

# Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico Mexicano

## Reproductive seasonality of young French-Alpine goat bucks adapted to subtropical conditions in Mexico

Evaristo Carrillo<sup>a</sup>, Cesar Alberto Meza-Herrera<sup>b</sup>, Francisco Gerardo Véliz<sup>c</sup>

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar un posible patrón de estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados a condiciones intensivas del subtrópico Mexicano (26° LN). El estudio consideró 11 machos, los cuales fueron sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo de la Comarca Lagunera (13:41 h/luz durante el solsticio de verano y 10:19 h/luz en el solsticio de invierno). Los animales tuvieron libre acceso a heno de alfalfa (17 % PC) y 200 g de concentrado comercial (14 % PC) animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, durante todo el período experimental (diciembre a septiembre). Se observó una disminución ( $P < 0.05$ ) en la motilidad progresiva y el porcentaje de espermatozoides vivos al pasar de  $1.4 \pm 0.1$  (escala de 1-5) y  $21 \pm 2$  % de enero a junio, a valores de  $2.5 \pm 0.2$  y del  $49 \pm 4$  % durante julio a diciembre, respectivamente. La latencia a eyacular en vagina artificial fue de  $102 \pm 7$  seg de diciembre a julio, observando una reducción a  $52 \pm 1$  seg entre agosto y septiembre. El volumen del eyaculado fue de  $0.1 \pm 0.03$  ml eyaculado<sup>-1</sup> de enero a julio, observando un incremento a  $0.5 \pm 0.04$  ml eyaculado<sup>-1</sup> durante agosto, septiembre y diciembre. Los resultados del estudio demuestran que machos cabríos Alpino-Francés jóvenes criados con un esquema intensivo a 26° LN en el subtrópico mexicano muestran un patrón estacional con respecto a calidad espermática, libido y peso testicular que se extiende de enero a julio en esta latitud.

**PALABRAS CLAVE:** Estacionalidad reproductiva, Caprinos, Alpino-Francés, Espermatozoides, Comportamiento sexual.

### ABSTRACT

Limited data is available on reproductive seasonality in French Alpine goat bucks raised under intensive conditions in northern Mexico, at subtropical latitude (26° N). A study was done of eleven young French Alpine bucks subject to natural, regional photoperiod variations (13:41 h/light at summer solstice; 10:19 h/light at winter solstice). Animals were fed alfalfa hay (17% CP) *ad libitum* and a commercial supplement (14% CP) at 200 g animal<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> during the experimental period (December to September). Sperm motility increased ( $P < 0.05$ ) from 1.5 units from January to May to 2.5 units from July to September. Sperm viability also increased, from 25 % in January to May to 40 % in July to September. Ejaculate volume was  $0.1 \pm 0.03$  ml ejaculate<sup>-1</sup> from January to July, lower ( $P < 0.05$ ) than the  $0.5 \pm 0.04$  ml ejaculate<sup>-1</sup> recorded in August, September and December. Latency to ejaculate in an artificial vagina decreased ( $P < 0.05$ ) from  $102 \pm 7$  sec in December to July, to  $52 \pm 1$  sec in August and September. The studied French Alpine bucks exhibited seasonality in semen quality characteristics, body and testicular variables and sexual response, with generally lower variable values and less sexual activity from January to July followed by increased values and activity.

**KEY WORDS:** Seasonal reproduction, Goats, French Alpine bucks, Sperm, Semen characteristics, Sexual behavior.

La actividad reproductiva de los animales domésticos puede ser influenciada por varios factores como son: la raza, la localización, el

Reproductive activity in domestic animals can be influenced by factors such as breed, location, photoperiod and diet, among others<sup>(1,2)</sup>. Annual

Recibido el 7 de octubre de 2008. Aceptado para su publicación el 11 de noviembre de 2009.

<sup>a</sup> Instituto Tecnológico de Torreón,

<sup>b</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas,

<sup>c</sup> Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, 27054, Torreón, Coahuila, México. velizderas@yahoo.com. Correspondencia al tercer autor.

fotoperiodo y la alimentación entre otras<sup>(1,2)</sup>. La actividad sexual anual de las cabras ha sido estudiada en varias razas y en varias regiones<sup>(3-5)</sup>; sin embargo, la información que se tiene en muchos aspectos de la actividad reproductiva es escasa y en muchos casos solamente se tienen las características de las razas locales y de las razas puras en sus regiones de origen. En efecto, donde existen más reportes es en los caprinos de las latitudes templadas ( $>35^\circ$  Latitudes Norte o Sur), mientras que en las latitudes subtropicales (25 a  $35^\circ$  Latitudes Norte o Sur) es poca la información que se conoce<sup>(6)</sup>. Los machos de las razas Alpinos y Saanen de las zonas templadas ( $45^\circ$  N, la duración del día en el solsticio de invierno es aproximadamente de 8 h de luz y en el solsticio de verano es de 16 h de luz) muestran una marcada estacionalidad reproductiva. En estos machos mantenidos en condiciones naturales, el comportamiento sexual dependiente de la secreción de testosterona disminuye durante la primavera y el verano, y el volumen del eyaculado y el número total de espermatozoides/ml disminuyen, y es el fotoperiodo el principal factor del medio ambiente que sincroniza la actividad sexual<sup>(6)</sup>.

