

Comportamiento sexual y cópula de machos castrados en la inducción de la ovulación en alpacas

Sexual behaviour and copulation of castrated males on the induction of ovulation in alpacas

Jesús Urviola S.^{1,3*}, Víctor Leyva V.³, Rubén Mamani N.², Uri Pérez G.²,
Adriana Urviola G.³

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del proceso del comportamiento sexual de la cópula con machos castrados (G1) en la inducción de la ovulación, comparando con el mismo efecto de machos vasectomizados (G2) y el efecto de la aplicación de plasma seminal (G3) en el útero en 45 alpacas con folículo preovulatorio ≥ 7 mm de diámetro, distribuidas (n=15) al azar en cada grupo experimental. La ocurrencia de ovulación se estimó el día 4 pos-cópula mediante receptividad sexual (aceptación o rechazo) al macho y verificada el día 7 y 11 con la detección del cuerpo lúteo (CL) vía ecografía transrectal. En G1, se determinó la secreción de plasma seminal los días -1, 15, 17 y 21 de la castración. Las fases del comportamiento sexual en el empadre controlado fueron similares entre G1 y G2. El día 4 poscópula una hembra de G1 había ovulado. En el día 7, la tasa de ovulación determinada por la presencia de cuerpo lúteo y receptividad sexual fue mayor ($p < 0.05$) en G2 (93.3%) que en G1 (26.7%) y G3 (20%). En el día 11 todas las hembras volvieron a ser receptivas del macho, observándose CL en regresión. El volumen de plasma seminal en G1 disminuyó ($p < 0.01$) de 1.2 a 0.4 ml. El estudio muestra que los machos castrados, evaluados 21 días poscastración, exhiben las fases del comporta-

¹ Laboratorio de Fisiología Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

³ Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

* E-mail: jema961@hotmail.com - jurviola@unap.edu.pe

Recibido: 15 de marzo de 2022

Aceptado para publicación: 30 de septiembre de 2022

Publicado: 27 de octubre de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

miento sexual: cortejo, monta, erección con movimiento semi circular del pene, penetración y copulación, con mínima secreción (0.4 ml) de plasma seminal, pero sin eyaculado de semen, induciendo la ovulación en 27% de las hembras.

Palabras clave: alpacas, macho castrado, macho vasectomizado, plasma seminal, copulación, ovulación

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the sexual behaviour process of copulation with castrated males (G1) on ovulation induction, contrasting with the same effect of vasectomized males (G2) and the effect of the application of seminal plasma (G3) in utero in 45 alpacas with preovulatory follicle ≥ 7 mm in diameter, randomly distributed (n=15) in each experimental group. The occurrence of ovulation was estimated on day 4 post-copula by sexual receptivity (acceptance or rejection) to the male and verified on days 7 and 11 with the detection of a corpus luteum (CL) by transrectal ultrasound. In G1, seminal plasma secretion was determined on days -1, 1, 17 and 21 after castration. The phases of sexual behaviour in the controlled mating were similar between G1 and G2. On day 4 post mating a female from G1 had ovulated. On day 7, the ovulation rate determined by the presence of the CL and sexual receptivity was higher ($p < 0.05$) in G2 (93.3%) than in G1 (26.7%) and G3 (20%). On day 11, all the females were receptive to the male again, with CLs in a regression stage. Seminal plasma volume in G1 decreased ($p < 0.01$) from 1.2 to 0.4 ml. The study shows that castrated males, evaluated 21 days after castration, exhibit the phases of sexual behaviour: courtship, mounting, erection with semi-circular movement of the penis, penetration and copulation, with minimal secretion (0.4 ml) of seminal plasma, but without ejaculate of semen, inducing ovulation in 27% of females.

Key words: alpacas, castrated male, vasectomized male, seminal plasma, copulation, ovulation

INTRODUCCIÓN

La ovulación es inducida por la cópula en la alpaca y la llama (San Martín *et al.*, 1968; England *et al.*, 1969), en tanto que la eyaculación seminal es intrauterina (Franco *et al.*, 1981), tal y como fue encontrado en camellos (Chen *et al.*, 1985), además de encontrar la existencia de un «Factor Inductor de la Ovulación» en el plasma seminal al ser aplicado en el útero de la camella. Similar resultado fue replicado en alpacas (Ríos *et al.*, 1985; Panz *et al.*, 2009).

Estudios bioquímicos del plasma seminal de alpacas reportan la presencia de un factor de crecimiento neurotrópico β como el fac-

tor responsable de la ovulación (Adams *et al.*, 2016; Ratto, 2016); sin embargo, esto no explica el 5 a 20% de ovulación espontánea reportada en diversos estudios (Fernández-Baca *et al.*, 1970b; Sumar, 1985) y de 40% encontrados por laparoscopia en hembras expuestas al macho al chequeo de celo cada semana durante la estación sexual (Leyva y Sumar, 1987), donde solo hubo contacto físico.

En el proceso de empadre se observan diversas manifestaciones del comportamiento sexual del macho como el sonido gutural (Fernández-Baca y Novoa, 1968; Novoa, 1970; England *et al.*, 1971; Sumar y García, 1986), el movimiento semicircular del pene (Tibary, 2003) alrededor de la vulva para detectar la entrada de la vagina e iniciar la pe-

netración (Novoa y Leyva, 1996) hasta alcanzar los cuernos uterinos (Franco *et al.*, 1981), donde el frote continuo del pene resulta en una inflamación del endometrio (Bravo *et al.*, 1996). Se desconoce si estas características sexuales del empadre influyen en el proceso de ovulación.

