

Sincronización del estro en ovejas con PGF2 α y bioestimuladas con “efecto macho”

Estrus synchronization in ewes with PGF2 α and biostimulated with “male effect”

Cadena-Villegas Said¹ scadena@colpos.mx; Arévalo-Díaz Mario¹ ficti_junior@hotmail.com;
Gallegos-Sánchez Jaime² gallegos@colpos.mx; Hernández-Marín Antonio^{3*}
jahmarin@ugto.mx

¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. ²Ciencia Animal, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, México. ³Departamento de Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, México. *Autor de correspondencia y responsable de la investigación: José Antonio Hernández Marín. Departamento de Veterinaria y Zootecnia. División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. ExHacienda el Copal km 9, carretera Irapuato-Silao, Irapuato, Guanajuato, México. C.P. 36824.

RESUMEN

Se evaluó la bioestimulación con “efecto macho” (EM) y su respuesta en la sincronización del estro en ovejas de lana con un protocolo basado en aplicación de prostaglandinas (PGF2 α) en época reproductiva. Se utilizaron 24 ovejas adultas Suffolk y 29 Rideau Arcott, las cuales se distribuyeron al azar a uno de dos tratamientos (T): T1, n= 25: ovejas testigo, sincronizadas con dos aplicaciones de PGF2 α con intervalo de siete días, y T2, n= 28: similar al T1, pero con la diferencia de que el carnero se introdujo en el día cuatro, de la primera aplicación de PGF2 α , para realizar el EM. Se evaluó la respuesta al estro, inicio del estro, porcentaje de gestación, porcentaje de parición, fertilidad, prolificidad y fecundidad. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en la respuesta al estro, los porcentajes de gestación y parición, y la fertilidad entre tratamientos. El inicio del estro, la prolificidad y la fecundidad fueron mayores ($P < 0.05$) en las ovejas del T2 con respecto a las hembras del T1. Se concluye que la bioestimulación con “efecto macho” en ovejas sincronizadas con un protocolo basado en prostaglandinas mejora el inicio del estro, la prolificidad y la fecundidad en razas de lana.

Palabras clave: Prolificidad, fecundidad, fertilidad, ovinocultura, *Ovis aries*.

ABSTRACT

Biostimulation with "male effect" (ME) and its response in estrus synchronization in wool sheep was evaluated with a protocol based on the administration of prostaglandin (PGF2 α) in the reproductive season. Twenty-four Suffolk and 29 Rideau Arcott adult sheep were used, which were randomized to one of two treatments (T): T1, n = 25: control sheep, synchronized with two applications of PGF2 α with a seven-day interval, and T2, n = 28: similar to T1, but with the difference that the ram was introduced on day four, after the first administration of PGF2 α , to perform ME. The estrus response, estrus onset, gestation and calving percentage, fertility, prolificacy, and fecundity were evaluated. There were no differences ($P > 0.05$) between the response to estrus, the percentages of gestation and calving, and fertility, among treatments. The onset of estrus, prolificacy and fecundity were higher ($P < 0.05$) in the sheep of T2 with respect to the females of T1. We concluded that biostimulation with "male effect" in sheep synchronized with a protocol based on prostaglandins improves estrus onset, prolificacy, and fecundity in wool breeds.

Keywords: Prolificity, fecundity, fertility, sheep production, *Ovis aries*.

INTRODUCCIÓN

La producción ovina en México se realiza bajo sistemas de pastoreo tradicionales, con escasa tecnología y baja productividad. En ella se caracterizan y distinguen por regiones; la norte, que basa su producción en ovinos de lana y en razas para carne con sistemas tecnificados; la región centro, que produce con ganado cruzado (Suffolk o Hampshire y razas de pelo) y se efectúa de manera importante en zonas marginadas, en agostaderos y en terrenos agrícolas con residuos agrícolas; la región sur y sureste, se describen con características de clima tropical donde destacan las razas de pelo (Pelibuey y Black Belly), aunque actualmente se han incorporado razas especializadas para producción de carne (Dorper y Katahdin; [Hernández-Marín et al., 2017](#)).

Estudios en ovinos consideraron prácticas de manejo para mejorar la eficiencia productiva de los rebaños de manera técnica y económica, en los cuales se pretende eliminar la manipulación farmacológica de los animales ([Martin et al., 2004](#)). Estas metodologías se basan en el conocimiento de los eventos reproductivos, los factores socio-sexuales y los efectos de la nutrición ([Hawken y Martin, 2012](#); [Scaramuzzi et al., 2013](#)); debido a que en la actualidad, los protocolos de manejo reproductivo se basan en la aplicación de hormonas exógenas que simulan la acción de un cuerpo lúteo (CL), como los progestágenos (P₄); y otros consiguen eliminarlo, para inducir una fase folicular y la ovulación, como las prostaglandinas (PGF₂α; [Abecia et al., 2012](#)). Sin embargo, los métodos naturales, también son capaces de inducir la ovulación, como la acción de las feromonas masculinas ('efecto macho'; [Hawken y Martin, 2012](#)).