Se conoce que al someter a las cabras Alpinas de estas latitudes a otros fotoperiodos, como los de zonas tropicales, el inicio de su actividad reproductiva fue un poco más rápido y su estación de anestro un poco más corta<sup>(7)</sup>. En los machos cabríos locales del subtrópico de México ( $26^\circ$  LN), el periodo de baja actividad sexual se extiende de enero a mayo, mientras que en las hembras, el periodo de anestro se extiende de marzo a julio<sup>(8)</sup>, y es el fotoperiodo el principal factor del medio ambiente que sincroniza la actividad sexual<sup>(9)</sup>.

En el norte subtropical de México ( $26^\circ$  LN), las variaciones naturales del fotoperiodo de la región son más moderadas (13 h 41 min de luz en el solsticio de verano y 10 h 19 min en el solsticio de invierno)<sup>(10)</sup>, comparadas con las latitudes templadas, además que en regiones subtropicales la nutrición puede influir en la actividad reproductiva de los caprinos y ovinos<sup>(11)</sup>. En efecto, cambios en los niveles plasmáticos de hormonas metabólicas son señales importantes que informan el estado

sexual activity in goat does has been studied in different breeds and regions<sup>(3-5)</sup>, nonetheless, little data is available on many aspects of reproductive activity and it is often restricted to local breeds or pure breeds in their place of origin. Overall, more data exists for goats in temperate latitudes ( $>35^\circ$  N or S), than exists for subtropical latitudes (25 to  $35^\circ$  N or S)<sup>(6)</sup>. Alpine and Saanen breed bucks exhibit marked reproductive seasonality in temperate zones ( $45^\circ$  N, winter solstice sunlight = 8 h; summer solstice sunlight = 16 h). Under natural conditions, testosterone secretion-dependent sexual behavior, ejaculate volume and total spermatozoa counts/ml decrease during spring and summer, with photoperiod being the main environmental factor affecting sexual activity<sup>(6)</sup>.

When Alpine does from temperate latitudes are subjected to photoperiods mimicking those of tropical latitudes, their reproductive activity occurs earlier and their anestrus season is somewhat shorter<sup>(7)</sup>. Lower sexual activity levels in males from local breeds in subtropical Mexico ( $26^\circ$  N) extend from January to May, while in females the anestrus period lasts from March to July<sup>(8)</sup>. In these cases, photoperiod is the main environmental factor synchronizing sexual activity<sup>(9)</sup>. Variation in the natural photoperiod in northern subtropical Mexico ( $26^\circ$  N, summer solstice sunlight = 13:41 h; winter solstice sunlight = 10:19 h)<sup>(10)</sup> is moderate compared to that in temperate latitudes.

Nutrition also has an effect on goat and sheep reproductive activity in subtropical regions<sup>(11)</sup>. Indeed, changes in metabolic hormone blood levels are indicative of nutritional condition in ruminants<sup>(12-15)</sup>, probably because animal response to nutritional supplementation effects blood levels of glucose, insulin, leptin or IGF-I, as well as other metabolic and reproductive hormones<sup>(12,14,16-18)</sup>. For example, underfeeding of male Cashmere goats in Australia ( $28^\circ$  N) causes a delay in sexual activity onset indicated by late increases in testicular weight, testosterone secretion and sexual odor in comparison to well-fed males<sup>(11)</sup>.

Given that reproductive activity patterns in goats can vary by breed and latitude, and that little data

nutricional en rumiantes<sup>(12-15)</sup>. Una explicación establece que la respuesta a la suplementación nutricional altera los niveles séricos de glucosa, insulina, leptina o IGF-I, y probablemente otras hormonas metabólicas o reproductivas<sup>(12,14,16-18)</sup>. Por ejemplo, en los machos cabríos Cashmere de Australia (28° LS), la subalimentación provoca un retraso en el inicio de la actividad sexual, indicado por un tardío incremento del peso testicular, de la secreción de testosterona y del olor sexual en comparación con los machos bien alimentados<sup>(11)</sup>. Por lo anterior es posible que la actividad reproductiva anual de los machos de la raza Alpino-Francés sea diferente a los caprinos locales de la Comarca Lagunera o de otras regiones, por lo que el objetivo de la presente investigación fue determinar la duración de la estación natural reproductiva de los machos Alpino-Francés criados y adaptados a latitudes subtropicales como la del norte de México.

El presente estudio se realizó del 1 de diciembre al 30 de septiembre del 2007, en el norte de México (26°23' LN y 104°47' O). Se utilizaron 11 machos jóvenes (1 año de edad) de la raza Alpino-Francés de la Comarca Lagunera. Los animales estuvieron estabulados en un área de 25 m<sup>2</sup> y fueron sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo (13:41 h/luz durante el solsticio de verano y 10:19 h/luz en el solsticio de invierno) y a un sistema intensivo desde su nacimiento. La altitud de esta región varía de 1,100 a 1,400 msnm, y es caracterizada por tener clima seco, y la precipitación promedio anual es de 266 mm (163 a 504 mm) generalmente de agosto a septiembre. La temperatura tiene un promedio anual de 20° C, mostrando una temperatura máxima promedio de 37° C entre los meses de mayo y agosto, y temperaturas mínima promedio de 8° C en enero<sup>(10)</sup>.

La alimentación fue a base de heno de alfalfa (17 % PC, 1.95 Mcal de EM) a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14 % de proteína cruda, 1.7 Mcal de EM) por día y por animal durante todo el período experimental. Las sales minerales fueron suministradas en un bloque de 25 kg (no menos de 17 % de P, 3 % de Mg, 5 % de Ca, 5 % de Na y 75 % de NaCl) y el agua fue proporcionada a libre acceso. La condición corporal

existe on the seasonality of sexual activity of French Alpine bucks in the Comarca Lagunera region, the present study objective was to document the natural reproductive season duration in French Alpine bucks raised and adapted to the subtropical latitudes of this region.