Para el presente estudio se hipotetizó que, en ausencia del plasma seminal, el proceso para la cópula intrauterina involucra otros factores de estímulos para inducir la ovulación. Por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del proceso del comportamiento sexual en la cópula con machos castrados en la inducción de la ovulación. Se tomó como base el efecto de la castración en la eliminación del plasma seminal como consecuencia de la regresión de las glándulas accesorias del aparato reproductor del macho, reportado en varios estudios (Raeside *et al.*, 1997; Neves *et al.*, 2013; Gofur *et al.*, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante la estación sexual entre enero y abril en el Centro Experimental (C.E.) «La Raya» de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en el distrito de Santa Rosa, provincia de Melgar, región de Puno, Perú, a una altitud aproximada de 4400 msnm. En esta región, el clima es variado, registrándose temperaturas de 14.2 °C como máximo en los meses de octubre y noviembre, y mínima de -14.9 °C en los meses de junio y julio, siendo la temperatura media de 6.2 °C y una precipitación pluvial anual de 526 mm anual (SENAMHI, 2012).

Animales

Los animales pastoreaban sobre praderas de pastura nativa y para el empadre controlado se dispuso de 8 boxes (6 x 3 m cada uno) armados con paneles metálicos.

Se seleccionaron seis machos adultos (8 a 10 años) del núcleo de reproductores del C.E. La Raya. Los machos presentaban capacidad reproductiva comprobada a través de los registros de empadre, y durante la monta exhibían comportamiento sexual esperado (adecuada libido y sonido gutural en el cortejo, monta erección y penetración). Asimismo, del núcleo de reproductoras Suri se seleccionaron de manera aleatoria 60 hembras con aptitud de ser receptivas del macho, en celo, con antecedentes de partos previos, sin cría al pie y sin problemas reproductivos aparentes.

Procedimiento Experimental

Un mes antes del inicio del empadre se evaluó el comportamiento sexual y el estado clínico de los órganos reproductores de los seis machos. Tres fueron castrados y los otros tres fueron vasectomizados, este último grupo como grupo control de los castrados por poseer solo el plasma seminal de las glándulas accesorias con el factor neurotrópico para la ovulación. Las intervenciones quirúrgicas para la castración y vasectomía fueron realizadas 21 días previos al inicio del experimento.

Los animales fueron pesados (balanza tipo rampa, marca T-Scale, modelo BW con una precisión 0.5kg). La castración se realizó mediante el método quirúrgico tradicional. La anestesia se logró con una inyección IM de una combinación de 3 mg/kg de ketamina, 0.3 mg/kg de xilacina y lidocaína al 2%. Los machos fueron inmovilizados en decúbito lateral y castrados mediante un abordaje escrotal y una técnica cerrada. Cada testículo se extrajo tras la ligadura del cordón espermático con sutura absorbible. Los sitios de la incisión de castración se dejaron abiertos para la curación por segunda intención (Cicarelli *et al.*, 2018), y para evitar posibles infecciones se administró antibióticos (penicilina-estreptomicina). Los días -1, 15, 17, 21 y 51 de la castración se realizó la evaluación de las fases del comportamiento

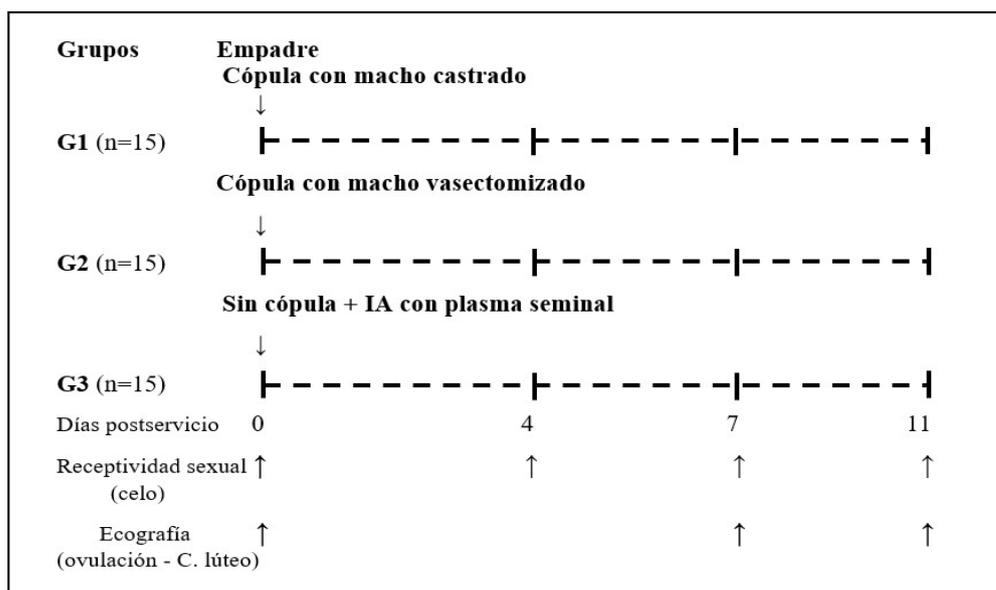


Figura 1. Diseño experimental

sexual de los machos (libido, erección del pene y sonido gutural) y se determinó si hubo presencia de fluido seminal con la técnica de electro eyaculación.

Para la vasectomía, la técnica de anestesia fue la misma que la usada para la castración y la sujeción de los animales fue en posición de cúbito dorsal. La región inguinal fue higienizada para la cirugía. Se realizó una incisión cutánea de 2 cm sobre el cordón espermático equidistante entre el testículo correspondiente y el anillo inguinal, se identificó el conducto deferente, y con pinzas hemostáticas se aisló un segmento de aproximadamente 2 cm. Se colocaron dos ligaduras (de sutura 2-0 PDS) alrededor del segmento, se incidió y se retiró el segmento. La túnica se dejó abierta y la piel se cerró con PDS 2-0 mediante un patrón de sutura simple interrumpida, y para evitar posibles infecciones se administraron antibióticos (penicilina-estreptomicina). Los animales del grupo

fueron monitoreados para detectar complicaciones posoperatorias, y antes del inicio del experimento (días 16 y 18 posvasectomía) se evaluó el comportamiento sexual y por electro eyaculación la presencia de plasma seminal (P. Sem) y microscópicamente la ausencia de espermatozoides.

