

# El Comportamiento Sexual del Macho es Necesario para mantener Elevada la Secreción de la LH en Cabras sometidas al Efecto Macho

Jesús Vielma<sup>1</sup>, Philippe Chemineau<sup>2</sup>, Pascal Poindron<sup>2</sup>, Benoît Malpau<sup>2</sup>, José Alberto Delgadillo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, 27054, Torreón, Coah., México. Tel. y Fax: 52 871 7331210. E-mail: joaldesa@yahoo.com (\*Autor responsable). <sup>2</sup>Physiologie de la Reproduction et des Comportements, UMR INRA-CNRS- Université de Tours-Haras Nationaux, IFR 135, 37380 Nouzilly, France.

## Abstract

The objective of this assay was to determine the importance of male goat's sexual behavior on the stimulation of the secretion of the LH, in anovulatory female goats, exposed to male effect. Two groups of females (n=10 each one) were exposed to 2 bucks at sexual rest (SI), one awake, and another sedated to prevent his sexual behavior. Two other groups of goats (n=10 each), were exposed to 2 bucks induced to intense sexual activity through 2.5 months of long days (16 hours light/day; SA), one awake, and another sedated. The LH secretion was determined in two periods: 4 hours before, and 8 after the introduction of the bucks during the first day, and 4 hours the following day. The introduction of SA bucks, awake or sedated caused a stimulation (P<0.05) of the pulsatility of the LH for the first 4 hours of contact between sexes. The pulsatility of LH stayed high during 24 hours in the females with a SA awake buck, whereas in the group with SA sedated buck, the frequency of LH pulses diminished after the first 4 h of the stimulus (P<0.05). The SI bucks, awake or sedated, did not stimulate the secretion of LH. The female goats responded in a different manner to introduction of SA, and SI bucks (P<0.05). One LH pulse was detected during the first 15 min in 9 out of 10 females in the sedated SA group, and in 7 out of 10 in the awake SA group, while in the SI sedated group the pulse was observed in only 1 out of 10 and, in 0 out of 10 in SI the awake group. The interval to appearance of first LH pulse was smaller (P<0.01) in groups of female goats in contact with SA bucks (33 ± 8.2 min) than in groups with SI ones (125 ± 12.5 min), independently if the males were sedated or awake. In conclusion, the sexually actives bucks, awake or sedated, stimulate the LH secretion, and the sexual behavior of males is indispensable to keep the LH pulsatility high on female goats exposed to male effect.

**Key words:** Male goat, male effect, sexual odor, sexual behavior, LH, reproductive seasonality.

## Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la importancia del comportamiento sexual del macho cabrío sobre la estimulación de la secreción de la LH en cabras anovulatorias expuestas al efecto macho. Dos grupos de hembras (n=10 cada uno) fueron expuestos a 2 machos en reposo sexual (SI), uno despierto y otro sedado para impedir el despliegue de su comportamiento sexual. Otros dos grupos de cabras (n=10 cada uno), se expusieron a 2 machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos (16 horas de luz/día; SA), uno despierto y otro sedado. La secreción de LH se determinó en dos periodos: 4 horas antes y 8 después de la introducción del macho el primer día y 4 h al día siguiente. La introducción de los machos SA, despierto o sedado, provocó una estimulación (P<0.05) de la pulsatilidad de la LH en las primeras 4 h de contacto entre los sexos. La pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada por 24 h en las hembras con el macho SA despierto mientras que, en el grupo con macho SA sedado, la frecuencia de pulsos de LH disminuyó después de las primeras 4 h del estímulo (P<0.05). Los machos SI, despiertos o sedados, no estimularon la secreción de la LH. Las hembras respondieron de manera diferente a la entrada de los machos SA y SI (P<0.05). Se detectó un pulso de LH dentro de los primeros 15 min en 9 de 10 hembras del grupo SA sedado y en 7 de 10 en el grupo SA despierto, mientras que en el grupo SI sedado se observó sólo en 1 de 10 y en 0 de 10 en el grupo SI despierto. El intervalo a la aparición del primer pulso de LH fue menor (P<0.01) en los grupos de hembras en contacto con machos SA (33 ± 8.2 min) que

en los grupos con machos SI ( $125 \pm 12.5$  min), independientemente de si estaban sedados o despiertos. En conclusión, los machos cabríos sexualmente activos, despiertos o sedados, estimulan la secreción de la LH, y el comportamiento sexual de los machos es indispensable para mantener elevada la pulsatilidad de la LH en las hembras expuestas al efecto macho.

