Estrategias de alimentación de hembras y machos caprinos para lograr mejores índices reproductivos

Jorge Urrutia Morales[1], Cesar Augusto Rosales Nieto[1] y Graeme B. Martin[2]

[1] *INIFAP, San Luis Potosí, México*

[2] *The University of Western Australia, Crawley, Australia*

Estrategias de alimentación de hembras y machos caprinos para lograr mejores índices reproductivos

Jorge Urrutia Morales[1], Cesar Augusto Rosales Nieto[1] y Graeme B. Martin[2]

[1] *INIFAP, San Luis Potosí, México*

[2] *The University of Western Australia, Crawley, Australia*

Resumen

Los procesos reproductivos son influenciados por diversos factores, tanto externos como internos. Entre los factores externos destacan el fotoperiodo y la alimentación. Esta última afecta la reproducción de diversas maneras y en varios momentos del ciclo reproductivo. Entender las limitantes nutricionales que el medio ambiente impone a los animales es indispensable para diseñar estrategias orientadas a mejorar la eficiencia reproductiva de las cabras. En los sistemas extensivos del centro y norte de México las cabras habitualmente padecen de estados de subalimentación recurrente, lo cual se refleja en bajos índices de parición y pobre rentabilidad de los sistemas. La suplementación alimenticia tiene efectos importantes en el comportamiento reproductivo de las cabras, ampliando la estación reproductiva, incrementando la respuesta al efecto macho, la tasa ovulatoria, la tasa de concepción, el mantenimiento de la gestación, el crecimiento del feto y el desarrollo de la glándula mamaria. En el macho cabrío, mejora el volumen testicular y la producción de espermas. En conjunto, la suplementación de nutrientes por periodos cortos en momentos específicos del ciclo reproductivo tiende a mejorar las tasas de parición, lo que contribuye a elevar la rentabilidad de las explotaciones caprinas extensivas.

Palabras clave: Caprinos, Nutrición, Reproducción, Suplementación estratégica.

Introducción

La región en donde se encuentra asentada la caprinocultura de agostadero en el norte y centro de México prevalecen condiciones áridas y semiáridas. Estas zonas se caracterizan por extensos periodos de sequía, predominando condiciones muy secas y calurosas, precipitación inferior a los 350 mm anuales (Figura 1) y cobertura vegetal reducida. Debido a ello, se producen dramáticas fluctuaciones en la disponibilidad de forraje (Juárez et al., 2004). La alimentación se basa en lo que los animales pueden cosechar durante el tiempo que dedican al pastoreo, por lo que la calidad de su alimentación refleja la composición botánica del agostadero. En general la vegetación presente en los agostaderos semiáridos está integrada por pastos o zacates, arbustos, hierbas anuales, árboles y cracicaules (cactus, nopales y magueyes). Las tres primeras conforman regularmente la dieta de las cabras, mientras que los árboles son consumidos en menor cantidad (Guerrero et al., 2010).

La proporción en que son consumidos cada uno de estos tipos de forrajes depende principalmente de la disponibilidad de cada uno en el agostadero, lo cual, a su vez, varía con el tipo de agostadero y con la época del año (Mellado et al., 1991; Ramírez-Lozano, 2003). En la Figura 1 se muestra un ejemplo del comportamiento alimenticio típico de las cabras cuando encuentran cantidades suficientes de cada uno de los cinco tipos de forrajes. En general, la dieta se compone principalmente por arbustos forrajeros (60%), seguidos por los pastos (30%) y las hierbas (10%).

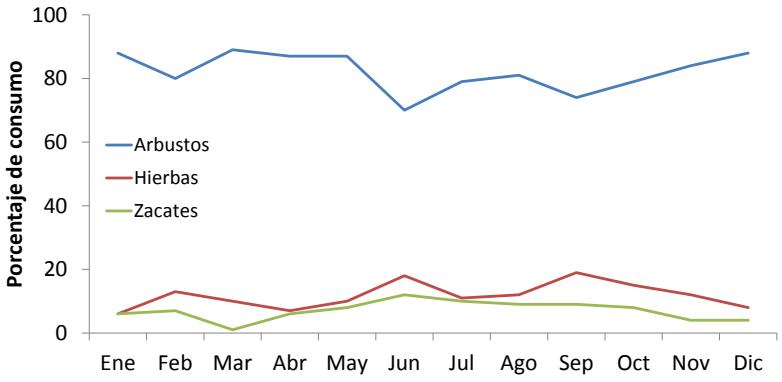

Figura 1.- Composición botánica promedio mensual de la de la dieta consumida por de cabras en un agostadero del noreste de México (Tomado de Ramírez-Lozano, 2003).

La dieta de las cabras en agostadero varía enormemente a lo largo del año, lo cual se debe a la variación en la disponibilidad de las distintas especies forrajeras durante el año (Mellado et al., 1991). En la Figura 2 se muestra un ejemplo del consumo de nutrientes de cabras en agostadero. En general se ha visto que el consumo de proteína supera el requerimiento de las cabras, mientras que el de energía suele estar por debajo de las necesidades de los animales (Mellado et al., 1991; Ramírez-Lozano, 2003). Lo anterior se debe a la preferencia que muestran las cabras hacia el consumo de plantas arbustivas (Mellado et al., 1991; Morand-Fehr, 2005), las cuales se caracterizan por elevados contenidos de proteína y bajos de energía (Guerrero et al., 2010).

Las cabras son animales oportunistas que pastorean de manera muy selectiva. Consumen gran variedad de plantas y seleccionan las plantas y las partes de ellas que presentan mayor concentración de nutrientes, prefiriendo las hojas sobre los tallos y los tallos delgados y menos fibrosos sobre los gruesos (Alexandre y Mandonnet, 2005). Por ello, son capaces de mantener un nivel relativamente constante de consumo de nutrientes, a pesar de la enorme fluctuación que tiene lugar en los agostaderos (Alexandre y Mandonnet, 2005; Ramírez-Orduña *et al*., 2008).

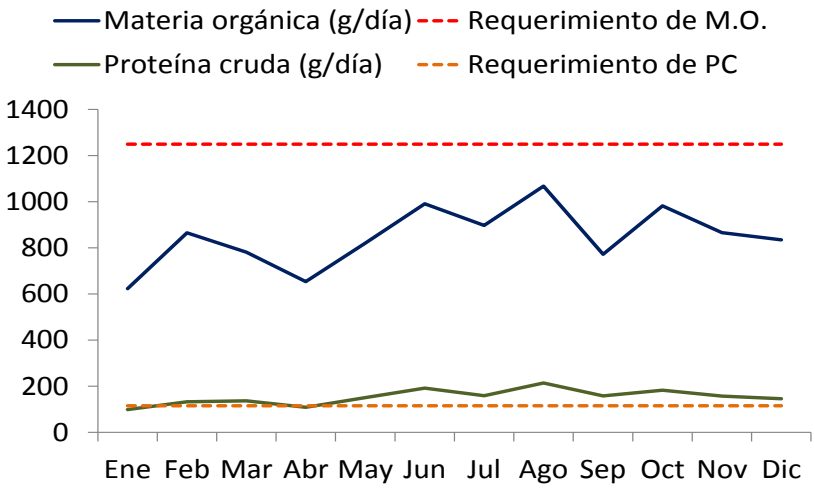

Figura 2.- Consumo mensual de proteína cruda y energía digestible (ED) y requerimientos para mantenimiento de cabras en un agostadero del noreste de México (Adaptado de Ramírez-Lozano, 2003).

La actividad durante el pastoreo tiene gran influencia en los requerimientos nutricionales de los animales y en los sistemas de agostadero reviste una importancia especial. Las cabras de agostadero regularmente están sujetas a largas caminatas, que a menudo superan las 10 horas diarias y frecuentemente suceden en terrenos difíciles, como las zonas de montaña, lo que incrementa aún más su gasto energético (Sahlu *et al*., 2004; Lachica y Aguilera, 2005). De esta forma, las cabras mantenidas en agostadero experimentan estados de subnutrición recurrentes (Alexandre y Mandonnet, 2005), lo cual ayuda a explicar los bajos índices productivos y reproductivos que regularmente se observan en los rebaños caprinos del norte y centro de México (Mellado, 2008).

