



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC) EN EL EFECTO  
MACHO EN CABRAS CRIOLLAS EN ETAPA DE TRANSICIÓN REPRODUCTIVA

Por:

Jesús Steve Pérez Romo

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo Zootecnista



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



INFLUENCIA DEL INDICE DE MASA CORPORAL (IMC) EN EL EFECTO  
MACHO EN CABRAS CRIOLLAS EN ETAPA DE TRANSICION REPRODUCTIVA

Por:

**Jesús Steve Pérez Romo**

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo Zootecnista

**Asesores**

Dr. Manuel Antonio Ochoa Cordero

M.C. Felipe de Jesús Morón Cedillo

**Revisor**

I.A.Z. Leticia Calderón Chávez

**Asesor Externo**

Dr. Héctor Guillermo Gámez Vázquez

El trabajo titulado “**Influencia del índice de masa corporal (IMC) en el efecto macho en cabras criollas en etapa de transición reproductiva**” fue realizado por Jesús Steve Pérez Romo como requisito parcial para obtener el título de “Ingeniero Agrónomo Zootecnista” y fue revisado y aprobado por el suscrito comité de tesis.

M. C. Felipe de Jesús Morón Cedillo

---

Asesor

Dr. Manuel Antonio Ochoa Cordero

---

Asesor

I.A.Z. Leticia Calderon Chavez

---

Revisor

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. a los 19 días del mes de Julio de 2013.

## DEDICATORIA

**A mis Padres** Sr. José de Jesús Pérez Guerrero por ser fuente de inspiración y empeño para salir adelante, motor de empuje para terminar mi carrera y mi trabajo de Tesis. Ejemplo como buen hombre, responsable y dedicado. Sra. Blanca Leticia Romo Miranda por tanto amor, tantos cuidados, tantos consejos y sobre todo esas ganas de salir adelante y siempre poder continuar con mie mestas y sueños, para así poder cumplirlos.

Gracias por cada muestra de amor y cariño, durante toda mi vida. Los Amo.

**A mi hermana** Blanca Daniela Pérez Romo por siempre estar conmigo, darme su amor, su apoyo, eso sí, siempre muy a su manera. Te amo Hermana.

**A mi sobrina** Miranda, por llegar en el momento más indicado a mi vida, para darle un motivo de unión mayor a nuestra familia, que a pesar de ahora ser tan pequeña, sé que es la fuente más grande de motivación para salir adelante.

**A mis abuelitos** Dr. José de Jesús Pérez Sánchez que sé que estaría totalmente orgulloso de este gran logro, te extraño. Sra. Juanita Miranda y Sr. Jesús Romo que desde hace tiempo no están a mi lado pero siempre han estado conmigo, los quiero. Maestra Julia Guerrero que he podido contar con su apoyo, y siempre estar al pendiente de cómo voy progresando. Gracias por tanto amor.

**A Esmeralda Carolina Flores Bustamante** por haber llegado a mi vida para darme paz, amor y alegría, darle un nuevo sentido a mis ideales, enseñarme que la distancia no existe cuando existe una razón y sobre todo regresar en mi tantas cosas que creía perdidas, siempre viviré agradecido contigo. Te quiero.

## AGRADECIMIENTOS

**A la Facultad de Agronomía**, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por hacer de mi un profesionalista, y aumentar mi amor y pasión por las ciencias.

**Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias**, a través de campo experimental San Luis por las facilidades que nos otorgaron para la realización de este proyecto.

**Al Dr. Jorge Urrutia Morales** por tanto apoyo y ayuda, ser guía y punto de partida en esto tan bello que es la investigación.

**Al M.C. Felipe Morón Cedillo** por su apoyo, su paciencia y tolerancia, por su siempre buena ayuda y su alegría. Gracias por todo Morón.

**Al Dr. Manuel Antonio Ochoa Cordero**, por su dedicación y empeño, y su visión en nuestro proyecto. Gracias.

**Al Dr. Héctor Guillermo Gámez Vázquez** por su apoyo, su dedicación, su apertura como persona, su amistad y su buena vibra.

**A mis amigos**. Marisol, Fernanda, Javier, Rodrigo, Diana Figueroa y Diana Echeverría por su gran amistad y cariño.

**A Lucia Cifuentes** por su apoyo y su fortaleza brindada.

**Enrique y Mary** por su ayuda siempre necesaria.

**A Hilda García** por su apoyo y colaboración en el proyecto.

**A la Profesora Sigi Orta Hernández** por su colaboración y fuente de conocimientos.

**A mi compañero tesista**. Gerardo Esaú Ramírez Rosales por su amistad, apoyo y compañerismo, gracias por todo, sé que siempre puedo contar con usted.

## CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
CONTENIDO.....	V
INDICE DE CUADROS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
INTRODUCCION.....	1
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	3
Estacionalidad reproductiva de la cabra.....	3
Fisiología reproductiva de la cabra.....	4
Factores que afectan la estacionalidad reproductiva.....	5
Raza.....	5
Influencia de la latitud geográfica.....	6
Fotoperiodo.....	7
Alimentación.....	7
Efecto macho.....	8
MATERIALES Y METODOS.....	10
Ubicación del Experimento.....	10
Material y Equipo.....	10
Animales y Tratamientos.....	11
Alimentación.....	12
Manejo General de las Cabras.....	12
Manejo del Macho.....	13
Muestras de Sangre.....	13
Análisis de Progesterona.....	14
Variables de Respuesta.....	14

Análisis Estadístico.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
Peso Corporal.....	15
Índice de Masa Corporal.....	16
Análisis de Progesterona.....	16
CONCLUSIONES.....	20
LITERATURA CITADA.....	21

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Presentación de primera y segunda ovulación en cabras en dos niveles de índice de masa corporal (IMC), expuestas a machos sexualmente activos el 17 de julio.....	18

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Peso corporal promedio semanal de cabras en dos índices de masa corporal (IMC) antes y después de la exposición a los machos el 17 de julio. El peso de la semana 4 corresponde a la entrada de los machos. En todas las semanas se detectaron diferencias significativas ( $P<0.05$ ).....	15
2	Índices de masa corporal (IMC) promedio semanal antes y después de la exposición a los machos el 17 de julio. El IMC de la semana 4 corresponde a la entrada de los machos. En todas las semanas se detectaron diferencias significativas ( $P<0.0001$ ).....	16
3	Concentración de progesterona en cabras en índices de masa corporal (IMC) alto y bajo antes y después de la exposición a los machos el 17 de julio. El día Post-1 corresponde a la entrada de los machos.....	17

## RESUMEN

Las cabras presentan estacionalidad reproductiva, caracterizada por mostrar actividad ovulatoria cíclica en los meses de otoño e invierno (estación reproductiva) y anestro el resto del año lo que constituye un impedimento para lograr altos índices de concepción en los meses de primavera y verano. Para contrarrestar esta limitante, se ha recurrido a la estimulación de la actividad ovulatoria por medio de la introducción de machos sexualmente activos, fenómeno conocido como efecto macho. Sin embargo, existe poca información en cabras con respecto a la influencia que ejerce el plano nutricional, asociado con el índice de masa corporal, en la respuesta de las cabras al estímulo de los machos. El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto del índice de masa corporal en cabras Criollo x Nubia antes y durante el empadre en la respuesta al efecto macho durante la época de transición de anestro profundo a estacionalidad reproductiva (Julio). El estudio se realizó en San Luis Potosí (22°N) con 31 cabras criollas cruzadas con Nubia, de 3 años de edad, que se sometieron a dos niveles de alimentación para mantenerlas en índice de masa corporal bajo (N=19) y alto (N=12), desde 2 meses antes de la introducción de los machos y durante 42 días del empadre. El 17 de julio se introdujeron dos machos enteros provistos de chaleco protector y chaleco marcador, previamente inducidos a la actividad sexual mediante la inyección repetida de testosterona. Para determinar la actividad ovulatoria se tomaron muestras de sangre de la yugular siete días antes de la entrada de los machos y hasta 42 días después. El peso corporal de las cabras fue mayor ( $P < 0.03$ ) en el grupo de CC alto que en el bajo (38.13 vs. 30.86 kg). El 100 y 47.4% de las cabras en IMC baja y alta, respectivamente, respondieron al estímulo del macho ( $P > 0.05$ ), presentando su primera ovulación a los  $10.6 \pm 1.5$  y  $9.8 \pm 1.7$  días de la entrada del macho ( $P > 0.05$ ). De manera similar, el 33.3% y 10.5% ( $P > 0.05$ ) de las cabras en IMC baja y alta presentaron su segunda ovulación a los  $12.8 \pm 1.7$  y  $7.9 \pm 1.6$  30.2 y 28.5 días de la entrada del macho ( $P > 0.05$ ).

