

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



“La complementación energética en cabras en pastoreo durante la gestación tardía anticipa la caída de progesterona e incrementa la producción de calostro”

**POR:**

**EDUARDO BERNAL BURCIAGA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México

Agosto 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

“La complementación energética en cabras en pastoreo durante la gestación tardía anticipa la caída de progesterona e incrementa la producción de calostro”

Por:

**EDUARDO BERNAL BURCIAGA**

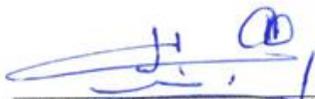
TESIS

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

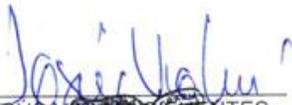
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
Dr. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
Presidente

  
Dr. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ  
Vocal

  
Dr. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA  
Vocal

  
Dr. JESÚS VELÁZQUEZ  
Vocal Substituto

  
MVZ. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

  
Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México  
Agosto 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

“La complementación energética en cabras en pastoreo durante la gestación tardía anticipa la caída de progesterona e incrementa la producción de calostro”

Por:

**EDUARDO BERNAL BURCIAGA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
Asesor Principal

Dr. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ  
Coasesor

Dr. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA  
Coasesor

MVZ. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal  
Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México  
Agosto 2018



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a DIOS, nuestro señor. Por darme todo lo que tengo en la vida. A mis familiares por su apoyo, sus consejos y la gran confianza brindada. A mi Alma Terra Mater UAAAN UL por darme la oportunidad de enriquecer mis conocimientos.

A mis Asesores

- ❖ Dr. Horacio Hernández Hernández
- ❖ Dr. José A. Flores Cabrera
- ❖ Dr. José A. Delgadillo Sánchez
- ❖ Dr. Jesús Vielma Sifuentes

A las familias

- ❖ Torres Bernal
- ❖ Morales Hernández
- ❖ Burciaga Calderón

A los Médicos

- ❖ Leonardo Del Rio Sandoval
- ❖ Javier González Mata
- ❖ José Iván Castillo Ramírez

## **DEDICATORIAS**

Esta tesis va dedicada especialmente a dios padre todopoderoso, A Jesús Hijo de dios, a la Virgen María. Además de manera importante y especial a mis padres.

Por todo el apoyo incondicional, en mi formación como ser humano, por alentarme a seguir adelante en todo momento, por ser los mejores de todos los padres dedico este trabajo a:

- ❖ **DAVID BERNAL RODARTE**
- ❖ **ROSA MARÍA BURCIAGA CALDERÓN**

### **A MI ESPOSA**

Por los momentos de alegría y felicidad que me brinda, por creer en mí y apoyarme en los momentos difíciles y alegres que hemos pasado

- ❖ **María Catalina Cortinas Saucedo**

### **A MIS HERMANOS**

Por todo el apoyo brindado en mi formación profesional, por los consejos y críticas para ser un mejor ser humano

- ❖ **Jazmín Bernal Burciaga**
- ❖ **Priscila Bernal Burciaga**
- ❖ **Erik Bernal Burciaga**

**SON LO MAS VALIOSO QUE DIOS ME DIO**

## RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue determinar si en las cabras mantenidas en pastoreo extensivo, una complementación energética con maíz en la gestación tardía anticipa la caída de la progesterona cerca del parto y ello incrementa la producción de calostro. Para ello, se utilizaron 25 cabras que tenían en promedio 18 semanas de gestación y que estaban alimentándose con solo lo obtenido en el pastoreo extensivo. De estas 25, once cabras siguieron alimentándose hasta el parto con solo el pastoreo (grupo Testigo), mientras que a las otras 14 también se alimentaron con el pastoreo, pero durante los últimos 12 días de gestación cada una de ellas recibió 0.6 kg de maíz roado (grupo Complementado). Las cabras del grupo Testigo tuvieron mayores concentraciones de progesterona que las del grupo Complementado a los días 6, 4 y 3 antes del parto ( $P \leq 0.05$ ). Además, las concentraciones de progesterona cercano al parto cayeron primero en las cabras del grupo Complementado que en las Testigo ( $P < 0.05$ ). Las cantidades totales de calostro al parto y en las primeras 10 h postparto fueron mayores en las cabras Complementadas que en las Testigo ( $P < 0.01$ ). Los resultados de la presente tesis demuestran que en las cabras mantenidas en pastoreo extensivo una complementación energética en la gestación tardía anticipa la caída de progesterona cerca del parto e incrementa de manera importante la producción de calostro al parto y en las primeras 10 horas postparto.

**Palabras claves: Calostro, Complementación, Progesterona, Gestación**

## INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIAS .....	ii
RESUMEN .....	iii
NDICE.....	vi
NDICE DE FIGURAS .....	vi
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Calostro .....	3
2.2. Producción de Calostro .....	4
2.3.1. Factores Ambientales, Genéticos y Fisiológicos que Afectan la Producción de Calostro y su Consumo por las Crías .....	5
2.3.2. Influencia de una Complementación Energética al Final de la Gestación Sobre la Producción de Calostro.....	6
2.3.3. Factores Hormonales.....	7
OBJETIVOS .....	10
HIPÓTESIS .....	10
Capítulo III .....	11
MATERIAL Y MÉTODOS .....	11
3.1. Lugar del Estudio.....	11
3.2. Animales y manejo .....	11
3.3. Diseño experimental .....	12
3.4. Variables determinadas.....	13
3.4.1. Concentraciones plasmáticas de progesterona .....	13
3.4.2. Producción de calostro en las primeras 10 h postparto .....	14
3.4.3. Condición corporal de las cabras.....	14
3.5. Análisis estadístico de las variables .....	15
CAPÍTULO IV .....	16

RESULTADOS .....	16
4.1. Concentraciones plasmáticas de progesterona. ....	16
4.2. Producción de calostro en las primeras 10 h postparto. ....	17
4.3. Condición corporal de las cabras. ....	18
CAPÍTULO IV .....	20
DISCUSIÓN .....	20
CAPÍTULO V.....	22
CONCLUSIÓN.....	22
LITERATURA CITADA.....	23