**Palabras clave:** Macho cabrío, efecto macho, olor sexual, comportamiento sexual, LH, estacionalidad reproductiva.

## Introducción

En razas de ovejas y cabras que manifiestan estacionalidad reproductiva, la actividad sexual puede inducirse por la introducción de un macho en un grupo de hembras en anovulación estacional o lactacional (Martin *et al.*, 1986; Poindron *et al.*, 1980). En este fenómeno denominado efecto macho intervienen distintas señales exteroceptivas provenientes del macho como el olor, las emisiones sonoras, el contacto físico, la visión y el comportamiento sexual de los machos (Shelton 1980; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Flores *et al.*, 2000). Las diferentes señales sensoriales pueden actuar por separado, estimulando la actividad endocrina u ovulatoria de las hembras (Cohen-Tannoudji *et al.*, 1986; Rosa y Bryant 2002). Sin embargo, la mayor respuesta de las hembras se obtiene cuando están en contacto físico total con los machos (Shelton, 1980). Una de las señales importantes en el efecto macho es el olor sexual de los machos. La exposición de cabras al pelo de macho cabrío obtenido durante la estación sexual induce un incremento de la secreción de LH en todas las hembras (5/5), pero sólo ovulan el 40 % de éstas (2/5) (Claus *et al.*, 1990). La intensidad del comportamiento sexual del macho es otro factor importante para la obtención de un alto nivel de respuesta de las hembras sometidas al efecto macho. Los machos ovinos con una intensa libido, determinada por el número de montas en 30 min, estimulan a un mayor porcentaje (95 %) de hembras a ovular que los animales con baja libido (78 %; Perkins y Fitzgerald, 1994). En la especie caprina, los machos inducidos a una intensa actividad sexual a través de un tratamiento fotoperiódico estimulan a ovular a más del 80 % de las hembras. En cambio, menos del 10 % de las cabras ovulan al exponerlas a los machos no tratados, en reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Véliz *et al.*, 2002). Los tratamientos fotoperiódicos estimulan durante el periodo de reposo sexual la secreción de la LH y testosterona, y en consecuencia incrementan el olor y el comportamiento sexual de los machos (Delgadillo *et al.*, 2001, 2002; Sánchez, 2001), haciéndolos más eficientes para

estimular la actividad sexual de las hembras.

En machos cabríos, el olor sexual y el comportamiento sexual se observan simultáneamente y con mayor intensidad durante la estación sexual natural (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Véliz *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2002). Al inducir la actividad sexual de los machos a contra estación se tienen en un mismo tiempo y lugar machos sexualmente activos e inactivos, lo que permite estudiar separadamente la intervención de algunas señales exteroceptivas durante el efecto macho. Con la sedación farmacológica de los machos se pueden suprimir las conductas sexuales, pero no el olor sexual del macho. Este estudio se realizó con el objetivo de determinar la importancia del comportamiento sexual, y el olor del macho en la estimulación de la secreción de la LH en hembras anovulatorias.

## Materiales y métodos

### Animales, condiciones de mantenimiento, y tratamientos

El experimento se realizó con animales caprinos locales de La Región Lagunera del Estado de Coah., México ( $26^{\circ} 23' LN$  y  $104^{\circ} 47' LO$ ). La población de las cabras locales fue descrita previamente (Delgadillo *et al.*, 1999). Los machos se alimentaron con heno de alfalfa (180 g de proteína cruda por kg de materia seca) a libre acceso, más 300 g de concentrado comercial (180 g de proteína cruda por kg de materia seca, 2.5 de energía metabolizable por kg de materia seca) para cada macho. El agua y sales minerales se proporcionaron a libre acceso.

Las hembras se explotaron en sistema semi-extensivo y se alimentaron de la flora nativa de los agostaderos. Además, a cada cabra se suplementó con 500 g de concentrado comercial (140 g de proteína cruda por kg de materia seca, 2.5 de energía metabolizable por kg de materia seca) antes del inicio del estudio. El 28 de febrero, se estabularon y se alimentaron con heno de alfalfa (180 g de proteína cruda por kg de materia seca) a libre acceso y 500 g de concentrado comercial (180 g de proteína cruda por kg de materia seca, 2.5 de energía metabolizable por kg de materia seca), con libre acceso al agua y sales minerales hasta el final del estudio.

Los animales utilizados en este experimento fueron mantenidos bajo buenas condiciones de manejo, las cuales llenaron todos los requerimientos de confort animal. Ellos no mostraron señales de estrés y no fueron sometidos a ningún sufrimiento innecesario durante el estudio.

### Activación sexual de los machos cabríos

Se utilizaron 12 machos cabríos adultos, con experiencia

sexual previa, que se alojaron en instalaciones abiertas (5 x 7 m). Un grupo de machos (sexualmente inactivo; SI; n = 6) fue expuesto a las variaciones naturales del fotoperiodo a lo largo del estudio (13 h y 41 min de luz en el solsticio de verano y 10 h y 19 min de luz en el solsticio de invierno).

