



UADY

POSGRADO
INSTITUCIONAL
EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**Efecto de la edad del cuerpo lúteo sobre la respuesta
estral en ovejas de pelo sometidas al efecto macho en el
trópico subhúmedo de México**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER DEL
GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

POR:

**Médico Veterinario Zootecnista
Rubi Angelica Chan Escalante**



POSGRADO INSTITUCIONAL
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MANEJO
DE RECURSOS NATURALES TROPICALES

Directores:

**Dr. Armando Jacinto Aguilar Caballero
Dr. Antonio Ortega Pacheco**

Mérida, Yuc., México, agosto de 2019



UADY
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN

COORDINACIÓN GENERAL
DEL SISTEMA DE POSGRADO,
INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN
POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**ALUMNA : MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
RUBI ANGELICA CHAN ESCALANTE**

SÍNODO DEL EXAMEN DE TESIS DE GRADO

**DR. RUBÉN CORNELIO MONTES PÉREZ
CCBA-UADY**

**DR. EDUARDO GUTIÉRREZ BLANCO
CCBA-UADY**

**M. EN C. RAMÓN CÁMARA SARMIENTO
CCBA-UADY**

**DR. FELIPE TORRES ACOSTA
CCBA-UADY**

**DR. RICARDO AKÉ LÓPEZ
CCBA-UADY**

MÉRIDA, YUCATÁN, SEPTIEMBRE DEL 2019

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente.

M.V.Z. Rubi Angelica Chan Escalante

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por las facilidades económicas a través de la beca que me permitieron realizar el presente trabajo.

A mis padres por brindarme su apoyo moral para seguir estudiando y lograr mi objetivo trazado para un futuro mejor y ser orgullo para ellos y para toda la familia.

A mis amigos que me apoyaron y alentaron a continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A Gerardo Díaz-Roche y MVZ. Edgar España-España por las facilidades y los animales de su granja “Tzamna” que me proporcionaron para realizar esta tesis.

A la FMVZ-UADY porque me formo para un futuro como Maestra en ciencia agropecuarias.

A mis queridos Asesores Dr. Antonio Ortega Pacheco y en especial al Dr. Armando J. Aguilar Caballero quien, con paciencia y apoyo, me guio al desarrollo del presente trabajo.

A los tutores por su paciencia, consejos y apoyo, me asesoraron para realizar esta tesis.

A todos los que me apoyaron para realizar esta tesis.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la edad del cuerpo lúteo sobre la respuesta estral de ovejas de pelo sometidas al efecto macho en el trópico subhúmedo. Cuarenta y una ovejas de pelo previamente sincronizadas para homogenizar el ciclo estral fueron distribuidas al azar en cuatro grupos de acuerdo con la edad del cuerpo luteo: D5, D7, D10 y C (control). Las ovejas fueron estimuladas con un macho activo durante siete días (30 minutos/día) a partir del día 5, 7, 10 de edad del cuerpo lúteo. El grupo control se mantuvo sin macho. Los estros fueron detectados a partir de la introducción del macho hasta el día 17 del ciclo estral, utilizando un macho entero con delantar. Presentaron el estro el 96.9 % de las ovejas estimuladas con el macho y el 42.9 % del grupo control ($P < 0.05$). El intervalo entre la introducción del macho y el inicio del celo fue menor en el grupo D10 (122.70 ± 22 h) comparado con los grupos D5 (238.23 ± 20 h) y D7 (175.18 ± 20 h) ($P < 0.05$). La distribución de estros del grupo D10 se concentró entre los días 3 y 5 post introducción del macho, mientras que en los grupos D5 y D7 los estros se observaron entre los días 5 y 10. Se concluye que la edad del cuerpo lúteo influye sobre el inicio y la distribución de estro, pero no en la duración de estro o en el porcentaje de hembras que muestra estro al ser sometida al efecto macho en el trópico subhúmedo.

Palabras claves: sincronización de estro, efecto macho, trópico, ovinos.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of the age of the corpus luteum on the estrus response of hair sheep subjected to the male effect in the subhumid tropics. Fortyone hair sheep previously synchronized to homogenize the estrous cycle were randomly distributed into four groups according to CL age: D5, D7, D10 and C (control). The sheep were stimulated with an active male for seven days (30 minutes/day) from day 5, 7, 10 of the corpus luteum age. The control group remained without a male. The estrus was detected since the beginning of male effect until the 17th day of the estrus cycle, using a male with an apron. 96.9 % of the sheep stimulated with the male and 42.9 % of the control group presented estrus ($P < 0.05$). The interval between the introduction of the male and the beginning of estrus was lower in group D10 (122.70 ± 22 h) compared with groups D5 (238.23 ± 20 h) and D7 (175.18 ± 20 h) ($P < 0.05$). The distribution of estrus from group D10 was concentrated between days 3 and 5 post introduction of the male, while in groups D5 and D7 these were observed between days 5 and 10. It is concluded that the age of the corpus luteum influences the start and the distribution of estrus, but not the duration of estrus or the percentage of females that shows estrus before the male effect in the subhumid tropics.

Keywords: estrus synchronization, male effect, tropics, ewes.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Efecto macho	3
2.2. Factores que modifican la respuesta del efecto macho	3
2.2.1. Intensidad del comportamiento sexual	3
2.2.2. Emisión del estímulo	4
2.2.3. Duración de aislamiento previo de las hembras	7
2.2.4. Tiempo de contacto entre macho-hembra	8
2.3. Factores que afectan la respuesta ovárica de las hembras sometidas al efecto macho	8
2.3.1. Condición corporal	8
2.3.2. Raza	10
2.3.3. Número de Parto	10
2.3.4. Proporción de hembras-machos	11
2.3.5. Dinámica folicular del ciclo estral de la oveja	11
3. HIPÓTESIS	14
4. OBJETIVOS	14
4.1. Objetivos específicos	14
5. REFERENCIAS	15
6. ARTÍCULO CIENTÍFICO	24

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figura 1. Esquema de las actividades realizadas en ovejas de pelo expuestas al macho según la edad del cuerpo lúteo (D5, D7 y D10) y no expuestas al macho (C).....	28
Figura 2 Distribución porcentual de la manifestación de estros en ovejas sometidas a diferentes periodos de contacto con el macho a partir de iniciada la fase luteal.....	30
Cuadro 1. Respuesta estral de las ovejas sometidas al efecto macho de acuerdo a la edad del cuerpo lúteo.....	31
Figura 3. Progesterona en el plasma sanguíneo de ovejas con diferentes edades del cuerpo lúteo sometidas al efecto macho.....	31

1. INTRODUCCIÓN

Las ovejas son animales estacionales que presentan estro, o bien la ausencia de la conducta estral y ovulación en las estaciones con días largos, como son la primavera y el verano en las latitudes medias y altas ($>25^{\circ}\text{N}$ y $>35^{\circ}\text{N}$, respectivamente) del hemisferio norte. Esta estacionalidad es una medida de adaptación de los ovinos para parir cuando existe alta disponibilidad de alimento y las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo y la sobrevivencia de las crías (Arroyo, 2011; Hawken *et al.*, 2013).

En el trópico ($<25^{\circ}\text{N}$) los cambios en las horas luz durante el año son mínimos, con una variación máxima de una hora; por lo que se infiere que las ovejas no presentan estacionalidad (anestro estacional) asociada al fotoperiodo (Hafez, 1952). Estudios recientes muestran que el 60 % de ovejas Pelibuey y el 42 % de ovejas criollas ovulan continuamente durante todo el año (Arroyo *et al.*, 2007; Arroyo *et al.*, 2016). En ovejas de raza Dorper y sus cruza, el 82.1 % presentó estro durante los meses de baja actividad reproductiva (marzo-junio) (Aké-Lopéz *et al.*, 2017). Estos resultados muestran que en el trópico existe una tendencia a disminuir la actividad ovárica o estral a lo largo del año, afectando la fertilidad y prolificidad principalmente en los meses de marzo a mayo. La estacionalidad reproductiva que presentan las ovejas de pelo en el trópico parece no estar regida por el fotoperiodo sino por otros factores ambientales, como son la disponibilidad de forraje y la temperatura. Esta condición afecta el número de partos por año, así como la disponibilidad de leche y crías para la venta (Porras *et al.*, 2003; Arroyo *et al.*, 2007; Abecia *et al.*, 2012). Con el propósito de prolongar la estacionalidad reproductiva, se han propuesto estrategias para controlar la reproducción ovina utilizando hormonas que estimulan el eje hipotálamo – hipófisis – gónadas. Las hormonas más utilizadas son los progestágenos, prostaglandinas y gonadotropinas hipofisarias o coriónicas. Sin embargo, existen limitantes en su manejo a nivel de granja (facilidad, labor y costo para los productores). Además, el uso prolongado de hormonas afecta negativamente el eje hipotálamo- hipófisis- gónadas, o a los mecanismos foliculares y ovulatorios; provocando una disminución en la tasa de fertilidad (Azevedo *et al.*, 2006). Una alternativa libre de hormonas y natural para el control de la reproducción de

los animales mamíferos es el “efecto macho”. La exposición del macho puede inducir el estro de las ovejas durante la temporada de anestro y la sincronización de estros durante la estación reproductiva (Hawken *et al.*, 2007; Ponce *et al.*, 2015). La técnica consiste en introducir repentinamente a un macho activo en un lote de hembras, quien a través de estímulos multisensoriales (olfativo, visual, táctil y auditivo), induce un aumento en los niveles de hormona luteinizante (LH) en la hembra, provocando un pico preovulatorio culminando en una ovulación (Viana-Neto *et al.*, 2016).