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Concentraciones promedio ( $\pm$  EEM) de progesterona plasmática alrededor del parto en las cabras que fueron alimentadas durante toda la gestación solo con el pastoreo (grupo Testigo, O; n = 11), y en las que además del pastoreo se complementaron con maíz durante los últimos 12 días de la gestación (grupo Complementado, ●; n = 14). Las flechas negra y blanca indican el tiempo en el cual las concentraciones disminuyeron significativamente ( $P < 0.05$ ) con relación al día 7 antes del parto en el grupo complementado y testigo respectivamente. Las diferencias entre grupos es indicada por los asteriscos ( $P \leq 0.019$ ).....16

**Figura 2.** Cantidad promedio ( $\pm$  EEM) de calostro obtenido al parto y en las primeras 10 h postparto en las cabras que fueron alimentadas durante toda la gestación con solo el pastoreo (grupo Testigo, □; n = 11) y en las que además del pastoreo se complementaron con maíz durante los últimos 12 días de la gestación (grupo Complementado, ■; n = 14). Las diferencias entre grupos es indicada por los asteriscos ( $P \leq 0.019$ ).....17

**Figura 3.** Evolución promedio ( $\pm$  EEM) de la condición corporal de las cabras que fueron alimentadas durante toda la gestación con solo el pastoreo (grupo Testigo, ○; n = 11) y en las que además del pastoreo se complementaron con maíz durante los últimos 12 días de la gestación (grupo Complementado, ●; n = 14). La barra oscura en el eje horizontal representa los últimos 12 días en que se proporcionó la complementación con maíz en el grupo complementado. Las diferencias entre grupos es indicada por los asteriscos ( $P \leq 0.001$ ).....19

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La población de caprinos en México según el SIAP (2015) es de 8,724,946 cabezas. En la Comarca Lagunera, la caprinocultura es una actividad importante, ya que con esta actividad muchas familias cubren su alimentación y los gastos básicos. En la Comarca Lagunera el SIAP (2015) señaló un inventario de 413, 217 cabezas.

En la Comarca lagunera, los caprinos son en su mayoría criados bajo un sistema de pastoreo extensivo sedentario. De esta manera, los animales son llevados a las áreas de pastoreo de las cuales obtienen el alimento necesario para su mantenimiento. Sin embargo, debido a que la cantidad y calidad de las especies vegetales varían a lo largo del año, existen periodos en los que no se reúnen los requerimientos nutricionales de los animales. La situación se acentúa más cuando las hembras se encuentran en estado grávido avanzado. En efecto, es durante el último tercio de la gestación cuando se incrementan de manera importante los requerimientos nutricionales, debido al incrementado crecimiento fetal (Bell y Ehrhardt, 2002).

Otro aspecto fisiológico que se ve influenciado por a la pobre nutrición de los pequeños rumiantes en el último tercio de la gestación, es la producción de calostro. Así, la nutrición durante la gestación se relaciona de manera importante con el inicio de la lactogénesis II al parto (Robinson, 1990). Por ejemplo, en ovejas y cabras, una subnutrición durante las últimas 2 semanas de gestación disminuye el desarrollo de

la ubre y retrasa la producción de calostro al parto (Mellor, 1987; Robinson, 1990). En cambio, las ovejas con una excelente condición corporal (entre 2.5 a 3.5 puntos) producen mayor cantidad de calostro que hembras con una condición < 2.5 puntos (Thomas et al., 1988).

Asimismo, cuando se restringe en un 30% los requerimientos de los animales durante la segunda mitad de gestación, se reduce la producción de calostro al parto, en relación a ovejas alimentadas con el 110% de sus requerimientos nutritivos (Banchemo et al., 2006).

La disminución en la síntesis y secreción de progesterona al final de la gestación es la principal señal que dispara el inicio de la calostrogénesis (Delouis, 1978; Neville, 2001; Foisnet et al., 2010). En las ovejas, un retraso en la caída de la progesterona antes del parto retrasa y reduce la producción de calostro (Mellor et al., 1987; Robinson, 1990; Banchemo et al., 2006). La subnutrición durante la gestación avanzada agudiza el retraso de la disminución de las concentraciones de progesterona, y ello conduce a una baja producción de calostro al momento del parto (Mellor et al., 1987). Como se mencionó anteriormente, en las áreas de pastoreo de las cabras en la Comarca Lagunera se presentan variaciones importantes en la cantidad y calidad de la vegetación disponible. Lo anterior a su vez, podría provocar estados de subnutrición severos y esto podría coincidir con el estado avanzado de la gestación. Por ello, en la presente tesis se pretende investigar si una complementación con maíz en la gestación tardía modifica el perfil de progesterona plasmática alrededor del parto y la producción de calostro.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Calostro

El calostro es una secreción de la glándula mamaria que se produce antes y en los primeros días después del parto y cuya función es conferir la protección inmunitaria mediante inmunoglobulinas a los animales recién nacidos durante los primeros días de su vida. En el calostro se encuentran diversos tipos de inmunoglobulinas (IgA, IgG, IgM), células maternas (linfocitos, macrófagos, neutrófilos), células epiteliales, vitaminas y minerales. En ovejas, el calostro tiene una composición aproximada de un 7% de grasa, 4% caseína, 5% de lactosa y 82% de agua (Hadjipanayiotou, 1995). En las primeras horas después del nacimiento, el consumo de calostro por las crías les proporciona energía y nutrientes que participa en el sistema de regulación de la temperatura durante los primeros momentos de vida y favorece la eliminación de los meconios. Además, los anticuerpos (inmunoglobulinas) proveen a la cría una fuente natural y eficiente de protección contra una variedad de enfermedades intestinales y respiratorias (Brown, 1978; O'Brien y Sherman, 1993).