Se concluye que durante el periodo de transición a la estación reproductiva las cabras con índice de masa corporal alto responden mejor al estímulo del macho, iniciando su actividad ovulatoria a partir del día 10 de la introducción de los machos.

## SUMMARY

Goats present their reproductive station characterized by the activity of cyclic ovulation in the months of fall and winter (reproductive state), and anoestrus the rest of the year. This characteristic impedes reaching a high grade of conceptions in the months of spring and summer. To overcome this limitation, it has recurred to simulating of ovulation by introducing active sexually males, a phenomenon known as male effect. Nevertheless, there is a little information on goats in reference of the influence of nutritional level, associated with the body mass index, on female goat response to male stimulus. The present study was conducted in order to evaluate the effect of body mass index of Criollo x Nubia goats before and during the mating period on respond to male effect during the transition period from deep anestrous to reproductive season (July). The study was made in San Luis Potosi (22°N) with 31 Criollo x Nubia (3 years old) goats, that were fed in two levels in order to keep them in low (LBMI; n=19) or high (HBMI; n=12) body body max index, since two months before the introduction of males and during the 42 days of mating. On the 17th of July two males wearing a protection vest and marker, previously induced to sexual activity through repeated injections of testosterone, were introduced. In order to determine the ovulatory activity, blood samples were taken by jugular puncture, seven days before to 42 days after the introduction of males. Body weight of goats were higher ( $P>0.05$ ) in the group of HBCS than LBCS (38.13 vs. 30.86). 100 and 47% of goats in LBMI and HBMI responded to the male stimulus ( $P<.05$ ), displaying their first ovulation  $10.6\pm 1.5$  and  $9.8\pm 1.7$  days from the introduction of males ( $P<.05$ ), even though, only 33.3 and 10.5% ( $P<.05$ ) of goats in both treatments showed a second ovulation at  $12.8\pm 1.7$  and  $7.9\pm 1.6$  30.2 and 28.5 days ( $P<.05$ ). Its concluded that during the transition period of reproductive season, goats with body mass index high responds better to the stimulus of males, initiating their ovulatory activity from the 10th day of the introduction of males.

## INTRODUCCION

En la región semiárida de México la caprinocultura es una de las actividades rurales más extendidas, particularmente en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Coahuila y Nuevo León. En el país, esta especie se explota por norma general como un animal de subsistencia, utilizando en su mayoría animales criollos con bajos índices productivos. La producción estacional de forraje, determina en gran medida, el sistema de manejo del ganado, debido a la necesidad de satisfacer los requerimientos nutricionales del rebaño en sus distintas etapas fisiológicas, con el forraje pastoreado como única fuente de alimento. Uno de los factores que más limita la productividad de los rebaños caprinos, es la baja eficiencia reproductiva (Castillo *et al.*, 1989; Suarez *et al.*, 1990; Valdéz *et al.*, 1990; Vargas *et al.*, 1990; Falcón *et al.*, 1990; López y Mora, 1990) debido, principalmente, a que en estas zonas, se acostumbra realizar los empadres durante los meses de febrero-marzo, hecho que obedece a la necesidad de que las crías nazcan durante la estación de mayor disponibilidad de forrajes, es decir, de julio a octubre.

Se sabe que las cabras presentan estacionalidad reproductiva, caracterizada por mostrar actividad ovulatoria cíclica en los meses de otoño e invierno (estación reproductiva) y anestro el resto del año (Duarte *et al.*, 2008; De Santiago *et al.*, 2009; Rivera *et al.*, 2011), lo que constituye un impedimento para lograr altos índices de concepción en los meses de primavera y verano. Para contrarrestar esta limitante, se ha recurrido a la estimulación de la actividad ovulatoria por medio de la introducción de machos sexualmente activos (Delgadillo *et al.*, 2002; Veliz *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007), fenómeno conocido como efecto macho. Sin embargo, existe poca información en cabras con respecto a la influencia que ejerce el plano nutricional, asociado con el índice de masa corporal, en la respuesta de las cabras al estímulo de los machos. El conocer este fenómeno, permitiría planear adecuadamente el manejo de los empadres, para lograr una eficiencia productiva óptima.

## **Objetivos**

Evaluar el efecto del índice de masa corporal de cabras Criollo x Nubia antes y durante el empadre en la respuesta al efecto macho durante el periodo de transición de la época de anestro profundo a la de actividad reproductiva (Julio).

## **Hipótesis**

El índice de masa corporal bajo afecta negativamente la respuesta al efecto macho en las cabras Criollo x Nubia durante el periodo de transición de la época de anestro profundo a la de actividad reproductiva (Julio).

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Estacionalidad Reproductiva de la Cabra**

Los animales con reproducción estacional como los ovinos, caprinos y equinos, con el fin de asegurar la supervivencia de su descendencia y por consiguiente de su especie, utilizan las condiciones del medio ambiente para establecer una estrategia reproductiva bien definida: seleccionan la época del año más favorable para sus partos (alrededor de la primavera), donde encuentran el clima y la disponibilidad de alimentos adecuada para el desarrollo de los recién nacidos, y renuevan el pelaje en el invierno (Escobar, 2003). El ambiente es un factor que influye sobre el potencial genético de los individuos determinando el período reproductivo y la intensidad del mismo (Chemineau, 1992).

En cada especie, existen diferencias muy importantes entre razas en su respuesta sexual al fotoperiodo, observándose una gran variabilidad en cuanto a la duración y las fechas de inicio y finalización de la actividad reproductiva tanto para hembras como para machos (Santiago *et al.*, 2000). De tal manera que existirían respuestas diferenciales del eje hipotálamo-hipófisis a los cambios lumínicos, que determinarían las diferencias en la longitud e intensidad de la estación reproductiva de las distintas razas (Fernández, 1993).

La duración de la temporada de apareamiento, la libido y el comportamiento sexual y social son codificados por los factores genéticos y se modifican por la acción de los factores externos como el fotoperiodo, disponibilidad de alimento, temperatura, régimen pluvial y humedad. Existen numerosos antecedentes que demuestran una importante variación de la actividad reproductiva entre genotipos, en particular la libido. Esta variación implica que los aspectos reproductivos no pueden extrapolarse entre las distintas razas y que deben ser evaluados para cada sistema de producción (Pérez y Mateos 1996).