En regiones con climas templados y subtropicales, cabras y ovejas en anestro estacional responden positivamente al efecto macho hasta en un 100 % en la presentación de estros (Ponce *et al.*, 2015). Por lo tanto, el uso del efecto macho podría ser una alternativa en el trópico para el control reproductivo de las ovejas. Estudios recientes muestran contradicción al respecto, se ha reportado menos de un 45 % de estros en ovejas Pelibuey expuestas al efecto macho durante 24, 1, 0.5 h. (Rodríguez-Hernández *et al.*, 2016) hasta un 80 % de estros en ovejas bajo “efecto macho” durante 24 horas/día por 4 días, posterior a una doble aplicación (intervalo de 12 días) de prostaglandinas (PGF₂) (Alavez-Ramírez *et al.*, 2016). La variación de la respuesta estral al efecto macho en ovejas cíclicas en zonas tropicales probablemente sea debido a los niveles elevados de progesterona secretados por el cuerpo lúteo presente (Hawken *et al.*, 2013; Delgadillo *et al.*, 2009). Se ha propuesto, que el efecto macho no induce la ovulación espontánea por el efecto inhibitor de la progesterona, pero si estimula un incremento en la secreción de LH en todas las fases del ciclo estral, sin embargo, la presentación del estro depende de la maduración del folículo y cercanía de la luteólisis (Hawken *et al.*, 2007). Con base a lo anterior, se plantea la siguiente pregunta ¿Cuál es la respuesta estral de las ovejas con diferente edad del cuerpo lúteo ante el efecto macho en el trópico subhúmedo? El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la edad del cuerpo lúteo sobre la respuesta estral en ovejas de pelo sometidas al efecto macho en el trópico subhúmedo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Efecto macho

El efecto macho es una técnica no farmacológica para inducir y sincronizar la ovulación de las ovejas en anestro (Delgadillo *et al.*, 2003; Hawken *et al.*, 2008). Esta técnica consiste en la introducción del macho en un rebaño de hembras previamente aislada de este, lo que causa un incremento de pulsos de la hormona luteinizante (LH), provocando un pico preovulatorio y consiguientemente la ovulación (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001; Delgadillo *et al.*, 2003).

El efecto macho resulta de la interacción entre macho-hembra donde un conjunto de estímulos (olfativo, visual táctil y auditivo) promueven el pico preovulatorio entre primer y tercer día después de la introducción del macho y la ovulación aproximadamente 14 horas después del pico preovulatorio de LH en ovejas. De tal manera que, un alto porcentaje de ovejas ovulan entre los primeros tres a cinco días (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001; Simões, 2015).

2.2. Factores que modifican la respuesta del efecto macho

El efecto macho es influenciado por la intensidad del comportamiento sexual y la duración del contacto entre macho-hembra. La respuesta ovárica de las hembras al efecto macho puede ser variable por factores como son: condición corporal, raza, fotoperíodo, dinámica folicular de la oveja, etc. (Simões, 2015; Arroyo *et al.*, 2016).

2.2.1. Intensidad del comportamiento sexual

La intensidad del comportamiento sexual está dada por el macho y es un factor importante para la estimulación del estro y la ovulación, modificando la respuesta de las hembras expuesta al efecto macho (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001; Bedos *et al.*, 2016).

Se ha demostrado en diferentes estudios que machos con un intenso comportamiento sexual, estimulan una mayor proporción de estros y ovulación en ovejas expuestas a la presencia del

macho (Véliz *et al.*, 2004; Delgadillo *et al.*, 2008). Esta intensidad está determinada por la emisión y la calidad del estímulo transmitido por el macho a la hembra (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001).

2.2.2. Emisión del estímulo

Como se mencionó anteriormente, el efecto macho es un fenómeno multisensorial (Delgadillo *et al.*, 2008; Martínez, 2009). Por lo tanto, el estímulo del macho durante el efecto macho adquiere mayor intensidad cuando participan todos los sentidos, es decir un contacto directo total entre ambos géneros (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001; Delgadillo *et al.*, 2008).

2.2.2.1. Vista

Pearce y Oldham (1988), reportaron que el contacto visual entre ovejas con el macho a través de una malla indujo la ovulación en las hembras. Además, en estudios recientes, se ha demostrado que las imágenes proyectadas de machos en ovejas estimulan una respuesta significativa en los niveles de LH en sangre (Hawken y Martin, 2013). Existe evidencia de que ovejas de algunas razas tienen preferencia por los rostros de machos que de las hembras en estro. Estos estudios, sugieren que las señales visuales son estímulos importantes para la respuesta ovulatoria de las hembras expuestas al efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2008).

2.2.2.2. Oído

La vocalización es un estímulo auditivo que interviene con la inducción del estro en las ovejas con anestro. Se ha reportado que el 33 % de las cabras ovulan al ser expuestas a la vocalización de un macho sexualmente activo, lo que sugiere que la vocalización es una de las principales señales emitidas por el macho, que determinan la respuesta de hembras durante el efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2008).

2.2.2.3. Olfato

El olfato es uno de los sentidos más involucrado en la interacción entre macho y hembra durante el efecto macho, ya que a través del sistema olfativo principal y el órgano vomeronasal son percibidas las señales olfatorias emitidas por el macho (Arteaga *et al.*, 2007; Hawken y Martin, 2013). Las feromonas son las señales olfativas más asociadas con el efecto macho, estas señales son emitidas a través de la orina, la saliva y otras secreciones de diversas glándulas cutáneas. Durante el efecto macho, las feromonas pueden provocar en las hembras que las perciben, la estimulación de la LH (Arteaga *et al.*, 2007; Delgadillo *et al.*, 2008). Dichas señales olfativas se fijan en los receptores que se ubican en la mucosa de la cavidad nasal, que luego son detectadas por el sistema olfatorio accesorio (órgano vomeronasal) y sistema olfatorio principal; ambos sistemas se conectan mediante el bulbo olfatorio a otros centros cerebrales. Los centros del hipotálamo estimulan a la hipófisis a secretar la LH y hormona folículo estimulante (FSH), que desencadenan la actividad estral de las hembras (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001; Córdova-Izquierdo *et al.*, 2002; Arteaga *et al.*, 2007).

Gelez y Fabre-Nys (2004) afirman que el olor del macho (feromonas) estimula la secreción de LH en las ovejas. Estos autores, al exponer a ovejas intactas y anósmicas al vellón del macho, encontraron que un 77 % de las ovejas intactas presentaron una mayor frecuencia de pulsos de LH que las ovejas anósmicas (23 %). Sin embargo, el porcentaje de hembras (22 %) que ovularon solo con el olor de los machos fue menor comparado con ovejas (90 %) bajo contacto directo con los machos (Gelez y Fabre-Nys, 2004; Delgadillo *et al.*, 2008).

2.2.2.4. Tacto

Las señales táctiles resultan del contacto físico entre el macho y la hembra. Se ha demostrado que está implicado en la estimulación de la ovulación de las hembras, probablemente actuando sinérgicamente con las feromonas, ya que facilitan su transferencia a las ovejas al contacto con estas. Los machos cuando se introducen a los corrales, se orinan la cara y al contacto con las ovejas las impregnan de esta (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001;

Delgadillo *et al.*, 2008). Además, el macho golpea a la oveja con la cabeza y esto también es una fuente de estímulos. Es un hecho que, la respuesta de hembras al efecto macho no es consecuencia solamente de la estimulación feromonal, como antes se pensaba, sino que existen otros sentidos como el tacto, la vista y el oído que también participan en la estimulación de la ovulación de las hembras durante el efecto macho (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001; Delgadillo *et al.*, 2008).

2.2.2.5. Calidad del estímulo

La calidad de los estímulos emitidos por el macho está influenciada por la secreción de testosterona. De tal manera, el reposo sexual estacional de los machos disminuye la calidad del estímulo otorgado por el macho a la hembra (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001).

En zonas templada y subtropicales, donde las latitudes son mayores de 25°N y 35°N la respuesta reproductiva de las ovejas expuestas al macho es bajas o nula, debido al periodo de reposo sexual los machos tienen mala calidad espermática, un bajo libido y un bajo comportamiento sexual (Orihuela, 2014; Aline, 2013). Sin embargo, este periodo se puede contrarrestar, estimulando la actividad sexual a través de tratamientos como son: los fotoperiódicos (fotoestimulación) y los hormonales (melatonina, testosterona, etc.) (Delgadillo *et al.*, 2003; Bedos *et al.*, 2016).

En estudios con cabras anovulatorias bajo confinamiento y pastoreo, expuestas a machos en fotoperiodo natural y machos estimulados con “días largos”, se obtuvieron mayores proporciones de ovulaciones en hembras estimuladas con machos tratados (>85 %) comparado con machos con fotoperiodo natural (<50 %) (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Chasles *et al.*, 2016). El uso de testosterona y melatonina, son otros tratamientos usados para inducir la actividad sexual en machos. Se ha reportado más del 80 % de actividad estral en cabras y ovejas expuestas con machos tratados con 25 mg de testosterona intramuscular (Orihuela, 2014; Tejada *et al.*, 2017) y de 80 al 100 % de estros con ovulación con machos tratados con implantes de melatonina (Zarazaga *et al.*, 2012; Celi *et al.*, 2013; Viana-Neto *et al.*, 2016).

En los trópicos con latitudes menores a 25°N y condiciones ambientales más o menos estables, con poca variación en el fotoperiodo a lo largo de año, tanto hembras como machos nativos de la región muestran una actividad sexual permanente, sin variación en la producción espermática y comportamiento sexual a lo largo del año (Chemineau, 1993). Sin embargo, la introducción de razas de clima templado y de nuevas líneas genéticas mejoradas podrían modificar dicho comportamiento (Muñoz-Osorio *et al.*, 2016).

2.2.3. Duración de aislamiento previo de las hembras

Por años se había sugerido que el contacto permanente de las hembras con los machos las vuelve refractarias a los estímulos del macho (Underwood, Shier y Davenport, 1944), y que solo respondían si se separaban del macho al menos dos semanas. También se había propuesto que la respuesta de las hembras sería mejor y más rápida a la presencia del macho, si el aislamiento previo tenía una mayor duración (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001). Sin embargo, Cushwa *et al.* (1992) demostraron que la respuesta estral no aumenta entre los meses de mayo y junio, cuando se comparan ovejas sometidas al aislamiento y sin aislamiento, obteniendo 85 % y 86 % de respuesta estral ante el macho, respectivamente. Véliz Deras *et al.* (2004;2006), demostraron que las cabras anéstricas responden a los machos activos sexualmente, independientemente de aislamiento previo, observando más del 80 % y 95 % de cabras con estro en hembras aisladas y sin aislamiento del macho, respectivamente. Por lo tanto, se propuso que la respuesta de la hembra no depende de la duración del aislamiento previo, sino de la actividad sexual del macho (Perkins *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 2009; Muñoz *et al.*, 2016). Estudios recientes confirmaron que la respuesta ovárica y estral es similar entre hembras anéstricas con y sin aislamiento previo al efecto macho (Gallego-Calvo *et al.*, 2014; Zarazaga *et al.*, 2017). Estos estudios demuestran que el aislamiento de las cabras y ovejas previo a la introducción del macho al grupo de empadre no afecta el comportamiento sexual de las hembras.