Son múltiples los factores que afectan la absorción de anticuerpos del calostro por los recién nacidos, entre los que se puede mencionar: el volumen de calostro ingerido y su concentración de inmunoglobulinas (Fahey y Mckelvey, 1965), el peso al nacimiento y el tiempo que transcurre del nacimiento a la primera ingesta (Michanek y Ventrop, 1989). Las crías al nacer, obligadamente deben consumir

calostro para sobrevivir y luego leche para desarrollarse. La absorción de los anticuerpos por el intestino del cabrito disminuye de manera más rápida y cesa hacia las cuarenta y ocho horas después del nacimiento (Quittet, 1986). De hecho, se ha reportado que en el cordero, la absorción de macromoléculas de inmunoglobulinas comienza a disminuir a partir de las 6 h de haber nacido (Banchemo, 2007). Por lo tanto, el calostro debe ser ingerido lo más rápidamente posible después del nacimiento. El consumo de calostro debe ser de 100 g/kg de peso vivo; si la cantidad consumida no es la óptima, hay un riesgo de mortalidad entre el tercer y octavo día de vida.

## **2.2. Producción de Calostro**

Está bien demostrado que el calostro disponible es muy importante para cubrir los requerimientos de inmunoglobulinas (anticuerpos) del cordero (Pattinson, 1995). El calostro se acumula rápidamente 2 a 3 días antes del parto lo cual asegura la disponibilidad al momento en que las crías nacen (Banchemo, 2007). De hecho, Banchemo *et al.* (2007), determinaron en ovejas Corriedale que la cantidad de calostro acumulado al parto fue en promedio de 240 g y dicha producción se incrementó a 422, a las 10 horas postparto. Además, estos autores encontraron que el contenido de grasa y de proteína en el calostro de las ovejas es elevado al parto y disminuye en las primeras 10 horas postparto. En la cabra, los niveles de proteínas y de inmunoglobulinas totales disminuyen rápidamente del parto a los 5 días postparto (Argüello *et al.*, 2006). De igual modo en ovejas, dentro de las primeras horas postparto existe una rápida disminución en el nivel de proteínas en el calostro, especialmente de las inmunoglobulinas (Quiles *et al.*, 1991, 1992). Esta disminución

es en los niveles de aminoácidos y péptidos libres (Fitscher, 1986). Posteriormente, los cambios en el contenido de aminoácidos son asociados con el incremento en la proporción de la fracción de caseína y la transición a la producción de leche (Krámar *et al.*, 2005). En las cabras, el calostro es producido por la hembra hasta el tercer día de lactancia y sufre variaciones hasta el quinto día, cuando éste comienza a ser leche normal (Quittet, 1986, Meneses, 1997; Sánchez-Macías *et al.*, 2014). Del día 1 al 5 postparto, la secreción puede ser considerada como una leche transicional y no un buen calostro debido a la baja calidad inmunológica, aunque es elevado en su contenido de grasa y proteína (Sánchez-Macías *et al.*, 2014).

### **2.3.1. Factores Ambientales, Genéticos y Fisiológicos que Afectan la Producción de Calostro y su Consumo por las Crías**

Las cabras gestando cabritos mellizos generalmente producen más calostro que las cabras gestando cabritos únicos (Alexander, 1959, Geenty, 1986). Además, la viscosidad de ese calostro suele ser mayor en las cabras con cabritos únicos. Esta mayor viscosidad dificulta el amamantamiento y los cabritos tienen que mamar más veces y utilizar más energía para lograr tomar una cantidad adecuada a sus requerimientos (Mellor, 1985). Por ello, los cabritos deben mamar lo antes posible para reponer la energía que gastan en generar calor para mantenerse, intentar pararse, caminar e intentar mamar. Si las cabras no tienen suficiente calostro o el calostro es muy espeso, las posibilidades de sobrevivencia de los cabritos disminuyen radicalmente. La producción de calostro es óptima, tanto en calidad como en cantidad, en cabras de 2 a 6 años, obteniéndose la mayor tasa de

supervivencia de cabritos con cabras de 3-5 años. En general, la calidad y cantidad de calostro producido suele ser inferior en las primíparas. En cabras multíparas, la producción de calostro también es menor, aunque se debe tener en cuenta que son las hembras del rebaño que han estado expuestas a mayor número de agentes infecciosos y, por tanto, su calostro tiene una concentración de inmunoglobulinas que protegen de una variedad más amplia de enfermedades que el procedente de hembras jóvenes (Lewis, 2000). Los corderos provenientes de ovejas de raza tipo productoras de carne producen menor cantidad de calostro que las ovejas tipo productoras de leche (Robinson *et al.*, 2002). Además, en vacas se ha determinado que la producción de calostro puede ser modificada por factores como: la raza, el número de partos, la época del parto, la duración del periodo seco, la nutrición y el estado de salud (Quigle *et al.*, 1994; Morin *et al.*, 2001).

### **2.3.2. Influencia de una Complementación Energética al Final de la Gestación Sobre la Producción de Calostro**

Una complementación alimenticia a la mitad de la gestación incrementa la producción de calostro y el peso de la cría al nacimiento (Lynch *et al.*, 1990; Hall *et al.*, 1992). Durante la gestación, una disminución hasta el 70% en los requerimientos de energía metabolizable disminuye la síntesis de calostro (Banchero *et al.*, 2006). En ovejas, una complementación energética ocho días antes del parto con maíz o con grano de cebada, alimentos que proporcionan una cantidad importante de almidón, que a su vez sirve de sustrato para la formación de calostro, incrementó la producción de calostro (Banchero *et al.*, 2004). Este efecto se explica porque el maíz proporciona una mayor cantidad de almidón para la formación de glucosa, la

cual es utilizada para la síntesis de lactosa que finalmente se traduce en una mayor producción de calostro (Banchero *et al.*, 2004).

Los caprinos mantenidos en un sistema de producción extensiva sufren de una deficiencia en sus requerimientos alimenticios, debido a que en las áreas de pastoreo la disponibilidad y la calidad de la vegetación fluctúa a través de año, y a la falta de prácticas de complementación alimenticia a dichos rebaños (Ramírez *et al.*, 1991; Cabello *et al.*, 1996; Roig, 2003). En estos animales existe una deficiencia nutricional, y para cubrir adecuadamente sus requerimientos nutricionales es necesario proporcionar una complementación alimenticia (Ramírez *et al.*, 1991). Así, en la cabra 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). Sin embargo, en cabras bajo condiciones de pastoreo extensivo no siempre se reúnen tales requerimientos y una deficiencia en sus requerimientos nutritivos puede afectar su fisiología y la subsecuente producción de calostro. Por ello, en la presente tesis se pretende determinar si en las cabras mantenidas en un sistema de producción extensivo, la complementación con maíz durante los últimos 12 días de gestación influye sobre la producción de calostro y su composición.