Se sabe que las cabras presentan una estación de anestro que abarca los meses de primavera (Mohammed *et al.*, 1984; Chemineau *et al.*, 1992), particularmente en zonas localizadas por encima de los trópicos (Ortavan y Loir, 1980). Chemineau *et al.* (1992) observaron que al someter cabras originarias de una latitud septentrional (Alpinas) a un fotoperiodo tropical no se modificaba la estacionalidad de la presentación de estros ni de

la actividad ovárica, pero tendía a ser un poco más larga la estación reproductiva (alrededor de 30 días). Bajo las condiciones de fotoperiodo de la región semiárida de México (entre 21° y 26° L. N.), se ha observado que una alta proporción de cabras presenta actividad sexual durante esta época (Trejo y Pérez, 1986; Valencia *et al.*, 1988; Esquivel *et al.*, 1992).

Se ha visto que las cabras de razas lecheras, tales como la Sannen, Alpina y Granadina, presentan una estación de anestro más prolongada que las cabras criollas (Valencia *et al.*, 1988; Trejo *et al.*, 1988; Cervantes *et al.*, 1989), aunque también se ha observado una estacionalidad reproductiva bien definida en la raza Nubia (Monroy *et al.*, 1991). Viramontes (1986) citados por Gutiérrez y Chavira (1997) mencionan que las cabras criollas del estado de Chihuahua, no presentan celos en los meses de abril a junio. Similares resultados fueron observados en cabras criollas del estado de Guanajuato (Trejo y Pérez, 1986) y del centro del país (Valencia *et al.*, 1988). Esto sugiere que las cabras criollas presentan una estación de anestro de corta duración y poco profunda, sin embargo, bajo condiciones de pobre alimentación, como lo sería en cabras mantenidas en agostadero semiárido, la estación de anestro podría ser más prolongada.

### **Fisiología de la estacionalidad reproductiva.**

El anestro estacional se caracteriza por una falta de expresión de síntomas de celo (López- Sebastián, 1999) y una ausencia de ovulación, por un cambio en la dinámica del crecimiento folicular, aun alcanzando el diámetro preovulatorio no llega a ovular (Goodman y Karsch ., 1982; Foster, 1994). Hay una disminución de la frecuencia de secreción de los pulsos de hormona luteinizante (LH) a 2 pulsos/24 horas sin presencia de progesterona endógena, cuando la secreción pulsátil de LH en época reproductiva es 48 pulsos/24 horas (Bittman *et al.*, 1983). La cantidad de hora luz se registra en la retina del ojo, el estímulo a través del tracto retino hipotalámico hacia el núcleo supraquiasmático del hipotálamo posteriormente el ganglio cervical superior y glándula pineal (Escobar, 2005). En esta glándula se produce la hormona melatonica durante las horas oscuras del día (Chemineau *et al.*, 1986). Por lo tanto el periodo de secreción de melatonina varía de acuerdo a la luminosidad del día, es mayor en los días con menor

cantidad de horas luz (días cortos), lo que se presenta en otoño e invierno y en menor que los días largos de primavera y verano (Arent, 1998).

Durante los periodos largos de secreción de hormona se inhibe la retroalimentación negativa del estradiol sobre la secreción tónica de la hormona liberadora de gonadotropinas, permitiendo su secreción. La secreción pulsátil de esta, estimula a su vez la secreción pulsátil de LH en el lóbulo anterior de la hipófisis lo que da por resultado el desarrollo completo del folículo; al aumentar la capacidad folicular se incrementa la producción de estrógenos y estos estimulan la liberación preovulatoria de GnRH y la ovulación se presenta (Malpaux *et al.*, 1999)

La disminución de la secreción de LH durante el anestro es debida, principalmente a la acción negativa que ejerce el estradiol (E2) (Pelletier y Orvant, 1997) a través del eje hipotahipotalamo-hipofisiario. La inhibición de la secreción pulsátil de LH permanece durante toda la estación de anestro y es la responsable de la baja actividad reproductiva durante dicho periodo (McLeod *et al.*, 1982)

Durante la época reproductiva, el estradiol baja ligeramente de amplitud de los pulsos sin modificar significativamente la frecuencia. Este fenómeno de inhibición estacional de la pulsación de la LH, se origina por un aumento en la retroalimentación negativa del estradiol sobre la frecuencia de secreción de pulsos de GnRH durante la época de anestro (Barrel *et al.*, 1992).

## **Factores que Afectan la Estación Reproductiva**

### **Raza**

Las razas muestran diferencia en cuanto la actividad sexual durante el año, es decir que en esta puede verse restringida a una determinada época del año, por lo que recibe el nombre de poliestrica estacional, o bien que aparece prácticamente todo el año, poliestrica continua (Arbiza, 1986).

Se ha visto que las cabras de raza lecheras, como la Saanen, Alpina y Granadina presentan una estación de anestro más prolongada que las cabras criollas (Valencia *et al.*, 1986; Trejo *et al.*, 1988; Cervantes *et al.*, 1989) aunque también se ha observado una estacionalidad reproductiva bien definida en la raza Nubia (Monroy *et al.*, 1991).

En general se considera las cabras de razas europeas son más estacionales que los genotipos criollos del norte de México, lo que puede explicar la tendencia de algunos productores tradicionales de empadrear sus rebaños fuera de estación reproductiva clásica (Salinas *et al.*, 1991). Considerando ambos aspectos, la latitud geográfica del norte de México (entre 22° y 26° L.N) y la presencia de genotipos criollos largamente adaptados a estas condiciones de crianza, es posible suponer que el anestro que presentan sea de corta duración poco profundo, aunque no hay suficiente evidencia publicada al respecto para respaldar tal aseveración.

### **Influencia de la latitud geográfica**

La influencia del fotoperiodo depende de su intensidad. Es mayor hacia los polos, en donde existe una diferencia bien marcada entre los días más cortos y los más largos, y menor en los lugares cercanos al ecuador, en donde dicha diferencia prácticamente no existe. En la zona templada (región ubicada entre los trópicos y las líneas polares), los rebaños manifiestan una clara diferencia entre la temporada reproductiva y de anestro. La época de anestro se presenta durante los días con mayor cantidad de horas luz, en la primavera y verano, con una duración similar el resto del año corresponde a periodos de transición entre la época reproductiva y de anestro, que se presenta generalmente el final del invierno, y entre la época de anestro y la estación reproductiva, que se manifiesta al final del verano (Mohammed *et al.*, 1984).

En la cabra la gestación dura 5 meses (Lindsay, 1991), por lo que para parir en la primavera debe quedar gestante durante el otoño del año anterior. La reducción en la duración del día que se presenta durante el otoño, le sirve como señal para que se presenten ciclos estrales fértiles (Goodman, 1994). Lo mismo ocurre en los animales jóvenes, la pubertad únicamente la presentan durante los días en que se reducen las horas luz (Foster, 1994).

En los rebaños ubicados en la región tropical (región comprendida entre los trópicos de cáncer y de capricornio), la situación es diferente; el fotoperiodo influye poco en el comportamiento reproductivo estacional de la cabra. Las hembras pueden ciclar durante un periodo más prolongado del año, en virtud de que las diferencias en la duración del día son menos manifiestas que en las regiones templadas (Chemineau *et al.*, 1992).

Aunado a esto otros factores tales como la nutrición también juegan un papel fundamental en la actividad reproductiva de las cabras.

### **Fotoperiodo**

El fotoperiodo constituye la señal más importante del medio ambiente que utilizan para programar su actividad reproductiva, para parir en primavera deben de concebir en el otoño anterior, cuando se reducen las horas luz (Valencia *et al.*, 1986) las cabras presentan ciclos estrales durante la temporada de días con menor cantidad de luz (días cortos), en otoño e invierno, y anestro durante la primavera y el verano, es decir con los días con mayor número de horas luz (días largos). La reducción del ciclo anual del fotoperiodo de seis meses estimula a estas hembras para que presenten dos temporadas reproductivas en un año, cada una coincide con la reducción de las horas luz. Esto se debe a que se reduce el periodo anual del anestro. (Escobar *et al.*, 1997).