Otro grupo de machos (sexualmente activo; SA; n = 6) fue sometido a un tratamiento fotoperiódico de días largos (16 h de luz/8 h de oscuridad), desde el 1 de noviembre hasta el 15 de enero. A partir del 16 de enero, los días largos artificiales se suspendieron y los machos fueron expuestos a las variaciones naturales del fotoperiodo hasta el final del estudio (6 de abril). Este tratamiento estimula la secreción de testosterona, y en consecuencia, incrementa el olor sexual de los machos e induce un intenso comportamiento sexual de éstos durante la estación de reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002; Duarte, 2003).

### Hembras y efecto macho

Se utilizaron 40 hembras multíparas anovulatorias, que habían parido entre octubre de 2002 y enero de 2003. Todas las hembras destetaron a sus crías a los 25 días de edad; las cabras se ordeñaron manualmente una vez por día durante el experimento. Las hembras estuvieron alejadas de cualquier contacto con machos cabríos a partir del 1 de enero, y los machos cabríos más cercanos estaban en hatos situados a más de 1 km del hato experimental. Los días 4, 11 y 18 de marzo se les realizaron muestreos sanguíneos por venipuntura de la yugular para la determinación de progesterona por radioinmunoanálisis (RIA), y distinguir las hembras cíclicas de las anovulatorias (Thimonier, 2000). De las 97 hembras muestreadas, se diagnosticaron 66 anovulatorias (68 %), de las cuales se utilizaron solamente 40 para este estudio.

Siete días antes del inicio del estímulo, las 40 hembras se dividieron en 4 grupos (n = 10 cada uno), balanceados por su condición corporal y producción de leche. Además, las hembras fueron habituadas al manejo para la venipuntura yugular, puncionando con intervalos de 15 min hasta en 8 ocasiones diariamente a cada hembra. El 5 de abril de 2003 a las 11:01 h, los machos se pusieron en contacto con las hembras. Dos machos SI seleccionados al azar del grupo control previamente descrito, uno despierto y uno sedado (ver sedación), se introdujeron en dos grupos de hembras (1 macho/grupo). Dos machos SA, seleccionados al azar del grupo de machos tratados, uno despierto y uno sedado para suprimirles el comportamiento sexual, se metieron en los otros dos grupos de cabras (1 macho/grupo). Los machos permanecieron con las hembras 24 h. La distancia entre los diferentes grupos fue de 100 m.

### Sedación de los machos

Los machos ayunaron las 24 h previas a la sedación y se les privó del agua las últimas 12 h. Para la sedación de cada macho se usó una dosis de 0.65 ml de Xilacina® al 2% cada 2-3 h, dependiendo de la respuesta individual de cada animal, durante 24 h. La dosis inicial se aplicó por vía endovenosa 10 min antes de introducir los machos con los grupos de hembras. Las dosis subsecuentes se aplicaron por vía intramuscular al observar signos de restablecimiento en los machos. Este esquema de sedación impidió que el macho despertara durante las 24 h que duró su exposición a las hembras.

### Mediciones

#### Comportamiento sexual de los machos

El día del efecto macho (5 de abril), desde el inicio del contacto y durante 60 min, un observador entrenado adecuadamente registró, de manera focal, el comportamiento sexual del macho correspondiente en cada grupo, apuntando las conductas siguientes: olfateo anogenital, flehmen, aproximación lateral, intento de monta, monta sin penetración, y monta con penetración (Flores *et al.*, 2000).

#### Secreción de LH

Para determinar la pulsatilidad de la LH se realizaron dos periodos de muestreo sanguíneo, obteniendo muestras cada 15 min en los cuatro grupos. El primer periodo ocurrió el 5 de abril del 2003, dividido en dos lapsos, uno de 4 h antes (07:00-11:00 h) y otro de 8 h (11:15-19:00 h) después de la introducción del macho. Un segundo periodo de 4 h (07:00-11:00 h) se realizó al día siguiente. Todas las muestras se obtuvieron por venipuntura de la yugular en tubos al vacío (5 ml) que contenían heparina. Inmediatamente después de obtenidas las muestras, éstas se centrifugaron a 2500 g durante 20 min y el plasma obtenido fue conservado a -20 °C hasta el momento de las determinaciones hormonales, las cuales se realizaron por RIA según la técnica descrita por Pelletier *et al.* (1982), validada para los caprinos por Chemineau *et al.* (1982) y modificada por Montgomery *et al.* (1985). La sensibilidad y el coeficiente de variación intraensayo fueron de 0.1 ng / ml y 8.5 %, respectivamente.