### **2.3.3. Factores Hormonales**

La capacidad secretora de la glándula mamaria se manifiesta en la cabra desde la semana 11 de gestación, época en la cual ya existe acúmulo lácteo intramamario (Forsyth *et al.*, 1985). Ensayos tanto *in vivo* como *in vitro*, muestran que en ausencia de otro principio lactogénico, la hormona del crecimiento o el lactógeno placentario, la prolactina (PRL), los estrógenos y la progesterona son

esenciales para la formación y funcionamiento de la estructura mamaria lóbuloalveolar de la especie caprina (Hart y Morant, 1980). La calostrogénesis inicia normalmente durante el último tercio de la gestación en la mayoría de las especies. Incluye una serie de etapas en el proceso de diferenciación por el cual las células mamarias alveolares pasan de un estado no secretor al estado secretor. Lyons *et al.* (1958) fueron de los primeros investigadores en indicar que el inicio de las secreciones era el resultado de la interacción de diferentes hormonas sobre la glándula mamaria. Durante el último tercio de la gestación se produce una cascada de cambios en el sistema endocrino que prepara la glándula mamaria para secretar calostro y posteriormente leche. Aunque existen variaciones entre especies, los requerimientos hormonales mínimos para la calostrogénesis son PRL, insulina y glucocorticoides, aunque la GH y el lactógeno placentario (LP) intervienen en mayor o menor grado dependiendo de las especies (Sacristán,1995). Alrededor del parto, los niveles plasmáticos de estrógenos, progesterona, PRL y corticoides sufren un cambio dramático. Esas variaciones controlan el inicio de la secreción de leche copiosa que inicia con la producción de calostro (Delouis, 1978)

Como se mencionó anteriormente, en ovejas gestantes en pastoreo, una complementación energética con maíz durante la última semana de gestación incrementó la producción de calostro comparado con las madres no suplementadas. Además, existe una relación positiva entre el consumo de energía y el torrente sanguíneo hepático, mecanismo que parece ser disparado por un incremento en la cantidad de ácidos volátiles, principalmente el propionato que cruza la pared del rumen alcanzando el hígado. Este incremento en el fluido sanguíneo hepático

puede, a su vez, incrementar la tasa de desaparición de la progesterona en la sangre (Parr, 1992; Parr et al., 1993). De este modo estos cambios hormonales, podrían adelantar el inicio de la calostrogénesis (Hartmann et al., 1973).

Estas relaciones entre el estado energético y el inicio de la calostrogénesis de la hembra en la gestación tardía tienen consideraciones importantes sobre todo en los animales que se mantienen en pastoreo extensivo como las cabras criollas del norte de México. En efecto, en esta región subtropical, el 80% de los partos de las cabras se produce de noviembre a febrero, durante la estación seca, cuando la disponibilidad de forraje es limitada. Esta situación nutricional podría complicar el estado metabólico de las cabras al final de la gestación y afectar el estado hormonal y la producción de calostro. Por lo cual, el objetivo de la presente tesis es determinar si una complementación energética con maíz afecta las concentraciones de progesterona plasmática alrededor del parto y la cantidad de calostro producida en las primeras 10 horas postparto.

## **OBJETIVOS**

El objetivo de la presente tesis es determinar si una complementación energética con maíz modifica las concentraciones de progesterona plasmática alrededor del parto y la cantidad de calostro producida en las primeras 10 horas postparto.

## **HIPÓTESIS**

En los animales que reciben una complementación energética con maíz durante la gestación tardía, las concentraciones de progesterona en plasma alrededor del parto disminuyen antes que en los animales no complementados, y por ello se incrementa la producción de calostro en las primeras 10 horas postparto.

## **Capítulo III**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

Los procedimientos y manejo de los animales en la presente tesis están en acuerdo con las especificaciones descritas en la guía ARRIVE publicadas por Kilkenny *et al.* (2010), y con las especificaciones técnicas de la Norma Oficial Mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999; SAGARPA, 2001).

#### **3.1. Lugar del Estudio**

El trabajo se realizó en el Ejido Providencia municipio de Torreón, Coahuila. Este ejido se ubica en la parte norte de México, en la Región Lagunera que está situada a una latitud de 26° Norte y una altitud que varía de 1100 a 1400 m sobre el nivel del mar. La precipitación promedio anual es de 230 mm y las temperaturas promedio mínimas y máximas son de 3.9 y 40.5 °C, las cuales se presentan en diciembre y junio, respectivamente (CONAGUA, 2017).

#### **3.2. Animales y manejo**

Se utilizaron 25 cabras Criollas adultas de 2 a 3 años de edad. En el mes de mayo, estos animales fueron sometidos a reproducción mediante la técnica del efecto macho y la aplicación de 25 mg de progesterona el día de la introducción de los machos. Se aseguro que cada hembra recibiera al menos una monta durante el estro para asegurar el mayor número de hembras gestantes. Todas las cabras fueron mantenidas en un sistema extensivo, en el cual el rebaño salía al pastoreo a

las 0930 h y retornaba al corral a las 1300 h. Posteriormente, el rebaño volvía al pastoreo a las 1500 h y retornaba nuevamente al corral a las 1900 h.

Entre varias especies los forrajes disponibles que se encuentran en las áreas de pastoreo son arboles y (Prosopis glandulosa, Acacia farneciana, Atriplex acantocarpa, Agave scabra y Mimosa biuncifera), plantas herbáceas (Heliantus ciliaris, Salsola kali, and Solanum elaeagnilolium) y pastos (Sorghum halepense, Chloris virgata, Setaria verticillata, Eragrostis pectinacea, Bouteloua curtipendula, Aristida purpurea y Bouteloua barbata). A través del año, la composición de la dieta en estas áreas se compuso de 82% de arbustos, 12% de plantas herbáceas y 6% de pastos (Ramírez et al., 1991).