Study period was December 1, 2006 to September 30, 2007, and the study area was the Comarca Lagunera region of northern Mexico, an area covering eastern Durango state and southwest Coahuila state (26°23' N; 104°47' W). Altitude range in the region is 1100 to 1400 m asl. Climate is generally dry, with average annual rainfall of 266 mm (163 to 504 mm), primarily in August and September. Average annual temperature is 20 °C, with an average maximum of 37 °C, usually occurring between May and August, and an average minimum of 8 °C in January<sup>(10)</sup>.

Experimental animals were eleven young (1 year old), French Alpine bucks from the study area. Born and raised in an intensive system, they were housed in a 25 m<sup>2</sup> area and subject to the natural regional photoperiod (13:41 h/daylight at summer solstice; 10:19 h/day at winter solstice). Feed was alfalfa hay (17% CP, 1.95 Mcal ME) provided *ad libitum*, with addition of 200 g commercial concentrate (14% CP, 1.7 Mcal ME) per animal per day during the study period. Mineral salts were provided by means of a 25 kg block (not less than 17% P, 3% Mg, 5% Ca, 5% Na and 75% NaCl) and water was supplied *ad libitum*. Body condition and weight were measured every two weeks throughout the study period. The technique described by Walkden-Brown *et al.*<sup>(19)</sup> was used to measure body condition: muscle mass in the lumbar region is measured and graded on a 1-to-4 scale, with intermediate points, in which 1 is a very thin animal (emaciated) and 4 is an animal with good muscle mass and a thick layer of subcutaneous fat.

Testicular weight was measured every two weeks applying the comparative palpation method and using an orchidometer, a graduated series of testicle-shaped forms (25, 50, 75, 100, 125, 150, 180 and 200 ml; 1 ml = 1 g). The orchidometer is compared

y peso fueron determinados cada dos semanas durante todo el estudio. Para la condición corporal se usó la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.*<sup>(19)</sup>, la cual consiste en medir la masa muscular de la región lumbar del animal; así, el valor fue dado en escala de 1 a 4 con puntos intermedios, en donde el 1 fue para animales muy flacos, y el 4 para animales con una muy buena masa muscular y una gruesa capa de grasa subcutánea.

El peso testicular se determinó cada dos semanas mediante la técnica de palpación comparativa<sup>(20)</sup>, mediante un orquidómetro, que es un collar de piezas sintéticas que tienen forma similar a los testículos de los machos y éstas tiene diferentes medidas: 25, 50, 75, 100, 125, 150, 180, 200 ml (1 ml = 1 g). Esta técnica consiste en palpar siempre el mismo testículo (izquierdo) del macho y determinar su peso por comparación con las piezas del orquidómetro. Las observaciones se realizaron por la misma persona. La circunferencia escrotal se determinó con una cinta métrica flexible graduada en milímetros, en la parte más ancha de ambos testículos.

El comportamiento sexual y las características y calidad de los eyaculados se analizaron durante los últimos siete días de cada mes del estudio<sup>(21)</sup>. Se muestrearon dos días seguidos por dos de descanso y posteriormente se muestrearon otros tres días. Los datos obtenidos del primer día no fueron usados para evitar posibles errores por no haber colectado eyaculados durante un largo periodo.

Para recolectar el semen, cada macho fue expuesto durante 180 seg a una hembra intacta inducida al estro mediante la aplicación de 200 mg de cipionato de estradiol, y se utilizó una vagina artificial para obtener los eyaculados. Estos machos se acostumbraron a este manejo desde dos meses antes de empezar el estudio para que no se tuviera ninguna influencia en la obtención de los datos. En cada ocasión se determinaron aspectos cuantitativos (volumen, número total de espermatozoides por eyaculado) y cualitativos (motilidad progresiva, y porcentaje de espermatozoides vivos); además se determinó la latencia al eyaculado y el número de rechazos a eyacular en la vagina artificial<sup>(9)</sup>. Para

to the testicle to determine its weight. The same testicle (left) was always measured and the same person took the measurements. Scrotal circumference was measured at the widest portion of the testicle with a flexible measuring tape marked in millimeters.

Sexual behavior and ejaculate quality parameters were measured during the last seven days of each month in the study period<sup>(21)</sup>. During these seven days, samples were taken during the first two days, followed by two days of rest, and then sampling continued during the remaining three days. Data from the first of the seven days was discarded to avoid possible errors caused by lack of ejaculate collection for a long period before sample collection. Bucks were first exposed for 180 sec to an intact doe in estrus induced by injection of 200 mg estradiol cypionate, and the ejaculate then collected using an artificial vagina. Bucks in the study had been accustomed to this handling for two months prior to the study period.