El plasma seminal para ser usado en la inseminación artificial (IA) fue colectado de los machos vasectomizados, según la técnica descrita por Director *et al.* (2004), en tubos falcón de 15 ml, y para su conservación se almacenaron alícuotas en tubos falcón de 50 ml a -20 °C. Para el empadre controlado, las 60 hembras fueron presentadas al macho y se seleccionaron 45 de ellas que mostraron receptividad en el tiempo más breve adoptando la posición de cópula y que a la observación ecográfica transrectal de los ovarios presentaron un folículo entre 7 y 10 mm de diámetro.

Diseño Experimental

Las 45 hembras seleccionadas fueron distribuidas aleatoriamente en forma equitativa en tres grupos de 15 animales, según el diseño experimental mostrado en la Figura 1.

Las hembras de los grupos G1 y G2 recibieron cópula efectiva de 15 minutos de machos castrados y vasectomizados, respectivamente, asegurando un mínimo de tres hembras para cada macho. Ante la mayor disponibilidad de hembras en celo en un día determinado se asignó una hembra más a los machos de mayor actividad. A las hembras de G3 solo se les depositó 3 ml de plasma seminal en el cuerpo del útero vía infusión (similar al procedimiento de la IA), con la ayuda de un proctoscopio de uso humano, adaptado con fuente de luz, como espéculo (Alarcón *et al.*, 2012).

La ocurrencia de ovulación en las hembras fue determinado el día 4 pos-cópula mediante su comportamiento sexual frente al macho, siendo el rechazo el indicador de ovulación. El día 7 y 11 se comprobó la presencia de un cuerpo lúteo activo, como indicador de haber ocurrido ovulación mediante ecografía transrectal de los ovarios, verificándose además el comportamiento sexual de rechazo.

La tasa de ovulación, receptividad sexual y presencia del cuerpo lúteo de los grupos experimentales fue expresada en porcentaje y la diferencia estadística entre ellas fue analizada mediante la prueba del Chi cuadrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra que la casi totalidad de hembras son receptivas al macho en el día 4 pos-cópula, a excepción de una hembra (7%) del G1; mientras que en el día 7, este comportamiento sexual es inverso, con un incremento en el porcentaje de hembras

con presencia de CL activo que rechazan al macho ($p < 0.05$) en el grupo vasectomizado (93%). Estos resultados concuerdan con el reporte de Leyva y García (1999) sobre el mayor porcentaje de hembras que muestran no receptividad (rechazo) después del día 3 de la ovulación (día 4 pos-cópula) por el efecto inhibitorio de la P4 (> 1 ng/ml plasma sanguíneo) (Adam *et al.*, 1989; Adams *et al.*, 1991; Aba *et al.*, 1995), que logra la secreción de un cuerpo lúteo activo. Este efecto hormonal desaparece desde el día 9 por efecto de la luteolisis del cuerpo lúteo (Fernández-Baca *et al.*, 1970a; Adams *et al.*, 1991), como se observa en el día 11 (Cuadro 1). De manera que todas las hembras vuelven a ser receptivas al macho.

Es remarcable la inducción de la ovulación por efecto de la cópula de macho castrado, considerando el posible efecto de la castración en la regresión y/o limitada secreción de las glándulas accesorias. En cerdos. Raeside *et al.* (1997), así como en ovinos y caprinos (Neves *et al.*, 2013; Gofur *et al.*, 2014) se ha demostrado que la castración conduce a la regresión de las glándulas accesorias del macho y de su actividad secretora (Risbridger y Taylor, 2006) desde los 15 días hasta la atrofia morfológica y funcional completa a los 30 días de la castración (Raeside *et al.*, 1997; Neves *et al.*, 2013; Gofur *et al.*, 2014), y disminución o ausencia de la libido sexual (Pinckard, 1998).

El líquido seminal obtenido por electroeyaculación previo a la castración (1.2 ml) disminuyó a 0.4 y 0.3 ml a los 21 y 51 días pos-castración (Cuadro 2); sin embargo, los machos exhibieron las fases completas del comportamiento sexual (Cuadro 3: libido, sonido gutural, erección y copulación) hasta 51 días post-castración. No se descarta la presencia del factor neurotrópico β en la mínima cantidad de líquido seminal obtenido; sin embargo, el nivel presente sería muy reducido e insuficiente para inducir el efecto necesario para provocar el pico de LH y la consecuente ovulación. Tanco *et al.* (2011) determina

Cuadro 1. Porcentaje de ovulación estimado mediante el comportamiento sexual (rechazo de la hembra al macho) el día 4 y complementado con ecografía ovárica para identificación de la presencia de cuerpo lúteo en el día 7 y 11 pos-cópula (n=15 hembras por grupo)

	Día 4		Día 7		Día 11	
	Rechaza	C. Lúteo	Rechaza	C. Lúteo	Rechaza	C. Lúteo ¹
G1, Castrado G1	6.7	-	26.7	26.7	0	0
G2, Vasectomizado	0	-	93.3	93.3	0	0
G3, Plasma seminal	0	-	20.0	20.0	0	0

¹ Solo se encontraron cuerpos lúteos en regresión

Ovulación día 4 G1 vs G2 $X^2_c = 1.03$; $X^2_{t(\alpha 0.05; 1)} = 3.84$; $p = 0.31$

Ovulación día 7 G1 vs G2 $X^2_c = 13.89$; $X^2_{t(\alpha 0.001; 1)} = 10.83$; $p = 0.0002$

Ovulación día 7 G2 vs G3 $X^2_c = 16.43$; $X^2_{t(\alpha 0.001; 1)} = 10.83$; $p = 0.0001$