En el norte de México, por Juárez-Reyes et al. (2004) determinaron que las cabras gestantes mantenidas en estas áreas semi-áridas de pastoreo, los animales consumen en promedio 1.2 kg/día de materia seca (MS) y 2.1Mcal/día de energía metabolizable (EM).

### **3.3. Diseño experimental**

Veinte días antes de la fecha estimada del parto se conformaron con base a su condición corporal 2 grupos de cabras. Las cabras del grupo Testigo (n = 11) se alimentaron durante toda la gestación con lo que obtenían en el pastoreo y no recibieron complementación alimenticia en el corral. Las cabras del grupo Complementado (n= 14) se alimentaron durante toda la gestación similar a las cabras del grupo Testigo; sin embargo, a estas cabras se les proporcionó durante los últimos  $12 \pm 1.0$  días, 0.6 kg de maíz rolado, cuya cantidad fue dividida en 0.3

kg por la mañana (antes del pastoreo) y 0.3 kg por la tarde (al regreso del pastoreo). El maíz ofrecido substituyó una parte de la dieta de pastoreo, aportando 87.3 g de PC/kg de MS y 3.06 Mcal de EM/ kg de MS. En los corrales, las cabras de ambos grupos tuvieron acceso libre a agua y sales minerales proporcionadas mediante bloques de 25 kg (Cebú, Salinas del Rey, Torreón, México) compuestos de al menos 17% P, 3% Mg, 5% Ca, y 75% NaCl.

### **3.4. Variables determinadas**

#### **3.4.1. Concentraciones plasmáticas de progesterona**

Tomando en cuenta la fecha promedio de parto, en las cabras de ambos grupos se tomaron muestras de sangre (5 mL) a los días 7, 6, 5, 4, 3, 2 y 1 antes del parto, al parto y a las 1 y 18 h postparto. Las muestras fueron tomadas mediante venopunción de la yugular utilizando tubos que contenían heparina como anticoagulante (30 µL; Inhepar Pisa, Guadalajara, México). En el laboratorio, las muestras fueron centrifugadas a  $2,147 \times g$  por 10 min con una temperatura de 4°C. Posteriormente el plasma fue almacenado a -20°C, hasta que se realizó el análisis hormonal. Las concentraciones de progesterona se determinaron en el plasma mediante radioinmunoensayo en fase sólida (Abraham, 1981; Coat-ACount progesterone kit, Siemens, Los Angeles, CA). El coeficiente de variación intraensayo fue de 1.04%, y con una sensibilidad de 0.02 ng/mL.

### **3.4.2. Producción de calostro en las primeras 10 h postparto**

Cinco días antes de la fecha estimada del parto, las cabras fueron supervisadas diariamente durante el día para verificar los probables partos. Al parto, la cantidad de calostro fue medida solo en un medio de la ubre y el otro medio se destinó para alimentar a las crías. Además, la cantidad de calostro fue determinada a las 1, 3, 6 y 10 h postparto. Para que los cabritos no pudieran mamar del medio en que se evaluó la producción de calostro, el pezón fue cubierto con cinta adhesiva “masking”. La cantidad de calostro se obtuvo al ordeñar manualmente el medio de la ubre destinado para tal fin. Al ordeñar la cantidad total se pesó en una báscula electrónica que tenía una capacidad de 40 kg y una precisión de 5 g. Para extraer el calostro residual se le aplicó a la cabra 5 IU de oxitocina (OT; Oxilac, Proquivet) por vía intravenosa y se procedió a ordeñar nuevamente 10 s después de la aplicación. La cantidad de calostro obtenida con la aplicación de OT se sumó a la cantidad obtenida previamente. Al término de cada medición, el pezón se volvía a cubrir con cinta. Después de la última medición (a 10 h postparto) se retiró la cinta del pezón y éste estuvo disponible para las crías.

### **3.4.3. Condición corporal de las cabras**

La condición corporal de las cabras de ambos grupos se determinó a los 35, 28, 21, 14 y 7 días antes del parto y un día después del parto, considerándose esta última como el día del parto. Esta condición corporal fue determinada utilizando el método descrito por Walkden-Brown et al. (1997), el cual considera una escala 1 (animal muy delgado) a 4 (animal obeso), con mediciones intermedias de 0.5.

### **3.5. Análisis estadístico de las variables**

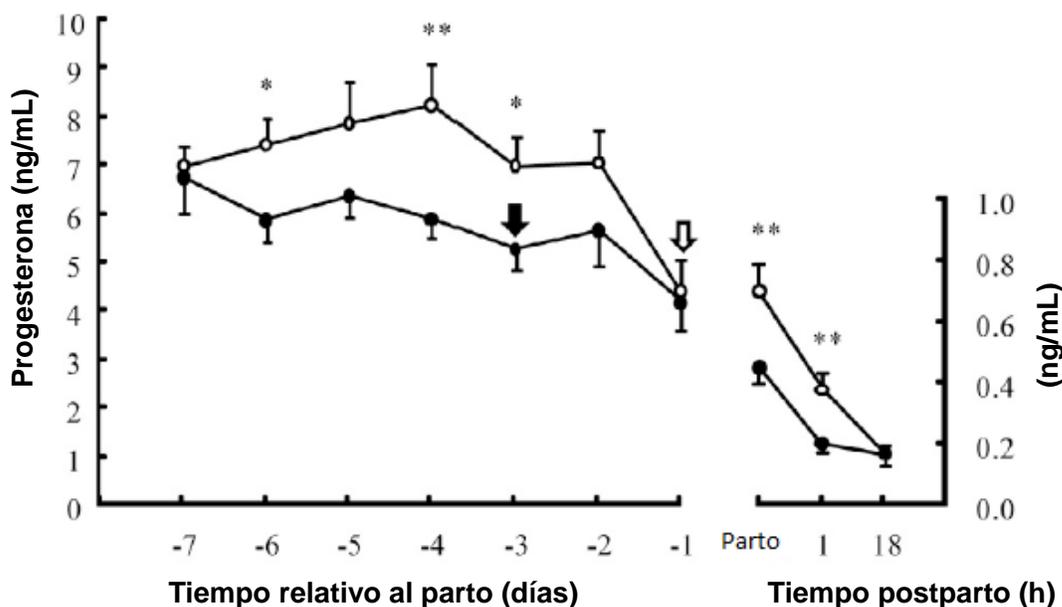
Las concentraciones de progesterona pre y postparto, y la cantidad de calostro obtenida a diferentes tiempos después del parto fueron comparados entre grupos mediante un ANOVA con medidas repetidas. Además, la evolución de los niveles de progesterona dentro de cada grupo se comparó con una prueba *t* de student apareada. La condición corporal, por ser una variable discreta, se comparó entre grupos usando una prueba no paramétrica llamada U de Mann Whitney.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

