

Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho

Control of reproduction in goats from subtropical Mexico using photoperiodic treatments and the male effect

José Alberto Delgadillo Sánchez*
José Alfredo Flores Cabrera*
Francisco Gerardo Véliz Deras**
Gerardo Duarte Moreno*
Jesús Vielma Sifuentes*
Pascal Poindron Massot***
Benoît Malpoux†

Abstract

Local goats from the north of Mexico, especially those from the Comarca Lagunera region (26°N), display reproductive seasonality. The non-breeding season ranges from January to April in males, and from March to August in females. In both sexes, seasonality is provoked by photoperiodic changes. Short days stimulate sexual activity, while long days inhibit it. Moreover, 2.5 months of long days, alone or followed by the subcutaneous insertion of two melatonin implants, stimulate the sexual activity of males from February to April. In females, estrus and ovulatory activities can be induced during the anestrus season by the male effect, but only if sexually active males subjected previously to a photoperiodic treatment are used. Indeed, males treated with long days alone, or long days followed by melatonin, induce sexual activity in 100% of females, while sexually inactive control males stimulate only about 10% of them. These results indicate that the response of the females to the male effect depends on the intensity of the sexual activity of the males.

Key words: GOAT, REPRODUCTIVE SEASONALITY, PHOTOPERIOD, MELATONIN, MALE EFFECT.

Resumen

En los caprinos locales del norte de México, en particular los de la Comarca Lagunera (26°N), existe una estacionalidad reproductiva. En los machos el periodo de reposo sexual ocurre de enero a abril, mientras que en las hembras, el periodo de anestro sucede de marzo a agosto. En ambos sexos, esta estacionalidad es provocada por las variaciones de la duración del día. Los días cortos estimulan la actividad sexual y los días

Recibido el 15 de marzo de 2002 y aceptado el 5 de septiembre de 2002.

* Departamento de Ciencias Médico-Veterinarias, Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Carretera a Santa Fe y Periférico, A. P. 940, Torreón, Coahuila, México.

** Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

*** Centro de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México, A.P. 1-1141, Juriquilla, Querétaro, México.

† Physiologie de la Reproduction et des Comportements, UMR 6073 INRA-CNRS-Université de Tours, 37380 Nouzilly, France.



largos la inhiben. Asimismo, la exposición a 2.5 meses de días largos por sí sola o seguida por la aplicación de dos implantes subcutáneos de melatonina, estimulan la actividad sexual de los machos de febrero a abril. En las hembras, el efecto macho es capaz de inducir el estro y la ovulación durante el anestro estacional, solamente si se utilizan machos inducidos a una intensa actividad sexual mediante un tratamiento fotoperiódico. Los machos tratados con días largos, seguidos o no de la aplicación de melatonina, inducen la actividad sexual de 100% de las hembras en anestro, mientras que los machos testigos, en reposo sexual, inducen solamente alrededor de 10% de éstas. Estos resultados indican que la respuesta de las cabras al efecto macho depende de la intensidad de la actividad sexual de los machos.

Palabras clave: CAPRINOS, ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA, FOTOPERIODO, MELATONINA, EFECTO MACHO.

Introduction

Seasonality of reproduction is a characteristic of some goat breeds native of or adapted to subtropical regions.¹⁻³ Due to the low variations of photoperiod in subtropical latitudes, as well as the important seasonal variations in food availability for animals maintained in extensive conditions, some authors have suggested that nutrition is the main factor controlling sexual activity in these regions.^{4,5} For example, in the subtropical regions of Australia, the gonadal activity of Cashmere bucks is influenced mainly by nutrition levels, resulting in an earlier onset of sexual activity in well-fed males than in restricted bucks.¹ In subtropical Mexico, especially in the Comarca Lagunera (26°N), the kidding period of females maintained in extensive conditions is clearly seasonal, with a high percentage of them between november and february,⁶ thus indicating that sexual activity begins in june. In the males of this same region, also maintained in extensive conditions, testicular weight, which reflects spermatogenesis activity,⁷ shows seasonal variations indicative of a period of sexual rest during winter and spring.^{8,9}

In goats that show reproductive seasonality, sexual activity can be induced during the period of anestrus by the use of exogenous hormones (progesterone, eCG, melatonin, amongst others).^{10,11} However, these techniques are costly, and in some instances their use is difficult in flocks under extensive conditions, which generally prevail in subtropical zones. Under these latitudes, the techniques of sexual activity induction in males and in females during seasonal sexual inactivity must be simple, cheap and easy to integrate in the breeding systems characteristic of these regions. The male effect, that allows inducing sexual activity in anestrus females by putting them in contact with males, is a technique that meets these requirements. Nonetheless, to use this

Introducción

La estacionalidad reproductiva es una característica de algunas razas caprinas originarias o adaptadas a las regiones subtropicales.¹⁻³ Debido a las débiles variaciones fotoperiódicas que se registran en la regiones subtropicales, y a las importantes variaciones estacionales de la disponibilidad de alimento para los animales mantenidos en condiciones extensivas, algunos autores han sugerido que la alimentación es el principal factor que determina la actividad sexual en estas zonas.^{4,5} Por ejemplo, en el subtrópico australiano la actividad gonadal de los machos cabríos de la raza Cashmere es influida principalmente por la alimentación, por lo que la estación sexual inicia antes en los machos bien alimentados que en los subalimentados.¹ En el subtrópico mexicano, y en particular en la Comarca Lagunera (26°N), existe una estacionalidad de los partos en las hembras locales mantenidas en condiciones extensivas, con un alto porcentaje de ellos entre noviembre y febrero,⁶ lo que indica que el inicio de la actividad sexual ocurre en junio. En los machos de esta misma región, mantenidos también en condiciones extensivas, el peso testicular, reflejo de la actividad de espermatogénesis,⁷ presenta variaciones estacionales, lo que indica que el periodo de reposo sexual ocurre durante el invierno y la primavera.^{8,9}

En las cabras que presentan una estacionalidad reproductiva, la actividad sexual puede ser inducida durante los periodos de anestro utilizando hormonas exógenas (progestágenos, eCG, melatonina, entre otros).^{10,11} Sin embargo, estas técnicas son caras, y en ocasiones se dificulta su aplicación en los hatos mantenidos en condiciones extensivas, como los que existen generalmente en las zonas subtropicales. En estas latitudes, las técnicas de inducción de la actividad sexual de las hembras y los machos durante los periodos de anestro y reposo sexual, respectivamente, deben ser simples, baratas y factibles de incorporar en los sistemas de explotación existentes en estas regiones. El efecto macho, que permite inducir la actividad sexual de las hembras en anestro al ponerlas en contacto con los machos,



technique successfully, it is necessary to know the reproductive characteristics of the animals and the environmental factors responsible for the periods of sexual inactivity. In this paper, we describe the reproductive seasonality in goats of the Comarca Lagunera region and the conditions in which sexual activity can be stimulated in females by the use of the male effect.