2.2.4. Tiempo de contacto entre macho-hembra

Otro factor que influye en la respuesta ovulatoria de las ovejas al efecto macho es el tiempo de contacto entre el macho y las hembras. Esto probablemente se deba a que la ovulación se bloquea si el macho es retirado a pocas horas después de ser introducido. La presencia continua del macho mantiene altas frecuencias de secreciones tónicas de gonadotropina, lo que desencadena el pico preovulatorio de LH. De tal manera, cuando el macho es retirado, la frecuencia y los niveles de la gonadotropina se reducen, interrumpiendo el pico preovulatorio y consiguio la ovulación (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2001). De hecho, los primeros estudios sobre la duración de contacto entre machos y hembras afirmaban que el tiempo de contacto debería ser continuo y durante varios días para lograr estimular la actividad ovulatoria en la mayoría de las ovejas expuestas al macho (Bedos *et al.*, 2014). Sin embargo, Rivas-Muñoz *et al.*, (2007) mostraron que la reducción del tiempo de contacto a 16 horas/día por 18 días con machos sexualmente activos, estimuló en un 90 % la actividad ovárica en las cabras con anestro estacional, sin afectar la fertilidad y la prolificidad. En estudios recientes en ovejas, donde se redujo el tiempo de contacto con machos sexualmente activos de 4 horas/día hasta 1 hora/día durante 15 días, se observó más de 80 % de ovulaciones (Bedos *et al.*, 2014). Ramírez *et al.* (2017) por su parte, demostraron que la exposición por 15 min/d por 15 días de cabras con machos sexualmente activos indujo el estro en más del 90 % de las hembras durante el anestro estacional. A partir de estos estudios, se concluyó que la presencia continua del macho no es necesaria si se usan machos activos sexualmente y aun reduciendo el tiempo de contacto entre sexos se puede inducir la respuesta ovulatoria de las ovejas y cabras con anestro estacional (Bedos *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2017).

2.3. Factores que afectan la respuesta ovárica de las hembras sometidas al efecto macho

2.3.1. Condición corporal

La condición corporal (CC) es el indicador más importante de las reservas corporales de energía de las ovejas y puede afectar la foliculogénesis y la tasa ovulatoria del ovario de la

hembra, por lo que se ha visto relacionado con el fracaso o éxito de la reproducción de los ovinos (Vélez *et al.*, 2013; Aké-López *et al.*, 2013; Marcías- Cruz *et al.*, 2017). En ovejas Pelibuey de clima subtropical se ha observado que la alta condición corporal aumenta el número de folículos ≥ 4 mm, tanto en fase folicular como fase lútea; así como la duración del estro (Aké-López *et al.*, 2013). Además, se ha reportado que, en ovejas con baja condición corporal, se reducen la actividad ovulatoria y los partos, ya que al parecer la baja condición corporal reduce la secreción de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), lo que provoca menores concentraciones de LH, ocasionando una disminución en el crecimiento folicular, dando como resultado una menor proporción de hembras que ovulan (Urrutia, Gámez y Ramírez, 2003; De la Isla *et al.*, 2010). Por lo tanto, la condición corporal de la hembra durante el efecto macho está asociada a la respuesta estral y la fertilidad en las ovejas. Vélez *et al.* (2013) demostraron que cabras sometidas al efecto macho con buena condición corporal (CC2) presentaron una sincronización de los celos de un 100 % (entre los días 3-8 post introducción del macho), mientras que en las cabras con baja condición (CC1) solamente el 28 % presentó el estro (entre los días 8-13 después de la introducción del macho). En ovejas Alpinas también se reportó una mejor respuesta estral en hembras con buena condición corporal ($>2CC$) comparado con hembras con mala condición ($<2CC$) durante los primeros cinco días después de la exposición del macho (100 % vs 30 %, respectivamente) (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Gallego-Calvo *et al.* (2015) demostraron que la disminución o aumento de la condición corporal de las hembras durante el efecto macho, afecta la respuesta del desempeño reproductivo, obteniendo respuestas ovulatorias y estrales pobres en ovejas con pérdida de condición corporal (63 %) en comparación con ovejas que tienen ganancia de condición corporal (94 %) durante el efecto macho. Tales estudios nos indican que la baja condición corporal de las ovejas tiene relación con el retraso o supresión del estro cuando son sometidas al efecto macho, por lo tanto, el mejoramiento de la condición corporal de los pequeños rumiantes previo al efecto macho, a través de la suplementación puede mejorar la respuesta reproductiva de las hembras (Urrutia, Gámez y Ramírez, 2003; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

2.3.2. Raza

La raza o genotipo de las ovejas es un factor que afecta su respuesta estral ante el efecto macho. Las razas muy estacionales como Suffolk y Hampshire suelen presentar un anestro prologado y más profundo, provocando menor respuesta estral ante el efecto macho durante la transición reproductiva. Por contrario razas como Merino, Rambouillet, Pelibuey y Dorset tienen mejor respuesta a la presencia del macho debido a su estación de anestro corto y poco profundo (Delgadillo *et al.*, 2008;2009). Esto se debe a que las razas poco estacionales presentan durante la estación de anestro cierta actividad reproductiva (foliculogénesis y ovulación) que les permiten responder al efecto macho; en contraste con las razas muy estacionales que no muestran un desarrollo folicular más allá de 2 mm durante el anestro (Urrutia, Gámez y Rosales, 2002; Pellicer-Rubio *et al.*, 2013).

La respuesta estral de las hembras de genotipo estacional se puede mejorar a través de tratamientos de melatonina o fotoperiodo para las hembras o los macho, antes del efecto macho; sin embargo, la respuesta está directamente relacionado con la cercanía de la temporada reproductiva, por lo tanto, las razas de ovejas altamente estacionales responden mejor a la presencia del macho durante el anestro tardío, aumentando la presencia de estro y ovulaciones (Delgadillo *et al.*, 2009).

2.3.3. Número de Parto

En ovejas y cabras, el número de partos influye en la presentación de estros y ovulaciones cuando son sometidas al efecto macho. Las hembras nulíparas tienen menor respuesta que las multíparas (Véliz *et al.*, 2009). En ovejas de raza Merino más del 60 % de las ovejas multíparas presentaron estro, mientras que menos del 40 % en las nulíparas (Luna-Orozco *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2008); al parecer esto se debe al desconocimiento del olor del macho en las hembras sin experiencia sexual o a la calidad de la conducta sexual, ya que el comportamiento proceptivo y receptivo de las hembras nulíparas es menor que el de las multíparas en el primer contacto con los machos (Gelez y Fabre-Nys, 2004; Delgadillo *et al.*, 2008;Véliz *et al.*, 2009). Sin embargo, se ha demostrado en cabras multíparas y nulíparas

expuestas a un macho sexualmente activo por 15 días; que las proporciones de hembras que mostraron estro fueron similares (100 % vs 95 %), lo que sugiere que el número de partos de las hembras no disminuye la respuesta estral al efecto macho si son expuestas a machos sexualmente activos (Luna-Orozco *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2008).

2.3.4. Proporción de hembras-machos

La proporción de hembras expuestas al macho puede modificar la respuesta estral y ovulatoria de las hembras sometidas al efecto macho. Se ha reportado en cabras que la proporción macho y hembra de 1:10 a 1:20 disminuye la respuesta estral de 87 a 80 % a finales del anestro estacional, lo que sugiere que la proporción macho-hembra influye la respuesta estral y ovulatoria. Estudios donde se utilizaron machos sexualmente activos en proporción de macho y hembra de 4:39, 2:39 y 1:39, las hembras presentaron porcentajes de estro de 92 %, 95 % y 90 % respectivamente (Carrillo *et al.*, 2007). Resultados similares se han reportado en ovejas con anestro estacional cuando se aumenta la proporción de macho y hembra de 1:6 a 1:10 o 1:20, obteniendo respuestas ovulatorias de 97 %, 95 % y 92 % respectivamente (Urrutia, Gámez y Rosales, 2002). Estos resultados indican que un decremento de la proporción de machos y hembras no disminuye la capacidad de los machos para inducir la respuesta estral u ovulatoria de las hembras anovulatorias, si estos son sexualmente activos (Carrillo *et al.*, 2007). Sin embargo, Ferreira-Silva *et al.* (2017) demostraron que en una relación de macho y hembra de 1:40, la incidencia de ciclos cortos es mayor comparado con 1:20 y 1:30, obteniendo 22.5 % vs 10 % y 13.3 % respectivamente, lo que puede afectar la distribución de estros y partos de las ovejas inducidas por el efecto macho (Chemineau *et al.*, 2006).

2.3.5. Dinámica folicular del ciclo estral de la oveja

En el ciclo estral normal, tanto en ovejas y cabras, se producen altas frecuencias de pulsos de LH para acelerar el desarrollo folicular y la secreción de estradiol después de la luteólisis. Posteriormente, las concentraciones de estradiol inducen la retroalimentación positiva de la GnRH, provocando el pico preovulatorio y la ovulación, dando inicio a la fase lútea que está

dominada por la progesterona del cuerpo lúteo (Delgadillo *et al.*, 2009). El efecto macho provoca un incremento de los pulsos de LH, lo que inicia acontecimientos similares a un ciclo estral normal, por tal motivo, el efecto macho es utilizado como inductor de estro en ovejas y cabras en anestro estacional, cerca del comienzo de la época de cría natural (Hawken *et al.*, 2007;2009).

Con el uso del efecto macho se ha obtenido más del 85 % de fertilidad en ovejas anovulatorias expuestas al macho sexualmente activo durante 24 h cada 17 días por 51 días (Hawken *et al.*, 2008). Otros autores han reportado que más del 89 % de hembras presentan el estro con ovulación cuando son expuestas a machos sexualmente activos durante 24, 4, 2 y 1 h durante 15 días continuos (Bedos *et al.*, 2014) y hasta el 100 % de ovulaciones en cabras anovulatorias sometidas al efecto macho durante 24 h durante 10 y 15 días (Ponce *et al.*, 2015).