### **Alimentación**

El efecto que ejerce la alimentación sobre las tasas de fertilidad y prolificidad es bien conocido, sin embargo el efecto de la estacionalidad de la actividad reproductiva ha sido poco estudiado, en especial en las hembras de la especie caprina, sin embargo se esperaría a que si ejerce alguna influencia, esta se refleje en dos aspectos principales: en la amplitud de la estación de anestro y en el porcentaje de hebras como actividad cíclica a lo largo del año (Forcada *et al.*, 1992)

Cuando los requerimientos básicos no logran ser cubiertos, comienzan a utilizar sus reservas corporales, con la consecuente pérdida de peso y condición corporal (Birkelo *et al.*, 1991) lo cual podría reflejarse en el rendimiento productivo y reproductivo.

La restricción alimenticia en los mamíferos puede afectar las regiones del hipotálamo que regula la liberación y producción de hormonas de la glándula pituitaria involucrada en los procesos reproductivos (Dunn y Moss, 1992).

El pico en la tasa ovulatoria al inicio de la estación reproductiva parece estar relacionados a los efectos del fotoperiodo sobre la liberación de LH y FSH (Robinson y Karsh 1988; Montgomery *et al.*, 1988). Se encontró una disminución de la liberación de LH durante la fase lútea del ciclo estral en ovejas moderadamente subnutridas durante el

periodo de transición del anestro a la estación reproductiva. La nutrición podría modular la respuesta del cambio del fotoperiodo, bloqueando el despliegue potencial ovulatorio en ovejas en baja condición corporal. El periodo de transición entre la estación de anestro y la estación reproductiva podría constituir un momento adecuado para modificar la nutrición y, probablemente, obtener un efecto significativo en la tasa ovulatoria en ovejas con condición corporal moderadamente baja (Hulet *et al.*, 1974; Gunn y Doney, 1979)

La restricción de energía en la dieta provoca disturbios en la ciclicidad de las hembras sexualmente maduras (Cunningharn *et al.*, 1999) y probablemente la prolongación del estro estacional en las especies con comportamiento reproductivo estacional (Forcada *et al.*, 1992), la mala nutrición y la exposición prolongada a temperaturas elevadas puede conducir al anestro total (Trejo, 1993). Las cabras desnutridas no presentan actividad ovárica aunque se encuentren en días cortos (Landeau *et al.*, 1996). La manipulación nutricional altera la producción de la cabra, parámetros hormonales y pueden afectar sensiblemente la presencia del macho. (Restall, 1992).

### **Efecto Macho**

El efecto macho es un método efectivo para inducir y sincronizar la actividad reproductiva de las hembras en anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2004). Se ha considerado que los machos deben permanecer de manera continua después de su introducción con las hembras por lo menos 5 días para que éstas puedan presentar una actividad estral y ovulatoria (Martín *et al.*, 1986; Signoret *et al.*, 1982). En el norte subtropical de México, los machos sexualmente activos estimulan la actividad estral de las hembras explotadas de manera intensiva y extensiva al permanecer con ellas 24 h por día durante al menos 15 días (Delgadillo *et al.*, 2004; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2003). En condiciones extensivas, sería interesante determinar la respuesta sexual de las hembras cuando permanecen en contacto con los machos menos de 24 h por día.

Cuando los machos son introducidos con las cabras al final del periodo de anestro estacional, se produce una transición rápida del estado de anestro a la actividad lútea. En algunos individuos el primer cuerpo lúteo es normal, pero en la mayoría este sufre regresión en un periodo corto. La actividad ovárica subsecuente esta asociada con la

profundidad del anestro: la mayoría de las hembras con anestro profundo continúan presentando actividad normal. Cuando las hembras se encuentran muy cerca del inicio de la estación reproductiva, el ciclo corto inducido por la introducción de machos enteros es seguido normalmente por un ciclo potencialmente fértil. Sin embargo, cuando las cabras se encuentran en una etapa de anestro profundo puede tener lugar un segundo ciclo corto, tras el cual las hembras retornan al anestro (Belibasaki *et al.*, 1993).

Parece ser que la respuesta atípica al efecto macho, como presentar solo una ovulación y retornar al anestro o presentar una respuesta tardía, está asociada con la condición corporal subóptima. El mejorar la alimentación puede reducir la proporción de hembras que presentan una respuesta tardía y transitoria y puede elevar la tasa ovulatoria y la expresión del estro en la primera ovulación inducida (Walkden-Brown *et al.*, 1993).

Galina *et al.* (1984) compararon el efecto macho contra algunos tratamientos hormonales en la presentación de estros en cabras; manifestando que la presencia del macho es económicamente ventajosa a la inducción del estro ya que encontraron respuestas muy similares en comparación con otros tratamientos. En general, esta misma tendencia se ha encontrado en ovejas comparando una gran variedad de productos hormonales con la presencia del semental.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación del Experimento

El trabajo se realizó en la unidad caprina del Campo Experimental Palma de la Cruz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el ejido Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez S.L.P., cuyas coordenadas geográficas son 22° 14' 03" Latitud Norte, y 100° 53' 11" de Longitud Oeste con respecto al Meridiano de Greenwich, con altura de 1820 m.s.n.m., encontrándose en la zona un clima seco estepario frío Bs Kw (wi) según clasificación de Köpen, modificado por García (1973). La temperatura media anual es de 16.2°C y una mínima de 7.5°C, la precipitación pluvial media anual es de 335 mm, con un tipo de vegetación de matorral desértico micrófilo, predominando en la región los arbustos; las especies más abundantes son el Mezquite (*Prosopis juliflora*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Nopal (*Opuntia spp*) y el Maguey (*Agave atrovirens*) (Rzedowski, 1965).

### Material y Equipo

1. 31 hembras de Cabra Criolla
2. 2 sementales criollos vasectomizados
3. Báscula tipo reloj.
4. Báscula tipo resorte.
5. Tubo Vacutainer de 6 ml sin anticoagulante.
6. Agujas para Vacutainer.
7. Máquina centrífuga.
8. Corraletas individuales.
9. Comederos comunales e individuales
10. Bebederos comunales
11. Cinta métrica.
12. Vernier elaborado *exprofeso* y regla métrica de madera.
13. Bolsas de plástico.
14. Viales de 2 ml.
15. Etiquetas.

16. Plumones indelebles
17. Cinta mágica
18. Hieleras de poliuretano
19. Hielo
20. Estuche para la detección de progesterona (Coat-a-Count)
21. Congelador.
22. Gradillas.
23. Petos marcadores.
24. Pipetas Pasteur
25. Bombillas de succión
26. Crayones para peto marcador
27. Alimento (especificar)
28. Testosterona
29. Estrógenos

### **Animales y Tratamientos**

Se utilizaron 31 cabras criollas x Nubia de la región del altiplano potosino de edad adulta (3 años) que se asignaron a dos tratamientos consistentes en dos niveles de índice de masa corporal (IMC):

T1= Se le asignaron (19) cabras al azar alimentadas con una ración completa para mantenerse en un IMC bajo (7.3 en una escala de 5 a 10)

T2= Se le asignaron (12) cabras al azar alimentadas con una ración completa para mantenerse en un IMC alto (9.3)

Además se utilizaron dos sementales criollos de edad adulta vasectomizados y tratados con testosterona para inducir la actividad sexual.

Las cabras se mantuvieron completamente aisladas de los machos (a una distancia de alrededor de 300 metros), para evitar el contacto visual, auditivo y olfativo entre los machos y las hembras.