Quantitative (ejaculate volume, total spermatozoa count per ejaculate) and qualitative (progressive motility, percent live spermatozoa) variables were measured for each sampling period, as well as ejaculation latency and number of rejections to ejaculate in the artificial vagina<sup>(9)</sup>. Ejaculate sperm concentration was measured by taking a 0.05 ml sample, diluting it in 9.95 ml physiological solution containing formaldehyde (0.9% NaCl and 0.1% formaldehyde diluted in double distilled water) and making counts with a hemacytometer: in the central quadrangle all spermatozoa in the five large quadrangles (i.e. 80 small quadrangles) were counted. For each ejaculate, counts were done in triplicate and if one count differed by more than 10% from the average of the three samples, the count was performed again<sup>(8)</sup>. Total spermatozoa count per ejaculate ( $\times 10^9$ ) was calculated by multiplying spermatozoa concentration by ejaculate volume. Progressive individual motility was determined by placing a drop of undiluted semen taken immediately after collection onto a slide, viewing it under a microscope and grading motility on a 0 to 5 scale (0 = no movement; 5 = rapid progressive movement, cells difficult to visually

determinar la concentración espermática del eyaculado, se tomó una muestra de 0.05 ml, la cual se diluyó en 9.95 ml de una solución fisiológica con formaldehído (0.9% de cloruro de sodio y 0.1% de formaldehído, diluido en agua bidestilada), utilizando un hematocitómetro: en el cuadro central se contaron los espermatozoides que estuvieron en cinco cuadros grandes, es decir, 80 pequeños cuadros. Fue necesario contar tres muestras de cada eyaculado, y si un conteo difirió 10 % del promedio de las tres muestras, se inició nuevamente el conteo celular<sup>(8)</sup>. El número total de espermatozoides por eyaculado ( $\times 10^9$ ) se calculó multiplicando la concentración espermática por el volumen del eyaculado. Para determinar la motilidad progresiva individual, inmediatamente después de colectado el semen, una gota de semen no diluido, fue colocada entre un portaobjeto y un cubreobjeto y se utilizó una escala de 0 al 5: 0=sin movimiento, 5=movimiento progresivo muy rápido, en el cual las células son difíciles de seguir visualmente<sup>(10,21,22)</sup>. El porcentaje de células espermáticas vivas o móviles se determinó en la misma muestra en cinco áreas de la preparación<sup>(6,10)</sup>. La latencia al eyaculado se determinó como el tiempo (segundos) que transcurrió desde que el macho fue puesto en presencia de la hembra hasta la eyaculación. Se consideró como un rechazo cuando un macho fue expuesto a la hembra durante 180 seg, y éste no eyaculó en la vagina artificial.

Para el análisis se calculó el promedio en cada animal, en cuanto a número de espermatozoides/eyaculado, motilidad progresiva, porcentaje de espermatozoides vivos, latencia, y se calculó el número de rechazos a eyacular en la vagina artificial por animal por mes. El análisis de la información consideró un análisis de varianza circunscrito a un diseño completamente al azar, considerando como factor de clasificación único al tiempo y como variables de respuesta a peso vivo (kg), condición corporal (unidades), peso testicular (g), circunferencia escrotal (cm), viabilidad espermática (%), motilidad (1-5), espermatozoides por eyaculado (n), volumen del eyaculado (ml), latencia (s) y rechazos a eyacular en la vagina artificial (n). Previo al análisis de varianza se examinó si las observaciones

follow)<sup>(10,21,22)</sup>. Ejaculate latency was quantified as the time in seconds between when the buck was exposed to the doe and ejaculation. A rejection was considered as when a buck did not ejaculate in the artificial vagina after exposure to the doe.

For each animal, average values were calculated for spermatozoa count/ejaculate, progressive motility, percent live spermatozoa and latency, and the number of rejections per animal per month was calculated. Data analysis involved an analysis of variance (ANOVA) within a completely random design. Time was the only classification factor and the response variables were live weight (kg), body condition (units), testicular weight (g), scrotal circumference (cm), sperm viability (%), motility (1-5), spermatozoa count per ejaculate (n), ejaculate volume (ml), latency (s), and rejections to ejaculate in the artificial vagina (n). Before applying the ANOVA, the Shapiro-Wilks W test was used to determine normal data distribution<sup>(23)</sup>. When the response variable data did not meet a normal distribution, these were  $\log_{10}$ -transformed or, in the case of body condition, sperm motility and viability, square root-transformed. A Tukey test was applied to compare the means by time, and a Spearman correlation done to analyze the association between testicular weight and scrotal circumference. All statistical analyses were run using the GLM procedure of the SAS program<sup>(24)</sup>.