#### Análisis estadísticos

En los cuatro grupos de hembras se analizaron los perfiles para la detección de pulsos de LH utilizando el algoritmo "pulsar", desarrollado por Merriam y Wachter (1982). Los parámetros G (el número de desviaciones estándar por los cuales un pico debe exceder el nivel basal para considerarlo como un pulso) fueron  $G(1) = 3.799$ ,

**Cuadro 1.** Número de pulsos de LH (promedio  $\pm$  EEM) en cabras anovulatorias sometidas al efecto macho.

Grupo	♀ Con pulso en 15 min	Antes		Después		Día Siguiete	
		hora 4 a 0	hora 0 a 4	hora 4 a 8	hora 20 a 24	hora 4 a 8	hora 20 a 24
SA Sedado	9/10x	1.1 $\pm$ 0.1ax	2.7 $\pm$ 0.2bx	1.9 $\pm$ 0.3cx	1.6 $\pm$ 0.2acx		
SA Despierto	7/10x	0.9 $\pm$ 0.2ax	2.5 $\pm$ 0.3bx	2.1 $\pm$ 0.3bx	2.1 $\pm$ 0.3bx		
SI Sedado	1/10y	1.0 $\pm$ 0.1abx	1.2 $\pm$ 0.1ay	1.1 $\pm$ 0.1ay	0.6 $\pm$ 0.1by		
SI Despierto	0/10y	1.2 $\pm$ 0.1abx	1.4 $\pm$ 0.2aby	1.7 $\pm$ 0.2ax	0.9 $\pm$ 0.2by		

Dos grupos de hembras (n = 10 cada uno) fueron sometidas a machos sexualmente activos (SA), uno despierto y otro sedado para suprimir su comportamiento sexual. Otros dos grupos de hembras (n=10 cada uno) fueron expuestas a dos machos sexualmente inactivos (SI), uno despierto y otro sedado. La LH se determinó 4 h antes de la introducción de los machos y 8 horas después el primer día, y de 20-24 horas postintroducción de los machos. Las muestras fueron tomadas de la vena yugular cada 15 min. La introducción del macho ocurrió a la hora 0 (las 11:00 h del primer día de estimulación).

G(2) = 2.597, G(3) = 1.900, G(4) = 1.500, y G(5) = 1.200, siendo éstos los requerimientos por los cuales los pulsos de LH, compuestos de 1-5 muestras, debieron exceder al nivel basal. Los parámetros Baxter, los cuales describen la relación parabólica entre la concentración de la hormona en una muestra y la desviación estándar (variación del ensayo) acerca de la concentración fueron 0.05500 (b1, intercepción y), 0.02500 (b2, coeficiente x) y 0.00039 (b3, coeficiente x<sup>2</sup>). La frecuencia media de pulsos de LH por cuatro horas fue calculada para cada perfil y analizada por la prueba de Wilcoxon. Las diferencias de todas las conductas sexuales entre los machos SA y SI, se analizaron por una prueba de X<sup>2</sup> de ajuste de bondad, con una hipótesis nula de igual repartición de frecuencias en los dos tipos de machos. El intervalo desde la introducción de los machos hasta la aparición del primer pulso de la LH fue analizado por un ANOVA a dos factores (tratamiento y estado de los machos).