## **Alimentación**

Las cabras con índice de masa corporal alto fueron alimentadas con una dieta conteniendo 12.6% de PC y 2.8 Mcal de EM, mientras que las de IMC bajo se alimentaron con una dieta conteniendo 11% de PC y 2.3 Mcal de EM. Las dietas fueron elaboradas a base de heno de alfalfa, pata de sorgo, pasta de soya, melaza y minerales. En ambos grupos se proporcionó a cada cabra el 2% de su peso vivo, ajustando las cantidades semanalmente en función de la dinámica de peso, con el fin de mantenerlas en un IMC estable.

## **Manejo General de las Cabras**

Las cabras permanecieron estabuladas desde el mes de marzo y completamente aisladas de los machos. A partir de este momento se sometieron a un proceso de adaptación alimenticia para mantenerlas en la condición corporal especificada según el tratamiento.

Semanalmente se monitoreó el peso de las cabras, por lo que se pesaron en una báscula de reloj utilizando un arnés.

La dieta se pesó diariamente y se ofreció una vez al día por la mañana en corrales individuales para garantizar el consumo preciso. Para asegurar el consumo total del alimento ofrecido se les dejaba durante dos horas al cabo del cual se procedía retirar a los animales y quitar los restos de alimento que no se hayan consumido. Las cabras se pesaron cada semana previo ayuno de alimento.

Antes de iniciar el estudio, se tomaron medidas corporales para determinar el tamaño corporal. Se midió la altura a la cruz y la longitud del cuerpo (de la cruz a la base de la cola). El tamaño corporal se determinó multiplicando la altura por el largo, considerando medidas en metros. Semanalmente las cabras se pesaron previo ayuno de alimento. Con el tamaño corporal y el peso se determinó el índice de masa corporal (IMC) de acuerdo con la fórmula sugerida por Tanaka *et al.* (2002).

$$\text{IMC} = (\text{P}/\text{TC}) \times 1000$$

Donde:

P= peso vivo

TC= Tamaño corporal (altura a la cruz x largo de la cruz a la base de la cola)

### **Manejo del Macho**

Los machos fueron preparados con una alimentación *ad libitum* y completamente aislados de las hembras. Para asegurar la actividad sexual de los machos, se les suministraron tres inyecciones vía intramuscular de 1 ml de testosterona los días 10, 12 y 14 de julio. Para corroborar la actividad sexual de los machos, previo al inicio del empadre, los machos fueron expuestos a cabras inducidas artificialmente al estro.

Los machos se introdujeron con las hembras el día 17 de julio, intercalándolos diariamente en los dos corrales de las hembras. El periodo de detección duró 15 días, durante los cuales los machos permanecieron todo el tiempo en contacto directo con las hembras. Para facilitar la detección de las hembras en estro, los machos fueron equipados con un arnés marcador provisto con crayón.

Dos veces al día se revisaron las hembras para monitorear aquellas que hubieran sido marcadas, las cuales fueron consideradas en estro.

### **Muestras de Sangre**

Para verificar la actividad ovulatoria de las cabras, se tomaron muestras de sangre los días -7, -3, 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6, +7, +8, +9, +10, +11, +12, +13, +14, +15 y a partir de esta fecha, se tomaron muestras dos veces por semana hasta completar 42 días de la entrada de los machos.

Las muestras fueron colectadas mientras los animales se encontraban en ayuno, utilizando tubos vacutainer de 6 ml sin anticoagulante. Las muestras se dejaron en reposo en un lugar fresco y sombreado por un periodo de 24 horas hasta la separación del suero. Posteriormente los tubos se centrifugaron durante 15 min a 3000 r.p.m. para así aumentar la pureza del suero sanguíneo, el cual se almacenó por duplicado en viales de 2 ml debidamente etiquetados y mantenidos en congelación a una temperatura de -20°C, donde permanecieron hasta ser enviadas al laboratorio para su análisis.

### **Análisis de Progesterona**

La determinación de progesterona se realizó por el método de radioinmunoanálisis utilizando un estuche comercial para progesterona (RIA; TKPG-1, Diagnostic Product Corporation), en el Laboratorio de Reproducción del Centro Nacional de Investigación en Microbiología del INIFAP

### **Variables de Respuesta**

Se determinó la actividad ovulatoria con base en la concentración sérica de progesterona ( $P_4$ ), considerando que una cabra ovuló cuando se detectó una elevación de 20 veces la concentración basal que fue de  $0.005 \text{ ng ml}^{-1}$ . Cuando la elevación se mantuvo por más de 11 días se consideró como ovulación potencialmente fértil, mientras que concentraciones de menor duración se consideraron ovulaciones con CL de corta vida y no fértiles. La presencia de estro se determinó con base en las hembras marcadas por la actividad de los machos. Para definir la hora aproximada de inicio y terminación del estro, se revisaron las cabras cada 12 horas.

### **Análisis Estadístico**

El porcentaje de cabras ovulando se analizó por periodos de 21 días por medio de la prueba exacta de Fisher y Yeates (Castilla y Cravioto, 1991). Además se analizó la fecha de última ovulación y la fecha de la primera ovulación, así como la duración del periodo anovulatorio por medio de la prueba de T student, transformando los datos a  $\sqrt{x-1}$  (JMP Star Statics, 2004). El peso e IMC se analizaron con la prueba de T Student (JMP Star Statics, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso Corporal

Las cabras mantenidas IMC alta mostraron promedio superior ( $P < 0.03$ ) de peso comparada con las cabras en condición corporal bajo ( $38.2 \pm 6.9$  vs.  $32.4 \pm 6.2$  kg) (Figura 1). El mantenimiento de esta diferencia era condición indispensable para la comprobación de la hipótesis.

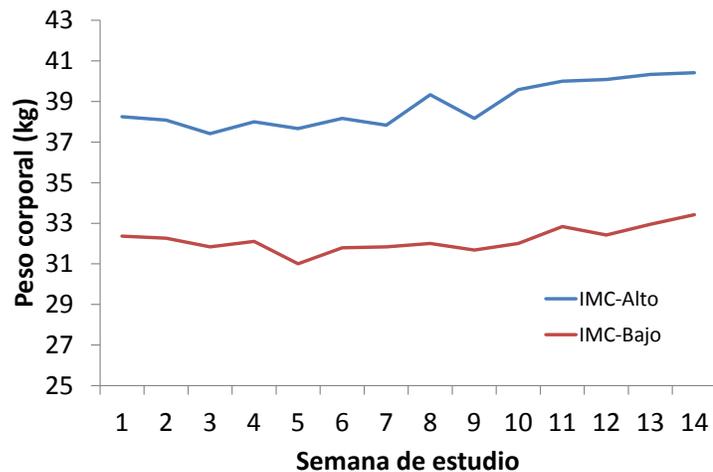


Figura 1. Peso corporal promedio semanal de cabras en dos índices de masa corporal (IMC) antes y después de la exposición a los machos el 17 de julio. El peso de la semana 4 corresponde a la entrada de los machos. En todas las semanas se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.03$ ).