El efecto de la alimentación en la reproducción es ampliamente conocido (Scaramuzzy et al., 2006). La razón para esta estrecha asociación entre la nutrición y la reproducción es asegurar que los nacimientos ocurran en las mejores condiciones de disponibilidad de nutrientes. Una forma de ver la relación entre la nutrición y la reproducción es a través del balance de energía. Cuando el consumo de energía es inferior al requerimiento, el animal utiliza sus reservas corporales de energía para cubrir dicha deficiencia. En estas condiciones se dice que el animal se encuentra en balance energético negativo. Tal es la situación que priva generalmente en las cabras en los sistemas extensivos de México (Figura 2). Algunas consecuencias metabólicas son pérdida de peso, reducción de reservas de grasa corporal, pérdida de masa muscular, bajos niveles de insulina, glucosa y leptina y reducido calor metabólico (Scaramuzzy et al., 2006). De forma similar, el balance energético negativo tiene algunos efectos en la reproducción; en el caso de las hembras puede tener efecto negativo sobre algunas variables como el inicio de la pubertad, la tasa ovulatoria, la fertilidad y la fecundidad (Rhind et al., 1985; Scaramuzzi et al., 2006; Rosales Nieto et al., 2013; 2015). En el caso de los machos, puede afectar el inicio de la pubertad, desarrollo testicular y la producción de esperma (Martin et al., 2010). Además, durante la gestación puede inducir pérdidas embrionarias o abortos en cualquier etapa de la gestación (Mellado et al., 2004, 2006) o afectar el desarrollo de las crías, lo que se reflejará en el peso al nacimiento y su desarrollo postnatal (Heasman et al. 2000; Meyer et al., 2011; Reed et al., 2014).

El uso de alimentos para complementar las deficiencias que padecen los animales, generalmente resulta poco rentable, debido al alto costo de los insumos, en especial los alimentos concentrados. Esto obliga al productor a orientar las estrategias de suplementación a los momentos en que su utilización brinda el mayor impacto en la producción y en la rentabilidad.

El propósito de este escrito es exponer la asociación entre la nutrición y la reproducción en las distintas etapas del ciclo reproductivo, de tal forma que sirva de fundamento para diseñar estrategias de manejo nutricional orientadas a mejorar los índices reproductivos, minimizando, al mismo tiempo, los costos de alimentación.

Suplementación estratégica

Se ha determinado que es posible reducir los tiempos de suplementación a unos pocos días obteniendo grandes beneficios, siempre que el alimento se proporcione en momentos estratégicos del ciclo reproductivo. Así, hay por lo menos cinco etapas del ciclo reproductivo en que la alimentación suplementaria podría reflejarse en mejoras sustanciales de la producción:

a) Suplementación de los machos ocho semanas antes del empadre
b) Suplementación de cabras antes de iniciar el empadre
c) Suplementación de cabras durante el empadre
d) Suplementación en el último tercio de gestación

Para reducir el número de días que serán suplementadas las cabras en cada etapa es necesario que los eventos reproductivos se sincronicen lo más posible. Escapa a los objetivos del presente escrito discutir sobre las distintas formas de sincronizar el estro en cabras.

Suplementación de machos

En la reproducción de un rebaño, los sementales juegan un papel primordial, pues en gran medida de ellos dependen los índices de parición. Para que un semental se desempeñe adecuadamente durante el empadre, es necesario que se encuentre en óptimas condiciones físicas. Al menos dos funciones del semental están estrechamente relacionadas con su estado nutricional: a) el comportamiento sexual o libido y b) la espermatogénesis (Guan et al., 2014).

El proceso de producción de espermatozoides o espermatogénesis toma un periodo de alrededor de 56 días. Por ello, cualquier plan de suplementación orientado a mejorar la cantidad y calidad de los espermatozoides deberá contemplar un periodo de igual o mayor duración (Martin y Walkden-Brown, 1995). La suplementación por este periodo asegura el máximo volumen testicular y la máxima producción de espermas (Walkden-Brown et al., 1994; Guan et al., 2014).

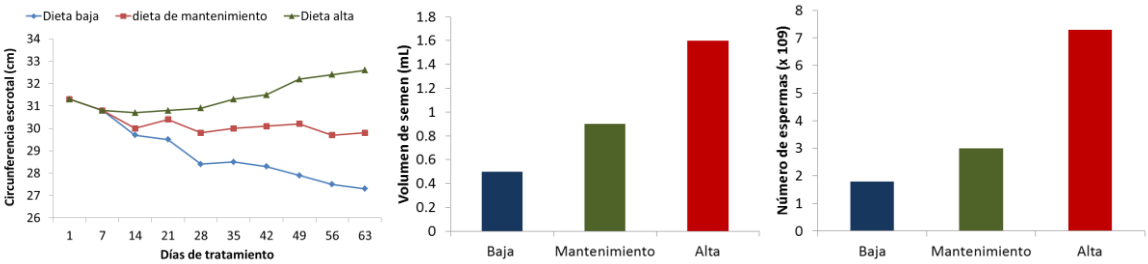

Figura 3. Circunferencia escrotal, volumen de semen y número de espermatozoides en borregos alimentados en tres niveles (Guan et al., 2014)

Mejoramiento de la respuesta al efecto macho

En los sistemas extensivos del norte de México las cabras son empadradas entre finales del invierno y primavera, cuando pocas cabras muestran estro (Rivera-Lozano *et al*., 2011), lo que ocasiona bajas tasas de concepción (Mellado et al., 2005; Urrutia-Morales *et al*., 2012). Para inducir el estro, sin recurrir al uso de tratamientos hormonales, se recurre al llamado "efecto macho" (Chemineau et al., 2000; Delgadillo et al., 2015). Se ha visto que el manejo nutricional modifica la sensibilidad de las cabras en anestro al estímulo de los machos (Mellado et al., 1994; Restall et al., 1994; Urrutia et al., 2003; Gallego-Calvo et al., 2015). Tanto el peso vivo como la condición corporal de las hembras caprinas pueden provocar variaciones sustanciales en la respuesta al efecto macho (Veliz et al., 2006; Velez et al., 2012). La respuesta tiende a ser mayor en cabras con mayor peso corporal (Veliz et al., 2006). Por el contrario, la baja condición corporal se ha asociado con pobres respuestas reproductivas al efecto macho (Urrutia et al., 2003).

Se ha reportado la inducción de la actividad reproductiva durante el anestro tardío en cabras en respuesta al efecto macho, independientemente de la condición corporal o del nivel de alimentación (Rosales-Nieto et al., 2011; Vera et al., 2016). En contraste, cuando las cabras reciben el estímulo del macho a la mitad del anestro la respuesta reproductiva es mayor en cabras en condición corporal alta (Figura 4; Vera et al., 2016).

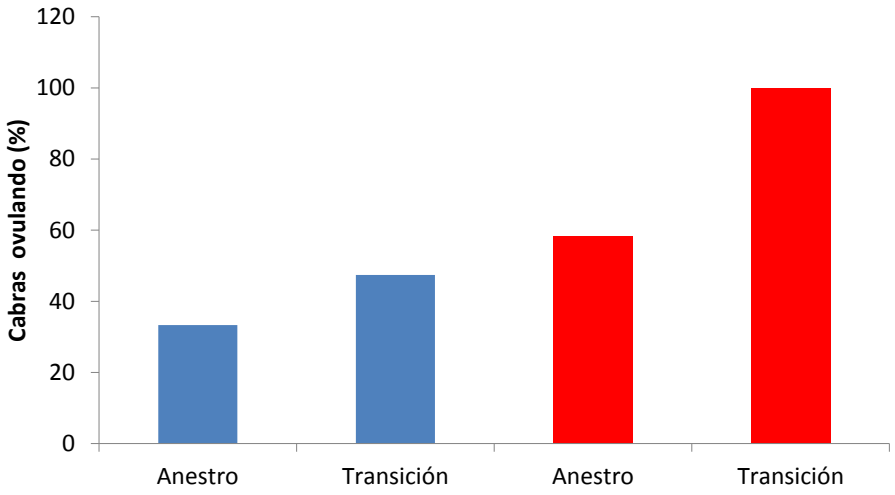

Figura 4. Interacción entre el índice de masa corporal y el periodo de anestro en la respuesta al efecto macho en cabras (tomado de Vera et al., 2016)