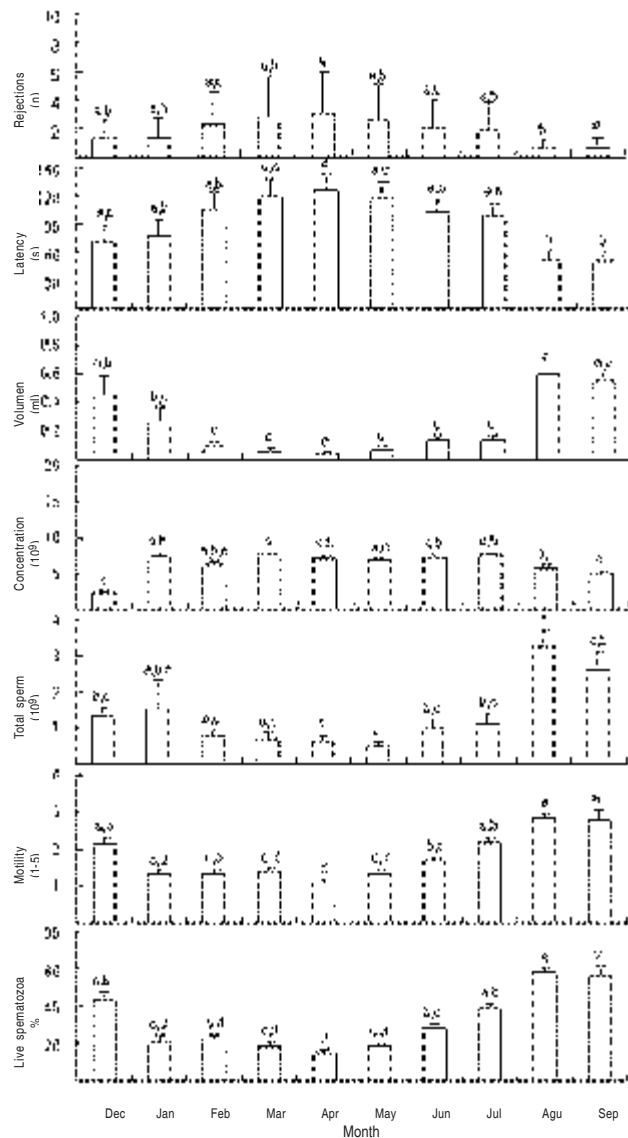
Seasonal variations were observed in semen quality and sexual behavior (i.e. rejections and latency) (Figure 1). Progressive motility and percent live spermatozoa increased ( $P < 0.05$ ) from  $1.4 \pm 0.1$  and  $21 \pm 2$  %, respectively, in the January to June period to  $2.5 \pm 0.2$  and  $49 \pm 4$  %, respectively, in the July to December period. Ejaculate volume was lower ( $P < 0.05$ ) in January to July ( $0.1 \pm 0.03$  ml ejaculate<sup>-1</sup>) than in August, September and December ( $0.5 \pm 0.04$  ml ejaculate<sup>-1</sup>). Total spermatozoa per ejaculate was  $0.9 \pm 0.1 \times 10^9$  in December to July and then increased ( $P < 0.05$ ) to  $2.9 \pm 0.3 \times 10^9$  in August and September. Spermatozoa concentration/ml was  $7.0 \pm 0.3 \times 10^9$  between January and August, but only  $3.5 \pm 1.2 \times 10^9$  in December and September. Latency was  $102 \pm 7$  sec from December to July and then

mostraban una distribución normal para lo cual se empleó la prueba Shapiro-Wilks  $W^{(23)}$ ; las variables de respuesta que no cumplieron la distribución normal se transformaron utilizando el logaritmo base 10 o bien raíz cuadrada, lo cual ocurrió para el caso de las variables condición corporal, motilidad espermática y viabilidad. Se utilizó la prueba de Tukey para hacer comparaciones múltiples entre las medias de acuerdo al tiempo. También la asociación del peso testicular y la circunferencia escrotal se analizó usando una correlación de Spearman. Todos los análisis se realizaron con el procedimiento GLM del programa SAS<sup>(24)</sup>.

Se presentaron variaciones estacionales en la calidad seminal y comportamiento sexual (número de rechazos a eyacular en la vagina artificial y latencia a eyacular en ésta (Figura 1). Se observó un aumento ( $P < 0.05$ ) en la motilidad progresiva y el porcentaje de espermatozoides vivos al pasar de  $1.4 \pm 0.1$  y  $21 \pm 2$  % de enero a junio, a valores de  $2.5 \pm 0.2$  y del  $49 \pm 4$  % durante julio a diciembre, respectivamente. La latencia a eyacular en la vagina artificial fue de  $102 \pm 7$  seg de diciembre a julio, observando una reducción a  $52 \pm 1$  seg entre agosto y septiembre. El volumen del eyaculado fue de  $0.1 \pm 0.03$  ml eyaculado<sup>-1</sup> de enero a julio, observando un incremento a  $0.5 \pm 0.04$  ml eyaculado<sup>-1</sup> durante agosto, septiembre y diciembre. El número total de espermatozoides por eyaculado fue de  $0.9 \pm 0.1 \times 10^9$  de diciembre a julio, observando un incremento a  $2.9 \pm 0.3 \times 10^9$  en agosto y septiembre. La concentración de espermatozoides/ml fue de  $7.0 \pm 0.3 \times 10^9$  de enero a agosto, mientras que éste se disminuyó a  $3.5 \pm 1.2 \times 10^9$  en diciembre y septiembre. El número de rechazos a eyacular en la vagina artificial fue  $2.4 \pm 0.02$  veces, de febrero a julio, mientras que éste disminuyó a  $1.0 \pm 0.2$  veces, en los meses de diciembre, enero, agosto y septiembre. El ANOVA reveló un efecto del tiempo en todas estas variables en estudio ( $P < 0.001$ ). La evolución durante el estudio de rechazos a eyacular en la vagina artificial, la latencia a la eyaculación, motilidad progresiva y el porcentaje de espermatozoides vivos de los machos Alpino-Francés se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Comportamiento reproductivo y calidad seminal de machos alpinos en condiciones de subtrópico (media $\pm$ EE)

Figure 1. Reproductive behavior and seminal quality of French Alpine bucks under subtropical conditions (mean $\pm$ SE)



Values in bars with different superscript are different ( $P < 0.01$ )

decreased to  $52 \pm 1$  from August to September. Rejections were highest ( $2.4 \pm 0.02$ ) from February to July but less than half this number ( $1.0 \pm 0.2$ ) in December, January, August and September. Time was shown to effect ( $P < 0.001$ ) all the studied variables.

