57.
- Spencer, T.E., Johnson, G.A., Burghardt, R.C., Bazer, F.W. 2004. Progesterone and placental hormone actions on the uterus: insights from domestic animals. *Biol. Reprod.* 71: 2–10.
- 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.
- Thomas, G.B., Mercer, J.E., Karalis, T., Rao, A., Cummings, J.T., Clarke, I.J. 1990. Effect of restricted feeding on the concentrations on growth hormone (GH), gonadotropins, and prolactin (PRL) in plasma and on the amounts of messenger ribonucleic acid for GH, gonadotropin subunits, and PRL and pituitary glands of adult ovariectomized ewe. *Endocrinology.* 126: 1361-1367.
- Vatnick, I., Bell, A.W. 1992. Ontogeny of fetal hepatic and placental growth and metabolism in sheep. *Amer. J. Physiol.* 263: 619-623.

- Viñoles, C., Forsberg, M., Martin, G.B., Cajarville, C., Repetto, J., Meikle, A. 2005. Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction*. 129: 299-309.
- Viñoles, C., Paganoni, B., Milton, J.T.B., Blache, D., Blackberry, M.A. Martin, G.B. 2010. The static and immediate effects of nutrition on ovulation rate in Merino ewes - evaluation with a 'one-wave model' for studying follicular dynamics. *Reproduction*. 140: 865-874.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J. 1997 Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Rum. Res.* 26: 239-252.
- Wallace, J.M. 2000. Nutrient partitioning during pregnancy: Adverse gestational outcome in overnourished adolescent dams. *Proc. Nutr. Soc.* 59: 107-117.
- Wallace, J.M., Aitken, R.P., Cheyne M.A. 1994. Effects of post-ovulation nutritional-status in ewes on early conceptus survival and growth in vivo and luteotrophic protein secretion in vitro. *Reprod. Fertil. Dev.* 6: 253-259.
- Wallace, L.R. 1948. The growth of lambs before and after birth in relation to the level of nutrition. *J. Agri. Sci. Camb.* 38: 93-153.
- Watson, E.D., Cross, J.C. 2005. Development of structures and transport functions in the mouse placenta. *Physiology*. 20: 180–193.
- Wu, G., Bazer, F.W., Wallace, J.M., Spencer, T.E. 2006. Intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. *J. Anim. Sci.* 84: 2316–2337.
- Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Pérez, M.C., Prieto, R. 2009. Effects of season and feeding level on reproductive activity and semen quality in Payoya buck goats. *Theriogenology*. 71(8): 1316-1325.
- Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Pérez, M.C., Prieto, R. 2005. Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim Reprod Sci.* 87 (3-4): 253-267.