Cuadro 2. Volumen del plasma seminal (P. Sem) y presencia de espermatozoides en el eyaculado de machos previo a la castración (pre-C), y 21 y 51 días pos-castración (pos-C)

Macho	Peso (kg)	Volumen plasma seminal (ml)			Presencia espermatozoides		
		Pre-C	21d	51 d	Pre-C	21d	51 d
			Pos-C	Pos-C		Pos-C	Pos-C
C1	68	1.2	0.5	0.3	Sí	No	No
C2	70	0.9	0.2	0.2	Sí	No	No
C3	62	1.5	0.6	0.3	Sí	No	No
Media	66.7	1.2±0.3	0.4±0.2	0.3±0.1	Sí	No	No

Vol. P. Sem previo a la castración vs 21d poscastración $t_c = 11.5$; $t_T(\alpha 0.01; 2) = 6.96$ $p = 0.0037$

Vol. P. Sem 21d poscastración vs 51d pos-castración $t_c = 1.9$; $t_T(\alpha 0.05; 2) = 2.92$ $p = 0.0997$

Cuadro 3. Evaluación del comportamiento sexual y tiempo de cópula (TC) de alpacas macho poscastración (Grupo 1)

Macho castrado	Evaluación pos-castración									Tiempo cópula (TC)	Evaluación a los 51 d pos-castración				
	Día 15			Día 17			Día 21				n	$\bar{X} \pm DE$	Evaluación a los 51 d pos-castración		
	L	SG	EMC	L	SG	EMC	L	SG	EMC				L	SG	EMC
C1	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	5	15±1.2	Sí	Sí	Sí	15
C2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	4	15±1.0	Sí	Sí	Sí	15
C3	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	6	20±6.5	Sí	Sí	Sí	20
Media	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí		17.3±5	Sí	Sí	Sí	17

L = libido; SG= sonido gutural; EMC= erección, monta y movimiento circular del pene

ron el nivel apropiado del Factor neurotrópico en llamas; el cual debe estar presente en el volumen de 3-4 ml del plasma seminal que se obtiene por electro eyaculación (Giuliano *et al.*, 2008; Casaretto *et al.*, 2012) y por colección de semen con vagina artificial (Lichtenwalner *et al.*, 1996; Baer y Hellemann, 1998); mientras que en alpacas este nivel debe estar en 1.5-2.5 ml de plasma seminal obtenido por electro eyaculación o vagina artificial (Sumar y Leyva, 1981; Cárdenas *et al.*, 1987; Ordoñez *et al.*, 2013).

Por tanto, el mecanismo fisiológico que explique la inducción de la ovulación por la cópula de macho castrado sería otro factor que relacione el comportamiento sexual del macho y su efecto en la hembra. En los ruminantes de ovulación espontánea, el factor responsable del celo es el estradiol (E2), el cual induce el pico preovulatorio de LH (Karsch *et al.*, 1980). En alpacas, el responsable del celo es el mismo factor hormonal en su nivel alto en la fase estática de la onda folicular (Bravo *et al.*, 1990; Vaughan, 2001), mientras que, la ovulación es inducida por el pico de LH estimulado por el factor neurotrópico β del plasma seminal del macho (Chen *et al.*, 1985; Ríos *et al.*, 1985; Adams *et al.*, 2005; Ratto *et al.*, 2010). Por tanto, en ausencia o muy limitada secreción del plasma seminal del macho castrado, el efecto del factor neurotrópico estaría ausente o sería muy limitado para inducir la ovulación. Ante esto, se podría deducir que en este mecanismo de acción también estaría involucrado el E2, sea por su efecto *per se* o por un incremento de su nivel relacionado con el incremento de la estimulación sexual de la hembra durante la penetración del pene en el útero. En la rata se reporta un incremento en E2 por estímulo cervical del útero (Hardy, 1969; Hardy y Debold, 1971; Erskine, 1989), así como en ovinos y cabras ante el contacto físico (Fabre-Nys y Gelez, 2007).

El mecanismo fisiológico del efecto del E2 puede estar mediado por su estímulo en la secreción del neurotransmisor GABA – ácido gamma-aminobutírico (Roa *et al.*, 2011)

que inhibe en el hipotálamo la actividad secretora del Núcleo A15, sobre todo de la dopamina inhibidor de la secreción de GnRH en el área preóptica, facilitando la actividad de las neuronas que secretan neurotransmisores, sobre todo de la neuroquinina \hat{a} (Billings *et al.*, 2010; Rance *et al.*, 2010), que estimulan la producción de GnRH en el hipotálamo para provocar la descarga masiva de LH para la ovulación. Por tanto, estas informaciones y los resultados del presente estudio sugieren la hipótesis de que un incremento de la estimulación sexual en la secreción de E2 fuese el mediador para la ovulación por efecto de la cópula de machos castrados, sin descartar el efecto del contacto físico o del sonido gutural del macho; informaciones que requieren ser investigados en alpacas. Por otro lado, la demostración del efecto de estos factores explicaría también el mecanismo fisiológico en la ocurrencia de las ovulaciones espontáneas.

La hipótesis del mecanismo fisiológico del efecto de la cópula del macho castrado en la inducción de la ovulación es debatible porque la ausencia de este efecto ocurrió en el mayor porcentaje de hembras ($p < 0.001$). No obstante, es posible que esta diferencia se relacione con la susceptibilidad fisiológica entre las hembras a la respuesta del estímulo en la secreción de niveles apropiados de estrógenos para mediar el efecto en la inducción de la ovulación, tal y como puede haberse presentado, en el 20 a 40% de ovulaciones espontáneas que usualmente se reportan, y como efecto negativo de fallas en la ovulación, pues solo se logra entre 70 y 80% de ovulación inducida por la monta (Fernández-Baca *et al.*, 1970b), de 75 a 90% con la administración de LH (Ratto *et al.*, 2006) y de GnRH (Bravo *et al.*, 1992). No obstante, ante la ausencia de estudios sobre repetibilidad individual de ovulaciones en alpacas en varias campañas reproductivas se dispone de reportes sobre diferencias en tasas de ovulación, fertilización y preñez múltiple por diferencias genéticas en los niveles de E2 en cerdas (Knox, 2005; Soede *et al.*, 2011) y ovejas (Cahill *et al.*, 1981).