Photoperiod is the main environmental factor responsible for reproductive seasonality of goats in northern Mexico

Local goats of northern Mexico in extensive management conditions, are characterized for their seasonal reproduction.^{3,12} In the Comarca Lagunera region, the period of sexual rest coincides with the dry season and, as a consequence, coincides also with a dramatic reduction in food availability and food quality. This led to the hypothesis that the lack of sexual activity in the goats of this region resulted from subnutrition.⁶ However, reproductive seasonality has also been observed in animals maintained indoors and receiving adequate food, according to their physiological requirements. In goats maintained indoors and in good body condition, estrus and ovarian activity starts in september and finishes in february.³ Similarly, LH levels show seasonal variations in ovariectomized females with a subcutaneous implant releasing constant quantities of estradiol (OVX+E), whether they are maintained indoors or in extensive conditions. The high levels of LH (> 0.8 ng/ml) coincide with periods of ovulation of the females, while low levels (<0.8 ng/ml) coincide with periods of anovulation of these same females. These observations suggest that reproductive seasonality of local goats from northern Mexico does not depend primarily on food availability. Besides, Mexican Creole goats fed according to their needs and maintained indoors at a tropical latitude (19°N), also showed a drastic decrease in the percentage of cyclic females between December (about 90%) and April (about 10%), thus confirming that even at latitudes closer to the equator, reproductive seasonality can be driven by other factors than food availability.¹⁴ However, the comparison of LH profiles between OVX+E females maintained indoors and of females maintained in extensive conditions in the Comarca Lagunera region, indicates that the levels of LH decrease one month earlier (february) in the females managed extensively than those of females maintained indoors (march). This difference in the ending of the sexual season was found for three consecutive years and occurred at the beginning of the year, during the dry season, suggesting therefore that it is due to a drastic reduction in food

es una técnica capaz de cubrir dichos requisitos. Sin embargo, es necesario conocer las características reproductivas de los animales y los factores ambientales responsables de los periodos de anestro para el éxito de esta técnica. En este artículo se describe la estacionalidad reproductiva de los caprinos de la Comarca Lagunera, y las condiciones en las que la actividad sexual de las hembras puede ser estimulada utilizando el efecto macho.

El fotoperiodo, principal factor del ambiente responsable de la estacionalidad reproductiva de los caprinos en el norte de México

Los caprinos locales del norte de México, explotados de manera extensiva se caracterizan por poseer una reproducción estacional.^{3,12} En el caso de la Comarca Lagunera, el periodo de anestro en las hembras y de reposo sexual en los machos coincide con el periodo de sequía de la región y, en consecuencia, con una dramática disminución de la cantidad y la calidad del forraje disponible para los animales, por lo que se sugirió que la ausencia de actividad sexual era provocada por la subalimentación.⁶ Sin embargo, la estacionalidad reproductiva también se ha observado en los animales mantenidos en estabulación y alimentados adecuadamente según sus necesidades fisiológicas. En las cabras mantenidas en estabulación y con una buena condición corporal, las actividades estral y ovárica inician en septiembre y terminan en febrero.³ Asimismo, los niveles de LH en las hembras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo que libera niveles constantes de estradiol (OVX+E), mantenidas en estabulación o en condiciones extensivas, presentan variaciones estacionales. Los niveles altos de LH (>0.8 ng/ml) coinciden con el periodo ovulatorio de las hembras intactas, mientras que los niveles bajos (<0.8 ng/ml) coinciden con los periodos anovulatorios de estas hembras. Estas observaciones sugieren que la estacionalidad reproductiva de los caprinos locales del norte de México no depende primordialmente de la disponibilidad alimentaria. Por otra parte, en cabras Criollas alimentadas adecuadamente y mantenidas en estabulación en una latitud tropical (19° N), se presentó también una drástica disminución del porcentaje de cabras cíclicas de diciembre (aproximadamente 90%) a abril (aproximadamente 10%), lo que confirma que aun en latitudes más cercanas al ecuador la estacionalidad reproductiva no se debe al nivel nutricional al que son sometidas las cabras.¹⁴ Sin embargo, la comparación de los perfiles de secreción entre las hembras OVX+E, mantenidas en estabulación y aquellas en condiciones extensivas en la Comarca Lagunera, demuestra que los niveles de LH descienden un mes antes en las hembras explotadas extensivamente (febrero) que en las mantenidas en estabulación (marzo). Esta diferencia en el final de la estación sexual se observó durante tres años consecutivos y ocurre a principios del año durante la época de sequía, por lo que muy probablemente

availability in animals maintained in extensive conditions. This suggests that nutrition, even when it is not the main regulating factor, can play some modulating role on sexual activity of female goats in northern Mexico, as it is proposed to be for females of temperate latitudes.¹³

A similar situation has also been reported in bucks. Indeed, when males are maintained indoors with adequate feeding levels, they also show a period of sexual rest from January to April, that is characterized by low testicular weight, increased ejaculation latency and decreased sperm production² (Figure 1). No difference was found in the evolution of testicular weight between bucks maintained indoors and in extensive conditions, despite a difference in body

esta diferencia se deba a una drástica disminución en la disponibilidad de alimento en los animales explotados en pastoreo extensivo. Esto sugiere que la alimentación, aun cuando no es el factor regulador principal, sí puede ser un factor modulador de la actividad sexual de las hembras caprinas locales del norte de México, tal y como fue propuesto para las razas originarias de las zonas templadas.¹³

Un fenómeno similar se ha observado en los machos cabríos. En efecto, cuando éstos son mantenidos en estabulación y con alimentación adecuada manifiestan también un periodo de reposo sexual de enero a abril, el cual se caracteriza por bajo peso testicular, incremento de la latencia a la eyaculación y una reducción de la producción espermática² (Figura 1). No se observó diferencia en la evolución del peso testicular de los machos estabulados y