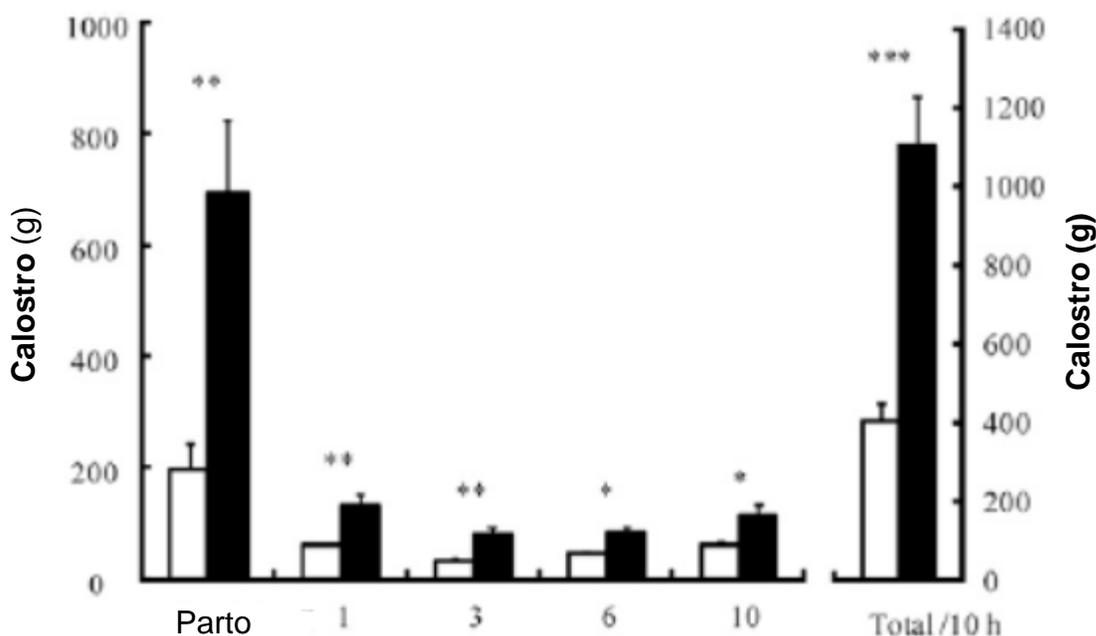
Las concentraciones plasmáticas de progesterona en las cabras del grupo Testigo fueron mayores los días 6, 4 y 3 antes del parto que en las cabras del grupo Complementado ( $P \leq 0.036$ ; Figura 1). De manera similar, al parto y a 1 h postparto, las concentraciones de progesterona plasmática fueron mayores en las cabras Testigo que en las Complementadas ( $P \leq 0.019$ ). En las cabras del grupo Complementado, las concentraciones de progesterona plasmática disminuyeron al día 3 antes del parto ( $P < 0.01$ ) relativo a las registradas a 7 días antes. En cambio, en las cabras gestantes del grupo Testigo, ésta disminución ocurrió hasta el día 1 antes del parto ( $P < 0.01$ ; Figura 1).

#### 4.1. Concentraciones plasmáticas de progesterona.



**Figura 1.** Concentraciones promedio ( $\pm$  EEM) de progesterona plasmática alrededor del parto en las cabras que fueron alimentadas durante toda la gestación solo con el pastoreo (grupo Testigo, O; n = 11), y en las que además del pastoreo se complementaron con maíz durante los últimos 12 días de la gestación (grupo Complementado, ●; n = 14). Las flechas negra y blanca indican el tiempo en el cual las concentraciones disminuyeron significativamente ( $P < 0.05$ ) con relación al día 7 antes del parto en el grupo complementado y testigo respectivamente. Las diferencias entre grupos es indicada por los asteriscos ( $P \leq 0.019$ ).