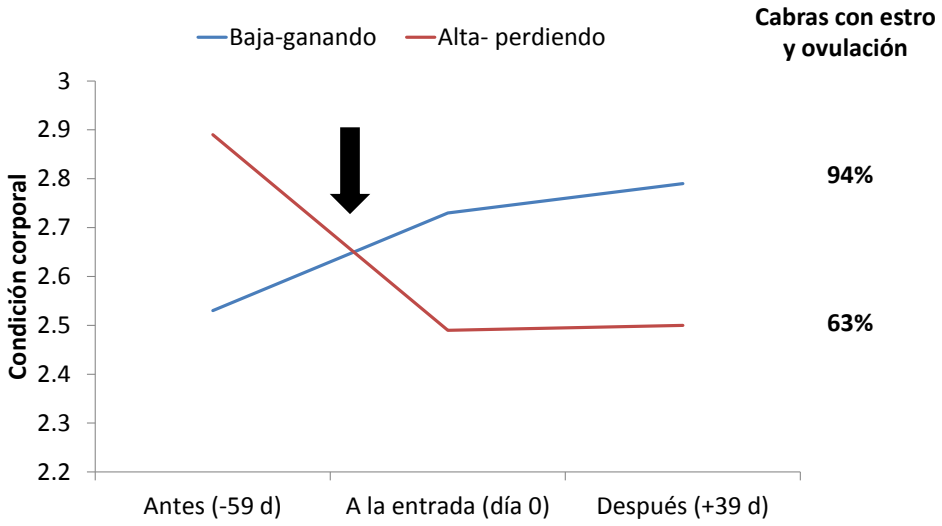

Figura 5. Efecto dinámico del cambio de peso en la respuesta al efecto macho en cabras. Las cabras en baja y alta condición corporal se alimentaron a 1.9 y 0.4 veces el requerimiento de mantenimiento, para que ganaran o perdieran peso, respectivamente (tomado de Gallego-Calvo et al., 2015).

Además, la respuesta al efecto macho depende de si la cabra se encuentra ganando o perdiendo peso (Gallego-Calvo et al., 2015). Cuando la nutrición es pobre, la cabra pierde peso y condición corporal; en estas condiciones muestra una pobre respuesta ovárica y estral y una productividad reducida en respuesta al efecto macho (Figura 5). Las mayores concentraciones de insulina y glucosa observadas en cabras con ganancias de peso y/o condición corporal ayuda a explicar el mejor comportamiento reproductivo observado en respuesta al efecto macho (Gallego-Calvo et al., 2015). Sin embargo, parece ser que la suplementación nutricional de corto plazo tiene poco efecto sobre la respuesta de las cabras al efecto macho (Fitz-Rodríguez et al., 2009; Flores-Najera et al., 2010; De Santiago-Miramontes et al., 2011), al igual que en ovinos (Scaramuzzi et al., 2013).

Aumento de la tasa parición

La tasa de parición, o número de cabritos que nacen en promedio por cada cabra que es sometida a empadre, depende del número de óvulos que son liberados por cada cabra, del número de ellos que son fecundados y del número de ellos que llegan al término de la gestación. Estos tres factores de algún modo reflejan el estado nutricional de la cabra en las distintas etapas de la gestación.

Aumento de la tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria o número de óvulos liberados por cada hembra durante la ovulación, lo cual en cabras suele ser de entre 1 y 3, está fuertemente asociado con el estado metabólico de la cabra en el periodo que rodea el momento de la ovulación. Se ha observado que la suplementación de cabras en estado corporal moderadamente bajo se refleja en aumentos en las tasas ovulatorias, aunque la suplementación sea de apenas siete días (Fitz-Rodríguez et al., 2009).

En hembras que se mantienen en balance energético positivo durante el periodo ovulatorio, eventualmente aumentarán de peso, lo que se verá reflejado en mayores tasas ovulatorias. Sin embargo, el efecto estimulatorio de la nutrición sobre la foliculogénesis puede ocurrir mucho antes de que se detecte cualquier ganancia de peso (Scaramuzzy 2006), fenómeno conocido como "efecto agudo"; por su parte, el "efecto dinámico" está asociado con incrementos de peso corporal durante la foliculogénesis, mientras que el efecto "estático" se asocia con un elevado peso corporal *per se*. Ambos efectos se reflejan en una tasa ovulatoria aumentada (Figura 6).

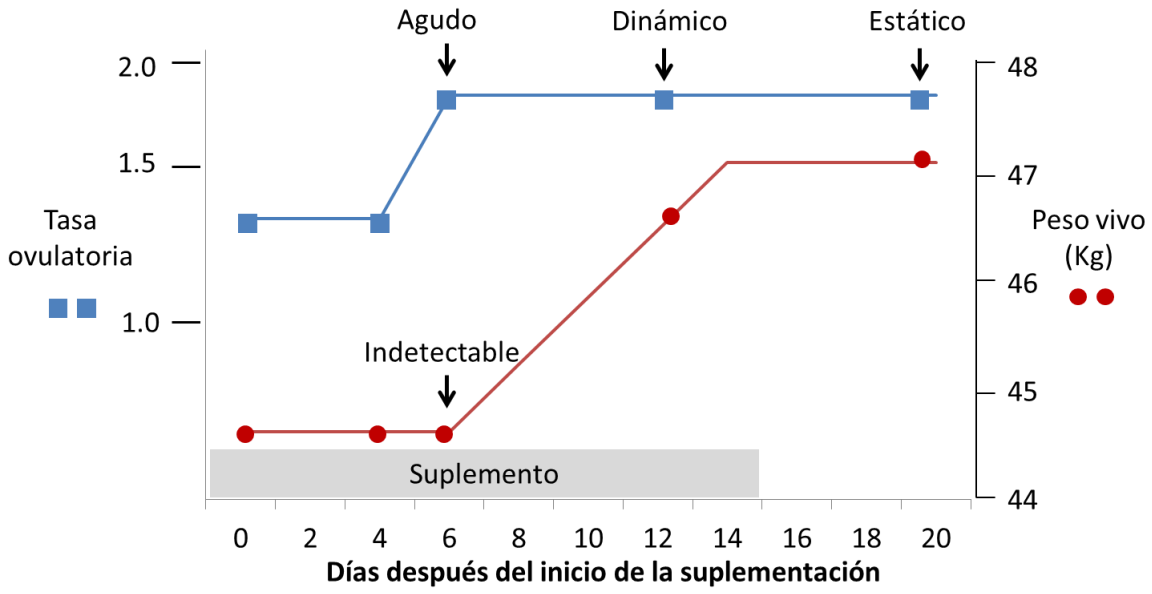

Figura 6. Efectos agudo, dinámico y estático de la nutrición en la tasa ovulatoria (Scaramuzzi et al., 2006)

En cabras en anestro estacional, inducidas a ovalar por medio de tratamiento hormonal con progesterona y eCG, la suplementación con 220 g de maíz por nueve días, a partir de la inserción de CIDR, tendió a incrementar la tasa ovulatoria en 43% en comparación con aquellas no suplementadas (Nogueira et al., 2016).

Aumento de la tasa de gestación

El mejoramiento de la condición corporal de las cabras durante el empadre y el periodo inmediato posterior al empadre tiende a mejorar las tasas de gestación temprana (Figura 7). Además, cabras en baja condición corporal que ganan peso, tiende a mejorar la tasa de gestación; por el contrario, cabras en buena condición corporal pero que pierden peso, la tasa de gestación disminuye (Herrero et al., 2011).

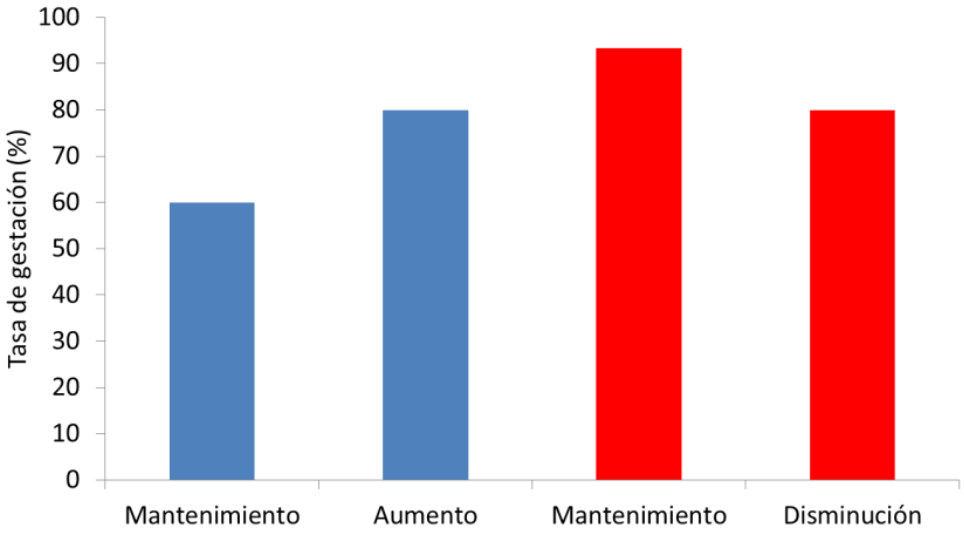

Figura 7. Efecto de la condición corporal y la dinámica de cambio de peso durante el empadre y el periodo posterior al empadre en las tasas de gestación temprana (Herrero et al., 2011).