El bajo porcentaje de ovulación en G3 (20%) por efecto solo del plasma seminal aplicado vía IA podría ser el resultado de la ausencia de la estimulación del contacto físico y del comportamiento sexual del macho; sin embargo, esta asunción es discutible considerando las tasas de ovulaciones de 93-38% reportados con la aplicación de plasma seminal con la misma técnica de IA o mediante vía IM (Adams *et al.*, 2005; Ratto *et al.*, 2005; Panez *et al.*, 2009), sin descartar las fallas en el uso de la técnica de IA en el presente estudio.

En el Cuadro 3 se muestra asimismo, un análisis complementario sobre el comportamiento sexual de los machos castrados en el empadre controlado, en ausencia de la testosterona testicular. Además de manifestar las fases del comportamiento sexual de cortejo, monta, penetración y copulación (Hanzen *et al.*, 2014), se observó el sonido gutural (típicos sonidos de apareamiento) (Fernández-Baca y Novoa, 1968; Novoa, 1970; England *et al.*, 1971) y previo a la penetración y copulación fue posible observar la rotación semicircular del pene para ubicar la entrada de la vagina. Es remarcable la duración promedio de la cópula (17.3 ± 5.0 min), similar al grupo de machos vasectomizados (Cuadro 4), y superior al promedio de 15 min recomendado para empadre controlado (Condorena y Fernández-Baca, 1972).

La manifestación del comportamiento sexual del grupo macho castrado, en ausencia de la testosterona testicular, contradice los reportes sobre la fisiología del efecto de esta hormona en el libido sexual, la erección, penetración del pene y copulación (Novoa, 1970; England *et al.*, 1971), a través de su metabolización enzimática a estradiol y 5 α -dihidrotestosterona (DHT), como posibles responsables de estas características sexuales (Ryan *et al.*, 1972); lo que supone la acción de otros factores o mecanismos fisiológicos independientes de la acción de la testosterona testicular en la expresión de las características sexuales durante el proceso de cópula. La testosterona disminuye a niveles no detectables en la rata (Resko, 1970; Hart, 1974), en tanto que ocurre dentro de la primera semana de la castración en ovinos y vacunos (Haynes *et al.*, 1976; Schanbacher y D’Occhio, 1984); sin embargo, ellos siguen mostrando las fase del comportamiento sexual por días o semanas (Davidson, 1966; Clegg *et al.*, 1969), desapareciendo la fase de eyaculación a los pocos días, posteriormente la penetración peniana y más tardíamente la monta y erección (Clegg *et al.*, 1969). En este estudio, se comprobó en las alpacas castradas la ausencia de semen y mínima secreción de las glándulas accesorias en los días 21 y 51 después de la castración (Cuadro 2), No obstante, la libido, el sonido gutural de empadre y la monta y penetración (có-

Cuadro 4. Evaluación del comportamiento sexual y tiempo de cópula (TC) de alpacas macho pos-vascetomía (Grupo 2)

Macho	Evaluación									Tiempo cópula (TC)	
	Dia 16			Dia 18			Dia 21			Hembras (n)	$\bar{X} \pm DE$
	L	SG	AEP	L	SG	AEP	L	SG	AEP		
V1	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	8	15.5 \pm 3.6
V2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	3	18.7 \pm 4.7
V3	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	4	20.3 \pm 5.1
Media	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	15	17.4 \pm 4.5

L = libido; SG= sonido gutural; AEP= ausencia de espermatozoides en plasma seminal

pula efectiva) pudo observarse hasta aproximadamente dos meses de la castración (Cuadro 3).

Fisiológicamente, es probable que haya ocurrido la acción de las hormonas E2 y DHT mediante la secreción de las enzimas aromatasas y 5 α -reductasa por las células cerebrales (Ryan *et al.*, 1972) y la presencia de receptores estrogénicos (E2R) y androgénicos (AR) en las células de los núcleos cerebrales del área preóptica del hipotálamo con el comportamiento sexual de los machos (Wood *et al.*, 1992). La testosterona (T2), en ausencia de los testículos, es secretada por la glándula adrenal o proviene de la conversión de la P4 en la misma glándula (Kitay *et al.*, 1970; Sanford *et al.*, 1977), para su metabolización a nivel cerebral. Es probable que la producción de T2 haya sido estimulada en las glándulas adrenales por el deseo sexual, basado en estudios que muestran mayor nivel de producción de T2 en machos con agresividad sexual que en aquellos con baja actividad sexual (Simpson, 2001; Giammanco *et al.*, 2005; van der Meij *et al.*, 2008). En el empadre de alpacas es frecuente observar machos con mayor agresividad sexual (Novoa, 1970), en tanto que Urquieta *et al.* (1994) demostró mayor agresividad sexual en vicuñas con mayor nivel de T2.

El presente estudio muestra que los machos castrados evaluados 21 y 51 días post-castración exhiben las fases del comportamiento sexual: cortejo, monta, erección con movimiento semicircular del pene, penetración y copulación, con mínima secreción (0.4 y 0.3 ml respectivamente) de plasma seminal y ausencia del eyaculado de semen, induciendo la ovulación en 27% de las hembras. Por otro lado, el análisis de los efectos que expliquen los resultados obtenidos plantea vacíos de información que requieren ser investigados, como la capacidad de cada fase del comportamiento sexual en ausencia del factor neurotrópico y el rol del E2 en la inducción de la ovulación y su relación con el factor genético en la susceptibilidad de la respuesta ovulatoria.