## Resultados y Discusión

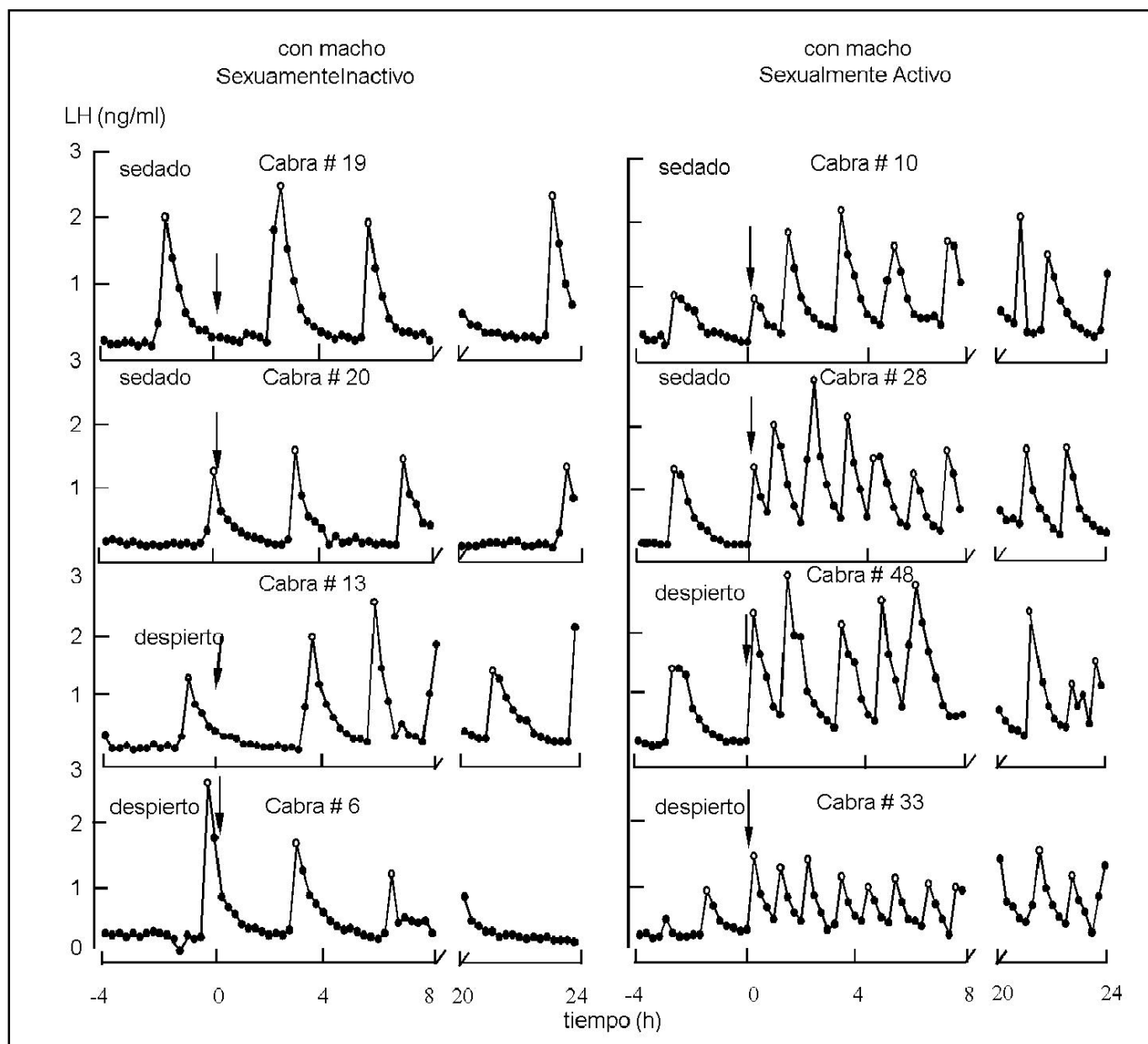
### Secreción de la LH

Las características de la secreción de la LH resultante de la introducción de los machos se muestran en el Cuadro 1. Las hembras respondieron de manera diferente a la entrada de los machos SA y SI (P<0.05). Se detectó un pulso de LH dentro de los primeros 15 min en 9 de 10 hembras del grupo SA sedado y en 7 de 10 en el grupo SA despierto, mientras que en el grupo SI sedado se observó sólo en 1 de 10 y en 0 de 10 en el grupo SI despierto. La proporción de hembras que mostraron una elevación de la LH dentro de los primeros 15 min post-estimulación no difirió significativamente (P>0.05), ni entre los dos grupos con machos SA (9/10 y 7/10), ni entre los dos grupos con machos SI (1/10 y 0/10).

La frecuencia de pulsos de LH antes de la introducción

de los machos fue baja en los cuatro grupos y no existió diferencia significativa entre ellos (P>0.05; Cuadro 1). La introducción de los machos SA despiertos o sedados provocó una elevación (P<0.05) de la pulsatilidad de la LH en las hembras durante las primeras 4 h después de la introducción de los machos. Contrariamente, la introducción de los machos SI despiertos o sedados no estimuló (P>0.05) la pulsatilidad de la LH en ese mismo lapso. En el lapso 4-8 h post-estimulación, la pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada en las hembras con el macho SA despierto, mientras que en el grupo con macho SA sedado, la frecuencia de pulsos LH disminuyó (P<0.05). En cambio, en las hembras con machos SI despiertos o sedados no se modificó la secreción de la LH en el mismo lapso. En el grupo de hembras expuestas al macho SA despierto, la pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada de 20-24 h, mientras que en aquellas en contacto con el macho SA sedado en el lapso 20-24 h se registraron valores que no difirieron significativamente de los encontrados antes de la introducción del macho. En las hembras con machos SI despierto o sedado no se modificó la secreción de la LH en el lapso de 20-24 h.