La suplementación de las cabras en condición corporal moderada por un periodo de 14 días comenzando el día de la primera monta contribuye a elevar la proporción de cabras montadas que quedan gestantes (Figura 8; Fitz-Rodríguez et al., 2009).

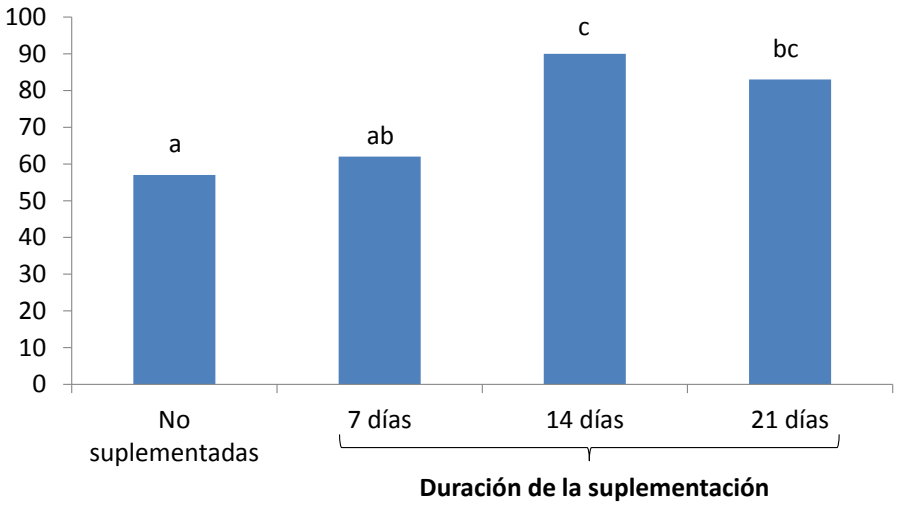

Figura 8. Tasa de preñez en cabras suplementadas por 7, 14 ó 21 días a partir del día 9 de la introducción de los machos (Fitz-Rodríguez et al., 2009).

Sostenimiento de la gestación

El sostenimiento de la gestación hasta desembocar en el nacimiento de una o más crías es una condición generalmente asociada en la especie caprina con un buen estado de salud y nutrición. Por el contrario, la interrupción de ésta en cualquier etapa es una condición generalmente relacionada con problemas infecciosos y, en caprinos, con problemas de desnutrición, condición que se presenta con mayor frecuencia en rebaños localizados en zonas áridas y semiáridas, en donde un alto porcentaje de los abortos no están asociados con la presencia de agentes infecciosos como causa desencadenante. Existen evidencias que indican que estos abortos no infecciosos son causados principalmente por deficiencias nutricionales, particularmente en lo que corresponde a deficientes consumos de energía (Hussain et al., 1996). Así mismo, se ha sugerido que condiciones climáticas estresantes como descensos abruptos de temperatura acompañados de lluvia o heladas, pueden potencializar el efecto de la sub-nutrición y sumados con ésta desencadenar el aborto (Romero et al., 2003).

En la región árida y semiárida del norte y del centro de México los porcentajes de cabras que abortan suele ser de entre 30 y 70% (Mellado et al., 2004; Mellado y Pastor, 2006; Urrutia et al., 2012), lo que ocasiona pérdidas enormes a la caprinocultura, independientemente del impacto ecológico que implica el alimentar cabras improductivas.

Pérdidas embrionarias tempranas: El aborto puede ocurrir en cualquier momento de la gestación. Las pérdidas embrionarias tempranas son aquellas que ocurren dentro de los primeros 30 a 35 días de gestación, las cuales a menudo pasan inadvertidas para el productor. Se ha visto que las cabras son especialmente sensibles a sufrir este tipo de pérdidas, en especial debido a una mala condición corporal al inicio de la gestación. Se ha observado que a los 30 días de ocurrida la monta, los índices de gestación son entre 30 y 40% menores en cabras en baja condición corporal, en comparación con aquellas en condición corporal moderadamente buena (Herrero et al., 2011).

Abortos: A diferencia de las pérdidas embrionarias tempranas, los abortos comúnmente se refieren a la interrupción de la gestación en un periodo más avanzado de preñez. Al igual que lo que ocurre con las pérdidas embrionarias tempranas, las cabras son muy susceptibles a abortar, tanto por restricción nutricional, como por estrés calórico (Mellado y Pastor, 2006). En condiciones de pastoreo extensivo, este problema está estrechamente relacionado con la disponibilidad de forraje en los agostaderos. Asimismo, se ha determinado que las cabras con gestaciones múltiples tienen mayores probabilidades de abortar, debido a que el estrés nutricional se intensifica en estas condiciones.

Un programa de suplementación que asegure el mantenimiento de una condición corporal moderadamente buena (entre 2.5 y 3.0) a lo largo de toda la gestación tiende a reducir el número de cabras que abortan (Figura 9; Mellado et al., 2004), en especial cuando el empadre se realiza entre diciembre y febrero, pues las condiciones de los agostaderos son sumamente pobres en esos meses y la condición corporal de las cabras se reduce gradualmente, al mismo tiempo que sus requerimientos se incrementan por efecto de la propia gestación. Especial cuidado merece la alimentación durante el el final de gestación, pues en ese periodo las cabras son sumamente susceptible a aborta, debido a que en ese periodo el feto crece con mayor rapidez, lo que demanda cantidades crecientes de nutrientes, al mismo tiempo que se reduce la capacidad de ingesta de la cabra.

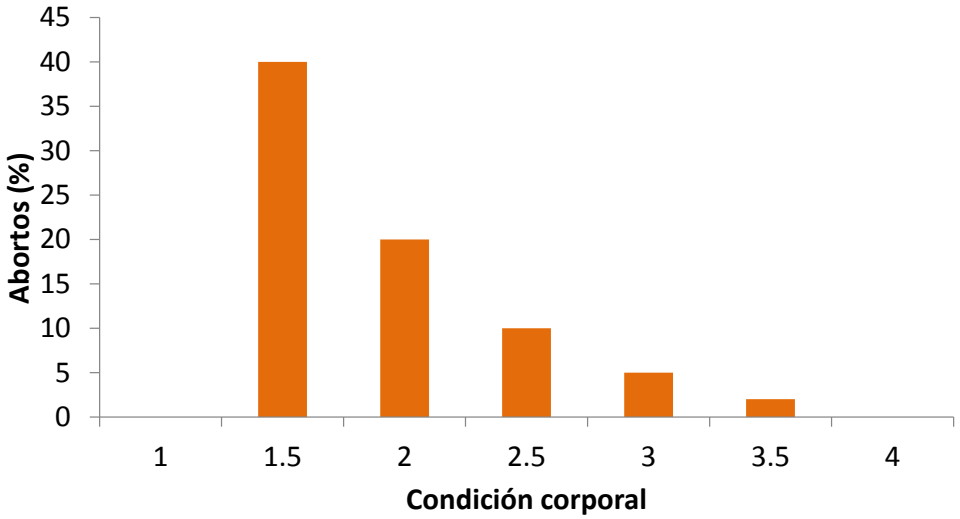

Figura 9.- Relación entre condición corporal de cabras al empadre y el porcentaje de abortos en cabras mantenidas en agostadero bajo condiciones semiáridas en el norte de México (Mellado et al., 2004).

Alimentación durante la gestación

La alimentación de la cabra gestante, más allá de sus efectos sobre el mantenimiento de la gestación, tiene efectos importantes en la producción. La subalimentación provoca la pérdida de condición corporal de la cabra, bajo peso al nacimiento, deterioro en el inicio de la lactancia, bajo nivel de producción láctea y limitada vinculación madre-cría.