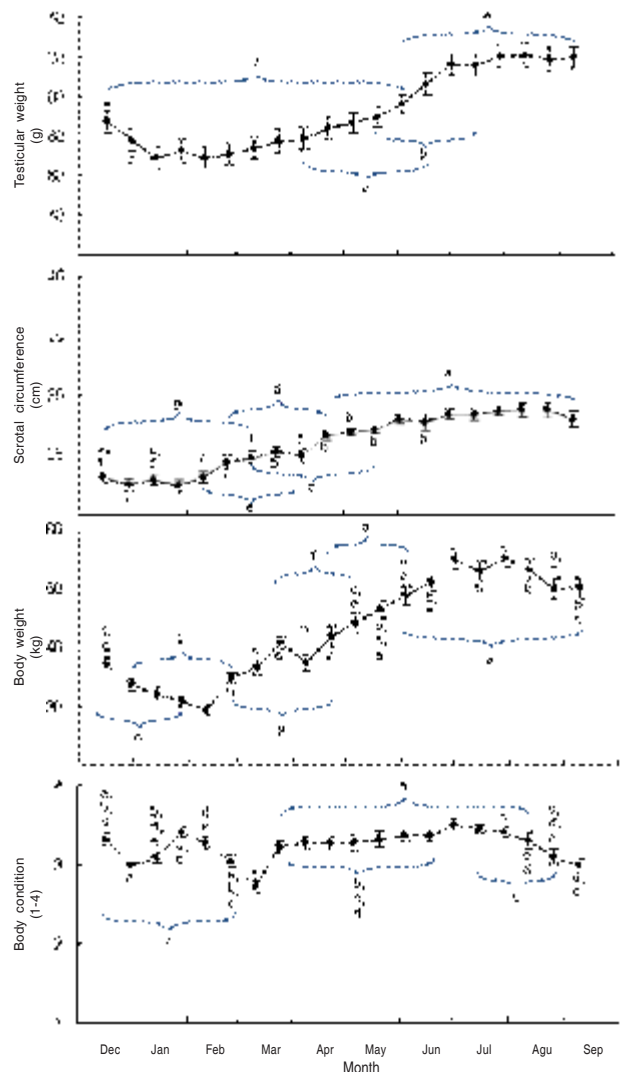
El peso testicular varió durante el estudio, registrando su menor peso a mediados de enero ( $69 \pm 5.6$  g), empezando a incrementarse a partir de febrero, alcanzando su mayor peso testicular a finales de julio ( $120 \pm 5.4$  g). El peso corporal se incrementó de  $31 \pm 0.7$  kg de enero hasta llegar a un peso máximo de  $55 \pm 1.7$  kg en el mes de julio, manteniéndose éste hasta el final del estudio. El ANOVA reveló un efecto del tiempo en el peso testicular, circunferencia escrotal y en el peso corporal ( $P < 0.001$ ). Por otro lado, el promedio global para condición corporal fue  $3.2 \pm 0.04$ , mientras que la menor condición se observó en marzo, la mejor ocurrió en julio (2.7 y 3.5, respectivamente), sin embargo, el ANOVA reveló también en esta variable un efecto del tiempo ( $P < 0.001$ ). La evolución durante el estudio del peso testicular, condición y peso corporal de los machos Alpino-Francés se muestra en la Figura 2. Se encontró una correlación positiva entre el peso testicular y la circunferencia escrotal ( $r = 0.783$ ).

Aunque el aumento del peso testicular, circunferencia escrotal y el peso corporal tuvieron un aumento de más del 60 %, es probable que se debiera en parte a que los animales estaban todavía en crecimiento, ya que al inicio del estudio los machos tenían un año de edad<sup>(10)</sup>. Sin embargo, aunque los animales sean muy jóvenes estos pueden expresar su estacionalidad reproductiva en lo que respecta a la libido, calidad y producción espermática<sup>(10,21)</sup>, por otra parte al principio del estudio el peso testicular y la calidad espermática experimentaron una disminución, lo que indica que estaban en actividad y posteriormente entraron en un periodo de disminución de ésta, manteniéndose baja durante los meses de enero a julio. La mayor actividad sexual al principio del experimento (diciembre), probablemente corporal, o bien pudo ser debido al estrés del propio estudio<sup>(10,21,25)</sup>. Durante este periodo la calidad seminal disminuyó drásticamente, igualmente el comportamiento sexual (los rechazos a eyacular en la vagina artificial y al tiempo de latencia a ésta), se redujo en alrededor de un 40 %, en comparación al periodo de alta actividad reproductiva. Las variaciones en la calidad espermática y el comportamiento sexual demuestran que la actividad reproductiva de estos machos es

Testicular weight was lowest ( $69 \pm 5.6$  g) in January, began to increase in February and reached a peak ( $120 \pm 5.4$  g) in late July (Figure 2). Body weight followed a similar pattern in that it increased from a low of  $31 \pm 0.7$  kg in January to a maximum of  $55 \pm 1.7$  kg in July, after which it remained constant. Time effected ( $P < 0.001$ ) testicular weight,

Figura 2. Medidas de peso testicular, circunferencia escrotal, condición y peso corporal de los machos Alpinos (media  $\pm$  EEM)

Figure 2. Testicular weight, scrotal circumference, body condition and weight for French Alpine bucks (mean  $\pm$  SEM)



Periods with different superscript are different ( $P < 0.01$ )

marcadamente estacional, en la cual hay un periodo del año donde el comportamiento y la calidad seminal es baja.

Estos resultados son similares a los encontrados por otros investigadores en las razas Alpinos y Saanen de las zonas templadas (45° LN), las cuales muestran un periodo de baja de la actividad sexual muy marcado (primavera - verano)<sup>(26)</sup>. En estas razas, por ejemplo, el número total de espermatozoides por eyaculado aumentó al doble ( $2.8 \times 10^9$  en marzo, a  $6 \times 10^9$  en octubre), lo cual fue similar a lo registrado en los machos del presente estudio. Asimismo en esas áreas se ha determinado que el fotoperiodo es el principal factor modulador de la actividad reproductiva<sup>(5,27)</sup>. Además, es probable que aún cuando las variaciones fotoperiódicas son mayores en las zonas templadas que en las de este estudio, las variaciones en esta Región fuesen suficientes para sincronizar la actividad sexual de los machos caprinos de la raza Alpino-Francés, tal y como ocurre en las zonas templadas<sup>(5,26)</sup>.