En la Figura 1 se muestran ejemplos de perfiles de la secreción de la LH durante los dos periodos de muestreo en las hembras de los cuatro grupos en estudio. El intervalo entre la introducción de los machos y la aparición del primer pulso de LH no fue diferente (P>0.05) entre los grupos con machos SA despierto y SA sedado (37.5  $\pm$  13.0 y 28.5  $\pm$  10.5 min, respectivamente). Tampoco difirió esa latencia entre los grupos con macho SI despierto y con macho SI sedado (121.5  $\pm$  17.3 y 129.0  $\pm$  18.8 min, respectivamente). En cambio, el intervalo al primer pulso post-introducción de los machos fue menor en el grupo SA despierto (37.5  $\pm$  12.9 min) que en el SI despierto (121.5  $\pm$  17.3 min) y lo mismo ocurrió entre el grupo SA sedado (28.5  $\pm$  10.5 min) y el SI sedado (129.0  $\pm$  18.8 min; P<0.05, en ambos casos).



**Figura 1.** Ejemplos de perfiles de secreción de LH en hembras caprinas antes y después de la entrada del macho. Vielma et al. 2006.

**Perfiles de secreción de LH en cabras anovulatorias sometidas al efecto macho**

Dos grupos de hembras (n = 10 cada uno) fueron sometidas a machos sexualmente activos, uno despierto y otro sedado para suprimir su comportamiento sexual. Otros dos grupos de hembras (n=10 cada uno) fueron expuestas a dos machos sexualmente inactivos, uno despierto y otro sedado. La LH se determinó 4 h antes de la introducción de los machos y 8 horas después el primer día, y de 20-24 horas postintroducción de los machos. Las muestras fueron tomadas de la vena yugular cada 15 min. Los pulsos de LH son indicados por los círculos abiertos. La flecha indica la introducción de los machos, que ocurrió a las

11:00 h.(hora

Los resultados de este estudio demuestran que los machos sexualmente activos despierto o sedado, estimularon la secreción de la LH en cabras anéstricas sometidas al efecto macho. El macho SA despierto indujo y mantuvo una alta secreción de la LH durante 24 h, mientras que ésta se incrementó en las primeras cuatro horas de contacto con el macho SA sedado, pero disminuyó posteriormente. En cambio, en las cabras expuestas a los machos SI despierto o sedado, no se modificó la secreción de la LH durante el estudio. Esto sugiere que el comportamiento sexual del macho es indispensable para mantener la secreción de LH de las hembras expuestas al

efecto macho. El macho SA sedado tuvo un papel determinante durante las primeras cuatro horas de la estimulación porque en este periodo la secreción de la LH no fue diferente de la provocada por el macho SA despierto. Sin embargo, después de cuatro horas de estimulación, la presencia del macho SA sedado no mantuvo elevada la pulsatilidad de la LH, encontrándose en el lapso de 20-24 h valores similares a los registrados antes del estímulo. En cambio, en el grupo en contacto con el macho SA despierto, la pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada 24 h después del contacto con el macho y fue superior a la registrada antes del inicio del estímulo. Contrariamente a lo registrado en las hembras expuestas a los machos SA, en las expuestas a los machos SI no hubo un incremento en la secreción de la LH durante el estudio. Estos resultados demuestran que al inicio del contacto entre machos y hembras, el olor sexual del macho fue suficiente para estimular la pulsatilidad de la LH, y coincide con los estudios que demuestran que la exposición de las hembras al olor de los machos a través de la lana del carnero o pelo del macho cabrío estimula la secreción de la LH (Knight and Lynch 1980; Claus *et al.*, 1990). Este estímulo puede provocar la ovulación en un número reducido de hembras ovinas (Pearce y Oldham 1988).

El principal aporte de este estudio fue la clara demostración de que después de cuatro horas de contacto macho-hembra es necesario un intenso comportamiento sexual del macho para mantener elevada la secreción de la LH. Estos perfiles diferentes en la secreción de la LH podrían explicar algunos resultados obtenidos por otros autores referentes al efecto macho. Cuando se usa la lana del carnero o el pelo del macho cabrío, se incrementa la pulsatilidad de la LH en la mayoría de las ovejas y cabras, pero sólo un 40 % de ellas ovulan (Claus *et al.*, 1990; Cohen-Tannoudji *et al.*, 1994). Esto podría deberse a que la exposición al pelo o lana no mantiene la secreción de la LH para permitir la ovulación. Asimismo, cuando se utilizan machos en reposo sexual, éstos pueden llegar a estimular transitoriamente la secreción de la LH, sin permitir la ovulación (Minton *et al.*, 1991; Signoret, 1991). En efecto, los machos SI inducen solamente la ovulación en menos del 10 % de las hembras, mientras que los machos inducidos a un intenso comportamiento sexual a través del tratamiento fotoperiódico, inducen a más del 80 % de éstas a ovular (Flores *et al.*, 2000; Véliz *et al.*, 2002).