Se ha discutido el uso de dispositivos intravaginales liberadores de P₄ (CIDR®), debido a la alteración en la liberación de la LH, la calidad de la ovulación, el bienestar animal y la salud pública; por tanto, es necesario generar protocolos de corta duración, con menos dosis y dispositivos de liberación más efectivos ([Abecia et al., 2011](#)). Al respecto, una alternativa de manejo reproductivo es sincronizar con PGF₂α, porque éstas se metabolizan más rápido en el hígado y no se acumulan en los tejidos ([Davis et al., 1980](#)). Un protocolo comúnmente usado en ovejas es aplicar 125 mg de cloprostenol o 7.5 mg de luprostiol ([Abecia et al., 2011](#)). Para su efectividad se deben aplicar en presencia de un cuerpo lúteo; mientras que, las ovejas en anestro, no responderán al tratamiento. La administración de dos dosis de PGF₂α se recomienda para sincronizar el estro en ovejas ciclando, con un intervalo de 9 a 10 d, lo cual asegura que la mayoría de las hembras presentarán la fase lútea media, al aplicarles la segunda dosis, y que todas responderán con el comportamiento del estro y la ovulación ([Godfrey et al., 1999](#)). Sin embargo, su respuesta puede variar por la técnica de inseminación, la dosis a aplicar y los intervalos entre dosis ([Fierro et al., 2013](#)).

La bioestimulación se utiliza para reemplazar la función de las hormonas exógenas y mejorar la eficiencia reproductiva en ovinos (Hawken y Martin, 2012). Ungerfeld (2011) encontró que el “efecto macho” junto con la segunda inyección de PGF2 α aumentaron el comportamiento del estro y el número de ovejas en estro, en comparación con dos inyecciones de PGF2 α sin “efecto macho”. Así, la introducción del carnero en ovejas aisladas previamente, induce un incremento en la pulsatilidad de la LH, lo cual estimula que la secreción de estradiol aumente y se desencadene la luteólisis (Meilán y Ungerferld, 2014).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la bioestimulación con ‘efecto macho’ sobre la respuesta reproductiva de ovejas de lana con un protocolo basado en la aplicación de prostaglandinas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se realizó en época reproductiva durante el mes de julio de 2015 en el Módulo de Ovinos y Caprinos de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en Texcoco, estado de México (19°29' N, 98°53' O y altitud de 2250 m). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, el cual se describe como C(Wo)(W)b(i)g (García, 2004).

Manejo de los animales experimentales

Se utilizaron 24 ovejas Suffolk con 5.1 \pm 1.2 años de edad, 47.35 \pm 2.5 kg de peso y condición corporal de 3 unidades (escala 1 a 5 unidades; Rusell *et al.*, 1969) y 29 ovejas Rideau Arcott con 6.3 \pm 1.8 años de edad, 52.19 \pm 1.8 kg de peso y condición corporal de 3 unidades. Durante el desarrollo del experimento, todas las ovejas recibieron dos veces al día (7:00 h y 16:00 h) 2.5 kg oveja⁻¹ d⁻¹ de una dieta integral elaborada con heno molido de *Avena sativa* (70%), concentrado comercial que contenía 15% de proteína cruda y 2.9 Mcal de energía metabolizable kg⁻¹ (30%), sales minerales y agua a libre acceso. Antes de asignarlas a los tratamientos, a todas las ovejas se les aplicó 10.95 mg de selenito de sodio oveja⁻¹ (Muse, Intervet®; México) y se desparasitaron con una combinación de Ivermectina 0.2 mg kg⁻¹ de peso vivo (PV) y Closantel 5 mg kg⁻¹ de PV (Oviver, Lapisa®; México). Todos los animales se mantuvieron en corrales provistos de sombra, comedero, bebedero automático y piso de tierra, en cantidad según tratamiento.

Bioestimulación con “efecto macho”.

Previo al estímulo del carnero, todas las ovejas se mantuvieron durante 48 d a una distancia mínima de 500 m del corral de los machos, para evitar el contacto visual, auditivo y olfativo entre ellos; y de esta manera, aumentar el estímulo al momento del

contacto. El “efecto macho” consistió en introducir en el corral de las hembras del T2, un carnero Criollo adulto experimentado sexualmente (4.6 años de edad y 78.25 kg de peso promedio) provisto de un mandil (para evitar la cópula) durante 12 h a partir del cuarto día, posterior a la primera aplicación de PGF2 α . El manejo de las ovejas experimentales y los sementales utilizados en la bioestimulación y en la aplicación de las PGF2 α , se realizó de acuerdo con las normas mexicanas NOM-024-ZOO-1995 y NOM-033-ZOO-1995 (SAGARPA, 2015).