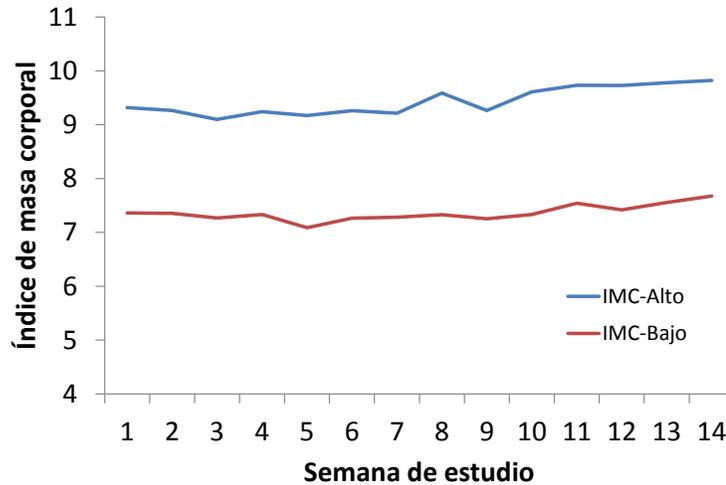


Figura 2. Índices de masa corporal (IMC) promedio semanal antes y después de la exposición a los machos el 17 de julio. El IMC de la semana 4 corresponde a la entrada de los machos. En todas las semanas se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ).

### Índice de Masa Corporal

El índice de masa corporal fue mayor ( $P < 0.0001$ ) en el grupo de IMC alto ( $9.3 \pm 0.18$ ) que en el de IMC bajo ( $7.4 \pm 0.14$ ), la cual se mantuvo a lo largo de todo el estudio (Figura 2). Dado que el IMC es reflejo del estado nutricional de la cabra (Tanaka et al., 2002), las diferencias observadas en el IMC entre los dos grupos indica que las cabras se encontraban en un estado nutricional diferente a lo largo del estudio. Esto era condición indispensable para evaluar la hipótesis de que el estado nutricional subóptimo reduce la respuesta a la bioestimulación con machos sexualmente activos durante el periodo de transición a la estación reproductiva. De este modo se pudo considerar que las diferencias obtenidas en las variables de respuesta reproductivas se debieron principalmente a los efectos de la condición nutricional entre tratamientos de IMC.

### Concentración de Progesterona

La concentración  $P_4$  se mantuvo en niveles basales ( $\leq 0.005 \text{ ng ml}^{-1}$ ) durante el periodo previo a la introducción de los machos. Después de la introducción de los machos, se detectó en una cabra pequeñas elevaciones dentro de los primeros siete días.

Después del séptimo día, las concentraciones se elevaron en la mayoría de las cabras (Figura 3) de ambos tratamientos, siendo más elevadas las concentraciones de P<sub>4</sub> en las cabras de IMC alto, aunque las diferencias sólo fueron significativas (P < 0.02) entre los días 13 y 17 después de la entrada de los machos.

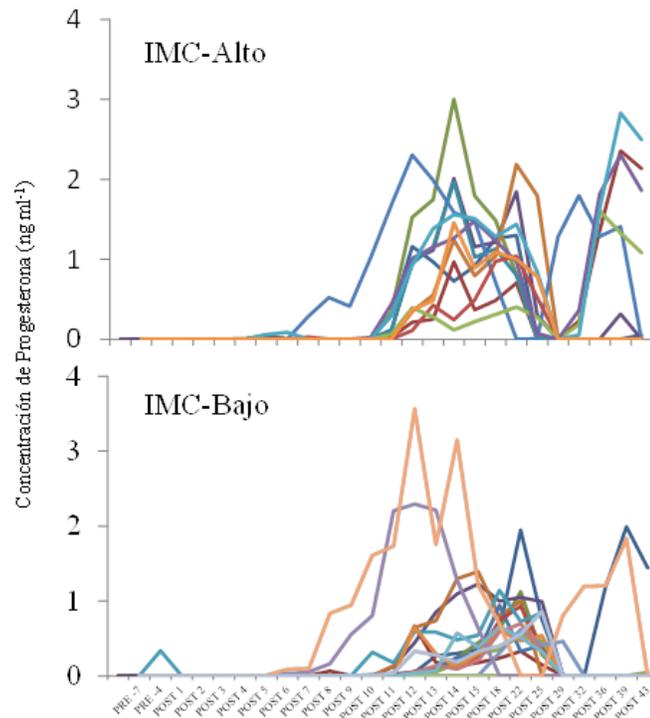


Figura 3. Concentración de progesterona en cabras en índices de masa corporal (IMC) alto y bajo antes y después de la exposición a los machos el 17 de julio. El día Post-1 corresponde a la entrada de los machos

Los perfiles de concentración de P<sub>4</sub> muestran que la actividad ovulatoria comenzó en ambos grupos de cabras a partir del día 7 de la entrada de los machos, siendo muy similar en los dos niveles de IMC (Cuadro 1). El 100 y 47.4 % de las cabras en IMC baja y alta, respectivamente, respondieron al estímulo del macho (P > 0.05), presentando su primera ovulación a los 10.6±1.5y 9.8±1.7 días de la entrada del macho (P > 0.05). De manera similar, el 33.3% y 10.5% (P>0.05) de las cabras en IMC baja y alta presentaron su segunda ovulación a los 12.8±1.7 y 7.9±1.6, 30.2 y 28.5 días de la entrada del macho (P>0.05).

Cuadro 1. Presentación de primera y segunda ovulación en cabras en dos niveles de índice de masa corporal (IMC), expuestas a machos sexualmente activos el 17 de julio.

Variable	Índice de masa corporal	
	Alto	Bajo
IMC inicial	9.3±0.18 <sup>a</sup>	7.4±0.14 <sup>b</sup>
Primera ovulación (%)	100.0 (12/12) <sup>c</sup>	47.4 (9/19) <sup>d</sup>
Intervalo a 1a ovulación (días)	10.6±1.5	9.8±1.7
Segunda ovulación (%)	33.3 (4/12)	10.5 (2/19)
Intervalo a 2a ovulación (días)	30.2±1.8	28.5±2.6
a,b, Distintas literales en la misma línea difieren (P<0.0001); c,d, distintas literales en la misma línea difieren (P<0.05).		

Los resultados indican que en la etapa de transición de anestro profundo a estacionalidad reproductiva el IMC de los animales mostró efecto significativo a la bioestimulación con machos sexualmente activos, detectándose mayor cantidad de cabras que respondieron en el IMC alto, aunque el intervalo fue similar en ambos grupos de IMC.

Los resultados muestran que la respuesta al efecto macho fue mayor en las cabras en IMC alto, lo que sugiere que el estado nutricional sí afecta la sensibilidad de respuesta de las cabras a tales estímulos sociosexuales.

Las diferencias de IMC entre los dos grupos de cabras parece haber sido suficiente para generar diferencias significativas en el estado metabólico de los animales, lo que pudo reflejarse en una disminución sustancial de la actividad del eje hipotálamo-pituitaria-gónadas de las cabras en IMC-bajo. Algunas investigaciones habían observado que en estados de restricción alimenticia aguda las cabras podrían experimentar un estado de anestro nutricional (Mani *et al.*, 1992), aunque otros autores no han podido corroborar estos resultados (Zarazaga *et al.*, 2005; Estrada *et al.*, 2009).

Por un lado, se ha determinado que las cabras que son sujetas a suplementación durante el periodo previo a la exposición a los machos presentan mejor comportamiento reproductivo, reflejado en mayor proporción de cabras que ovulan, mayores tasas de

ovulación y mayores porcentajes de gestación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). De igual forma se ha determinado que las cabras que se encuentran en mejor condición corporal responden mejor a la presencia de machos (Mellado *et al.*, 1994; Restall *et al.*, 1994; Urrutia *et al.*, 2003). En el presente estudio se corrobora el hecho de que las cabras se vuelven menos sensibles a estímulos externos cuando su IMC es bajo .

## **CONCLUSIONES**

Los resultados del presente estudio muestran que durante el periodo de transición a la estación reproductiva, las cabras en índice de masa corporal alto responden mejor al estímulo del macho, iniciando su actividad ovulatoria a partir del día 10 de la introducción de los machos.