En nuestro conocimiento, estos son los primeros resultados que demuestran claramente el papel que tiene el comportamiento sexual de los machos utilizados en el efecto macho al incluir en el mismo experimento machos

sexualmente activos e inactivos despiertos o sedados. En efecto, en otros estudios se han utilizado machos con baja o alta libido, la cual ha sido determinada solamente por su capacidad de monta, sin describir las características de su comportamiento sexual ni olor (Perkins y Fitzgerald, 1994).

Dadas las condiciones de nuestro experimento al utilizar machos sedados SA y SI, no se puede excluir que la vista y el contacto físico, además del olfato, hayan intervenido en la respuesta de las hembras, tal y como se reportó previamente (Shelton, 1980; Walkden-Brown *et al.*, 1993). En efecto, aunque los machos sedados no desplegaron movimientos voluntarios ni vocalizaciones, las hembras observaron, olfatearon y tocaron el cuerpo del macho. Sin embargo, la respuesta de las hembras expuestas a los machos SA fue superior a las expuestas a los machos SI. Esto sugiere que el olor de los machos, el cual era más intenso en los SA, fue el factor que desencadenó el incremento de la secreción de LH.

En este estudio no se determinó la ovulación de las hembras, debido a que no existieron las condiciones para mantener sedados a los machos por más de 24 h sin el riesgo de dañar su salud, lo que hubiese permitido evaluar separadamente el valor de las conductas sexuales del macho para estimular la ovulación. Aún así, podría esperarse que el número de ovulaciones resultara menor en las hembras expuestas al macho SA sedado, dado que se ha demostrado que el comportamiento sexual del macho es necesario, en adición con las señales olfatorias, auditivas y visuales, para obtener una elevada respuesta de las cabras al efecto macho (Véliz *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2002). Estudios realizados en ovejas han demostrado que el estímulo olfatorio como disparador de la liberación de la LH, puede ser reemplazado por otras señales sensoriales (Cohen-Tannoudji *et al.*, 1986). Las hembras del grupo SA sedado presentaron una caída importante en la pulsatilidad de la LH después de cuatro horas de iniciada la estimulación, mientras que en el grupo SA despierto la pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada las 24 h del experimento, lo que demuestra la importancia de las conductas sexuales y sugiere que éstas, solas podrían ser suficientes para estimular la secreción de la LH y la ovulación. Esta hipótesis podría probarse poniendo en contacto hembras anósmicas con machos sexualmente activos. El porcentaje de hembras anósmicas que responden con ovulaciones al efecto macho es menor que el de las hembras intactas (50 % vs. 89 %, Chemineau *et al.*, 1986). Finalmente, es probable que la respuesta en el grupo con macho SA sedado hubiera sido menor si las hembras no hubieran contado con experiencia sexual, pues en ovejas se ha demostrado que la experiencia

sexual previa facilita la respuesta de las hembras al olor del carnero (Gelez *et al.*, 2004).

### Conclusiones

Los resultados de este estudio permiten concluir que los machos sexualmente activos, despiertos o sedados, estimulan la secreción de la LH, y que el comportamiento sexual de los machos es indispensable para mantener elevada la pulsatilidad de la LH en las hembras expuestas al efecto macho.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Laboratorio de Determinaciones Hormonales de la Station de Physiologie de la Reproduction et des Comportements del INRA de Nouzilly, Francia, por realizar las determinaciones hormonales. Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, por su asistencia técnica. Al Sr. Gonzálo Zárate productor del Ejido El Sacrificio, del Municipio de Matamoros, Coah., por facilitar los animales experimentales. Al programa de cooperación científica entre México (ANUIES-SEP-CONACyT) y Francia (ECOS; M02-A04).

### Literatura Citada

Cohen-Tannoudji, J., J. Einhorn J.P. Signoret. 1994. Ram sexual pheromone: first approach of chemical identification. *Physiol. Behav.* 56:955-961.

Cohen-Tannoudji, J., A. Locatelli, J.P. Signoret. 1986. Non pheromonal stimulation by the male on LH release in the anoestrous ewe. *Physiol. Behav.* 36:921-924.

Chemineau, P., D. Gauthier J.C., Poirier J. Saumande. 1982. Plasma levels of LH, FSH, prolactin, oestradiol-17 beta and progesterone during natural and induced oestrus in the dairy goat. *Theriogenology* 17:313-323.

Chemineau, P., F. Levy, J. Thimonier. 1986. Effects of anosmia on the LH secretion, ovulation and oestrus behaviour induced by males in anovular creole goat. *Anim. Reprod. Sci.* 10:125-132.