En el trópico, los cambios en las horas luz durante el año son mínimos, por lo que se infiere que ovejas y cabras locales presentan una poca o nula estacionalidad durante todo el año (Hafez, 1952; Arroyo *et al.*, 2007). Pero se ha observado que solo el 60 % de ovejas Pelibuey y el 42 % de ovejas criollas ovulan continuamente durante todo el año (Arroyo *et al.*, 2007;2016). Así como también, en la raza Dorper y sus cruzas, el 82.1 % de las ovejas manifiestan estro durante el periodo de baja actividad reproductiva (marzo-junio) (Aké-López *et al.*, 2017). Entonces el uso de efecto macho podría ser una alternativa para la inducción y sincronización de estro en un 100 % de las ovejas con anestro en el trópico. Estudios previos mostraron que menos del 50 % de las hembras Pelibuey mostraron el estro cuando fueron sometidas al efecto macho durante 24, 1, 0.5 h (Rodríguez-Hernández *et al.*, 2016), sin embargo, cuando se aplican prostaglandinas (PGF₂) en dos dosis a intervalos de 12 días y con el efecto macho durante 4 días la respuesta se mejoró, obtenido hasta el 80 % de estros (Alavez-Ramírez *et al.*, 2016). También, se ha reportado hasta el 80 % de fertilidad en ovejas Pelibuey primaras cuando se combina el efecto macho y la suplementación (Ugalde y García, 2002). De tal manera, el efecto macho en el trópico no está estimulando al 100 % de las hembras como se observa en las zonas templadas o subtropicales. Por lo consiguiente, se ha planteado que en zonas tropicales la respuesta estral de las ovejas cíclicas es variable

ante el efecto macho, debido a la progesterona que se mantiene elevada por la presencia del cuerpo lúteo (Delgadillo *et al.*, 2009; Hawken y Martin, 2013).

Se ha demostrado que en cabras cíclicas, el efecto inhibitor de la progesterona durante la fase lútea media bloquea la respuesta de LH inducida por el efecto macho; pero en ovejas al parecer no sucede lo mismo; ya que se ha observado en ovejas sometidas a implantes de progesterona durante el efecto macho un aumento en la secreción pulsátil de LH, lo que sugiere que los ovinos pueden mostrar una respuesta ante el macho sin importar la fase estral en que se encuentren (Hawken *et al.*, 2007). Posiblemente esto ocurre por las diferencias de duración del ciclo estral de las ovejas y cabras (17 días y 21 días respectivamente), alcanzando menores concentraciones de progesterona durante la fase lútea en las ovejas que en las cabras. Además, se ha encontrado evidencia de que el efecto macho no induce la ovulación espontánea, sino solo afecta la distribución del estro (Ngere y Dzakuma, 1975; Meilán y Ungerfeld, 2014). Por lo tanto, se ha sugerido que la respuesta ovárica varía según la edad del cuerpo lúteo, teniendo un efecto luteotrófico durante la fase lútea temprana y un efecto luteolítico en la fase lútea tardía (Hawken y Martin, 2013; Pate, 2018).

3. HIPÓTESIS

La edad del cuerpo lúteo afecta la respuesta estral de las ovejas de pelo sometidas al efecto macho en el trópico subhúmedo.

4. OBJETIVOS

Evaluar el efecto que tiene la edad del cuerpo lúteo sobre la respuesta estral en ovejas de pelo sometidas al efecto macho en el trópico subhúmedo.

4.1. Objetivos específicos

Determinar el efecto de la edad del cuerpo lúteo sobre presentación de signos del estro en ovejas de pelo sometidas al efecto macho.

Determinar el intervalo de tiempo (horas) entre la introducción de macho y la aparición del estro.

Determinar el efecto que tiene la edad del cuerpo lúteo sobre la duración de estro.

5. REFERENCIAS

Abecia J.A., Forcada, F. y González-Bulnes, A. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*.130,173-179.

Aké-López, J. R., Isla-Herrera, G., Magaña-Monforte, J. G., Segura-Correa, J. C., Centurión-Castro, F. G. y Cansino-Arroyo, G. R. 2013. Effect of body condition on estrus cycle, ovarian activity and corpus luteum function of Pelibuey ewes. *Livestock Research for Rural Development*, 25.

Aké-López, J. R., Monforte-Madariaga, W. M., Segura-Correa, J. C. y Aké-Villanueva, J.R. 2017. Actividad reproductiva de ovejas dopper y sus cruzas bajo condiciones de trópico. In A. C. Berumen Alatorre, S. R. Vera, A. J. Chay Canul, F. Casanova Lugo, y W. R. Cetzal [memorias de seminario]. XI seminario internacional de producción de ovinos en el trópico. Villahermosa, Tabasco, 65–68.

Alavez-Ramírez, A., Montes-Pérez, R., Aguilar-Caballero, A. J. y Ortega-Pacheco, A. 2016. Effect of the combination of male effect with PGF2 α on estrus synchronization of hair sheep in Mexican tropic. *Tropical Animal Health and Production*, 48(3), 655-658.

Aline, B. M. C. 2013. La reducción del tiempo de contacto diario entre machos y hembras no disminuye las respuestas ovulatoria y reproductiva de las cabras expuestas al efecto macho durante el anestro [tesis doctoral]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.

Álvarez-Ramírez, L. y Zarco-Quintero, L. A. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*, 32(2), 117–129.

Arroyo, L. J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(3), 829-845.

Arroyo, L. J., Gallegos-Sánchez, J., Villa-Godoy, A., Berruecos, J. M., Perera, G., y Valencia, J. 2007. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Animal Reproduction Science*, 102(1–2), 24–30.

Arroyo, L. J., Sánchez-Hernández, N. J., Ávila-Serrano, N. Y., Camacho-Escobar, M. A. y Rodríguez-De-La-Torre, M. 2016. Reproductive seasonality in creole hair sheep in the tropic. *Tropical Animal Health and Production*, 48(1), 219–222.

Arteaga, C.M., Martínez-Gómez, M., Guevara-Guzmán, R. y Hudson, R. 2007. Chemical Communication in Domestic Mammals. *Veterinaria México*. 38,105–23.

Azevedo, J., Valentim, R. y Correia, T. M. 2006. Control hormonal de la actividad ovárica en ovinos. *Albeitar*, (98), 6-8.

Bedos, M., Portillo, W., Dubois, J.P., Duarte, G., Flores, J.A, Chemineau, P., Keller, M., Paredes, R.G y Delgadillo, J.A. 2016. A high level of male sexual activity is necessary for the activation of the medial preoptic area and the arcuate nucleus during the ‘male effect’ in anestrus goats. *Physiology & Behavior*, 165,173-8.

Bedos, M., Duarte, G., Flores, J. A., Fitz-Rodríguez, G., Hernández, H., Vielma, J. y Delgadillo, J. A. 2014. Two or 24 h of daily contact with sexually active males results in different profiles of LH secretion that both lead to ovulation in anestrus goats. *Domestic Animal Endocrinology*, 48, 93-99.

Carrillo, E., Veliz, F. G., Flores, J. A. y Delgadillo, J. A. 2007. El decremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad para inducir la actividad estral de cabras anovulatorias. *Técnica Pecuaria en México*, 45 (3), 319–328.

Celi, I., Gatica, M. C., Guzmán, J. L., Gallego-Calvo, L. y Zarazaga, L. A. 2013. Influence of the male effect on the reproductive performance of female Payoya goats implanted with melatonin at the winter solstice. *Animal Reproduction Science*, 137(3-4), 183-188.

Chasles, M., Chesneau, D., Moussu, C., Delgadillo, J. A., Chemineau, P. y Keller, M. 2016. Sexually active bucks are efficient to stimulate female ovulatory activity during the anestrus season also under temperate latitudes. *Animal Reproduction Science*, 168, 86-91.

Chemineau, P. 1993. Reproducción de las cabras originarias de las zonas tropicales. *Revista Científica FCV/LUZ*, 3 (3), 167-172.

Chemineau, P., Pellicer-Rubio, M. T., Lassoued, N., Khaldi, G., y Monniaux, D. 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reproduction Nutrition Development*, 46(4), 417-429.

Córdova-Izquierdo, A., Nava- Noriega, J. R. y Pérez Gutiérrez, J. F. 2002. Importancia de las feromonas en la reproducción animal. *Medicina Veterinaria*, 19(7-8), 99-107.

Cushwa, W. T., Bradford, G. E., Stabenfeldt, G. H., Berger, Y. M. y Dally, M. R. 1992. Ram influence on ovarian and sexual activity in anestrus ewes: effects of isolation of ewes from rams before joining and date of ram introduction. *Journal of Animal Science*, 70(4), 1195-1200.

De la Isla Herrera, G., Aké López, J. R., Ayala Burgos, A y González-Bulnes, A. 2010. Efecto de la condición corporal y la época del año sobre el ciclo estral, estro, desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones de trópico. *Veterinaria México*, 41(3), 167-175.

Delgadillo, J. A., Vielma, J., Flores, J. A., Véliz, F. G. y Hernández, H. 2008. La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9, 39-45.

Delgadillo, S. J. A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P. A. R. y Martin, G. B. 2009. The “male effect” in sheep and goats-Revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*, 200(2), 304-314.

Delgadillo, S. J.A., Flores, C. J.A., Véliz Deras, F.G., Duarte Moreno, G., Vielma S.J., Pascal, P.M y Benoit. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho *Veterinaria México*, 34(1), 69–79.

Ferreira-Silva, J. C., Burnett, T. A., Souto, P. F. M. P., Pereira, L. C., Araujo, M. V., Moura, M. T. y Oliveira, M. A. L. 2017. Progesterone (P4), luteinizing hormone (LH) levels and ovarian activity in postpartum Santa Inês ewes subject to a male effect. *Archives Animal Breeding*, 60(2), 95-100.

Fitz-Rodríguez, G., De Santiago-Miramontes, M. A., Scaramuzzi, R. J., Malpaux, B. y Delgadillo, J. A. 2009. Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Animal Reproduction Science*, 116(1-2), 85-94.

Gallego-Calvo, L., Gatica, M. C., Celi, I., Guzmán, J. L., Delgadillo, J. A. y Zarazaga, L. A. 2014. No previous isolation of female goats is required for novel males to induce a male effect, especially if direct physical contact is established. *Theriogenology*, 82(9), 13101315.

Gallego-Calvo, L., Gatica, M. C., Guzmán, J. L. y Zarazaga, L. A. 2015. Reproductive performance response to the male effect in goats is improved when doe live weight/body condition score is increasing. *Animal Reproduction Science*, 156, 51-57.

Gelez, H. y Fabre-Nys, C. 2004. The “male effect” in sheep and goats: A review of the respective roles of the two olfactory systems. *Hormones and Behavior*, 46(3), 257–271.

Hafez, E. S. 1952. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe Part I. The breeding season in different environments Part II. The breeding season in one locality. *The Journal of Agricultural Science*, 42(3), 189-231.

Hawken, P.A y Martin, G.B. Socio-sexual stimuli and reproductive function: Emerging perspectives of the male effect in sheep and goats. 2013. *Chemical Signals in Vertebrates*, Springer. New York, 397-413.

Hawken, P.A, Evans, A.C y Beard, A.P. 2008. Short term, repeated exposure to rams during the transition into the breeding season improves the synchrony of mating in the breeding season. *Animal Reproduction Science*,106(3), 333-44.