Influencia de la alimentación en el peso al nacimiento

A pesar del gran impacto que tiene la caprinocultura en el mantenimiento de algunas economías de México, especialmente en las regiones áridas y semiáridas, existen muy pocos estudios que hayan considerado los efectos de la desnutrición durante la gestación sobre el desarrollo de los fetos y en el peso al nacimiento de los cabritos. Hernández et al. (2010a) y Luna-Orosco et al. (2015) observaron que la suplementación de las cabras en el último tercio de gestación incrementó el peso al nacimiento de los cabritos y el peso a los 7 y 15 días de edad (Cuadro 1). En el caso de otras especies como los ovinos, se ha encontrado que la restricción nutricional durante la gestación disminuye el peso de los corderos recién nacidos, especialmente en partos gemelares (Louca et al, 1974; Rae et al, 2002; Corner et al, 2010; Olazábal et al, 2013).

Cuadro 1. Efecto de la suplementación antes y después del parto en el peso al nacimiento (PROM±EEM) y a los 7 y 15 días de edad de cabritos en condiciones de agostadero (Luna-Orosco et al., 2015).

Tratamiento	Peso corporal (Kg)		
	Nacimiento	7 días de edad	15 días de edad
No suplementadas	3.4±0.2[a]	4.6±0.2[a]	5.6±0.2[a]
Suplementadas -15 d a +7 d	3.6±0.2[a]	5.2±0.2[a]	6.6±0.2[b]
Suplmentadas -35 d a + 7 d	3.8±0.1[b]	5.3±0.2[b]	6.9±0.2[b]

Suplemento: 500 g de concentrado (18% PC/kg MS, 2.7 Mcal/kg MS y 2% sal)

Influencia de la alimentación en gestación en la ganancia de peso pre-destete

La mayoría de la información disponible ha sido generada en condiciones de confinamiento, habiendo muy pocos datos provenientes de sistemas de agostadero, sin embargo es de suponer que el sistema de alimentación juegue un papel importante. Rodríguez et al. (2009) obtuvieron mayores pesos al sacrificio (120 días de edad) y mejores rendimientos en canal en cabritos mantenidos en confinamiento que en cabritos mantenidos en praderas de pasto Tanzania (26.2 vs. 18.0 Kg y 47.1 vs. 44.0%, respectivamente). En el norte de México, los cabritos que nacen en Enero en condiciones de agostadero generalmente nacen con un peso bajo (<2.8 Kg; Juárez et al., 2004), lo cual se conjuga con ganancias de peso son bajas (<75 g/día) debido a que su crecimiento ocurre en condiciones de sequía; lo que hace que los cabritos lleguen al sacrificio con un peso menor a 6 Kg. En contraste, cuando las épocas de pariciones coinciden con el inicio del periodo de lluvias, los aumentos de peso de los cabritos son de alrededor de los 100 g/día (Mellado, 2008), lo que permite que los cabritos alcancen un peso al sacrificio de entre 6 y 7 Kg.

Influencia de la alimentación preparto en la relación madre-cría

La restricción alimenticia durante la gestación afecta dramáticamente la fisiología y el comportamiento de la madre y sus crías (Terrazas et al., 2012). En la madre, la malnutrición provoca la pérdida de condición corporal (Terrazas et al., 2009) y deteriora el inicio de una buena lactancia (Neville et al., 2013). De la misma manera, afecta la endocrinología relacionada con el metabolismo y con el control de sistemas de aprendizaje de la descendencia. Una vez al parto las consecuencias en la madre se ven reflejadas especialmente por un pobre desempeño materno, baja producción de leche, pérdida de la condición corporal y limitada vinculación con el cabrito (Terrazas et al., 2012). En el caso de las crías los efectos de una malnutrición en la vida prenatal son inmediatos y observables, como es el bajo peso al nacimiento, la falta de vitalidad y viabilidad, además que deterioran sus procesos cognitivos. Por tanto, dicha situación en la descendencia puede tener repercusiones inmediatas como muerte postnatal y, a largo plazo, alteraciones en las capacidades cognitivas y la expresión de un comportamiento normal (Dwyer, 2008). En cabras, se ha demostrado que una complementación alimenticia al final de la gestación puede ser una estrategia que puede eliminar y revertir la mayoría de las anomalías fisiológicas y conductuales, antes mencionadas (Mahboub et al., 2013). En ovinos, cuando una hembra ha tenido una alimentación inadecuada o una dieta restringida durante la gestación, se han observado consecuencias negativas, como corderos delgados y débiles, baja producción de leche y aumento de la mortalidad postnatal (Mellor, 1983; Dwyer, 2008). Del mismo modo, las ovejas desnutridas mostraron menor o nulo interés por su cría y no mantuvieron su instinto materno, en contraste con las bien alimentadas, inclusive cuando su cordero era fuerte y activo (Thomson y Thompson, 1949).

Alimentación preparto y producción de calostro

Existe una fuerte relación entre la nutrición durante la gestación y el inicio de la lactación (Figura 10; Neville et al., 2013). Mellor y Murray (1985) mostraron que una alimentación mala durante las últimas seis semanas de gestación inhibe 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.

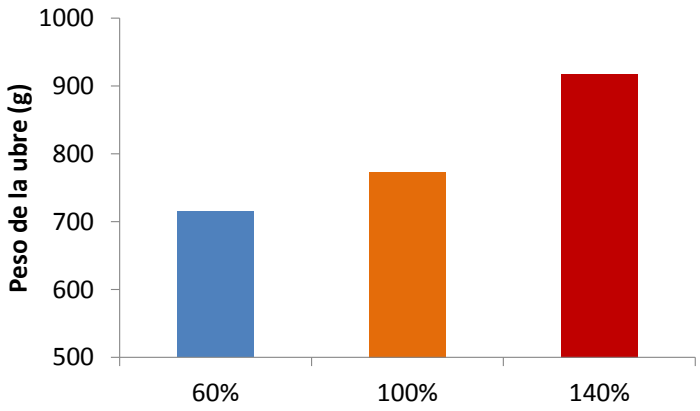

Figura 10. Efecto de la suplementación 40 días antes del parto en el peso de la ubre de borregas (Neville et al., 2013).

Normalmente, el calostro se acumula rápidamente unos días previos al parto (2 a 3 días) asegurando de este modo la disponibilidad de varios mililitros al momento del nacimiento del cordero (Banchero, 2007). Sin embargo, esta fase llamada lactogénesis II (Hartmann et al., 1973), puede estar reducida a tal grado que en algunas ovejas, particularmente las melliceras, no tengan calostro al momento del parto. Algunas de las posibles razones incluyen una pobre calidad o valor nutritivo de la pastura y/o una reducción en el consumo voluntario de las ovejas durante las últimas semanas de gestación. Weston (1988) sugirió que durante la gestación tardía la compresión del útero y su contenido limitaría el volumen del rumen y esto podría reducir el consumo voluntario, especialmente con dietas a base de forrajes. Esto no sucedería si a la oveja se le suministra un concentrado ya que la densidad energética y/o proteica del mismo siempre puede ser mayor que la de un forraje. De este modo, una suplementación estratégica previo al parto, de corta duración y fácil de aplicar puede contrarrestar este efecto disminuyendo la mortalidad de corderos por inanición. En cabras mantenidas en agostadero, la suplementación con maíz durante los 12 días previos al parto se reflejó en mayor producción de calostro y en la producción de calostro con mejor valor nutricional (Ramírez-Vera et al., 2012; Figura 11).