LITERATURA CITADA

1. **Aba MA, Forsberg M, Kindahl H, Summar J, Edqvist LE. 1995.** Endocrine changes after mating in pregnant and non-pregnant llamas and alpacas. *Acta Vet Scand* 36: 489-498. doi: 10.1186/BF03547663
2. **Adam CL, Moir CE, Shiach P. 1989.** Plasma progesterone concentrations in pregnant and non-pregnant llamas (*Lama glama*). *Vet Rec* 125: 618-620.
3. **Adams GP, Sumar J, Ginther OJ. 1991.** Form and function of the corpus luteum in llamas. *Anim Rep Sci* 24: 127-138. doi: 10.1016/0378-4320(91)-90088-H
4. **Adams GP, Ratto MH, Huanca W, Singh J. 2005.** Ovulation-inducing factor in the seminal plasma of alpacas and llamas. *Biol Reprod* 73: 452-457. doi: 10.1095/biolreprod.105.040097
5. **Adams GP, Ratto MH, Silva ME, Carrasco RA. 2016.** Ovulation-inducing factor (OIF/NGF) in seminal plasma: a review and update. *Reprod Domest Anim* 51(Suppl 2): 4-17. doi: 10.1111/rda.12795. PMID: 27762054
6. **Alarcón V, García W, Bravo W. 2012.** Inseminación artificial de alpacas con semen colectado por aspiración vaginal y vagina artificial. *Rev Inv Vet Perú* 23: 58-64. doi: 10.15381/rivep.v23i1.882
7. **Baer L, Hellemann C. 1998.** Semen characteristics in the llama (*Lama glama*). *Arch Med Vet* 30: 171-176.
8. **Billings HJ, Connors JM, Altman SN, Hileman SM, Holaskova I, Lehman MN, McManus CJ, et al. 2010.** Neurokinin B acts via the neurokinin-3 receptor in the retrochiasmatic area to stimulate luteinizing hormone secretion in sheep. *Endocrinology* 151: 3836-3846. doi: 10.1210/EN.2010-0174
9. **Bravo PW, Fowler ME, Stabenfeldt GH, Lasley BL. 1990.** Ovarian follicular dynamics in the llama. *Biol Reprod* 43: 579-585. doi: 10.1095/biolreprod-43.4.579

10. **Bravo PW, Stabenfeldt GH, Fowler ME, Lasley BL. 1992.** Pituitary response to repeated copulation and/or gonadotropin-releasing hormone administration in llamas and alpacas. *Biol Reprod* 47: 884-888. doi: 10.1095/biolreprod47.5.884
11. **Bravo PW, Moscoso J, Ordoñez C, Alarcon V. 1996.** Transport of spermatozoa and ova in female alpaca. *Anim Reprod Sci* 43: 173-179. doi: 10.1016/0378-4320(95)01465-9
12. **Cahill LP, Saumande J, Ravault JP, Blanc M, Thimonier J, Mariana JC, Mauléon P. 1981.** Hormonal and follicular relationships in ewes of high and low ovulation rates. *J Reprod Fertil* 62: 141-150. doi: 10.1530/jrf.0.0620141
13. **Cárdenas H, Vivanco W, Bravo F. 1987.** Comparativo de dos métodos de colección de semen en alpacas. En: X Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Puno, Perú.
14. **Casaretto C, Lombardo DM, Giuliano S, Gambarotta M, Carretero MI, Miragaya MH. 2012.** Morphometric analysis of llama (*Lama glama*) sperm head. *Andrologia* 44 Suppl 1:424-30. doi: 10.1111/j.1439-0272.2011.01200.x
15. **Chen BX, Yuen ZX, Pan GW. 1985.** Semen-induced ovulation in the bactrian camel (*Camelus bactrianus*). *J Reprod Fertil* 74: 335-339. doi: 10.1530/jrf.0.0740335
16. **Cicarelli M, Tibary A, Campbell AJ, Conley AJ. 2018.** Effect of age and castration on serum anti-Müllerian hormone concentration in male alpacas. *Theriogenology* 105: 174-177. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.09.032
17. **Clegg MT, Beamer W, Bermant G. 1969.** Copulatory behaviour of the ram, *Ovis aries*. 3. Effects of pre- and postpubertal castration and androgen replacement therapy. *Anim Behav* 17: 712-717. doi: 10.1016/s0003-3472(69)-80017-5
18. **Condorena N, Fernández-Baca S. 1972.** Relación entre frecuencia de servicios y fertilidad en la alpaca. *Rev Inv Pec IVITA Perú* 1: 11-19.
19. **Davidson JM. 1966.** Characteristics of sex behaviour in male rats following castration. *Anim Behav* 14: 266-272. doi: 10.1016/S0003-3472(66)80082-9
20. **Director A, Giuliano S, Miragaya M. 2004.** Evaluation of llama (*Lama glama*) semen obtained by electroejaculation or using an artificial vagina. In: Proc 15th International Congress on Animal Reproduction (ICAR). Brazil.
21. **England BG, Foote WC, Matthews DH, Cardozo AG, Riera S. 1969.** Ovulation and corpus luteum function in the llama (*Lama glama*). *J Endocrinol* 45: 505-513. doi: 10.1677/joe.0.0450505
22. **England BG, Foote WC, Cardozo AG, Matthews DH, Riera S. 1971.** Oestrous and mating behaviour in the llama (*Llama glama*). *Anim Behav* 19: 722-726. doi: 10.1016/S0003-3472(71)80176-8
23. **Erskine MS. 1989.** Solicitation behavior in the estrous female rat: a review. *Horm Behav* 23: 473-502. doi: 10.1016/0018-506X(89)90037-8
24. **Fabre-Nys C, Gelez H. 2007.** Sexual behavior in ewes and other domestic ruminants. *Horm Behav* 52: 18-25. doi: 10.1016/J.YHBEH.2007.04.001
25. **Fernández-Baca S, Novoa C. 1968.** Conducta sexual de la alpaca (*Lama pacos*) en empadre a campo. En: Asociación Latinoamericana de Producción Animal. México.
26. **Fernandez-Baca S, Hansel W, Novoa C. 1970.** *Corpus luteum* function in the alpaca. *Biol Reprod* 3: 252-261. doi: 10.1093/biolreprod/3.2.252
27. **Fernandez-Baca S, Madden DH, Novoa C. 1970.** Effect of different mating stimuli on induction of ovulation in the alpaca. *J Reprod Fertil* 22: 261-267. doi: 10.1530/jrf.0.0220261
28. **Franco E, Sumar J, Varela M. 1981.** Eyaculación en la alpaca (*Lama pacos*). En: Resúmenes IV Convención Interna-