Hawken, P.A.R., Beard, A.P, Esmaili, T., Kadokawa, H., Evans, A.C.O., Blache, D.,Martin, G.B. 2007. The introduction of rams induces an increase in pulsatile LH secretion in cyclic ewes during the breeding season. *Theriogenology*. 68(1),56-66.

Hawken, P. A., Esmaili, T., De St Jorre, T. J. y Martin, G. B. 2009. Do cyclic female goats respond to males with an increase in LH secretion during the breeding season? *Animal Reproduction Science*, 112(3), 384–389.

Luna-Orozco, J. R., Fernández, I. G., Gelez, H. y Delgadillo, J. A. 2008. Parity of female goats does not influence their estrous and ovulatory responses to the male effect. *Animal Reproduction Science*, 106(3–4), 352–360.

Macías-Cruz, U., Vicente-Pérez, R., Correa-Calderón, A., Mellado, M., Meza-Herrera, C.A. y Avendaño-Reyes, L. 2017. Undernutrition pre-and post-mating affects serum levels of glucose, cholesterol and progesterone, but not the reproductive efficiency of crossbred hair ewes synchronized for estrus. *Livestock Science*, 205, 64-69.

Martínez, A. J. C. 2009. La supresión del comportamiento sexual, así como de las señales visuales y táctiles emitidas por los machos cabríos impiden la respuesta endocrina y ovulatoria de las hembras anovulatorias sometidas al efecto macho [tesis doctoral]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.

-
- Martínez, T. J. A., Chay, C. A. J., Montes, P. R. C., Aguilar, C. A. J. y Mendoza, G. A. 2016. Treinta minutos de contacto del macho sincroniza los estros en ovejas Pelibuey en el trópico húmedo de México. Reunión nacional de investigación pecuaria memoria, 1(1).
- Meilán, J. y Ungerfeld, R. 2014. Does introduction of rams during the late luteal phase promote the estrus response in cyclic ewes? *Small Ruminant Research*, 120(1), 116-120.
- Muñoz, A. L., Bedos, M., Aroña, R. M., Flores, J. A., Hernández, H., Moussu, C. y Delgadillo, J. A. 2016. Efficiency of the male effect with photostimulated bucks does not depend on their familiarity with goats. *Physiology & Behavior*, 158, 137-142.
- Muñoz-Osorio, G.A., Aguilar-Caballero, A. J, Franco, L. S, Wurzinger, M. y Cámara-Sarmiento, R. 2016. Technologies and strategies for improving hair lamb fattening systems in tropical regions: a review. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3,267-77.
- Ngere, L.O. y Dzakuma, J.M. 1975. The effect of sudden introduction of rams on oestrus pattern of tropical ewes. *The Journal of Agricultural Science*,84(2), 263-264.
- Orihuela, T.A. 2014. La conducta sexual del carnero: Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5,49-89.
- Pate, J.L. Luteolysis. 2018. *Encyclopedia of Reproduction*. Segunda edición. Elsevier, 106113.
- Pearce, D. T y Oldham, C. M. 1988. Ovulation in the Merino ewe in the breeding and anoestrous seasons. *Australian Journal of Biological Sciences*, 41(1), 23-26.
- Pellicer-Rubio, M. T., Touzé, J. L., Baril, G y Malpoux, B. 2013. The luteal outcome of anoestrus ewes induced to ovulate by the male effect is not related to the population of ovarian antral follicles before male exposure. *Animal reproduction science*, 137(1-2), 23-30.

Perkins, A. y Fitzgerald, J.A. 1994. The behavioral component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *The Journal of Animal Science*, 72,51-55.

Ponce, J. L., Hernández, H., Flores, J. A., Keller, M., Chemineau, P. y Delgadillo, J. A. 2015. One day of contact with photostimulated bucks is sufficient to induce ovulation in seasonally anestrous goats. *Theriogenology*, 84(6), 880–886.

Porras, A. A., Zarco, Q. L. A., y Valencia, M.J. 2003. Estacionalidad reproductiva en ovejas. *Ciencia Veterinaria*, 9(4), 1-33.

Ramírez, S., Bedos, M., Chasles, M., Hernández, H., Flores, J. A., Duarte, G., Retana-Márquez, M.S., Keller, M., Chemineau, P y Delgadillo, J.A. 2017. Fifteen minutes of daily contact with sexually active male induces ovulation but delays its timing in seasonally anestrous goats. *Theriogenology*, 87, 148–153.

Rivas-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpoux, B. y Delgadillo, J.A. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *Journal of Animal Science*, 85(5), 1257–1263.

Rodríguez-Hernández, I. del C., Chay-Canul, A. J., Montes-Pérez, R., Aguilar-Caballero, A. J., García-Herrera, R., Mendoza-González, A., Mezo-Solis, J. A y Chay-Varela, P. 2016. Tiempo de contacto del macho sobre la sincronización de estros en ovejas Pelibuey en el trópico húmedo de México. *Perspectiva y Avances de la Producción Animal en México*. México: Editorial Universidad Potosina, 324–333.

Simões, J. 2015. Recent advances on synchronization of ovulation in goats, out of season, for a more sustainable production. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 4(2), 157–165.

Tejada, L. M., Meza-Herrera, C. A., Rivas-Muñoz, R., Rodríguez-Martínez, R., Carrillo, E., Mellado, M. y Véliz-Deras, F. G. 2017. Appetitive and consummatory sexual behaviors of

rams treated with exogenous testosterone and exposed to anestrus Dorper ewes: efficacy of the male effect. *Archives of Sexual Behavior*, 46(3), 835-842.

Ugalde, J. P. R. y García, J. R. S. 2002. Respuesta al efecto macho de primas Pelibuey en condiciones de pastoreo y suplementación en trópico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 40(3).

Underwood, E.J., Shier, F.L y Davenport, N. 1944. Studies in sheep husbandry in W.A.V The breeding season in Merino, crossbreed and British Breed ewes in the agricultural districts. *Journal of the Department of Agriculture Western Australia*, 2, 135-143.

Urrutia, M. J., Gámez, V. H. y Rosales, N. C. 2002. Uso del efecto macho y suplementación para el empadre de invierno en cabras. [Folleto Técnico]. San Luis Potosí, México.

Urrutia, M. J., Gámez, V. H. G. y Ramírez, A. B. M. 2003. Influencia del pastoreo restringido en el efecto macho en cabras en baja condición corporal durante la estación de anestro. *Técnica Pecuaria en México*, 41(3).

Vélez, M. L. I., Maldonado, J. J. A., Véliz Deras, F.G. y González, H. S. 2013. La condición corporal en las cabras anéstricas influye en la respuesta estral al efecto macho. *AGROFAZ*, 13(3), 39-45.

Véliz Deras, F. G., Vélez Monroy, L. I., Flores Cabrera, J. A., Duarte Moreno, G., Poindron Massot, P. 2004. La presencia del macho en un grupo de cabras anéstricas no impide su respuesta estral a la introducción de un nuevo macho. *Veterinaria México*, 35(3).

Véliz Deras, F. G., Meza-Herrera, C. A., De Santiago-Miramontes, M. A., Arellano-Rodríguez, G., Leyva, C., Rivas-Muñoz, R., y Mellado, M. 2009. Effect of parity and progesterone priming on induction of reproductive function in Saanen goats by buck exposure. *Livestock Science*, 125(2-3), 261-265.

Véliz, F. G., Poindron, P., Malpaux, B. y Delgadillo, J. A. 2006. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrous female goats. *Animal Reproduction Science*, 92(3-4), 300-309.

Viana-Neto, A. M., Flores, S. M. G., Salles, R. I. C., Ramos-Da-Rocha, D. y Alencar-de Araújo, A. 2016. Male effect: sustainability and effectiveness in inducing estrus in goats. *Veterinary Andrology*, 1(1), 13–23.

Zarazaga L.A., Celi, I., Guzmán, J.L y Malpaux, B. 2012. Enhancement of the male effect on reproductive performance in female Mediterranean goats with long day and/or melatonin treatment. *The Veterinary Journal*, 192,441-444.

Zarazaga, L. A., Gatica, M. C., Hernández, H., Gallego-Calvo, L., Delgadillo, J. A. y Guzmán, J. L. 2017. The isolation of females from males to promote a later male effect is unnecessary if the bucks used are sexually active. *Theriogenology*, 95, 42-47

6. ARTÍCULO CIENTÍFICO

El documento a continuación sigue la guía para autores de la revista *Theriogenology*, Elsevier.

Efecto de la edad del cuerpo lúteo sobre la respuesta estral en ovejas de pelo sometidas al efecto macho en el trópico subhúmedo de México

Rubi Angelica Chan-Escalante

*Armando Jacinto Aguilar-Caballero Antonio Ortega Pacheco

Rubén Montes-Pérez

Eduardo Gutiérrez-Blanco

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5, Carretera Mérida-Xmatkuil, Apartado postal 4-116,97100, Mérida, Yucatán, México

Email: aguilarc@correo.uady.mx

*Corresponding Author

Highlights

- El macho sincroniza el estro de las ovejas cíclicas en el trópico.
- La edad del cuerpo lúteo afecta el momento de la presentación del estro.
- La edad del cuerpo lúteo influye en el porcentaje de distribución de estros en ovejas sometidas al efecto macho.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la edad del cuerpo lúteo sobre la respuesta estral de ovejas de pelo sometidas al efecto macho en el trópico subhúmedo. Cuarenta y una ovejas de pelo previamente sincronizadas para homogenizar el ciclo estral, fueron distribuidas al azar en cuatro grupos de acuerdo a la edad del cuerpo lúteo: D5, D7, D10 y C (control). Las ovejas fueron estimuladas con un macho activo durante siete días (30 minutos/día) a partir del día 5, 7, 10 de edad del cuerpo lúteo. El grupo control se mantuvo sin macho. Los estros fueron detectados a partir de la introducción del macho hasta el día 17 del ciclo estral, utilizando un macho entero con delantar. Presentó estro el 96.9 % de las ovejas estimuladas con el macho y el 42.9 % del grupo control ($P < 0.05$). El intervalo entre la introducción del macho y el inicio del celo fue menor en el grupo D10 (122.70 ± 22 h) comparado con los grupos D5 (238.23 ± 20 h) y D7 (175.18 ± 20 h) ($P < 0.05$). La distribución de estros del grupo D10 se concentró entre los días 3 y 5 post introducción del macho, mientras que en los grupos D5 y D7 los estros se observaron entre los días 5 y 10. Se concluye que la edad del cuerpo lúteo influye sobre el inicio y la distribución de estro, pero no en la duración de estro o en el porcentaje de hembras que muestra estro al ser sometida al efecto macho en el trópico subhúmedo.