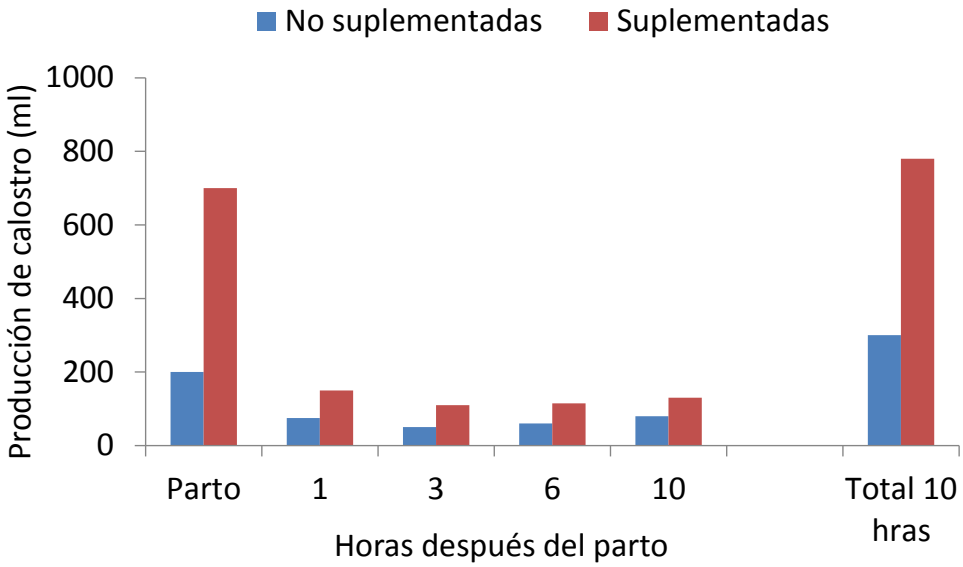

Figura 11. Efecto de la suplementación 12 días antes del parto con grano de maíz en la producción de calostro en cabras en pastoreo extensivo (Ramírez-Vera et al., 2012).

Alimentación preparto y desarrollo de la glándula mamaria

La nutrición materna afecta directamente la cantidad y la calidad de leche disponible para las crías (Miranda et al., 1983; Meyer et al., 2011). Swanson et al. (2008) observaron una disminución en la producción de calostro en ovejas de primer parto subalimentadas o sobrealimentadas en comparación con aquellas alimentadas a nivel de mantenimiento durante la gestación, lo cual estuvo asociado con una disminución del peso de la glándula mamaria en las ovejas subalimentadas. Adicionalmente, los mismos autores encontraron una disminución en la proliferación celular mamaria en los alveolos y un incremento del área alveolar en las ovejas primíparas subalimentadas, lo que lleva a concluir, que el adecuado plano nutricional de las madres durante la gestación es importante para el desarrollo de la glándula mamaria (Swanson et al., 2008). Las ovejas que fueron subalimentadas de la mitad al final de la gestación mostraron una menor producción de leche comparadas con las ovejas alimentadas a nivel de mantenimiento o sobrealimentadas, aun cuando se les alimentó con el mismo nivel durante los primeros 20 días de lactancia (Meyer et al., 2011). En ovejas sobrealimentadas durante la gestación mostraron un mayor peso de la glándula mamaría al momento del parto que las ovejas alimentadas a niveles de mantenimiento o restringidas (918, 773 y 715 g, respectivamente), situación que se mantuvo aún a los 20 días de lactancia (648, 628 y 542 g, respectivamente) (Neville et al., 2013).

La suplementación preparto influye de manera decisiva sobre el desarrollo de la ubre (Hernández et al., 2010b), lo que a su vez se asocia con el nivel de producción de leche. Estos autores mencionan que las cabras que fueron suplementadas durante los últimos 45 días de gestación y durante la lactancia produjeron mayor cantidad de leche, lo que se reflejó en mayor crecimiento de sus cabritos y mayor cosecha de leche a partir del día 63 de lactancia (1.79 vs. 1.06 Kg). Aparentemente esta mayor producción de leche estuvo relacionada con el mayor volumen de tejido glandular que mostraron las ubres de las cabras suplementadas.

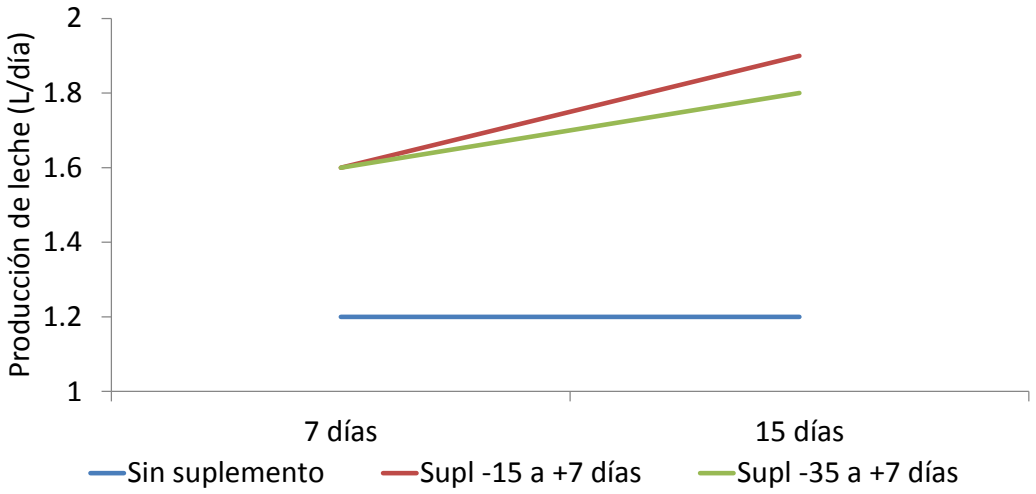

Figura 12. Efecto de la suplementación antes del parto y al inicio de la lactancia en la producción de leche de cabras en agostadero (Luna-Orosco et al., 2015).

Conclusiones e implicaciones

La suplementación alimenticia tiene efectos importantes en el comportamiento reproductivo de las cabras, ampliando la estación reproductiva, mejorando la producción de espermas en machos y, en hembras, incrementando la respuesta al efecto macho, la tasa ovulatoria, la tasa de concepción, el mantenimiento de la gestación, el crecimiento del feto y el desarrollo de la glándula mamaria. La suplementación de nutrientes por periodos cortos en momentos específicos del ciclo reproductivo tiende a mejorar las tasas de parición con inversiones económicas relativamente bajas, lo que contribuye a elevar la rentabilidad de las explotaciones caprinas extensivas.

Literatura citada

Alexandre G, Mandonnet N. 2005. Goat meat production in harsh environments. Small Ruminant Research 60:53-66.

Banchero G. 2007. Alternativas de manejonutricionalparamejorar lasupervivencia de corderosneonates. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 15 (Supl. 1):1-9.

Bencini, R., Pulina, G., 1997. The quality of sheep milk: a review. Aust. J. Exp. Agric. 37, 485-504

Burris, M.J. & Baugus, C.A. 1955. Milk Consumption and Growth of Suckling Lambs. Journal of Animal Science 14: 186-191.

Chemineau P. Poindron P, Malpaux B, Delgadillo JA. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency inthe male effect during seasonal anestrus in female goats. Biol. Reprod. 62:1409-1414.

Corner, R.A., Kenyon, P.R., Stafford, K.J., West, D.M., Morris, S.T., Oliver, M.H. 2010. The effects of pasture availability for twin- and triplet-bearing ewes in mid and late pregnancy on ewe and lamb behaviour 12 to 24 h after birth. Animal. 4: 108-115.

Decaluwé, R., Maes, D., Wuyts, B., Cools, A., Piepers, S., Janssens, G.P.J., 2014. Piglets ′colostrum intake associates with daily weight gain and survival until weaning, Livestock Science, 162, 185-192.

Delgadillo JA, Flores JA, Hernandez H, Poindron P, Keller M, Fitz-Rodriguez G, Duarte G, Vielma J, Fernandez IG, Chemineau P. Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. Hormones and Behavior. 2015; 69:8-15.

Dwyer CM. 2008. Genetic and physiological determinants of maternal behavior and lamb survival: implications for low-input sheep management. Journal of Animal Science. 86: E246-258.

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, British Journal of Nutrition, 89, 123-136.

Fitz-Rodríguez G, De Santiago-Miramontes MA, Scaramuzzi RJ, Malpaux B, Delgadillo JA. Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. Animal Reproduction Science 2009;116:85-94.

Gallego-Calvo L, Gatica MC, Guzmán JL, Zarazaga LA. Reproductive performance response to the male effect in goats is improved when doe live weight/body condition score is increasing. Small Ruminant Research 2015;156:51-57.

Greenwood, PL, RM Slepetis, AW Bell, and JW Hermanson. 1999. Intrauterine growth retardation is associated with reduced cell cycle activity, but not myofibre number, in ovine fetal muscle. Reproduction, Fertility and Development11 281-291.

Guan Y, Malecki IA, Hawken PAR, Linden MD, Martin GB. 2014. Under-nutrition reduces spermatogenic efficiency and sperm velocity, and increases sperm DNA damage in sexually mature male sheep. Animal Reproduction Science 149:163-172.