- cional sobre Camélidos Sudamericanos. Punta Arenas, Chile.
29. **Giammanco M, Tabacchi G, Giammanco S, di Majo D, La Guardia M. 2005.** Testosterone and aggressiveness. *Med Sci Monit* 11(4): RA136-145.
 30. **Giuliano S, Director A, Gambarotta M, Trasorras V, Miragaya M. 2008.** Collection method, season and individual variation on seminal characteristics in the llama (*Lama glama*). *Anim Reprod Sci* 104: 359-369. doi: 10.1016/j.anireprosci.2007.02.016
 31. **Gofur MR, Hossain KMM, Khaton R, Hasan MR. 2014.** Effect of testosterone on physio-biochemical parameters and male accessory sex glands of Black Bengal goat. *Int J Emerg Technol Adv Engineering* 4: 456-465.
 32. **Hanzen C, Cucho H, Ampuero E, Ordóñez C, Sumar J. 2014.** Principios de la reproducción de los camélidos sudamericanos. Fundación Universitaria para la Investigación, Desarrollo, Ciencia y Cultura, San Antonio Abad del Cusco (FUNSAAC). p 259.
 33. **Hardy DF. 1969.** The estrous cycle of the female rat (*Rattus norvegicus*). PhD Thesis. USA: University of California. 116 p.
 34. **Hardy DF, Debold JF. 1971.** Effects of mounts without intromission upon the behavior of female rats during the onset of estrogen-induced heat. *Physiol Behav* 7: 643-645. doi: 10.1016/0031-9384(71)-90120-X
 35. **Hart BL. 1974.** Gonadal androgen and sociosexual behavior of male mammals: A comparative analysis. *Psychol Bull* 81: 383-400. doi: 10.1037/H0036568
 36. **Haynes NB, Hafs HD, Purvis K, Manns JG. 1976.** Studies on the effect of unilateral and bilateral castration on plasma testosterone and LH levels in the bull. *J Reprod Fertil* 46: 471-473. doi: 10.1530/jrf.0.0460471
 37. **Karsch FJ, Legan SJ, Ryan KD, Foster DL. 1980.** Importance of estradiol and progesterone in regulating LH secretion and estrous behavior during the sheep estrous cycle. *Biol Reprod* 23: 404-413. doi: 10.1095/biolreprod23.2.404
 38. **Kitay JI, Coyne MD, Swygert NH. 1970.** Influence of gonadectomy and replacement with estradiol or testosterone on formation of 5 alpha-reduced metabolites of corticosterone by the adrenal gland of the rat. *Endocrinology* 87: 1257-1265. doi: 10.1210/endo-87-6-1257
 39. **Knox RV. 2005.** Recruitment and selection of ovarian follicles for determination of ovulation rate in the pig. *Domest Anim Endocrin* 29: 385-397. doi: 10.1016/J.DOMANIEND.2005.02.025
 40. **Leyva V, Sumar J. 1987.** Incidence of oestrus and spontaneous ovulation in Huacaya type alpacas. In *Improving reproductive performance in small ruminants*. Logan: Utah State University. p 153-154.
 41. **Leyva V, García W. 1999.** Efecto de la progesterona exógena sobre la función del cuerpo lúteo de alpacas. En: *II Congreso Mundial de Camélidos*. Cusco.
 42. **Lichtenwalner AB, Woods GL, Weber JA. 1996.** Seminal collection, seminal characteristics and pattern of ejaculation in llamas. *Theriogenology* 46: 293-305. doi: 10.1016/0093-691x(96)00186-0
 43. **Neves C, Artoni S, Pacheco M, Feliciano M, Amoroso L, Melo D. 2013.** Morphology and biometric of the vesicular and bulbourethral glands in castrated and non-castrated Santa Ines breed sheep. *J Morphol Sci* 30: 115-120.
 44. **Novoa C. 1970.** Reproduction in camelidae. *J Reprod Fert* 22: 3-20. doi: 10.1530/JRF.0.0220003
 45. **Novoa C, Leyva V. 1996.** Reproducción en alpacas y llamas. *Publ. Científica IVITA-UNMSM*. N° 26.
 46. **Ordóñez C, Cucho H, Ampuero E, Antezana W, Cayo S. 2013.** Inseminación artificial de alpacas con semen fresco, refrigerado y descongelado colectado por electroeyaculación. *Spermova* 3: 65-66.