Palabras claves: sincronización de estro, efecto macho, trópico, ovinos

1. Introducción

La eficiencia reproductiva de las ovejas está regulada por la actividad ovárica en la hembra en dos periodos durante el año: el reproductivo o de actividad sexual (estacionalidad reproductiva) y el anestro o de inactividad ovárica [1,2]. Por lo tanto, el intervalo entre partos, la disponibilidad de leche y de crías para la venta se ven afectados por estos procesos fisiológicos [3]. La presentación del estro y su ciclicidad están influenciados por factores como el fotoperiodo, la nutrición, temperatura, la lactancia y la presencia del macho, entre otros [4-6]. Para mejorar la eficiencia reproductiva en las ovejas se han propuesto estrategias para controlar la actividad ovárica con hormonas que estimulan el eje hipotálamo – hipófisis – gónadas (progestágenos, prostaglandinas y gonadotropinas hipofisarias o coriónicas) [6]. Sin embargo, ante la demanda creciente de productos de origen animal "limpios, verdes y éticos", los productores están buscando nuevas alternativas que reduzcan o eviten completamente los tratamientos hormonales o químicos, como es el efecto macho [7,8]. El efecto macho ha sido eficaz en la inducción de estros en ovinos y caprinos durante el anestro estacional o posparto en latitudes bajas y altas, reportándose más del 80 % de estros cuando las ovejas son expuestas a machos sexualmente activos [9-12] y hasta 100 % de ovulaciones en ovejas anovulatorias sometidas al efecto macho por 24 h durante 10 y 15 días [13,14]. En el trópico se ha planteado que no se presenta el anestro estacional mediado por el fotoperiodo, debido a que la variación en las horas luz es mínima durante el año [15]. Aunque se reporta una tendencia a disminuir la actividad ovárica o estral por efecto de la disponibilidad de alimento en las praderas y las altas temperaturas imperantes; lo que reduce la fertilidad y prolificidad entre los meses de marzo-mayo [16,17]. El efecto macho se ha considerado como una alternativa para mejorar la eficiencia reproductiva de las ovejas, sin embargo, los resultados en el trópico son contradictorios. Existen reportes donde menos del 45 % de las ovejas Pelibuey expuestas al efecto macho durante 24, 1 y 0.5 h presentaron el estro [18] y hasta un 80 % de estros en ovejas bajo efecto macho durante 24 horas/día por 4 días, posterior a una doble aplicación (intervalo de 12 días) de prostaglandinas (PGF 2α) [19]. Ante estos resultados queda la incógnita, ¿por qué el efecto macho no es eficaz en todas las ovejas? Se sugiere que la baja eficacia del efecto macho podría deberse a la etapa (edad)

del cuerpo lúteo que se relaciona con las concentraciones elevadas de progesterona, inhibiendo la acción luteolítica de la LH [15,17,20]. Así como a la sensibilidad a los efectos luteolíticos de la PGF 2α que el cuerpo lúteo adquiere, a medida que madura [21,22]. Existe evidencia que en las ovejas el efecto macho, aunque no induce la ovulación espontánea, si puede afectar la distribución del estro de las ovejas cíclicas [20-23]. Se ha sugerido que la presentación del estro depende de la maduración del folículo y cercanía de la luteólisis [24]. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la edad del cuerpo lúteo sobre la respuesta estral en ovejas de pelo sometidas al efecto macho en el trópico subhúmedo.

2. Materiales y métodos

2.1 General

El experimento se realizó en el municipio de Baca, Yucatán, México (21°06'33"N), durante agosto-octubre de 2018. Todas las ovejas fueron aisladas en un corral lejos de los sementales (distancia mínima 100 m) en dirección contraria a las corrientes de aire (noreste y sureste); se alimentaron en dicho corral, dos veces al día con pasto de corte (*Cynodon nlemfluensis*) y recibieron suplemento alimenticio una vez al día (500g/animal; 13.2 % PC). El acceso al agua fue *ad libitum* durante todo el estudio.

2.2. Animales

Machos. Se utilizaron tres machos ovinos adultos (>3 años) enteros, con puntuación de condición corporal y peso vivo promedio de 3.3 ± 0.6 y 140 ± 2 kg, respectivamente. La proporción macho: hembras empleada fue de 1:9-12. Previo al inicio del estudio, los sementales fueron estimulados sexualmente con la presencia de una o dos ovejas en celo durante tres días, y al mismo tiempo, se evaluó que los machos presentaran conducta sexual ante las hembras en celo. Se consideró que el macho presentaba conducta sexual si mostraba ante una oveja en celo conductas como el flehmen, olfateo anogenital, golpeteos, intento de monta y la propia monta en sí [25]; de lo contrario se consideraba que el macho no estaba activo sexualmente.

Hembras. Para el estudio se incluyeron 41 ovejas de pelo (Pelibuey x Katahdin x Blackbelly) cíclicas, multíparas (>2 partos) con puntuación de condición corporal y peso vivo promedios de 2.5 ± 0.5 y 36.2 ± 2.5 kg, respectivamente. Previo al experimento, con el objetivo de homogenizar la etapa del ciclo estral y la edad del cuerpo lúteo, se consideró el día de la ovulación como el día 0. Todas las hembras se sincronizaron con esponjas intravaginales impregnadas con 65 mg de Acetato de Medroxiprogesterona (SERIGAN[®] ESPONJAS VAGINALES, SANFER) durante 12 días y al momento del retiro de la esponja, se les administró una dosis de 250 mcg de Cloprostenol (Induce1[®], Virbac) por vía intramuscular. Los estros fueron detectados dos veces al día utilizando machos enteros sexualmente activos provistos de un delantar para evitar la monta efectiva de las ovejas.

2.3 Diseño experimental

Las ovejas fueron distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos de acuerdo a la edad del cuerpo lúteo: D5 (n=10), D7 (n=12), D10 (n=10) y grupo control (n=9). Las cuales fueron estimuladas con la presencia del macho durante siete días, a partir de la introducción del macho. Las ovejas del grupo control fueron aisladas a 100 m de los machos del rebaño. En la figura 1, se presenta el protocolo del experimento.

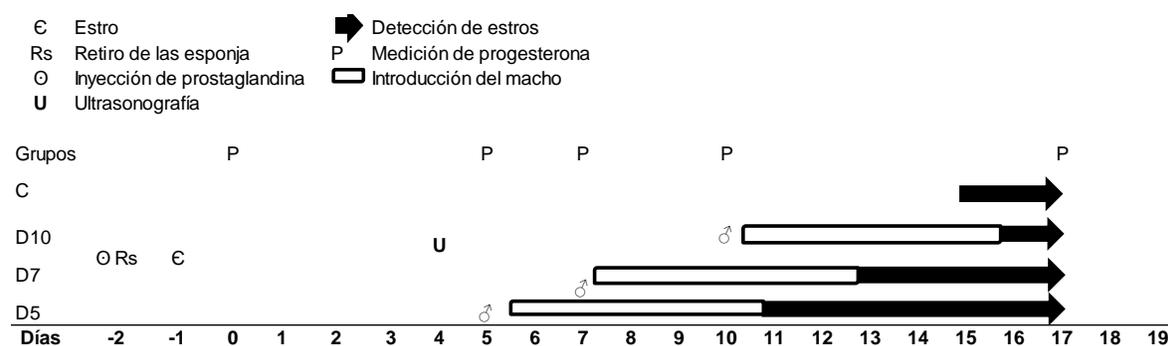


Fig 1. Esquema de las actividades realizadas en ovejas de pelo expuestas al macho según la edad del cuerpo lúteo (D5, D7 y D10) y no expuestas al macho (C).

2.4 Efecto macho y detección de estro

El macho se introdujo con las ovejas durante 30 minutos/día durante siete días. Los tres machos se rotaron cada día entre los tres grupos para evitar algún efecto individual. Las ovejas del grupo control se mantuvieron en un corral aislado a 100 m de los demás grupos; donde permanecieron aisladas de los machos en todo momento, excepto cuando se realizó la detección de estro en el día 15.

Para determinar la actividad estral de las ovejas se realizó la detención del estro (2 veces/día), a partir del octavo día de la introducción del macho al grupo. El macho contó con un delantar, para evitar la cúpula con las ovejas. Se consideró que la hembra estaba en estro cuando presentó conductas como el movimiento de la cola, la búsqueda del macho, el reflejo de inmovilidad y permitió ser montada por el macho. Se registró la hora y el día en el que se

detectó la presencia del estro, así como su terminación. Las hembras detectadas en estro fueron separadas del grupo, para continuar con la detección de demás hembras.

2.5 Muestra sanguínea

En los días 0, 4, 7, 10 y 17 se tomaron muestras sanguíneas para cuantificar la concentración plasmática de progesterona (P4). La sangre se colectó de la vena yugular, en tubos Vacutainer® con anticoagulante (EDTA 10 %), se centrifugó a 3000 rpm/15 min para separar el plasma; el cual se congeló a -20°C hasta su análisis posterior con un kit comercial de ELISA (Progesterone ELISA, DRG Instruments GmbH, Germany).

2.6 Análisis estadístico

El porcentaje de hembras que presentaron estro según la edad del cuerpo lúteo se analizó con la prueba de Ji-cuadrada. El intervalo de tiempo entre la introducción del macho y la presencia de celo, así como la duración del estro se midieron en horas para mejorar la precisión del análisis estadístico y se evaluaron con análisis de varianza (ANOVA) de un modelo estadístico completamente al azar. Las concentraciones de progesterona se evaluaron con análisis de ANOVA para medidas repetidas. La comparación de medias se realizó a través de la prueba de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa R; con una significancia <0.05.

3. Resultados

El 87 % de las hembras del estudio mostraron conducta estral. La presencia del macho incrementó en un 57 % la presentación de estros en las ovejas comparado con el grupo sin macho ($P < 0.05$).

La distribución de los estros en el grupo D10, se concentró dentro de los 5 días posteriores de la introducción del macho. Mientras que en los grupos D5 y D7 el estro ocurrió entre los días 5-8 y 8-10, respectivamente (Figura 2).