La estacionalidad reproductiva se observó aun cuando los requerimientos nutricionales fueron cubiertos satisfactoriamente. En efecto, la condición corporal se mantuvo en un nivel promedio de 3.2 durante el periodo de estudio, lo cual indica que los machos del presente estudio tuvieron una dieta adecuada que cubrió todos sus requerimientos de mantenimiento. Por ello, estos resultados sugieren que las variaciones en la actividad reproductiva de los machos son debidas más probablemente al fotoperiodo de la región; sin embargo, no se puede descartar a la alimentación como otro factor modulador de esta estacionalidad.

Además, la alta alimentación principalmente la alta concentración de proteína en la dieta pudo influir en la calidad seminal; se ha reportado que el consumo alto de proteínas decrece la calidad del semen<sup>(28)</sup>, por otro lado, la dieta fue la misma durante todo el estudio y aun así la calidad seminal de los machos presentaron un periodo de buena calidad seminal, por lo que se puede descartar que la dieta pudiera haber afectado la variabilidad seminal durante el estudio. Recientemente se

scrotal circumference and body weight. There was a positive correlation ( $r=0.783$ ) between testicular weight and scrotal circumference. Overall body condition during the study period was  $3.2 \pm 0.04$ , with a low of 2.7 in March and a high of 3.5 in July. Time had an effect ( $P<0.001$ ) on this variable.

Testicular weight, scrotal circumference and body weight all increased by more than 60 % during the study period, probably because the animals were only one year old at the beginning of the study period and were therefore still growing<sup>(10)</sup>. Nonetheless, their young age likely had no effect on the results, since even young goats can express seasonality in terms of libido, semen quality and production<sup>(10,21)</sup>. This is supported by the fact that at the beginning of the study period testicular weight and semen quality both decreased, indicating that the studied bucks had been active and then entered a period of lower activity between January and July. The weight loss observed in December was probably due to the high sexual activity recorded during this month, since sexually-active bucks normally lose or maintain weight; it may also have been caused by the stress of the study conditions<sup>(10,21,25)</sup>. Compared to the period of high reproductive activity, semen quality and sexual activity (i.e. more rejections and greater latency time) decreased by approximately 40 % during the months of low reproductive activity. Clearly, there is a period when semen quality and sexual activity are lower, indicating the presence of markedly seasonal reproductive activity in French Alpine bucks at the studied latitude.

This seasonality in the studied French Alpine bucks is similar to that reported for Alpine and Saanen bucks in temperate zones (45 °N), which experience a notable period of low sexual activity (spring-summer)<sup>(26)</sup>. In these breeds, total spermatozoa count per ejaculate doubled between March ( $2.8 \times 10^9$ ) and October ( $6 \times 10^9$ ), an increase similar to that observed in the present study. In temperate zones, photoperiod is the main factor modulating reproductive activity<sup>(5,27)</sup>, suggesting that, even though differences in temperate zone photoperiods are more pronounced than in the study area,



demonstró que los caprinos locales de esta misma región presentan una estacionalidad reproductiva<sup>(29)</sup> y que ésta es dependiente del fotoperiodo: cuando los machos locales fueron sometidos a tres meses de días largos alternados con tres meses de días cortos, los niveles plasmáticos de testosterona se incrementaron en los días cortos, mientras estos disminuyeron al pasar a los días largos<sup>(29)</sup>. Además, la reducción en la actividad reproductiva durante los meses de enero a mayo en los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera fue similar a la observada en los machos Alpino-Francés del presente estudio. Esta similitud es probable que se deba a que los machos locales se derivan de la cruce de animales provenientes de zonas templadas (Alpinos, Saanen, Granadina, Nubia, etc.)<sup>(10)</sup>.

Los resultados del estudio demuestran que machos cabríos Alpino-Francés jóvenes criados con un esquema intensivo a 26° LN en el subtrópico mexicano muestran un patrón estacional con respecto a calidad espermática, libido y peso testicular que se extiende de enero a julio en esta latitud.

## LITERATURA CITADA

1. Ibrahim SA. Seasonal variations in semen quality of local and crossbred rams raised in the United Arab Emirates. *Anim Reprod Sci* 1997;(49):161-167.
2. Zamiri MJ, Haidari AH. Reproductive characteristics of Rayini male goats of Kerman province in Iran. *Anim Reprod Sci* 2006;(96):176-185.
3. Ahmed MMM, Makawi SA, Gadir AA. Reproductive performance of Saanen bucks under tropical climate. *Small Rumin Res* 1997;(26):151-155.
4. Al-Ghalban AM, Tabaa MJ, Kridli RT. Factors affecting semen characteristics and scrotal circumference in Damascus bucks. *Small Rumin Res* 2004;(53):141-149.
5. Chemineau P, Malpoux B, Delgadillo JA, Guerin Y, Ravault JP, Thimonier J, Pelletier J. Control of sheep and goat reproduction: Use of light and melatonin. *Anim Reprod Sci* 1992;(30):157-184.
6. Delgadillo JA. Inseminación artificial en caprinos. México: Editorial Trillas; 2005.
7. Chemineau P, Daveau A, Maurice F, Delgadillo JA. Seasonality estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin Res* 1992;8:299-312.
8. Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Malpoux B. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet Méx* 2003;34(1):69-79.

photoperiod variation in the Comarca Lagunera region is still sufficiently marked to synchronize sexual activity in the studied bucks, as occurs in temperate zones<sup>(5,26)</sup>.