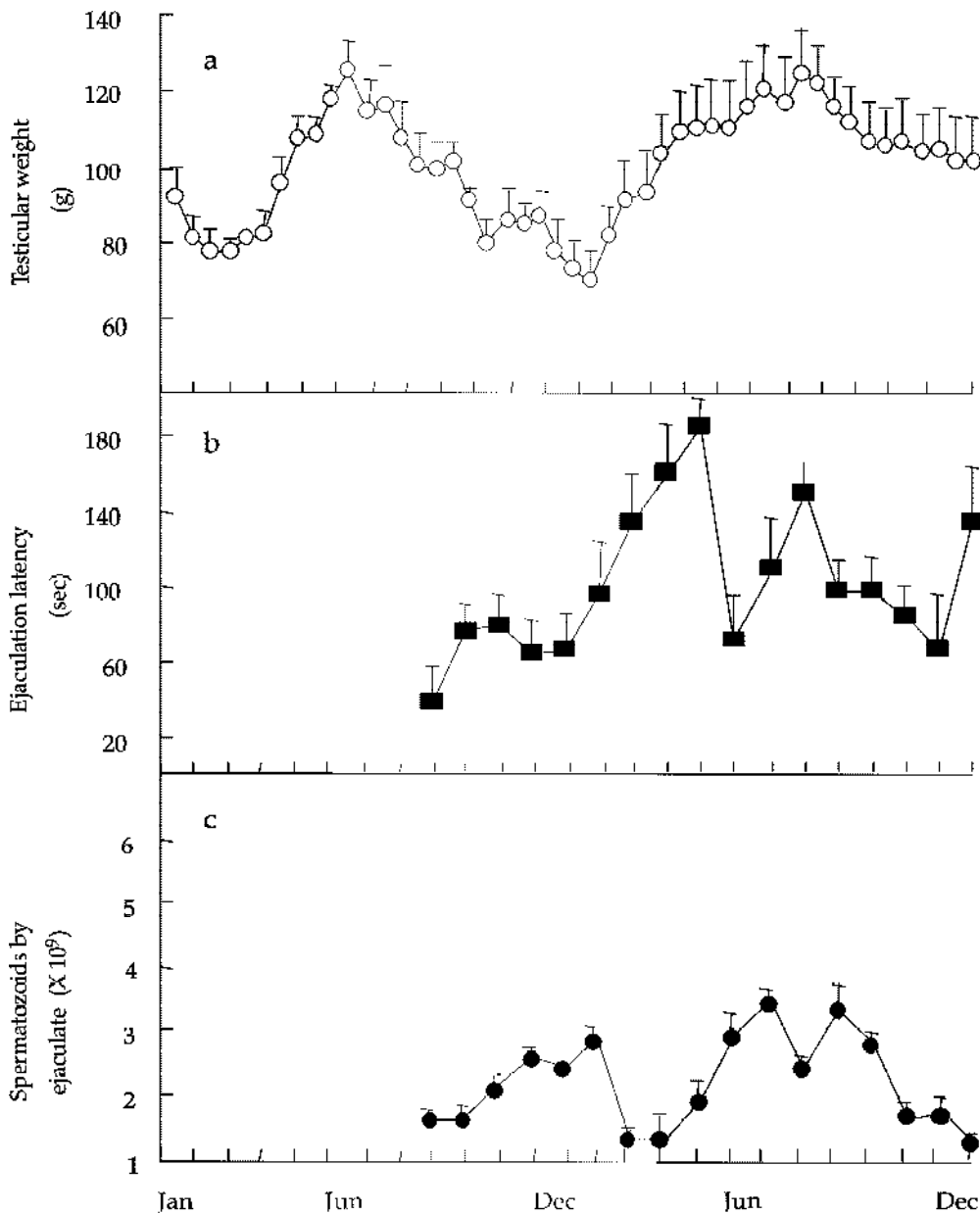


Figura 1. Variaciones estacionales (promedio \pm SEM) de a) peso testicular, b) latencia a la eyaculación, y c) del número total de espermatozoides por eyaculado, en los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N), sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo (modificado de la cita 2).
Seasonal variations (mean \pm SEM) of a) testicular weight, b) ejaculation latency and c) number of spermatozooids by ejaculate in Mexican Creole bucks of the Comarca Lagunera region (26°N), subjected to natural variations of photoperiod (modified from reference 2).

weight of about 15 kg to the advantage of the group kept indoors.^{8,9} However, the total number of spermatozooids by ejaculate obtained during the sexual season was higher in the indoors group than in the extensively maintained group.⁹ This result suggests that subnutrition experienced by extensively maintained bucks reduces the output of spermatogenesis, probably due to an increase in the degeneration of germinal cells.⁴

The repeatability of the annual reproductive cycle in females and males of northern Mexico suggests that these animals use some environmental factor, which remains very stable from one year to the next, to synchronize their sexual activity. It is very likely that this factor is the photoperiod. This hypothesis was tested by submitting goats to three months of short days (10 hours of light/day), alternated with three months of long days (14 hours of light/day) during two consecutive years. In these conditions, the seasonality of ovarian activity in experimental females was significantly different from that of goats maintained under the natural variations of photoperiod. Ovulations invariably started during short days and ended during long days.³ Males submitted to the same variations of photoperiod also showed gonadal activity different from that found under natural conditions. Testosterone plasmatic levels increased during short days and decreased during long days.¹⁵

These results demonstrate that some local goats from subtropical zones such as northern Mexico are sensitive to photoperiod. In addition, they suggest that photoperiod can be used to stimulate sexual behavior of males during the period of sexual rest.

The male effect, a technique that allows induction of sexual activity in females during seasonal anestrus

The introduction of a male in a group of anestrus females that have been separated from a buck for at least three weeks, can induce their reproductive activity a few days following the introduction of the male. This phenomenon, called the male effect, has been extensively studied in goats and in sheep.¹⁶⁻¹⁸ Contact with the male induces a rapid increase of LH secretion that culminates in a preovulatory surge of this hormone and results in ovulation.¹⁹ In the Creole goats of the Guadalupe Island in the Caribbean, it has been reported that 60% of ovulations induced by the male effect are associated with estrus behavior and are followed in 75% of the cases by a short ovulatory cycle of a 5 to 7 day duration on average. After this short cycle, another ovulation takes place, which is associated with estrus behavior in 90% of the cases and is followed by

en pastoreo, a pesar de existir una diferencia de peso corporal de aproximadamente 15 kg en favor del grupo estabulado.^{8,9} Sin embargo, el número total de espermatozoides por eyaculado obtenido durante la estación sexual fue superior en los machos estabulados que en los mantenidos en condiciones extensivas.⁹ Este hecho sugiere que la subalimentación a la que son sometidos los animales en condiciones extensivas disminuye el rendimiento de la espermatogénesis debido, probablemente, a un incremento de la degeneración de las células germinales.⁴

La repetibilidad en el ciclo anual de reproducción en las hembras y los machos del norte de México sugiere que estos animales utilizan un factor ambiental poco variable de un año a otro para sincronizar su actividad sexual. Es probable que este factor sea el fotoperiodo. Esta hipótesis fue probada al someter a las cabras a tres meses de días cortos (10 h de luz/día) alternados con tres meses de días largos (14 h de luz/día) durante dos años consecutivos. En estas condiciones, la estacionalidad de la actividad ovulatoria observada en las hembras experimentales fue significativamente diferente a la de las cabras mantenidas bajo las variaciones naturales del fotoperiodo. Las ovulaciones iniciaron invariablemente durante los días cortos y terminaron durante los días largos.³ Los machos sometidos a las mismas variaciones fotoperiódicas mostraron también una actividad gonadal diferente a la observada en condiciones naturales. Los niveles plasmáticos de testosterona se incrementaron durante los días cortos y disminuyeron durante los días largos.¹⁵

Estos datos demuestran que algunos caprinos locales de las zonas subtropicales, como los del norte de México, son sensibles al fotoperiodo. Además sugieren que el fotoperiodo puede ser utilizado para estimular el comportamiento sexual de los machos durante el periodo de reposo.