Claus, R., R. Over, M. Dehnhard. 1990. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Anim. Reprod. Sci.* 22:27-38.

Delgadillo, J.A., E. Carrillo, J. Morán, G. Duarte, P. Chemineau, B. Malpoux. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *J. Anim. Sci.* 79: 2245-2252.

Delgadillo, J.A., J.A. Flores, F.G. Véliz, H.F. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron, P. Chemineau. 2002.

Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci.* 80: 2780-2786

Delgadillo, J.A., G.A. Canedo, P. Chemineau, D. Guillaume, B. Malpoux. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male goats in subtropical Northern Mexico. *Theriogenology* 52:727-737.

Duarte, G., R. Tomas, D. Sánchez, F.G. Véliz, J.A. Flores, B. Malpoux, J.A. Delgadillo. 2003. La secreción de las glándulas sebáceas parietales (olor) es inducida durante el reposo sexual de los machos cabríos explotados en sistema extensivo y tratados con días largos. *Memorias de la XVIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura; Octubre 8-10; Puebla (Puebla), México: Asociación Mexicana de Producción Caprina, AC, 2003:64-66.*

Flores, J.A., F.G. Véliz, J.A. Pérez-Villanueva, G. Martínez de la Escalera, P. Chemineau, P. Poindron, B., Malpoux, J. A. Delgadillo. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62:1409-1414.

Gelez, H, E. Archer, D. Chesneau, R. Campan, C. Fabre-Nys. 2004. Importance of learning in the response of ewes to male odor. *Chem Senses* 29; 7:555-763.

Knight, T.W., P.R. Lynch. 1980. Source of ram pheromones that stimulate ovulation in the ewe. *Anim. Reprod. Sci.* 3; 133:136.

Martin, G.B., C.M. Oldham, Y. Cognié, D.T. Pearce. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livest Prod. Sci.* 15:219-247.

Merriam, G.R., K.N. Wachter. 1982. Algorithms for the study of episodic hormone secretion. *Am. J. Physiol.* 243:310-318.

Minton, J.E., T.R. Coppinger, C.W. Spaeth, L.C. Martin. 1991. Poor reproductive response of anestrus suffolk ewes to ram exposure is not due to failure to secrete luteinizing hormone acutely. *J Anim. Sci.* 69:3314-3320.

Montgomery, G.W., G.B. Martin, J. Pelletier. 1985. Changes in pulsatile LH secretion after ovariectomy in the Ile-de-France ewes in two seasons. *J. Reprod. Fert.* 73:173-183.

Pearce, G.P., C.M. Oldham. 1988. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J. Reprod. Fertil.* 84:333-339.

Pelletier, J., D.H. Garnier, M.M. de Reviers, M. Terqui, R. Ortavant. 1982. Seasonal variation in LH and testosterone release in rams of two breeds. *J. Reprod. Fertil.* 64:341-346.

- Perkins, A., J.A. Fitzgerald. 1994. The behavioural component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J. Anim. Sci.* 72:51-55.
- Poindron, P., Y. Cognié, F. Gayerie, P. Orgeur, C.M. Oldham, J.P. Ravault. 1980. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol. Behav.* 25:227-237.
- Rosa, H.J.D., M.J. Bryant. 2002. The 'ram effect' as a way of modifying the reproductive activity in the ewe: a review. *Small Rumin. Res.* 45:1-16.
- Sánchez, D., F.G. Véliz, J. Vielma, B. Malpaux, J.A., Delgadillo, G. Duarte. 2001. 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.
- Shelton, M. 1980. Goats: influence of various exteroceptive factors on initiation of oestrus and ovulation. *Int. Goat Sheep Res.* 1:156-162.
- Signoret, J.P. 1991. Sexual pheromones in the domestic sheep: importance and limits in the regulation of reproductive physiology. *J. Steroid Biochem. Molec. Biol.* 39:639-645.
- Thimonier, J. 2000. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progesterone. *INRA Prod. Anim.* 13(3):177-183.
- Véliz, F.G., S. Moreno, G. Duarte, J. Vielma, P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpaux, J.A. Delgadillo. 2002. Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 72:197-207.
- Walkden-Brown, S.W., G.B. Martin, B.J. Restall. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J. Reprod. Fert. Suppl.*;52:243-257.
- Walkden-Brown, S.W., B.J., Restall, Henniawati. 1993. The male effect in the Australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrus females. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 69-84.
- Walkden-Brown, S.W., B.J. Restall, B.W. Norton, R.J. Scaramuzzi, G.B. Martin. 1994. 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. Fert.* 102:351-360.
-