Body condition was an average of 3.2 throughout the study period, indicating that the diet covered the animals' maintenance requirements and suggesting that the feeding regime had no effect on sexual behavior. The observed variations in reproductive activity in the studied bucks were therefore more probably due to seasonal changes in the regional photoperiod. Feeding regime cannot, however, be discounted as a modulating factor of seasonality. Diet composition, particularly high protein content, can influence semen quality since high protein intake has been shown to lower semen quality<sup>(28)</sup>. In the present study, however, it is unlikely that diet composition affected semen quality variation because the diet was unchanged during the study period and the animals still exhibited a period of good semen quality.

The effect of photoperiod on reproductive activity variation in the studied bucks coincides with research using local breeds in the Comarca Lagunera region showing reproductive seasonality is photoperiod dependent<sup>(29)</sup>. When local bucks were submitted to three months of long days alternating with three months of short days, their blood testosterone levels increased during the months of short days and decreased in those with long days. In addition, the reduced reproductive activity observed in local bucks from January to May is similar to that observed here for French Alpine bucks. This similarity is at least partially due to the fact that bucks in local breeds are the result of crosses between temperate zone breeds (e.g. Alpine, Saanen, Granadina, Nubia, etc.)<sup>(10)</sup>.

Study results demonstrate that young French Alpine bucks grown in an intensive system in the subtropics of Mexico (26° N) manifest a seasonal pattern in semen quality, testicular weight and libido, with lower values between January and July followed by a period of higher semen quality values and sexual activity.

*End of english version*

9. Malpaux B, Thiéry JC, Chemineau P. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod Nutr Dev* 1999;(39):355-366.
10. Delgadillo JA, Canedo GA, Chemineau P, Guillaume D, Malpaux B. Evidence for annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 1999;(52):727-737.
11. 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.
12. Meza-Herrera CA, Sanchez JM, Chavez-Perches JG, Salinas H, Mellado M. Protein supplementation, body condition and ovarian activity in goats. Preovulatory serum profile of insulin. *South Afric J Animal Sci* 2004;34(Suppl 1):223-226.
13. Meza-Herrera CA, Ross T, Hallford DM, Hawkins D, Gonzalez-Bulnes A. Effects of body condition and protein supplementation on LH secretion and luteal function in sheep. *Reprod Dom Anim* 2007;42(5):461-465.
14. Gamez-Vazquez HG, Rosales-Nieto CA, Bañuelos-Valenzuela R, Urrutia-Morales J, Diaz-Gomez MO, Silva-Ramos JM, Meza-Herrera CA. Body condition score positively influence plasma leptin concentrations in criollo goats. *J Anim Vet Adv* 2008;7(10):1237-1240.
15. Meza-Herrera CA, Hallford DM, Ortiz JA, Cuevas RA, Sanchez JM, Salinas H, Mellado M, Gonzalez-Bulnes A. Body condition and protein supplementation positively affect periovulatory ovarian activity by non-LH mediated pathways in goats. *Anim Reprod Sci* 2008;106:412-420.
16. Scaramuzzi RJ, Campbell BK, Downing JA, Kendall NR, Khalid M, Muñoz-Gutierrez M, Somchit A. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod Nutr Dev* 2006;6:339-354.
17. Guerra-García M, Meza-Herrera CA, Sanchez-Torres-Esqueda MT, Gallegos-Sanchez J, Torres-Hernandez G, Pro-Martinez A. IGF-1 and ovarian activity of goats in divergent body condition and supplemented with non-degradable ruminal protein. *Agrociencia* 2009;43(3):241-247.
18. Meza-Herrera CA, Gonzalez-Bulnes A, Kridli R, Mellado M, Arechiga-Flores CF, Salinas H, Luginbhul JM. Neuroendocrine, metabolic and genomic cues signaling the onset of puberty in females [in press]. *Reprod Dom Anim* 2009.
19. Walkden-Brown SW, Restall BJ, Scaramuzzi RJ, Martin GB. Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or estradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations and body growth. *Small Rumin Res* 1997;(26):239-252.
20. Oldham CM, Adams NR, Gherardi PB, Lindsay DR, Mackintosch JB. The influence of level of feed intake on sperm producing capacity of testicular tissue in the ram. *Austr J Agric Res* 1978;(29):173-179.
21. 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;(79):2245-2252.
22. Delgadillo JA, Leboeuf B, Chemineau P. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goat bucks. *Small Rumin Res* 1992;(9):47-59.
23. Morris TR. *Experimental design and analysis in animal sciences*. CABI Publishing Wallingford, Oxon, UK. 1999.
24. SAS. Institute Inc. *SAS/STAT user's guide*, Release 6.03 edition, Cary, NC, 1992.
25. Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Hernández HF, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Chemineau P, Malpaux B. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci*. 2002;80(11):2780-2786.
26. Delgadillo JA, Chemineau P. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *J Reprod Fertil* 1992;(94):45-55.
27. 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.
28. Kaur H, Arora SP. Dietary effects on ruminant livestock reproduction with particular reference to protein. *Nutr Res Rev* 1995;(8):121-136.
29. Delgadillo JA, Cortez ME, Duarte G, Malpaux B. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reprod Nutr Dev* 2004;(44):183-193.