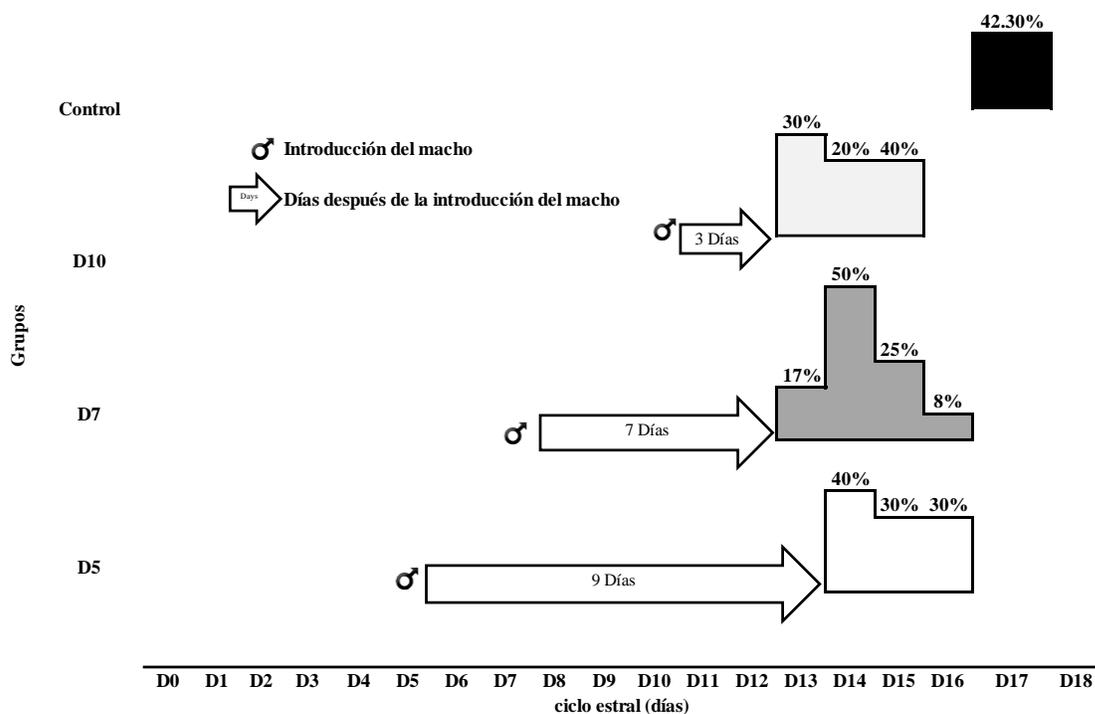


Fig. 2. Distribución porcentual de la manifestación de estros en ovejas sometidas a diferentes periodos de contacto con el macho a partir de inicio de la fase luteal.

En el cuadro 1 se observa el porcentaje de ovejas sometidas al efecto macho que presentaron estro, el intervalo de horas entre la introducción del macho y la presentación del estro, y su duración de acuerdo a la edad del cuerpo lúteo.

Cuadro 1. Respuesta estral de las ovejas sometidas al efecto macho de acuerdo a la edad del cuerpo lúteo.

Variables	Grupos			
	D5	D7	D10	C
% Estros	100 ^a	100 ^a	90 ^a	42.90 ^b
Intervalo macho-estro (horas± DE)	238.23 ± 20.51 ^c	175.18 ± 20.67 ^b	122.70 ± 22.09 ^a
Duración de estro (horas± DE)	22.32 ± 11.80 ^a	35.79 ± 20.14 ^a	17.56 ± 15.59 ^a

Literales distintas indican diferencias estadísticas significativas $P < 0.05$. D5, D7 y D10: edad del cuerpo lúteo, C: grupo control.

Los niveles de progesterona en el plasma de las ovejas evaluadas muestran que las ovejas del grupo D5, D7 y C (control) mostraron una concentración promedio similar a lo largo del estudio y el grupo D10 mostró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$), como se observa en la figura 3.

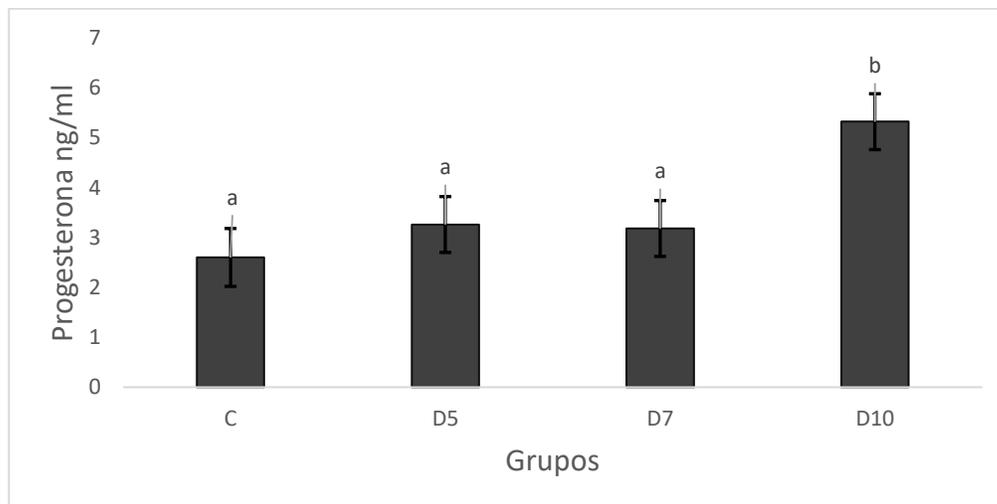


Fig. 3. Progesterona en el plasma sanguíneo de ovejas con diferentes edades del cuerpo lúteo sometidas al efecto macho.

4. Discusión

En el presente estudio, la estimulación de las ovejas durante la fase temprana, media y tardía del cuerpo lúteo sincronizó la presentación de celos en ovejas de pelo durante la estación reproductiva. La presentación de estros fue 100.00% mayor en las ovejas estimuladas con el efecto macho, lo que demuestra que el macho es capaz de sincronizar el estro de las ovejas cíclicas. Resultados similares fueron reportados por Jarquin et al. [26].

En relación a la Progesterona en sangre, los grupos D5 y D7 presentaron valores similares al grupo control, lo cual indica que no ocurrió una lisis del cuerpo lúteo en los grupos D5 y D7, estos resultados contradicen los argumentos de Hawken et al. [24], quienes sugieren que el macho es capaz de estimular una respuesta de LH en todas las etapas del ciclo estral de la oveja cíclica; lo cual debería ocasionar la lisis del cuerpo lúteo durante la fase lútea, alterando la distribución del estro. Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que la presencia del macho ocasionara lisis en el cuerpo lúteo de las ovejas del grupo D10, ya que se ha reportado que la ovulación ocurre aproximadamente al tercer día posterior al primer contacto con el macho [27], por otro lado, en el grupo D10 del presente estudio, se tomaron las muestras sanguíneas siete días después de la introducción del macho, lo que tal vez no permitió observar el descenso de la progesterona en este grupo. La concentración de progesterona fue mayor en grupo D10 en comparación con los demás grupos, probablemente debido a la presencia de cuerpos lúteos de gran tamaño en estas ovejas. Al respecto, se ha reportado en ovejas, yeguas y vacas que el tamaño del cuerpo lúteo está relacionado con los niveles de concentración de progesterona en plasma, ya que una mayor área de tejido luteal tiene una mayor irrigación sanguínea, así como un mayor transporte de nutrientes y de sustratos para la esteroidogénesis del cuerpo lúteo [28-31]. Por otra parte, se ha reportado la presencia de cuerpos lúteos accesorios que proceden de la luteinización de folículos en crecimiento que no ovulan, pero generan tejido progestágeno y que por lo tanto provocan niveles elevados de progesterona sanguínea, proveyendo de esta forma, un ambiente endocrino propicio para el inicio de la gestación, especialmente en histicomorfos [32,33].

El tiempo al inicio del estro fue menor en el grupo D10 ($122.70 \pm 22h$) comparado con los grupos D5 ($238.23 \pm 20 h$) y D7 ($175.18 \pm 20 h$), lo que indica que el desarrollo y la maduración del cuerpo lúteo afecta la respuesta de las ovejas a la presencia del macho. Existe evidencia que la LH puede ser luteolítica durante la fase lútea tardía, estimula la secreción de estradiol que a su vez induce la síntesis de receptores de oxitocina en el útero, el cual secreta prostaglandinas en respuesta a la estimulación de la oxitocina [21,34,35].

La oxitocina juega el papel de generador inicial de pulsos de la prostaglandina uterina al final del ciclo estral, provocando una retroalimentación positiva entre la oxitocina lútea y la prostaglandina uterina, ocasionando la regresión del cuerpo lúteo y con ello, el estro [21,31]. Este efecto de LH/estradiol es mayor cuanto es más cercano el final de ciclo estral, debido al efecto inhibitorio de la progesterona sobre la acción del estradiol y la unión no genómica del receptor de la oxitocina uterina [36]. Esta interpretación concuerda con los resultados de Meilán y Ungerfeld [22]. La distribución de estros del grupo D10 se concentró entre los días 3-5 posteriores a la introducción del macho, mientras que en los grupos D7 y D5 se presentó en los días 5-8 y 8-10, respectivamente. Estos resultados pueden explicarse por la sensibilidad o la capacidad de luteólisis que adquiere el cuerpo lúteo a medida que madura [21, 37, 38]. Como se mencionó antes, el macho induce un aumento en la frecuencia de los pulsos de LH/GnRH en las ovejas, estimulando los folículos ováricos a secretar estradiol que a su vez estimula la síntesis de prostaglandinas, provocando la luteólisis y una nueva ovulación/estro [4,39, 40]. Sin embargo, el cuerpo lúteo es refractario a los efectos luteolíticos de la prostaglandina hasta la mitad del ciclo estral, ya que depende del desarrollo, maduración e interacción de las células endoteliales, inmunes y esteroídogenicas del cuerpo lúteo y que intervienen en la síntesis de endolina 1 (ET.1), citoquinas y prostaglandina luteal, iniciadores de la luteólisis [21,36,41]. La edad del cuerpo lúteo no tuvo efecto significativo sobre la duración del estro. Sin embargo, el grupo D10 tuvo una tendencia a mostrar estros más cortos en comparación a los grupos D5 y D7. Sin embargo, la duración de estro de estos grupos estuvo por debajo del rango reportado para la oveja (24-36 horas) por Goodman e Inskoop, [42]. Es probable que la presencia del macho en la fase lútea tardía afectara la duración del estro. Fletcher y Lindsay [43], Parsons y Hunter [44] afirman que el contacto

del macho puede afectar directamente el mecanismo neural que controla comportamiento estral o por efecto indirecto del estrógeno reduciendo o alargando la duración del estro. Los hallazgos del presente estudio dan nueva información sobre el efecto macho en ovejas cíclicas, así como una mejor comprensión de la influencia que tiene el desarrollo y la madurez del cuerpo lúteo sobre la respuesta estral de las ovejas de pelo del trópico. Sin embargo, aún faltan más investigaciones sobre otros factores que influyen sobre la presentación de estros en las ovejas cíclicas ante el efecto macho.