Guerrero M, Juárez AS, Ramírez RG, Montoya R, Murillo M, La O O, Cerrillo MA. Composición química y degradabilidad de la proteína de forrajes nativos de la región semiárida del norte de México. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 2010; 44:147-154.

Heasman, L., Brameld, J., Mostyn, A., Budge, H., Dawson, J., Buttery, P., Stephenson, T., Symonds, M.E., 2000. Maternal nutrient restriction during early to mid-gestation alters the relationship between insulin-like growth factor I and bodyweight at term in fetal sheep, Reproduction, Fertility and Development, 12, 345-350.

Hernández HL, Pérez RM, De Lucas TJ. 2010a. Efecto de la suplementación preparto sobre los pesos de cabras y de cabritos Alpino Francés. Memorias del VI Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Querétaro, Qro. México. p 67 (resumen).

Hernández HL, Pérez RM, De Lucas TJ. 2010b. Efecto de la suplementación sobre la producción de leche y características de la ubre en cabras Alpino Francés. Memorias del VI Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Querétaro, Qro. México.p 68 (resumen).

Herrero SIM, Vera AHR, Jiménez SH, Castañeda RV, Montiel OLJ, Huerta LC, Villagómez-Amezcua ME, López DEP, Espinoza MMA, Montoya FMD, Villa GA. 2011. Efecto de la condición pre y post-nutricional sobre la gestación temprana en caprinos. XXVI Reunión Nacional sobre Caprinocultura, Querétaro, Qro, México.

Hotzel MJ, Walkden-Brown SW, Fisher JS, Martin GB. 2003. Determinants of the annual patterns in mature male Merino and Suffolk sheep:responses to a nutritional stimulus in the breeding and non-breeding season. Reproduction, Fertility and Development 15:1-9.

Hussain Q, Havrevoll Ø, Eik LO, Ropstad E. Effect of energy intake on plasma glucose, non-esterified fatty acids and acetoacetate concentration in pregnant goats. Small Ruminant Research. 1996; 21:89-96.

Jenkinson, C.M.C., Earl, A.K., Kenyon, P.R., Blair, H.T., 2012. Effects of maternal nutrition during pregnancy on fetal growth and maternal constraint in sheep, Animal Production Science, 52, 524-532.

Juárez RAS, Montoya ER, Nevarez CG, Cerrillo SMA, Mould FL. In situ degradability of dry matter and neutral-detergent fibre of thorn scrubland forage consumed by goats in the semi-arid region of north Mexico. Animal Science. 2004. 79 P. 505–511.

Lachica M, Aguilera JF. Energy needs of the free-ranging goat. Small Ruminant Research 2005; 60:111-125.

Louca, A., Mavrogen.A, Lawlor, M.J. 1974. Effects of Plane of Nutrition in Late Pregnancy on Lamb Birth-Weight and Milk-Yield in Early Lactation of Chios and Awassi Sheep.Animal Production. 19: 341-349.

Luna-Orozco JR, Meza-Herrera CA, Contreras-Villarreal V, Hernández-Macías N, Angel-Garcia O, Carrillo E, Mellado M, Véliz-Deras FG. 2015, Effects of supplementation during late gestation on goat performance and behavior under rangeland conditions. Journal of Animal Science 93:4153-4160.

Mahboub DHH, Ramadan GAS, Helal AYM, Aziz AKE. 2013. Effect of Maternal Feeding in Late Pregnancy on Behaviour and Performance of Egyptian Goat and Sheep and Their Offspring. Global Veterinaria 11(2):168-176.

Martin GB, Walkden-Brown SW. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. Journal of Reproduction and Fertility. Suppl 49: 437-449.

Mellado M. Técnicas para el manejo reproductivo de las cabras en agostadero. Tropical and Subtropical Agroecosystems 2008; 9:47-63

Mellado M, Foote RH, Rodriguez A, Zarate P. Botanical composition and nutrient content of diets selected by goats grazing on desert grassland in northern Mexico. Small Ruminant Research 1991; 6:141-150.

Mellado, M., Mellado, J., García, J.E., López, R. Lifetime reproductive performance of goats as a function of growth traits and reproductive performance early in life. Journal of Applied Animal Research 2005; 27: 113-116.

Mellado M, Pastor FJ. Aborto no infeccioso en caprinos. Ciência Animal Brasileira 2006;7:167-175.

Mellado, M., Valdez, R., Lara, L.M., García, J.E., 2004. Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions, Small Ruminant Research, 55, 191–198.

Mellado M, Valdez R, Lara LM, García JE. Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. Small Rumin Res 2004;55:191-198.

Mellado M, Vera A, Loera H. Reproductive performance of crossbred goats in good or poor body condition exposed to bucks before breeding. Small Ruminant Research 1994; 14:45-48.

Mellor, D.J. 1983. Nutritional and placental determinants of foetal growth rate in sheep and consequences for the newborn lamb. The British Veterinary Journal. 139: 307-324.

Mellor DJ, Murray L. 1985. 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.

Merlos-Brito M, Martín-Rojero RD, Torres-Hernández G, Mastache-Lagunas AA, Gallegos-Sánchez J. 2008. Evaluación de características productivas en cabritos Boer x local, Nubia x Local y locales en el trópico seco de Guerrero, México. Veterinaria México 39(3):323-333.

Meyer, A.M., Reed, J.J., Neville, T.L., Thorson, J.F., Maddock-Carlin, K.R., Taylor, J.B., Reynolds, L.P., Redmer, D.A., Luther, J.S., Hammer, C.J., Vonnahme, K.A. & Caton, J.S. 2011. Nutritional plane and selenium supply during gestation affect yield and nutrient composition of colostrum and milk in primiparous ewes1. J. Anim. Sci. 89: 1627-1639.

Meza-Herrera CA, Medina-Rosales JM, Gómez-González A. 2008. Crecimiento pre y posdestete en cabras Boer x Boer y Boer x Nubia en el altiplano mexicano. RevistaChapingoSerieZonasÁridas 7:125-132.

Miranda RN, Saravia G, Ackerman R, Murphy N, Berman S, McMurray DN. 1983. Effect of maternal nutritional status on immunological substances in human colostrum and milk. Am J Clin Nutr 37:632–640.

Morand-Fehr P. 2005. Recent developments in goat nutrition and application: A review. Small Ruminant Research 60:25-43.

Neville TL, Meyer AM, Reyaz A, Borowicz PB, Redmer DA, Reynolds LP, Caton JS, Vonnahme KA. 2013. Mammary gland growth and vascularity at parturition and during lactation in primiparous ewes fed differing levels of selenium and nutritional plane during gestation. Journal of Animal Science and Biotechnology 4:6. (doi:10.1186/2049-1891-4-6)

Nogueira DM, Cavalieri J, Fitzpatrick LA, Gummow B, Blache D, Parker AJ. 2016. Effect of hormonal synchronisation and/or short-term supplementation with maize on follicular dynamics and hormone profiles in goats during the non-breeding season. Animal Reproduction Science 171:87-97.

Nørgaard, J.V., Nielsen, M.O., Theil, P.K., Sørensen, M.T., Safayi, S., Sejrsen, K., 2008. Development of mammary glands of fat sheep submitted to restricted feeding during late pregnancy, Small Ruminant Research 76, 155-165.

Nowak, R. & Poindron, P. 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. Reprod. Nutr. Dev. 46: 431-446

Nowak, R., Porter, R., Levy, F., Orgeur, P. & Schaal, B. 2000. Role of mother-young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. Rev Reprod 5: 153-163.

O'Doherty, J.V., Crosby, T.F., 1996. The effect of diet in late pregnancy on progesterone concentration and colostrum yield in ewes, Theriogenology 46, 233-241.

Olazábal FA, Vera AHR, Serafín LN, Medrano HJA., Sánchez SH, Terrazas, GAM. 2013. Reconocimiento mutuo madre-cría en ovinos Columbia con restricción nutricional durante la gestación. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 4(2):127-147.

Rae, M.T., Kyle, C.E., Miller, D.W., Hammond, A.J., Brooks, A.N., Rhind, S.M. 2002. The effects of undernutrition, in utero, on reproductive function in adult male and female sheep.Animal ReproductionScience. 72: 63-71.

Ramírez-Lozano R.G. Nutrición de rumiantes: sistemas extensivos. México. Ed: Trillas:UANL (reimpresión 2005). 2003. 304 p.