El efecto macho, una técnica para inducir la actividad sexual de las hembras durante el anestro estacional

La introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro, de las que estuvo separado por lo menos durante tres semanas, puede inducir la actividad reproductiva unos días después de ponerlos en contacto. Este fenómeno llamado efecto macho, ha sido ampliamente estudiado en cabras y ovejas.¹⁶⁻¹⁸ El contacto con el macho induce un rápido incremento en la secreción de LH, que culmina con un pico preovulatorio de esta hormona, provocando la ovulación.¹⁹ En las cabras Criollas de la Isla de Guadalupe en el Caribe, se informó que la ovulación inducida por el efecto macho está asociada con 60% de estros, y es seguida en 75% de un ciclo ovulatorio de corta duración que, en promedio, dura de cinco a siete días. Después de este ciclo corto se produce otra ovulación que se acompaña en 90% de un estro y de una fase lútea de duración normal.¹⁷ Sin embargo, hay que considerar que en otras razas o condiciones experimentales estos porcentajes

a luteal phase of normal duration.¹⁷ However, it is necessary to mention that these percentages may vary depending on the breed or the experimental conditions. Figure 2 shows individual responses of local goats to the male effect in subtropical Mexico.²⁰

In sheep and goat breeds that are not seasonal, males can induce sexual activity at any time of the year.²¹ On the other hand, in very seasonal breeds, it is better to use the male effect one month before the onset of the sexual season, or one month after its ending.²²⁻²⁴ During the other months, the response of the females is weak or nil (Figure 3). It is generally considered that this is due to the inability of females to respond to the stimulation by the buck. However, the lack of response can also be result from a too weak a stimulation from the male. When female sheep and goats are in seasonal anestrus, rams and bucks are also in sexual rest.^{2,25,26} In the two species, physical contact and improvement of sexual behavior in the males results in a better response of the females to the male effect.¹⁸

pueden modificarse. En la Figura 2 se muestra la respuesta individual de cabras locales del subtrópico mexicano sometidas al efecto macho.²⁰

En las razas ovinas y caprinas que no son estacionales, los machos pueden inducir la actividad sexual en cualquier época del año.²¹ En cambio, en las razas muy estacionales el efecto macho se utiliza preferentemente un mes antes del inicio del periodo natural de actividad sexual, o un mes después del final de este periodo.²²⁻²⁴ En otros meses, la respuesta de las cabras al efecto macho es muy baja o ausente (Figura 3). Se considera que esto puede deberse a una incapacidad de las hembras para responder al efecto macho. Sin embargo, la falta de respuesta también puede deberse a una débil estimulación de las hembras por parte del macho. Cuando las hembras están en anestro, los machos ovinos y caprinos se encuentran también en reposo sexual.^{2,25,26} En estas dos especies, el contacto físico y el mejoramiento del comportamiento sexual de los machos incrementan la respuesta de las hembras al efecto macho.¹⁸