## LITERATURA CITADA

- Arent, J. 1998. Melatonin and the pineal gland. Influence on mammalian seasonal and circadian physiology, *Rev. reprod.* 3:12-22.
- Arbiza, A.S. 1986. Producción de Caprinos. Ed. AGT. México. pp. 195-213.,
- Barrel, G.K., Moenter, S.M., Caraty, A., Karsch, F.J. 1992. Seasonal changes of gonadotropin-releasing hormone secretion in the ewe. *Biology of Reproduction* 46:1130-1135.
- Belibasaki, S., D. Zygoyiannis, P. Davies and J.M. Doney.1993. Milk progesterone profiles during anoestrus through to pregnancy in greek dairy goats (*Capra prisca*): the effect of melatonin treatment and male introduction. *Anim. Prod.* 56: pp. 333-339.
- Birkelo, C., Jonson D., Phertteplace H. Place. 1991. Maintenance requirements of the beef cattle as effected by season on different planes of nutrition *J.Animal Sci.* 69:1244-1222.
- Bittman, E.L., Dempsey R.J Karsch F.J. 1983. Pineal Melatonin secretion drives the reproductive response to daylength in the ewe. *Endocrinology.* 113:2276-2283.
- Castilla, S.L., Cravioto J. 1991. Estadística simplificada para la investigación en ciencias de la salud. Ed. Trillas. México. pp. 437.
- Castillo, C. M., Aparicio G. E., Urrutia M. J. y García D. C. A. 1989. Caracterización de la caprinocultura en cinco ejidos del municipio de Venado, S.L.P. V Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, México. p. 28-31.
- Cervantes, J., Ducoing W. A., Flores F. y Zarco Q. L. 1989. Inducción de actividad ovárica durante la época de anestro en cabras lecheras mediante el tratamiento con acetato de melengestrol (MGA) oral combinado con PMSG. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. D. F. México. p.165.
- Chemineau, P., Normant E., Revault J.P., Thimonier J. 1986. Induction and persistence of pituitary and ovarian activity in the out-of-season lactating dairy goats after a treatment combining a skeleton photoperiod, melatonin and the male effect. *J.Reprod. Fert.* 78:497-504.
- Chemineau, P. 1992. Medio ambiente y reproducción animal. *Rev Mundial Zootecn.* FAO, 77: 2-14.
- Chemineau, P., A. Daveau, F. Meurice and J. A. Delgadillo. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical Photoperiod. *Small Rumin. Res.* 8: pp. 299-312.
- Cunningham, M.J., Clifton d.K., Steiner R.A. 1999. Leptin's actions on reproductive axis: perspectives and mechanisms. *Biol. Reprod.* 60:216.
- Delgadillo, JA, Flores JA, Véliz FG, Hernández HF, Duarte G, Vielma, J, Poindron, P, Chemineau, P, Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating

- anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *Journal of Animal Science*. 80:2780–2786.
- Delgadillo, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F.G., Carrillo, E., Flores, J.A., Vielma, J., Hernández, H.F., Malpau B., 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod.Fertil. Dev.* 16, 1-8.
- De Santiago-Miramontes, M.A., Malpau B., Delgadillo J.A. 2009. Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. *Animal Reproduction Science*. 114:175–182.
- Duarte, G., Flores JA, Malpau B, Delgadillo JA. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*. 35(4): 362-370.
- Dunn, T.G., Moss G.E., 1992. Effects of nutrient deficiencies and excess on reproductive efficiency of livestock. *J. Animal Sci*. 70:1271-1283.
- Escobar, F.J, Zarco Q.L., Valencia M.J. 1997. Efecto del fotoperiodo sobre la estacionalidad reproductiva de la cabra criolla en México. XXII Reunion Anual. Academia de Investigacion en Biologia de la Reproduccion AC. Acapulco, Gro. 247-257.
- Escobar, F. J. 2003. Estacionalidad Reproductiva en la Cabra, Jornadas de Investigación. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas. México.
- Escobar, M.F.J. 2005. estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes. Simposio Internacional sobre la fisiología de la estacionalidad reproductiva en caprinos. San Luis Potosi. México. p. 33-37.
- Esquivel, M. H., Torres A. F., Montes P. R., Centurion C. F., Cámara S. R. y Regalado P. T. 1992. Estacionalidad reproductiva de las cabras bajo condiciones del trópico subhúmedo. Reunion Nacional de Investigación Pecuaria. Chihuahua. México. p.246.
- Estrada-Cortés, A, Vera-Avila H, Urrutia-Morales J, Villagómez-Amezcuca E, Jiménez-Severiano H, Mejía-Guadarrama CA, Rivera-Lozano MT, Gámez-Vázquez H. 2009. Nutritional status influences reproductive seasonality in Creole goats: 1. Ovarian activity during seasonal reproductive transitions. *Animal Reproduction Science* 116 (2009) 282–290
- Falcón, R. J. A., Salinas G. H., Avila A. J. L. y Flores R. R. T. 1990. Los sistemas de producción caprina en Zacatecas. II. La presencia de aborto. VI Reunión Nacional sobre Caprinocultura, San Luis Potosí, México. p. 152.
- Fernández, A. D. 1993. Principios de fisiología reproductiva ovina. Agropecuaria Hemisferio Sur SRL. Universidad de la República. Uruguay. pp.247.
- Fitz-Rodríguez, G., De Santiago-Miramontes MA, Scaramuzzi RJ, Malpau B, Delgadillo JA. 2009. Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Anim Reprod Sci* 16:85-94

- Forcada, F., Abecia J.A., Sierra I. 1992. Seasonal changes in oestrus activity and ovulation rate in Rasa Aragoneza ewes maintained at two different body condition levels. *Small rumin. Res.* 8:313-324.
- Foster, D. L. 1994. Puberty in the sheep. *In: The Physiology of Reproduction* editor. Knobil, J. D. Neil (eds.). Second edition. Raven Press, New York, N. Y. pp. 411-451.
- Galina, H., M. A. Ramírez y V. Fuentes. 1984. Manejo reproductivo de la cabra joven en dos etapas de actividad ovárica, inducción y sincronización del estro. Reunión de Investigación Pecuaria en México. p. 339.
- Goodman, R.L., Karsch F.J. 1982. Pulsatile secretion of luteinizing hormone: Differential suppression by ovarian steroids. *Endocrinology.* 107:1286-1290.
- Goodman, R.L. 1994. Neuro endocrine control of the ovine estrus cycle. *In: E. Knobil. J. D. and Neil. (eds.) The Physiology of Reproduction.* Second edition. Raven Press New York, N. Y. pp 659-709.
- Gunn, RG and Doney JM. 1979. Fertility in cheviot ewes. 1. The effect of body condition at mating on ovulation rate and early embryo mortality in North Country and South Country Cheviot ewes. *Animal Production* 29 11-16.
- Gutiérrez, A. J., y Chavira O. L. F. 1997. Influencia del uso de grasa de sobrepeso y condición corporal al parto sobre la actividad ovárica estacional en cabras lecheras. Memorias de la XII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Torreon, Cohauila, México. pp. 69-74.
- Hulet, C.C., price D.A. and foot W.C. 1974. Efects of month and feed level on ovulation and lambing rates of Panama ewes. *J. Anima. Sci.* 39(1):73-78.
- SAS Institute Inc. 2000. JMP Star Statistics. Version 4.0.3 (Academic).
- Landeau, S.P., Morand., Schmidely P., Giger S. 1996. Nutritional efficiency for conception, pregnancy and lactation in goat and emphasis on glucose and nitrogen metabolism. VI International Conference on Goats. Beijing China.
- Lindsay, D. R. 1991. Reproduction in the sheep and goat. *In: cupps P. T. Editor. Reproduction in Domestic Animals.* San Diego, Calif. Academic Press, Inc, 1991 491-517.
- López, T. Z. y Mora P. M. 1990. Prácticas de producción para el mejoramiento de las explotaciones caprinas tradicionales. VI Reunión Nacional sobre Caprinocultura, San Luis Potosí, México. p. 167.
- López, S. A. 1999. Manejo reproductivo en pequeños rumiantes. I curso Internacional de la Fisiología de la Reproducción en Rumiantes. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Edo. México. p. 95-105.
- McLeod, B.J., Haresign W., Lamming G.E 1982. The induction of ovulation and luteal function in seasonally anoestrous ewes treated with small-dose multiple injection of GnRH: *Journal of Reproduction and Fertility.* 65:215-221.
- Malpoux, B., Thiéry, J.C., and Chemineau, P. 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 39, 355-366.