#### 4.2. Producción de calostro en las primeras 10 h postparto.

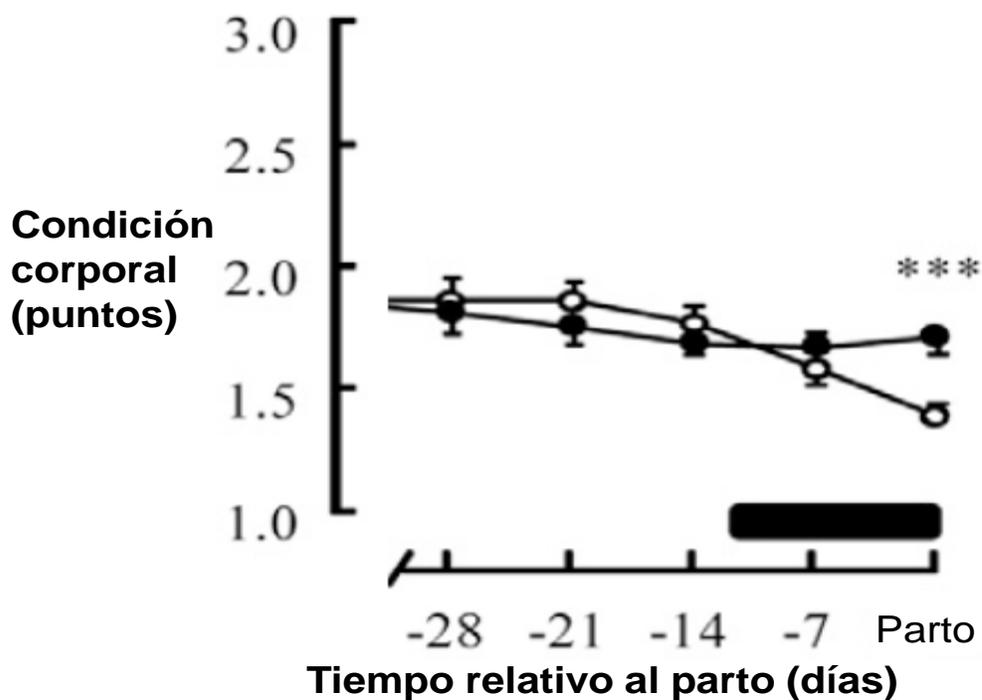


**Figura 2.** Cantidad promedio ( $\pm$  EEM) de calostro obtenido al parto y en las primeras 10 h postparto en las cabras que fueron alimentadas durante toda la gestación con solo el pastoreo (grupo Testigo, □; n = 11) y en las que además del pastoreo se complementaron con maíz durante los últimos 12 días de la gestación (grupo Complementado, ■; n = 14). Las diferencias entre grupos es indicada por los asteriscos ( $P \leq 0.019$ ).

Al parto, la cantidad de calostro acumulado en un medio de la ubre fue mayor en las cabras Complementadas que en las cabras del grupo Testigo ( $P = 0.002$ ; Figura 2). De manera similar, la producción de calostro durante las subsecuentes 10 h fueron mayores en las cabras del grupo Complementado que en las cabras del grupo Testigo ( $P \leq 0.025$ ; Figura 2). Por ello, la cantidad total de calostro obtenida en las primeras 10 h postparto fue mayor en las cabras Complementadas que en las del grupo Testigo ( $P < 0.001$ ; Figura 2).

#### **4.3. Condición corporal de las cabras.**

La condición corporal de las cabras se muestra en la Figura 3. En esta figura se aprecia que la condición corporal registrada al parto fue mayor en las cabras Complementadas que la registrada en las cabras del grupo Testigo ( $P = 0.001$ ; Figura 3). Además, tomando en cuenta los datos de ambos grupos, la condición corporal disminuyó desde los 28 días antes del parto hasta el parto ( $P < 0.01$ ).



**Figura 3.** Evolución promedio ( $\pm$  EEM) de la condición corporal de las cabras que fueron alimentadas durante toda la gestación con solo el pastoreo (grupo Testigo, O;  $n = 11$ ) y en las que además del pastoreo se complementaron con maíz durante los últimos 12 días de la gestación (grupo Complementado, ●;  $n = 14$ ). La barra oscura en el eje horizontal representa los últimos 12 días en que se proporcionó la complementación con maíz en el grupo complementado. Las diferencias entre grupos es indicada por los asteriscos ( $P \leq 0.001$ ).

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN

Los resultados de la presente tesis aportan conocimiento sobre como una complementación nutricional de las cabras en pastoreo influye de manera importante sobre el papel endócrino que tiene la disminución de la progesterona plasmática para el inicio de la calostrogenésis. En efecto, en el presente trabajo se confirmó que una complementación energética con maíz en la gestación tardía resultó en una caída temprana en las concentraciones de progesterona antes del parto, y ello resultó en una mayor producción de calostro que en las cabras no complementadas.

El incremento en la producción de calostro al parto y en las primeras 10 h postparto que se encontró en las cabras complementadas de la presente tesis concuerda con lo reportado previamente en ovejas. De este modo, en ovejas Corriedale la complementación energética con maíz o cebada durante los últimos 8 días de la gestación incrementó al parto la cantidad de calostro disponible para los corderos (Banchemo et al., 2004a,b, 2007, 2009). El incremento en la producción de calostro en los animales complementados puede ser explicado por diferentes mecanismos. En la oveja, se ha propuesto un mecanismo metabólico. Así, este efecto se explica de manera que el almidón presente en el maíz es una fuente de energía que contribuye a incrementar la glucosa sanguínea. Esta glucosa a su vez, incrementa la síntesis de lactosa y de este modo se incrementa la producción de calostro al parto (Hodgson et al., 1991; Landau et al., 1999; Banchemo et al., 2006, 2007).

La explicación endocrina del efecto de la complementación energética sobre la producción elevada de calostro incluye un papel de las concentraciones de progesterona hacia el final de la gestación. Por ejemplo, se ha demostrado que en las ovejas gestantes, la disminución del 35% de su consumo alimenticio mostraron concentraciones de progesterona más elevadas que las ovejas a las que se les ofreció un alto consumo alimenticio durante la gestación (Dwyer et al., 2003). Una relación inversa entre el nivel de nutrición y la progesterona plasmática se ha reportado previamente por otros autores en ovejas y vacas (Gauthier et al., 1983; Vincent et al. 1985; Hall et al. 1992; O'Doherty y Crosby, 1996).

Como ocurrió en el presente trabajo de tesis, en ovejas, el bajo consumo alimenticio fue asociado con un retardo en la caída de la progesterona plasmática (Mellor et al., 1987). De manera que las elevadas concentraciones de progesterona se correlacionan negativamente con la producción de calostro y leche (Hall et al. 1992; O'Doherty y Crosby, 1996). Por lo cual el retardo en la calostrogénesis en las cabras del grupo Testigo de la presente tesis, posiblemente subnutridas, estuvo asociado a un retardo en la caída de las concentraciones de progesterona cercana al parto.