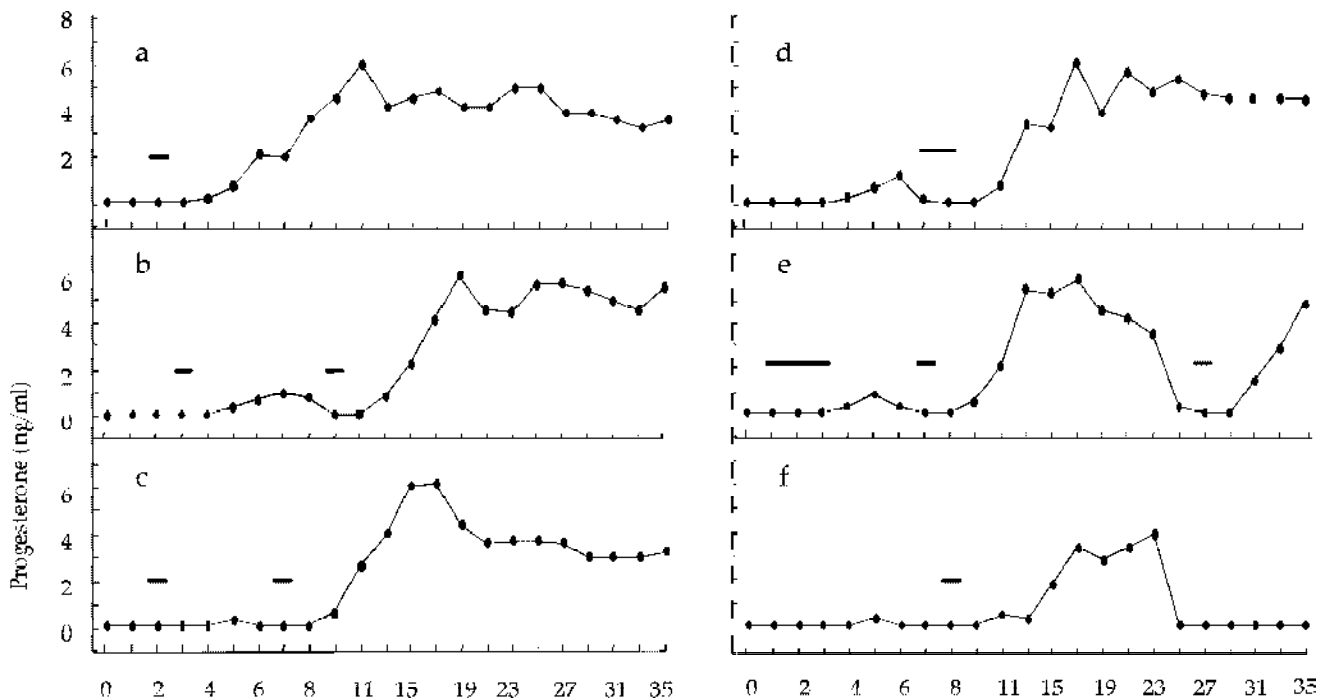


Figura 2. Respuesta de las cabras Criollas de la Comarca Lagunera (26°N) al efecto macho: comportamiento estral (líneas oscuras horizontales) y evolución de los niveles plasmáticos de progesterona después de la introducción de los machos (día 0). *a*) Estro asociado con una fase lútea de duración normal, *b*) un primer estro asociado con una fase lútea de corta duración, seguido por un celo y un ciclo ovulatorio de duración normal, *c*) celo sin ovulación, seguido por otro celo y fase lútea normal, *d*) ovulación sin celo seguido por estro y fase lútea normal, *e*) dos ciclos ovulatorios de duración normal, precedidos de un estro y una fase lútea de corta duración, *f*) anovulación seguida por un estro asociado con una fase lútea de duración normal (modificado de la cita 20). La fase lútea de las hembras *a*, *b*, *c* y *d* son largas por la posible existencia de una gestación. Estrus behavior (dark horizontal lines) and evolution of the plasma levels of progesterone in female Mexican Creole goats of the Comarca Lagunera (26°N) region following the introduction of the males (day 0) (curves). *a*) Estrus associated with a luteal phase of normal duration, *b*) first estrus associated with a luteal phase of short duration, followed by another estrus and a cycle of normal duration, *c*) estrus without ovulation, followed by another estrus and a normal luteal phase, *d*) ovulation without estrus followed by estrus and a cycle of normal duration, *e*) two cycles of normal duration, preceded by an estrus and luteal phase of short duration, *f*) anovulation followed by an estrus associated with a normal luteal phase. Cases *a*, *b*, *c* and *d* show long luteal phases, possibly due to gestation (modified from reference 20).

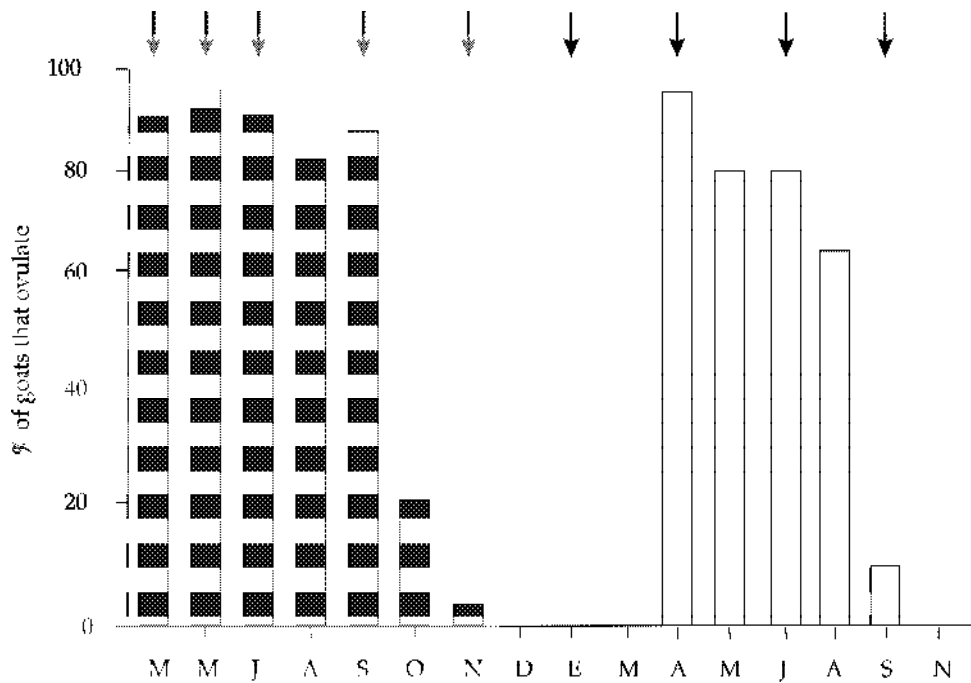


Figura 3. Respuesta ovulatoria de las cabras Cashmere de Australia (29° S) a la introducción intermitente de machos durante un periodo de 19 meses. Las hembras fueron expuestas a los machos durante dos semanas en los meses que indican las flechas (modificado de la cita 23).
Ovulatory response of Cashmere goats in Australia (29° S) over 19 months following the intermittent introduction of bucks. The females were exposed to males during two weeks during the months indicated by the vertical arrows (modified from reference 20).

Control of sexual activity

Males: photoperiodic treatments

In sheep and goat breeds coming from temperate regions, as well as in some breeds adapted to subtropical zones such as the goats from northern Mexico, reproductive seasonality is controlled by the photoperiod.^{3,15,27} In artificial conditions, when males are subjected to rapid changes of day length, long days inhibit sexual activity, and short days stimulate it.^{25,28} However, there is no treatment that ensures a permanent control. For example, in Merino and Suffolk rams maintained for two years under an equinox photoperiod (12 h of light/day), testicular size shows variations similar to those of control animals subjected to the natural photoperiod.²⁹ Therefore, to manipulate the sexual activity of the animals through photoperiod treatments, it is necessary to alternate long days and short days.¹⁰

In Alpine and Saanen bucks, exposure to two months of long days starting in December or January, followed by the application of melatonin, induces intense sexual activity during the natural period of sexual rest.³⁰ This is also the case in males of the Comarca Lagunera region, in which 2.5 months of long days (16 h of light/day), starting on November 1st and followed by an application of two melatonin implants (18 mg each), allows for induction of intense sexual activity in mid March. In males kept in open sheds or in photoperiodic rooms and treated in this way, plasmatic levels of testosterone, as well as sexual

Control de la actividad sexual

Machos: Tratamientos fotoperiódicos

En las razas ovinas y caprinas originarias de las zonas templadas, así como en algunas adaptadas a las zonas subtropicales, como los caprinos del norte de México, la estacionalidad reproductiva es controlada por el fotoperiodo.^{3,15,27} En condiciones artificiales, cuando los machos son sometidos a cambios rápidos de la duración del día, los días largos inhiben la actividad sexual, mientras que los días cortos la estimulan.^{25,28} Sin embargo, no existe un tratamiento fotoperiódico que asegure efectos permanentes. Por ejemplo, en los machos ovinos de las razas Merino y Suffolk, mantenidos durante dos años bajo un fotoperiodo equinoccial (12 h de luz/día), la circunferencia testicular presentó variaciones similares a las observadas en los animales testigos sujetos al fotoperiodo natural.²⁹ Por ello, para manipular la actividad sexual de los animales a través de los tratamientos fotoperiódicos, es necesaria la alternancia de días largos y días cortos.¹⁰

En los machos cabríos de las razas Alpina y Saanen, la exposición a dos meses de días largos a partir de diciembre o enero seguidos de la aplicación de melatonina, inducen una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo.³⁰ En los machos locales de la Comarca Lagunera, la utilización de 2.5 meses de días largos (16 h de luz/día) a partir del 1 de noviembre, seguidos de la aplicación subcutánea de dos implantes de melatonina (18 mg c/u), permite inducir una intensa actividad sexual durante el periodo natural de reposo. En los machos alojados en instalaciones abiertas o cámaras fotoperiódicas y tratados de esta manera, los niveles plasmáticos de

behavior (mounting attempts, mounts, nudging and ano-genital sniffing) were higher than those registered in control males^{31,32} (Figures 4 and 5). It is important to mention that treatment with only 2.5 months of long days stimulates testosterone secretion and libido in a way similar to that occurring in males also receiving melatonin implants.³³

testosterona, así como el comportamiento sexual determinado por las montas, intento de montas, aproximaciones y olfateos anogenitales, fueron superiores a los registrados en los machos testigo^{31,32} (Figuras 4 y 5). Es importante señalar que la sola aplicación de 2.5 meses de días largos estimula la secreción de testosterona y la libido de manera similar a lo que ocurre en los machos tratados con días largos y melatonina.³³