- Mani, AU, McKelvey WAC, Watson ED. 1992. The effects of low level of feeding on response to synchronization of estrus, ovulation rate and embryo loss in goats. *Theriogenology* 38:1013-1022.
- Martin, G.B., Oldham, C.M., Cognié, Y., Pearce, D.T., 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livest. Prod. Sci.* 15, 219–247.
- Mellado, M, Vera A, Loera H. 1994. Reproductive performance of crossbred goat in good or poor body condition exposed to bucks before breeding. *Small Rumin Res.* 14:45-48.
- Mohammed, W. A., M. Grossman and J. L. Vathauer. 1984. Seasonal breeding in united states dairy goats. *J. Dairy Sci.* 67: pp. 18-13.
- Monroy, A., Espinoza J. L., Cepeda R. y Carrillo M. 1991. Estacionalidad de la actividad sexual de cabras cruzadas en el municipio de La Paz, Baja California Sur. VII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Monterrey Nuevo León, México. p.99.
- Montgomery, G. W., I. C. Scott and P. D. Johnstone. 1988. Seasonal changes in ovulation rates in coopworth ewes maintained at different liveweights. *Anim. Product. Sci.* 17: pp. 197-205.
- Ortavant, R. and M. Loir. 1980. The environment as a factor in reproduction in farm animals. *In: L. S. Verde y A. Fernández.* 1980. IV Conferencia Mundial de Producción Animal. Buenos Aires, Argentina. pp. 423-451.
- Pelletier, J., Orvant R. 1997. Photoperiodic control of lit release in the ram. I. Influence of increasing and decreasing light photoperiods. *Acta Endocrinologia.* 78:435-441.
- Pérez, B. and Mateos, E. 1996. Effect of photoperiod on semen production and quality in bucks of Verata and Malagueña breeds. *Small Ruminant Res.* 22: 163-168.
- Restall, BJ, Restall H, Norton BW. 1992. Effect of nutrition on sensitivity of female goats to the male effect. *Proc Aust Soc Anim Prod.* 20:39.
- 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.
- Rivas-Muñoz, R, Fitz-Rodríguez G, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *Journal of Animal Science.* 85:1257-1263.
- Rivera, LMT, Díaz GMO, Urrutia MJ, Vera AH, Gámez VH, Villagómez-Amezcu ME, Aréchiga FCF, Escobar MF. 2011. Seasonal variation in ovulatory activity of Nubian, Alpine and Creole x Nubian does under tropical photoperiod (22° N). *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 14:973-980.
- Robinson, J.E., Karsch F.J. 1988. Timing the breeding season of the ewe : what is the role of daylength. *Reprod. Nutr. Develop.* (2 B): 365-374.
- Rzedowski, C. G. 1965. Acta científica potosina, notas sobre la flora y la vegetación del estado de San Luis Potosí. U.A.S.L.P.

- Salinas, H., Avila J.L Falcon., A., Flores R. 1991. Factores limitantes en el sistema de producción de caprinos en Zactecas, México. Turrialba 41:47-52.
- Santiago Moreno, J., González Bulnes, A., Gómez Brunet, A., Campo, A. del, Picazo, R. and López Sebastián, A. 2000. Nocturnal variation of prolactin secretion in the Mouflon, (*Ovis gmelini musimon*) and domestic sheep (*Ovis aries*): Seasonal changes. Anim Reprod Sci, 64: 211- 219.
- Signoret, J.P., Fulkerson W.J., Lindsay D.R., 1982. Effectiveness of testosterone-treated wethers and ewes as teasers. Appl. Anim. Ethol. 9: 37-45.
- Suarez, M. E. De J., Ruiz Z. F. y Aguirre V. L. 1990. Características de la producción caprina en comunidades ejidales al sur del municipio de Saltillo, Coah. VI Reunión Nacional Sobre Caprinocultura. San Luis Potosí, México. p. 128.
- Tanaka, T., 2002. Fasting- induced suppression of pulsatile luteinizing hormone secretion is related to body energy status in ovariectomized goats. Animal Reprod. Sci. 72, 185-196.
- Trejo, G.A. 1993. Estacionalidad reproductiva en ganado caprino. Memorias Seminario Nacional sobre Produccion y Comercializacion del Ganado Caprino. Facultad de Medicina Veterinario y Zootecnia de la Universidad Autonoma de Nuevo Leon. Monterrey, Nuevo Leon. México. p. 24-30.
- Trejo, G. A. y R. Y. Pérez. 1986. Actividad ovárica estacional durante dos años en cabras criollas sacrificadas. Reunion Nacional de Investigacion Pecuaria en México. D. F. México. p.174.
- Trejo, G. A., Trejo C. J. L., Reyes G. E., Soto G. R., Sanchez P. H. y Benitez G. A. 1988. Comparación de varios tratamientos a base de gonadotropinas para inducir el estro en cabras lecheras inseminadas con semen congelado. Congreso Interamericano de Produccion Caprina. Torreon Coahuila, México. p.49.
- Urrutia, MJ, Gámez VHG, Ramírez ABM. 2003. Influencia del pastoreo restringido en el efecto macho en cabras en baja condición corporal durante la estación de anestro. Técnica Pecuaria en México. 41: 251-260.
- Valdéz, O. E. J. y Ríos Q. C. 1990. Tipificación de las unidades de producción caprina del sur de Coahuila. VI Reunión Nacional sobre Caprinocultura, San Luis Potosí, México. p. 132.
- Valencia, L., Gonzales J.L., Diaz J. 1986. Actividad reproductiva de la cabra criolla en México en el examen Postmortem del aparato genital. Veterinaria México 17:177-180.
- Valencia, M. J., Q. L. Zarco, W. A. Ducoing, M. C. Murcia, G. H. Navarro, A. J. Martínez, J. E. Anta y R. J. Rivera. 1988. Caracterización de la estación de anestro en cabras criollas y Granadinas mantenidas en un plano nutricional constante en el altiplano mexicano. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México. D. F. México. p.124.

- Vargas, L. S., Vázquez A. R., Mora P. M. y Nava C. R. 1990. El sistema pastoril caprino de la ganadería familiar de un ejido del norte de México. VI Reunión Nacional Sobre Caprinocultura, San Luis Potosí, México.
- Véliz, FG, Moreno S, Duarte G, Vielma J, Chemineau P, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo, JA. 2002. Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Animal Reproduction Science*. 72:197–207.
- Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall and R. D., Henniawati. 1993. The male effect in the Australian cashmere goat. 1. Ovarian and behavioral response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks. *Anim. Reprod. Sci.* 32: pp. 41-53.
- Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Pérez, M.C., Prieto, R., 2005. Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim. Reprod. Sci.* 87: 253–257.