5. Conclusión

La edad del cuerpo lúteo tuvo un efecto sobre el inicio y la distribución del estro, pero no afectó el porcentaje de ovejas que presentaron estro o la duración del mismo en condiciones tropicales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Gerardo Díaz-Roche y al MVZ. Edgar España por las instalaciones y animales otorgados en la Granja de Ovejas “Tzamna”. Rubi Angelica Chan Escalante recibió una beca del CONACYT-MEXICO (No. 854678) para realizar sus estudios de Maestría en Ciencias en la Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Cumplimiento de las normas éticas

Declaración sobre el bienestar de los animales. El Comité de Bioética del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán, México, aprobó el presente estudio para su desarrollo con el número de autorización CB-CCBA-D-2017-001.

Referencias

- [1]. Rosa HJD y Bryant M J. Seasonality of reproduction in sheep. *Small ruminant research*. 2003; 48: 155-171.
- [2]. Notter D R., Smith JK y Akers RM. Patterns of estrous cycles, estrous behavior, and circulating prolactin in spring and summer in ewes selected for autumn lambing and exposed to ambient or long-day photoperiods. *Animal reproduction science*. 2011; 129: 30-6.
- [3]. Abecia JA, Forcada F y González-Bulnes A. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal reproduction science*. 2012; 130:173-79.
- [4]. Chemineau P, Pellicer-Rubio MT, Lassoued, N, Khaldi G y Monniaux D. Maleinduced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reproduction Nutrition Development*. 2006; 46: 417-29.
- [5]. Alvarez LR, Watty AED, Quintero LAZ y García AMT. Conducta estral, concentraciones de LH y función lútea en cabras en anestro estacional inducidas a ciclar mediante el contacto con cabras en estro. *Veterinaria México*. 1999; 30: 25-31.
- [6]. Porras AA, Zarco Q L A y Valencia MJ. Estacionalidad reproductiva en ovejas. *Ciencia veterinaria*. 2003; 9: 1-33.
- [7]. Alvarez LR, Watty AED, Quintero LAZ y García AMT. Conducta estral, concentraciones de LH y función lútea en cabras en anestro estacional inducidas a ciclar mediante el contacto con cabras en estro. *Veterinaria México*. 1999; 30: 25-31.
- [8]. Martin GB y Kadokawa H. " Clean, green and ethical" animal production. Case study: Reproductive efficiency in small ruminants. *Journal of Reproduction and Development*. 2006; 52: 145-52.
- [9]. Ferreira-Silva JC, Burnett TA, Souto PFM, Rocha JM, Ferreira HN, et al. Influence of Male to Female Ratio on Hormone Profiles and Reproductive Performance of Anestrus Postpartum Ewes Subjected to the Male Effect. *Acta Scientiae Veterinariae*. 2017; 45, 1-8.
- [10]. Bedos M, Duarte, G, Flores JA, Fitz-Rodríguez G, Hernández H, Vielma J, et al. Two or 24 h of daily contact with sexually active males results in different profiles of LH

-
- secretion that both lead to ovulation in anestrus goats. *Domestic animal endocrinology*. 2014; 48: 93-99.
- [11]. Hawken PAR y Beard AP. Ram novelty and the duration of ram exposure affects the distribution of mating in ewes exposed to rams during the transition into the breeding season. *Animal reproduction science*. 2009; 111: 249-260.
- [12]. Abecia JA, Palacin I, Forcada F, y Valares J A. The effect of melatonin treatment on the ovarian response of ewes to the ram effect. *Domestic animal endocrinology*. 2006; 31: 52-62.
- [13]. Chanvallon A, Blache D, Chadwick A, Esmaili T, Hawken PAR, Martin GB, et al. Sexual experience and temperament affect the response of Merino ewes to the ram effect during the anoestrous season. *Animal reproduction science*. 2010; 119: 205-11.
- [14]. Bedos M, Flores JA, Fitz-Rodríguez G, Keller M, Malpoux B, et al. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Hormones and behavior*. 2010; 58: 473-77.
- [15]. Hafez ES. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe Part I. The breeding season in different environments Part II. The breeding season in one locality. *The Journal of Agricultural Science*. 1952; 42: 189-231.
- [16]. Arroyo L J, Sánchez-Hernández N J, Ávila-Serrano NY, Camacho-Escobar M A y Rodríguez-De-La-Torre M. Reproductive seasonality in creole hair sheep in the tropic. *Tropical Animal Health and Production*. 2016; 48(1): 219–22.
- [17]. Arroyo LJ, Gallegos-Sánchez J, Villa-Godoy A, Berruecos JM, Perera G, et al. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Animal Reproduction Science*. 2007; 102: 24–30.
- [18]. Rodríguez-Hernández, I. del C., Chay-Canul, AJ., Montes-Pérez, R., Aguilar Caballero, A. J., García-Herrera, R, et al. Tiempo de contacto del macho sobre la sincronización de estros en ovejas Pelibuey en el trópico húmedo de México. *Perspectiva y Avances de la Producción Animal en México*. México: Editorial Universidad Potosina. 2016; 324–33.

-
- [19]. Alavez-Ramírez A, Montes-Pérez R, Aguilar-Caballero A J y Ortega-Pacheco A. Effect of the combination of male effect with PGF2 α on estrus synchronization of hair sheep in Mexican tropic. *Tropical animal health and production*. 2016; 48: 655-58.
- [20]. Delgadillo SJA, Gelez, H, Ungerfeld R, Hawken PAR y Martin G B. The “male effect” in sheep and goats-Revisiting the dogmas. *Behavioral Brain Research*. 2009; 200: 304–14.
- [21]. Pate JL. Luteolysis. *Encyclopedia of Reproduction*. Segunda edición. Elsevier.2018: 106-113. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.64397-0>.
- [22]. Meilán J y Ungerfeld R. Does introduction of rams during the late luteal phase promote the estrus response in cyclic ewes? *Small Ruminant Research*. 2014; 120: 116-120.
- [23]. Ngere LO y Dzakuma JM. The effect of sudden introduction of rams on oestrus pattern of tropical ewes. *The Journal of Agricultural Science*. 1075; 84(2): 263-264.
- [24]. Hawken PAR, Beard AP, Esmaili T, Kadokawa H, Evans ACO, Blache D y Martin GB. The introduction of rams induces an increase in pulsatile LH secretion in cyclic ewes during the breeding season. *Theriogenology*. 2007; 68: 56-66.
- [25]. Véliz FG, Poindron P, Malpoux B y Delgadillo JA. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrous female goats. *Animal reproduction science*. 2006; 92(3-4) :300-09.
- [26]. Jarquin S, Roldan A, Zarco L, Berruecos J y Valencia J. Effect of stage of the estrous cycle at the time of initial exposure to rams on the ovarian activity of Pelibuey ewes. *Czech Journal of Animal Science*. 2014; 59: 504-10.
- [27] Álvarez-Ramírez L y Zarco-Quintero LA. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*. 2001; 32:117–129.
- [28] Gonzalez de Bulnes A, Santiago Moreno J, Gomez Brunet A y Lopez Sebastian A. Relationship between ultrasonographic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentration during the oestrous cycle in monovular ewes. *Reproduction in domestic animals*. 200;35: 65-68.

-
- [29] Kastelic JP, Bergfelt DR. y Ginther OJ. Relationship between ultrasonic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentration in heifers. *Theriogenology*. 1990;33: 1269-1278.
- [30] Paredes P, Jiménez C y Hernández A. Diámetro del cuerpo lúteo y niveles de progesterona sérica, durante el ciclo estral en yeguas criollas colombianas. *Revista MVZ Córdoba*. 2013; 18: 3829-3835.
- [31]. Niswender GD, Juengel JL, Silva PJ, Rollyson MK y McIntush EW. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiological reviews*. 2000; 80:1-29.
- [32]. Weir BJ y Rowlands IW. Functional anatomy of the hystricomorph ovary. *Symposia of the Zoological Society of London*. 1974; 34:302-332.
- [33]. Montes Pérez RC y Cabrera Baz E A. Actividad ovárica del tepezcuintle *Agouti paca* (Rodentia: Agoutidae) en cautiverio. *Revista de biología tropical*. 2006; 54: 903-910.
- [34]. Zhang J, Weston PG y Hixon JE. Influencia del estradiol en la secreción de oxitocina y prostaglandina F₂ α durante la luteólisis en la Ewe1. *Biología de la reproducción*. 1991; 45: 395-403.
- [35]. Hixon JE, Y Flint APF. Effects of a luteolytic dose of oestradiol benzoate on uterine oxytocin receptor concentrations, phosphoinositide turnover and prostaglandin F-2 α secretion in sheep. *Reproduction*. 1987: 79:457- 67.
- [36]. McCracken JA, Custer EE y Lamsa J C. Luteolysis: a neuroendocrine-mediated event. *Physiological reviews*. 1999; 79: 263-323.
- [37]. Ungerfeld R. Combination of the ram effect with PGF₂ α estrous synchronization treatments in ewes during the breeding season. *Animal reproduction science*. 2011; 124 (1-2): 65-68.
- [38]. Pate JL, Johnson-Larson CJ, y Ottobre JS. Life or death decisions in the corpus luteum. *Reproduction in domestic animals*. 2012; 47:297-303.
- [39]. Fabre-Nys C, Chanvallon A, Dupont J, Lardic L, Lomet D, et al. The “ram effect”: A “non-classical” mechanism for inducing lh surges in sheep. *PloS one*. 2016;11(7):1-22.

-
- [40]. Hawk H W, y Bolt DJ. Luteolytic Effect of Estradiol-17 β When Administered After Midcycle in the Ewe. *Biology of reproduction*. 1970; 2: 275-278.
- [41]. Weems Y S, Johnson D, Uchima T, Raney A, Lennon E, Goto K, et al. Is endothelin-1 luteolytic or antiluteolytic in ewes? *Prostaglandins & other lipid mediators*. 2009; 90:63-8.
- [42]. Goodman RL y Inskeep EK. Control of the Ovarian Cycle of the Sheep. En: Plant TM y Zeleznik AJ. *Knobil and Neill's physiology of reproduction Edición 4 (Vol. 2)*. Elsevier. 2006; 1259-1305.
- [43]. Fletcher I C y Lindsay D R. Effect of rams on the duration of oestrous behaviour in ewes. *Reproduction*. 1971; 25: 253-59.
- [44]. Parsons S D y Hunter G L. Effect of the ram on duration of oestrus in the ewe. *Reproduction*. 1967; 14: 61-70.