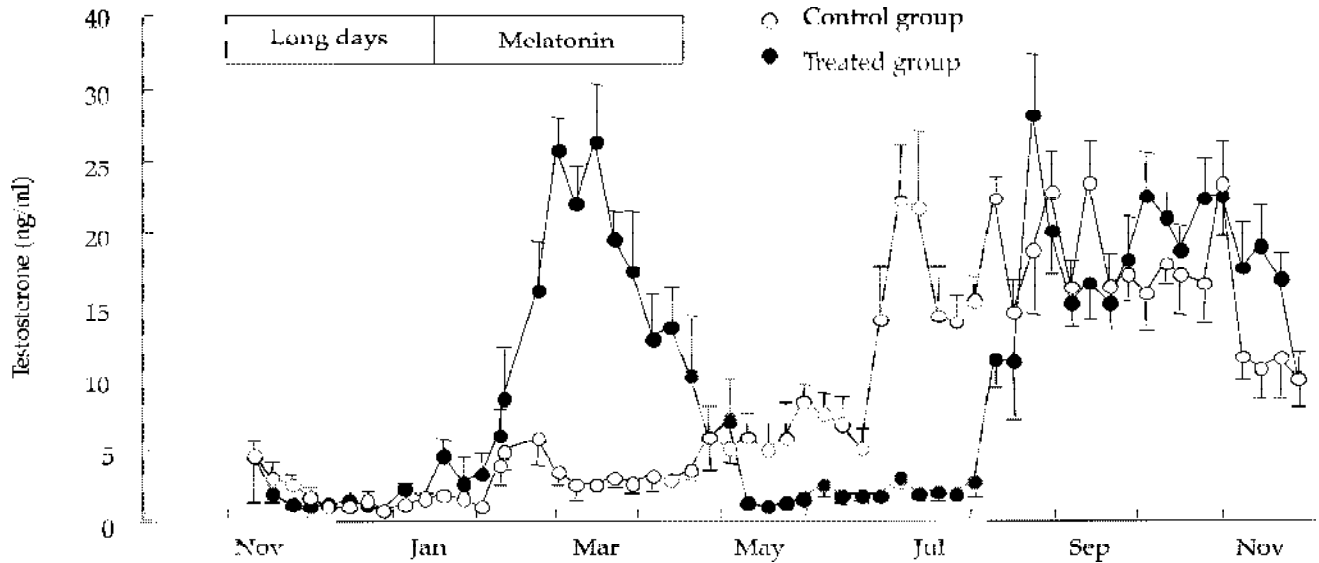


Figura 4. Evolución de las concentraciones plasmáticas (promedio \pm SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo de la Comarca Lagunera (26°N) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (modificado de la cita 32).

Evolution of plasma concentrations of testosterone (mean \pm SEM) of bucks subjected to natural variations of the photoperiod (Control group) of the Comarca Lagunera region (26°N), or to 2.5 months of long days followed by the subcutaneous administration of two melatonin implants (modified from reference 32).

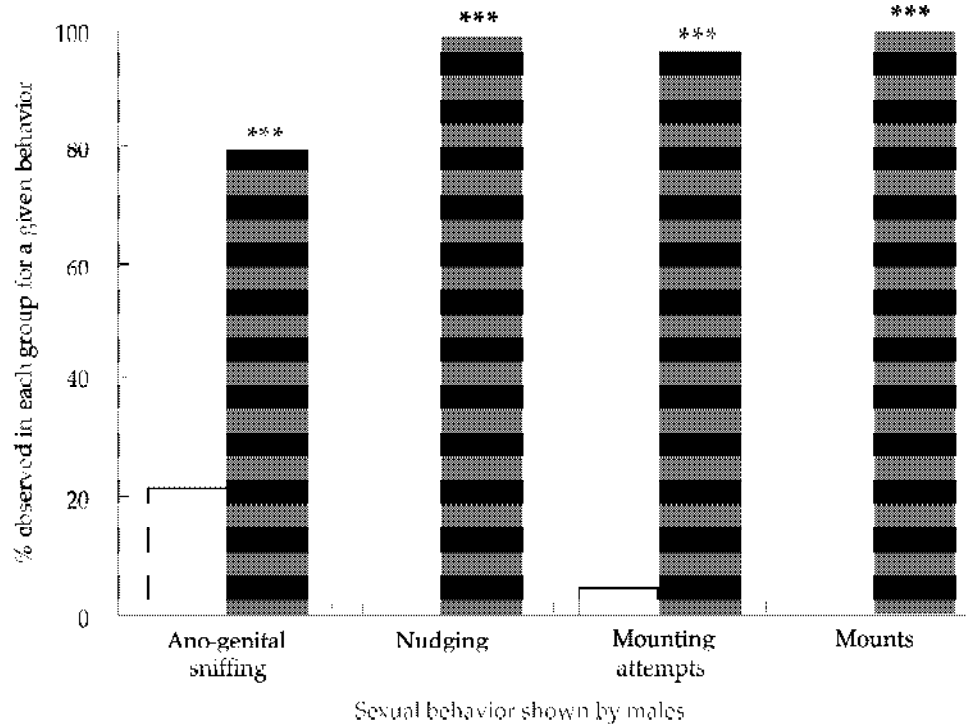


Figura 5. Comportamiento sexual de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo de la Comarca Lagunera (barras blancas) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (barras oscuras). Las observaciones se realizaron durante dos horas diarias durante los primeros cinco días después de la introducción de los machos en dos grupos de cabras anovulatorias (***) $P < 0.001$; modificado de la cita 32). Sexual behavior of male goats subjected to the natural variations of the photoperiod in the Comarca Lagunera region (26°N); open bars). The behavior of the bucks was recorded two hours a day during the first 5 days following the introduction of the males with anovulatory females (***) $P < 0.001$. Modified from reference 32).