Previos estudios han reportado que una concentración alta de progesterona sanguínea inhibe la síntesis láctea a través de dos mecanismos; primero, reduciendo la secreción de PRL, y segundo, la progesterona tiene un efecto directo sobre la glándula mamaria al inhibir la síntesis de la enzima lactosa sintetasa, la cual, es importante en la síntesis de lactosa (Mellor, 1987; Leong et al., 1990).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIÓN**

Los resultados de la presente tesis demuestran que en las cabras gestantes mantenidas en pastoreo extensivo, una complementación energética proporcionada en la gestación tardía anticipa la caída de progesterona cerca del parto e incrementa de manera importante la producción de calostro al parto y en las primeras 10 horas postparto.

## LITERATURA CITADA

- Abraham, G. E., 1981. The application of natural steroid radioimmunoassay to gynecologic endocrinology. Pages 475–529 in Radioassay Systems in Clinical Endocrinology, Basel. G. E. Abraham, ed. Marcel Dekker, New York.
- Alexander, G., Lloyd, H., 1959. Relationship of milk production to number of lamb born or suckled. Australian Journal of Agricultural Research. 10:720-724.
- Argüello, A., Castro, N., Alvares, S., Capote, J., 2006. Effects of the number of lactation and litter size on chemical and physical characteristics of goats Small Ruminant Research. 64:53-59.
- Banchero, G.E., Quintans, G., Martin, G.B., Lindsay, D.R., Milton, J.T.B., 2004. Nutrition and colostrum production in sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy. Reproduction, Fertility and Development. 16:633-643.
- Banchero, G.B., Perez, 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. Review. Reproduction Nutrition and Development. 46:447-460.
- 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 colostrums production. Animal. 1:625-630.
- Bell, A.W., Ehrhardt, R.A., 2002. Regulation of placental nutrient transport and implications for fetal growth. Nutrition Research Reviews. 15:211–230.
- Brown, M.D., 1978. Relationships between immunoglobulins and the intestinal epithelium. Gastroenterology. 75:129-138.
- CONAGUA. 2017. Comisión nacional del agua, Subdelegación Región Lagunera. Registro de archivos de esta dependencia.
- Fahey, J.L., McKelvey, E.M., 1965. Quantitative determination of serum immunoglobulin in antibody agar plates. Journal of Immunoglobulin. 94:84-90
- Fitscher, C.H., 1986. Untersuchungen zum Vorkommen, zur Bedeutung und zur Variabilität der Proteine, Peptide und freien " Aminosäuren in Schafmilch. Ph.D. dissertation. Giesen-Just-Liebig-Universität.
- Forsyth, I.A., Bryatt, J.C., Iley, S., 1985. Hormone concentrations, mammary development and milk yield in goats given long term bromocriptine treatment in pregnancy. Journal of Endocrinology. 104:77-85.

- Hadjipanayiotou, M., 1995. Composition of ewe, goat and cow milk and of colostrum of ewes and goats. *Small Ruminant Research*.18:255-262.
- Hart, I.C., Morant, S.V., 1980. Roles of prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine in steroid-induced lactation in goats. *Journal of Endocrinology*. 84:343-351.
- Krámar, S., Kuchtík, J., Baran, M., Váradyová, Z., Krámarová, S., Gajdůšek, S., Jelínek, P., 2005. Dynamics in sheep colostrum within the first 72 h after parturition. *Small Ruminant Research*. 56: 183-188.
- Lewis, C., 2000. Vaccination of sheep - an update. In *Practice*, January. 22:34-39.
- Lynch, J.J., Leng, R.A., Hinch, G.N., Nolan, J., Bindon, B.M., Piper, L.R., 1990. Effects of cotton seed supplementation on birth weights and survival of lambs from a range of litter sizes. *Proceedings of the Australian Society for Animal Production*. 18:516.
- Lyons, W.R., 1958. Hormonal synergism in mammary growth. *Proceedings of the Royal Society. of London Series B, Biological Sciences*. 149:303-325.
- McGregor, B.A., 2003. Nutrition of goats during drought. *Rural Industries Research and Development Corporation*. 016: 1-63.
- Mellor, D.J., Murray, L., 1985. Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in Scottish Blackface ewes with twin lambs. *Research in Veterinary Science*. 39:230-240.
- Michanek, P., Ventorp, M., 1989. Intestinal transmission of macromolecules in new born dairy calves of different ages at first feeding. *Research in Veterinary Science*. 46:375-379.
- Pattison, S.E., Davies, D.A.R., Winter, A.C., 1995. Changes in the secretion rate and production of colostrum by ewes over the first 24h post-partum. *Animal Science*. 61:63-68.
- Quigley, J.D, Martin, K.R., Dowlen, H.H., Wallis, L.B., Lamar, K., 1994. Immunoglobulin concentration, specific gravity, and nitrogen fractions of colostrum from Jersey cattle. *Journal of Animal Science*. 77:264-269.
- Quiles, A.J., Gonzalo, C., Fuentes, F., Heiva, M., Sanches, J.M., 1991. Protein composition and variation of caprine colostrum (Muriano-Granadina breed) by means of polyacrylamides-sos gel electrophoresis *Animal Production*. 52:311-316.

- Quiles, A., Heivia, M., Fuentes, F., Barcina, Y., Ramírez, A., 1992. Electrophoretic fractions of proteins of milk from Murciano-Granadina goat during lactation. *Annales de Veterinaria de Murcia*. 8:7-13.
- Quittet, E., 1986. *La Cabra: Guía práctica para el ganadero*. Madrid, Ediciones Mundi Prensa. 318.
- Ramírez, R.G., Loyo, A., Mora, R., Sanchez, E.M., Chaire, A., 1991. Forage intake and nutrition of range goats in a shrubland in northeastern Mexico. *Journal of Animal Science*. 69:879-885.
- Robinson, J.J., Rooke, J.A., McEvoy, T.G., 2002. *Sheep nutrition*, M. Freer and H. Dove (Eds.), CABI Publishing in association with-Publishing; Canberra. 189.
- Sacristán, A., 1995. *Fisiología Veterinaria*. Edición Interamericana: 893-914
- Sánchez-Macías, D., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-Delanuez, A., Argüello, A., 2014. From goat colostrum to milk: Physical, chemical, and immune evolution from partum to 90 days postpartum. *Journal of Dairy Science*. 97:10–16.