Ramírez-Orduña R, Ramírez RG, Romero-Vadillo E, González-Rodríguez H, Armenta-Quintana JA, Avalos-Castro R. 2008. Diet and nutrition goats on a sarcocaulescent shrubland from Baja California Sur, Mexico Small Ruminant Research. 76:166-176.

Ramírez-Vera S, Terrazas A, Delgadillo JA, Serafín N, Flores J.A., Elizundia JM, Hernández H. 2012. Feeding corn during the last 12 days of gestation improved colostrum production and neonatal activity in goats grazing subtropical semi-arid rangeland. Journal of Animal Science 90:2362-2370 (doi: 10.2527/jas.2011-4306).

Reed SA, Raja JS, Hoffman ML, Zinn SA, Govoni KE. 2014. Poor maternal nutrition inhibits muscle development in ovine offspring. Journal of Animal Science and Biotechnology 5:43 (http://www.jasbsci.com/content/5/1/43)

Restall BJ, Restall H, Norton BW. 1994. Effect of nutrition on sensitivity of female goats to the male effect. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 20:39.

Rhind, S.M., Leslie, I.D., Gunn, R.G., Doney, J.M., 1985. Plasma FSH, LH, prolactin and progesterone profiles of Cheviot ewes with different levels of intake before and after mating, and associated effects on reproductive performance. Animal Reproduction Science 8, 301-313.

Rivera-Lozano MT, Díaz-Gómez MO, Urrutia-Morales J, Vera-Ávila H, Gámez-Vázquez H, Villagómez-Amezcua ME, Aréchiga-Flores CF, Escobar-Medina FJ. Seasonal variation in ovulatory activity of Nubian, Alpine and Nubian × Criollo does under tropical photoperiod (22° n). Tropical and Subtropical Agroecosystems 2011; 14: 973 -980.

Romero RCM, Flores GJC, García LG, Villar RD, Haro MG, Xolalpa CVM. 2003. Participación de la brucelosis en el aborto caprino: I. Evaluación en sistemas extensivos de la Mixteca alta oaxaqueña. Revista Latinoamericana de Pequeños Rumiantes 2:36-46.

Rosales Nieto CA, Ferguson MB, Macleay CA, Briegel JR, Martin GB, Thompson AN. Selection for superior growth advances the onset of puberty and increases reproductive performance in ewe lambs. Animal. 2013; 7:990-997.

Rosales Nieto, C.A., Ferguson, M.B., Thompson, H., Briegel, J.R., Macleay, C.A., Martin, G.B., Thompson, A.N., 2015. Relationships among Puberty, Muscle and Fat, and Liveweight Gain during Mating in Young Female Sheep. Reproduction in Domestic Animals 50, 637-642.

Rosales-Nieto, C.A., Gamez-Vazquez, H.G., Gudino-Reyes, J., Reyes-Ramirez, E.A., Eaton, M., Stanko, R.L., Meza-Herrera, C.A., Gonzalez-Bulnes, A., 2011. Nutritional and metabolic modulation of the male effect on the resumption of ovulatory activity in goats. Animal Production Science 2011; 51:115-122.

Rosales Nieto, C.A., Meza-Herrera, C.A., Morón Cedillo, F.J., Flores Najera, M.J., Gámez Vázquez, H.G., Cuevas Reyes, V. & Liu, S.M. 2015b. Effects of vitamin E supply during late gestation and early lactation upon colostrum composition, milk production and quality in nutritional restricted ewes. Small Ruminant Research 133: 77-81

Rumball, C.W.H., Bloomfield, F.H., Oliver, M.H., Harding, J.E., 2009. Different Periods of Periconceptional Undernutrition Have Different Effects on Growth, Metabolic and Endocrine Status in Fetal Sheep, Pediatric Research, 66, 605-613.

Sahlu T, Goetsch AL, Luoa J, Nsahlai IV, Moored JE, Galyean ML, Owensf FN, Ferrell CL, Johnson ZB. Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them. Small Ruminant Research 2004; 53:191-219.

Scales, G.H., Burton, R.N., Moss, R.A., 1986. Lamb mortality, birthweight, and nutrition in late pregnancy. New Zealand Journal of Agricultural Research 29, 75-82.

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 RJ, Oujagir L, Menassol J-B, Freret S, Piezel A, Brown HM, Cognié J, Fabre Nys C. The pattern of LH secretion and the ovarian response to the 'ram effect' in the anoestrous ewe is influenced by body condition but not by short-term nutritional supplementation. Reproduction, Fertility and Development 2013; http://dx.doi.org/10.1071/RD13139.

Snowder, G.D. & Glimp, H.A. 1991. Influence of breed, number of suckling lambs, and stage of lactation on ewe milk production and lamb growth under range conditions. Journal of Animal Science 69: 923-930.

Swanson TJ, Hammer CJ, Luther JS, Carlson DB, Taylor JB, Redmer DA, Neville TL, Reynolds LP, Caton JS, Vonnahme KA. 2008. Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs. J AnimSci 86:2415–2423.

Terrazas A, Robledo V, Serafin N, Soto R, Hernandez H, Poindron P. 2009. Differentialeffects of undernutritionduringpregnancyonthebehaviour of does and theirkids at parturition and ontheestablishment of mutual recognition. Animal 3:294-306.

Terrazas A, Hernández H, Delgadillo JA, Flores JA, Ramírez-Vera S, Fierros A, Rojas S, Serafín N. 2012. Undernutrition during pregnancy in goats and sheep, their repercussion on mother-young relationship and behavioural development of the young. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 15(Sup 1):S161-S174.

Thomson, A.M., Thomson, W., 1949. Lambing in Relation to the Diet of the Pregnant Ewe.British Journal of Nutrition 2, 290-305

Urrutia MJ, Cruz A, Díaz GMO, Rivera LMT. 2010. Medidas corporales, peso e índice de masa corporal de cabritos Boer y Nubio mantenidos en estabulación. XLVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Campeche, Campeche, México. Memoria electrónica:195.

Urrutia MJ, Gamez VHG, Ramirez ABM. Effect of grazing restriction on male effect response in goats showing low body condition in the anoestrus season. Tecnica Pecuaria en Mexico 2003; 41, 251-260.

Urrutia-Morales J, Meza-Herrera CA, Tello-Varela L, Díaz-Gómez MO, Beltrán-López S. Effect of nutritional supplementation upon pregnancy rates of goats under semiarid rangelands and exposed to the male effect. Tropical Animal Health and Production 2012; 44: 1473-1477.

Velez LI, Maldonado JJA, Lopez GJC, Isidro RLM, Veliz FG, Salinas GH. Respuesta estral y latencia al primer estro en cabras criollas con diferente condición corporal puestas en contacto con machos tratados con dias largos artificiales. In: Memorias de la XLVIII Reunion Nacional de Investigacion Pecuaria. 2012; Queretaro, Mexico.

Veliz FG, Poindron P, Malpaux B, Delgadillo JA. Positive correlation between the body weight of anestrous goats and their response to the male effect with sexually active bucks. Reproduction, Nutrition and Development 2006; 46:657-661.

Vera-Ávila HR, Urrutia-Morales J, Espinosa-Martínez MA, Gámez-Vázquez HG, Jímenez-Severiano H, Villagómez-Amezcua ME. Body condition and stage of seasonal anestrus interact to determine the ovulatory response after male biostimulation in anovulatory criollo × Nubian goats. Animal Science Journal 2016 (en prensa).

Vilar-Martínez H, Vera-Ávila HR, González-Padilla E, López-Ordaz R, Domínguez-Araujo G, Jiménez-Severiano H, Mejía-Guadarrama C. 2009. Comparación de diferentes estimadores de grasa corporal y contenido muscular en cabras criollas adultas. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 11:95-97.

Walkden-Brown SW, Restall BJ, Norton BW, Scaramuzzi RJ, Martin GB. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian Cashmere goats. Journal of Reproduction and Fertility 102:351-360.

Weston RH. 1988. Factors limiting the intake of feed by sheep. 11. The effect of pregnancy and early lactation on the digestion of a medium-quality roughage.Australian Journal of Agricultural Research 39:659-669.

Wilson, SJ, McEwan, J.C., Sheard, P.W., & Harris, A.J. 1992 Early stages of myogenesis in a large mammal: formation of successive generations of myotubes in sheep tibialis cranialis muscle. J Muscle Res Cell Motil13 534-550.