Females: the male effect

As mentioned above, the male effect is a technique that can be useful to induce and synchronize sexual activity of anestrus females.^{34,35} Recent results obtained in local goats from northern Mexico indicate that seasonally anestrus females can be stimulated by the male effect if one uses males previously submitted to a photoperiodic treatment. Four control bucks in sexual rest and four treated (and therefore sexually active) males were put in contact with anovulatory goats for 35 days on the 15th of march. Under these conditions, only 2/34 goats with control bucks ovulated and none showed estrus behavior. By contrast all the 40 females in contact with the sexually active bucks ovulated and showed estrus behavior at least once during the first 11 days of contact with the males (Figure 6), and 38 were diagnosed pregnant. Sixty percent of the females gave birth, with a prolificacy of 2.0.³² In another study, two control bucks and two bucks subjected only to long days were put in contact with 20 and 19 anovulatory females, respectively. Of the females kept with controls bucks, only two were detected in estrus, whereas all the goats maintained with active bucks (19/19) showed at least one estrus during the period of observation.³³

These results indicate that, at least in goats of the Comarca Lagunera region, the low response of females to the male effect during anestrus is not due to their lack of sensitivity to the male, but more likely to the poor stimulation that the bucks provide to the females. Females respond to the male effect only

Hembras: Efecto macho

Como se mencionó anteriormente, el efecto macho es una técnica que puede ser útil para inducir y sincronizar la actividad sexual de las hembras en anestro.^{34,35} Los datos obtenidos recientemente en las cabras locales del norte de México indican que las hembras en anestro estacional pueden ser estimuladas por el efecto macho si se utilizan machos sometidos previamente a un tratamiento fotoperiódico. Cuatro machos testigos, en reposo sexual, y cuatro machos tratados, sexualmente activos, fueron puestos en contacto con cabras anovulatorias el 15 de marzo y permanecieron con ellas durante 35 días. En estas condiciones, sólo 2/34 de las cabras puestas en contacto con los machos testigo ovularon y ninguna de ellas presentó estrus. En cambio, 40/40 de las hembras puestas en contacto con los machos sexualmente activos ovularon y presentaron al menos un estrus durante los primeros 11 días posteriores a la introducción de los machos (Figura 6); treinta y ocho hembras fueron detectadas gestantes. El 60% de las hembras parieron y la prolificidad fue de 2.0.³² En otro estudio, dos machos testigo y dos sexualmente activos, tratados solamente con días largos, fueron puestos en contacto con 20 y 19 cabras anovulatorias, respectivamente. En las hembras en contacto con los machos testigo, sólo 2/20 fueron detectadas en estrus. En cambio, todas las cabras (19/19) en contacto con los machos tratados manifestaron al menos un estrus durante el periodo de observación.³³

Estos resultados demuestran que, al menos en las hembras caprinas de la Comarca Lagunera, la baja respuesta de las hembras al efecto macho durante el anestro no se debe a la insensibilidad de éstas a los machos, sino probablemente al débil estímulo que éstos proporcionan. Las hembras responden al efecto macho sola-

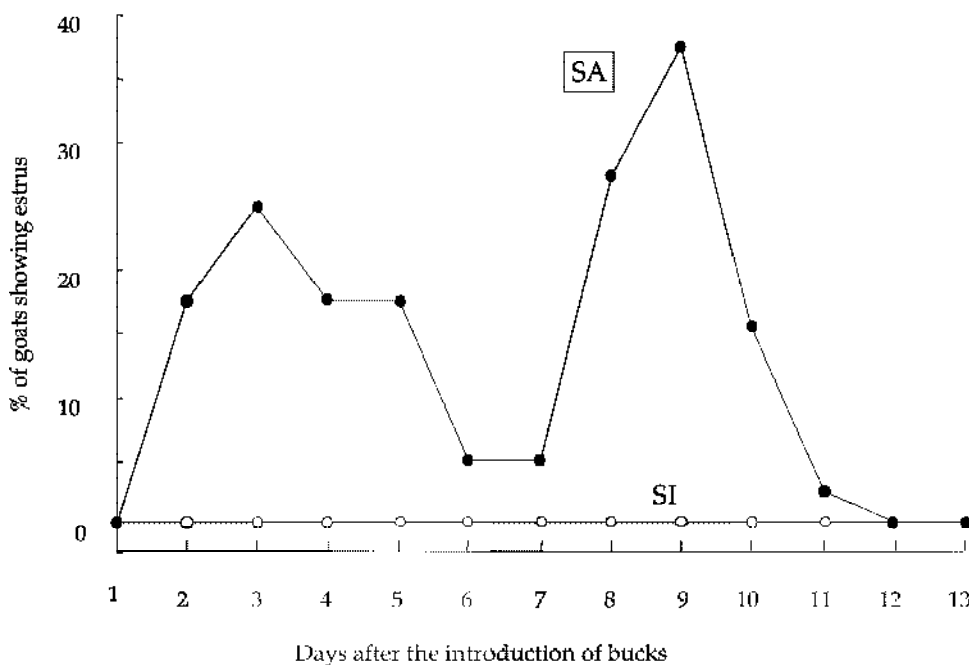


Figura 6. Respuesta estral de las hembras puestas en contacto con los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo de la Comarca Lagunera (26°N; sexualmente inactivos; SI) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (sexualmente activos SA; modificado de la cita 32).

Estrus response of female goats put in contact with bucks subjected to the natural variations of the photoperiod in the Comarca Lagunera region (26°N; sexually inactive, SI), or to 2.5 months of long days followed by the subcutaneous administration of two melatonin implants (sexually active, SA. Modified from reference 32).

with males treated to show an intense sexual activity, which can be achieved with a treatment by long days, followed or not by an application of two melatonin implants.

Conclusion

Studies carried out in subtropical latitudes indicate that some local breeds show seasonal variations of their sexual activity. In some regions, as in northern Mexico, reproductive seasonality in males and females is controlled mainly by variations of the photoperiod. Modifying this environmental factor allows for the induction of sexual activity of bucks during the season of sexual rest. Males subjected to long days, followed or not by the administration of melatonin, are able to induce sexual activity of anestrus females through the male effect.

Acknowledgements

The authors are grateful for the technical assistance of all the members of the Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) of the University Antonio Narro, and for the excellent secretarial and administrative support of Ms. Dolores Lopez.

Referencias

1. Walkden-Brown SW, Restall BJ, Norton BW, Scaramuzzi RJ, Martin GB. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian Cashmere goats. *J Reprod Fertil* 1994;102:351-360.
2. Delgadillo JA, Canedo GA, Chemineau P, Guillaume D, Malpoux B. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 1999;52:727-737.
3. Duarte G. Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas de la Comarca Lagunera (tesis de doctorado). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2000.
4. Martin GB, Walkden-Brown SW. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *J Reprod Fertil Suppl* 1995;49:437-449.
5. Walkden-Brown SW, Bocquier F. Nutritional regulation of reproduction in goats. Proceedings of the 7th International Conference on Goats; 2000 May 5-21; Tours, Francia. Vol. 1, Ivry-Sur-Seine: Gruner L, Chabert Y, editors, 2000:389-395.
6. Sáenz-Escárcega P, Hoyos G, Salinas G, Martínez M, Espinoza JJ, Guerrero A, Contreras E. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En: Flores Álvarez S, editor. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Torreón (Coahuila): 1991:124-34.

mente si se utilizan machos inducidos para que manifiesten una intensa actividad sexual, lo que se logra mediante un tratamiento de días largos, seguidos o no por la inserción de dos implantes de melatonina.