47. **Panez LS, Huanca LW, Huanca MT, Ratto FM, Adams G 2009.** Efecto del sitio de deposición del plasma seminal sobre la tasa de ovulación y formación del cuerpo lúteo en alpacas. *Rev Inv Vet Perú* 20: 21-27.
48. **Pinckard K. 1998.** Influence of castration and estrogen replacement on sexual behavior in heterosexual, male-oriented and asexual rams. MSc Thesis. USA: Oregon State University. 83 p.
49. **Raeseide JI, Friendship RM, Vrablic OE. 1997.** Effects of castration on early postnatal development of male accessory sex glands in the domestic pig. *Eur J Endocrinol* 137: 287-292. doi: 10.1530/eje.0.1370287
50. **Rance NE, Krajewski SJ, Smith MA, Cholanian M, Dacks PA. 2010.** Neurokinin B and the hypothalamic regulation of reproduction. *Brain Res* 1364: 116-128. doi: 10.1016/j.brainres.2010.08.059
51. **Ratto M, Huanca W, Singh J, Adams GP. 2005.** Local versus systemic effect of ovulation-inducing factor in the seminal plasma of alpacas. *Reprod Biol Endocrin* 3:29. doi: 10.1186/1477-7827-3-29/TABLES/1
52. **Ratto M, Huanca W, Singh J, Adams GP. 2006.** Comparison of the effect of natural mating, LH, and GnRH on interval to ovulation and luteal function in llamas. *Anim Reprod Sci* 91: 299-306. doi: 10.1016/j.anireprosci.2005.03.015
53. **Ratto M, Huanca W, Adams GP. 2010.** Ovulation-inducing factor: a protein component of llama seminal plasma. *Reprod Biol Endocrin* 8: 44. doi: 10.1186/1477-7827-8-44
54. **Ratto M. 2016.** Efecto luteotrófico de OIF/NGF en llamas. *Arch Latinoam Prod Anim* 24: 101-106.
55. **Resko JA. 1970.** Androgens in systemic plasma of male guinea pigs during development and after castration in adulthood. *Endocrinology* 86: 1444-1447. doi: 10.1210/ENDO-86-6-1444
56. **Ríos M, Sumar J, Alarcón V. 1985.** Presencia de un factor de inducción de ovulación en el semen de la alpaca y toro. En: VIII Reunión Científica Anual Asociación Peruana Producción Animal. Huancayo, Perú.
57. **Risbridger GP, Taylor RA. 2006.** Physiology of the male accessory sex structures: the prostate gland, seminal vesicles, and bulbourethral glands. In: Knobil and Neill's Physiology of reproduction. p 1149-1172.
58. **Roa J, Navarro VM, Tena-Sempere M. 2011.** Kisspeptins in reproductive biology: consensus knowledge and recent developments. *Biol Reprod* 85: 650-660. doi: 10.1095/biolreprod.111.091538
59. **Ryan KJ, Naftolin F, Reddy V, Flores F, Petro Z. 1972.** Estrogen formation in the brain. *Am J Obstet Gynecol* 114: 454-460. doi: 10.1016/0002-9378(72)90204-9
60. **San-Martín M, Copaira M, Zuniga J, Rodreguez R, Bustinza G, Acosta L. 1968.** Aspects of reproduction in the alpaca. *Reproduction* 16: 395-399. doi:10.1530/JRF.0.0160395
61. **Sanford EJ, Paulson DF, Rohner TJ, Santen RJ, Bardin CW. 1977.** The effects of castration on adrenal testosterone secretion in men with prostatic carcinoma. *J Urology* 118: 1019-1021. doi: 10.1016/s0022-5347(17)58283-x
62. **Schanbacher BD, D'Occhio MJ. 1984.** Hypothalamic control of the post-castration rise in serum LH concentration in rams. *Reproduction* 72: 537-542. doi: 10.1530/JRF.0.0720537
63. **[SENAMHI] Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía. 2012.** Puno - Perú.
64. **Simpson K. 2001.** The role of testosterone in aggression. *McGill J Med* 6: 32-40. doi: 10.26443/mjm.v6i1.559
65. **Soede NM, Langendijk P, Kemp B. 2011.** Reproductive cycles in pigs. *Anim Reprod Sci* 124: 251-258. doi: 10.1016/J.ANIREPROSCI.2011.02.025

66. **Sumar J. 1985.** Reproductive physiology in South American camelids. In: Land RB, Robinson DW (eds). Genetics of reproduction in sheep. London: Butterworths. p 81-95.
67. **Sumar J, Leyva V. 1981.** Colección de semen mediante vagina artificial en la alpaca. En: IV Conferencia Internacional en Camélidos Sudamericanos. Punta Arenas, Chile.
68. **Sumar J, García M. 1986.** Fisiología de la reproducción de la alpaca. In Nuclear and related techniques in animal production and health. Viena, Austria: OIEA. p 149-177.
69. **Tanco VM, Ratto MH, Lazzarotto M, Adams GP. 2011.** Dose-response of female llamas to ovulation-inducing factor from seminal plasma. Biol Reprod 85: 452-456. doi: 10.1095/biolreprod.111.-091876
70. **Tibary A. 2003.** Male reproduction. In: Hoffman E (ed). The complete alpaca book. Bonny Doon Press. p 323-350.
71. **Urquieta B, Cepeda R, Ceáceres JE, Raggi LA, Rojas JR. 1994.** Seasonal variation in some reproductive parameters of male vicuña in the High Andes of northern Chile. J Arid Environ 26: 79-87. doi: 10.1006/JARE.1994.1012
72. **van der Meij L, Buunk AP, van de Sande JP, Salvador A. 2008.** The presence of a woman increases testosterone in aggressive dominant men. Horm Behav 54: 640-644. doi: 10.1016/j.yhbeh.2008.07.001
73. **Vaughan JL. 2001.** Control of ovarian follicular growth in the alpaca (*Lama pacos*). PhD Thesis. Australia: Central Queensland University. 355 p.
74. **Wood R, Brabec R, Swann J, Newman, SW. 1992.** Androgen and estrogen concentrating neurons in chemosensory pathways of the male Syrian hamster brain. Brain Res 596: 89-98. doi: 10.1016/0006-8993(92)91536-n