Conclusión

Los estudios efectuados en las zonas subtropicales demuestran que algunas razas locales presentan variaciones estacionales de su actividad sexual. En algunas regiones, como en el norte de México, la estacionalidad reproductiva de las hembras y machos es controlada principalmente por las variaciones del fotoperiodo. La modificación de este factor ambiental permite inducir la actividad sexual de los machos durante el periodo de reposo. Los machos tratados con días largos, seguidos o no de la aplicación de melatonina, son capaces de inducir la actividad sexual de las hembras en anestro estacional mediante el efecto macho.

Agradecimientos

Los autores agradecen la asistencia técnica de todos los miembros del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, y el excelente apoyo secretarial y administrativo de Dolores López.

7. Delgadillo JA, Hochereau-de-Reviers MT, Daveau A, Chemineau P. Effect of short photoperiodic cycles on male genital tract and testicular parameters in male goats (*Capra hircus*). *Reprod Nutr Dev* 1995;35:549-558.
8. Delgadillo JA, Canedo GA, Espitia OH, Flores MJ, Hernández H, Flores JA. La estacionalidad del peso testicular de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera no es modificada por el sistema de explotación. Memorias de la XII Reunión Nacional sobre Caprinocultura; 1997 noviembre 4-6; Torreón (Coahuila) México. Chapingo (Edo. de México): Asociación Mexicana de Producción Caprina, AC, 1997:153-157.
9. Sánchez D, Véliz FG, Vielma J, Malpoux B, Delgadillo JA, Duarte G. La producción espermática de los machos caprinos Criollos del subtrópico mexicano, es influenciada por el sistema de explotación. Memorias del II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina; 2001 mayo 22-25; Mérida (Yucatán) México. Mérida, Yucatán, Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovicultura, AC, 2001:s/p.
10. Chemineau P, Malpoux B, Delgadillo JA, Guérin Y, Ravault JP, Thimonier J, et al. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim Reprod Sci* 1992;30:157-184.
11. Leboeuf B, Manfredi E, Boue P, Piacère A, Brice G, Baril G, et al. Artificial insemination of dairy goats in France. *Livest Prod Sci* 1998;55:193-203.
12. Mellado M, Hernandez JR. Ability of androgenized goat wethers and does to induce estrus in goats under extensive conditions during anestrus and breeding seasons. *Small Rumin Res* 1996;2:37-42.

13. Malpaux B. The neuroendocrine control of seasonal rhythms. In: Conn PM, Freeman ME, editors. Neuroendocrinology in physiology and medicine. Totowa (NJ): Human Press, 1999:435-451.
14. Valencia J, Zarco L, Ducoing A, Murcia C, Navarro H. Breeding season of Criollo and Granadina goats under constant nutritional level in the Mexican highlands. *Livest Reprod Latin Am* 1990;321-333.
15. Delgadillo JA, Cortez-López ME, Duarte G, Malpaux B. El fotoperiodo modifica la actividad sexual de los machos cabríos Criollos del subtrópico mexicano. Memorias del XLIII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas y XX Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas; 2000 septiembre 3-7; Cancún, Quintana Roo, México. México (DF): Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A.C., 2000:C191.
16. Martin GB, Oldham CM, Cognié Y, Pearce DT. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams - a review. *Livest Prod Sci* 1986;15: 219-247.
17. Chemineau P. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats - a review. *Livest Prod Sci* 1987;17:135-147.
18. Walkden-Brown SW, Martin GB, Restall BJ. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J Reprod Fertil Suppl* 1999;54:241-255.
19. Poindron P, Cognié Y, Gayerie F, Orgeur P, Oldham CM, Ravault JP. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol Behav* 1980;25:227-237.
20. Veliz-Deras FG. Los machos cabríos de la Comarca Lagunera sexualmente activos inducen mejor la actividad sexual de las hembras en anestros estacional, mediante el efecto macho, que los machos en reposo sexual (tesis de maestría). Torreón (Coahuila): Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, 1999.
21. Chemineau P. Effect on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the year. *J Reprod Fertil* 1983;67:65-72.
22. Martin GB, Scaramuzzi R. The induction of oestrous and ovulation in seasonally anovular ewes by exposure to rams. *J Steroid Biochem* 1983;19:869-875.
23. Restall BJ. Seasonal variations in reproductive activity in Australian goats. *Anim Reprod Sci* 1992;27:305-318.
24. Mellado M, Olivas R, Ruiz F. Effect of buck stimulus on mature and pre-pubertal Norgestomet-treated goats. *Small Rumin Res* 2000;26:269-274.
25. Lincoln GA, Short RV. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent Prog Horm Res* 1980;36:1-52.
26. Delgadillo JA, Leboeuf B, Chemineau P. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology* 1991;36:755-770.
27. Malpaux B, Thiéry JC, Chemineau P. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Nutr Reprod Dev* 1999;39:355-366.
28. Branca A, Cappai P. Osservazioni sul controllo della riproduzione nella specie caprina: esperienze effettuate in Sardegna. Simposio Internazionale La riproduzione nei piccoli ruminati: basi fisiologiche e aspetti applicativi; 1989 dicembre 15; Varese Italia, Greppi G.F. editore, 1989:115-129.
29. Martin GB, Tjondronegoro S, Boukhliq R, Blackberry MA, Briegel JR, Blache D, *et al.* Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: modification of endogenous rhythms by photoperiod. *Reprod Fertil Dev* 1999;11:355-366.
30. Chemineau P, Baril G, Leboeuf B, Maurel MC, Roy F, Pellicer-Rubio M, *et al.* Implications of recent advances in reproductive physiology for reproductive management of goats. *J Reprod Fertil Suppl* 1999;54:129-142.
31. Delgadillo JA, Carrillo E, Morán J, Duarte G, Chemineau P, Malpaux B. Induction of sexual activity of male Creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *J Anim Sci* 2001;179:2245-2252.
32. Flores JA, Veliz FG, Perez-Villanueva JA, Martinez de la Escalera G, Chemineau P, Poindron P, *et al.* Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol Reprod* 2000;62:1409-1414.
33. Delgadillo JA, Flores JA, Veliz FG, Hernandez HF, Duarte G, Vielma J, *et al.* Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci* (en prensa).
34. Álvarez-Ramírez L, Zarco-Quintero LA. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet Méx* 2000;32:117-129.
35. Knights M, Baptiste QS, Lewis PE. Ability of ram introduction to induce LH secretion, estrus and ovulation in fall-born ewe lambs during anestrus. *Anim Reprod Sci* 2002;69:199-209.