Tratamientos y protocolo de sincronización

Las ovejas se asignaron al azar a uno de dos tratamientos del protocolo de sincronización del estro (T): T1, n=25: ovejas sincronizadas con dos dosis de 250 μ g de Cloprostenol oveja⁻¹ vía IM (Celosil®, Intervet; México) con intervalo de siete días (PG, Testigo); y T2, n=28: similar al T1, pero con el “efecto macho” desde el día cuatro hasta el día siete de la aplicación del Cloprostenol (PG+EM; Figura 1).

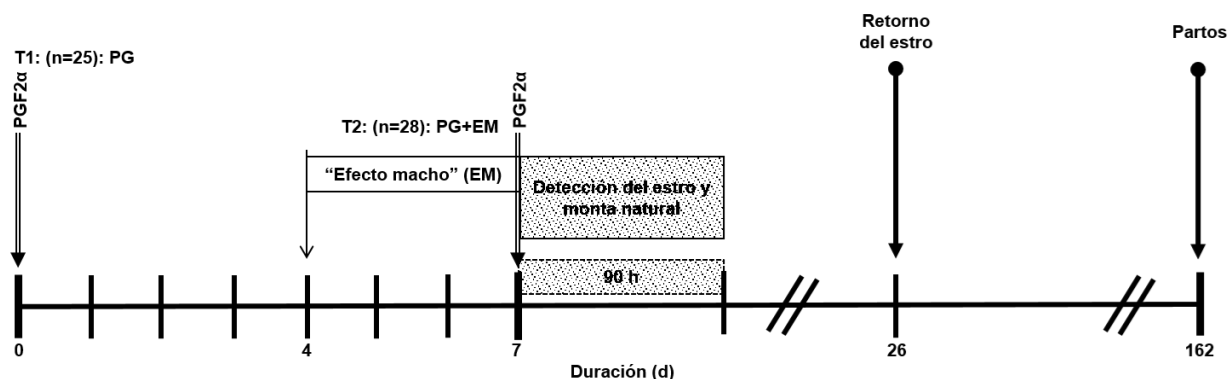


Figura 1. Protocolo de sincronización del estro con dos dosis de prostaglandinas (PG) en ovejas bioestimuladas con “efecto macho”. T: Tratamientos.

Detección del estro y monta natural

Se usaron cuatro carneros Suffolk con 4.6 ± 1.3 años de edad y 87.75 ± 2.5 kg de peso, y dos carneros Rideau Arcott con 4.1 ± 1.5 años de edad y 91.38 ± 3.7 kg de peso, todos con fertilidad probada (Malejane *et al.*, 2014), los cuales se introdujeron con las hembras durante 90 h, en intervalos de 6 h, para detectar el estro, después de aplicar la segunda dosis de PGF2 α . Se consideró que una oveja presentó estro cuando se mostró receptiva al macho, realizó conducta de lordosis, se inmovilizó totalmente y aceptó la monta natural. Una vez detectada en estro y servida, cada oveja se separó de su grupo (para evitar la preferencia por el macho) y se le proporcionó una segunda monta a las 12 h posteriores, para favorecer que el carnero continuara con la detección de las demás ovejas.

Retorno del estro

Después de detectar el estro y ofrecer servicio a las ovejas por monta natural, los carneros se mantuvieron apartados del rebaño durante 15 días. Al día 16, se les colocó un arnés impregnado con un colorante en el pecho y se introdujeron nuevamente con

las hembras, para evaluar si alguna presentaba estro, brindar otra monta y asegurar que dicha hembra quedara marcada en la grupa.

Manejo postparto

Con base en las fechas de servicio, se estimaron las fechas posibles de parto, y a su momento, se asistieron los nacimientos de los corderos. Se registró la cantidad de corderos nacidos por oveja, la fecha y el peso al nacimiento.

Variables de respuesta

Ovejas en estro (%): Ovejas que manifestaron aceptación al macho del total de las ovejas tratadas, expresado en porcentaje.

Inicio del estro (h): Intervalo en horas entre la última aplicación de PGF2 α y las manifestaciones externas de estro en las ovejas.

Fertilidad (%): Ovejas paridas entre el total de ovejas servidas por monta natural, expresado en porcentaje.

Prolificidad: Cantidad de corderos nacidos entre ovejas paridas.

Fecundidad: Cantidad total de corderos nacidos entre el total de ovejas tratadas.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el software Statistical Analysis Systems® ([SAS Institute Inc, 2012](#)). La variable inicio del estro se analizó con el método de curvas de sobrevivencia Log-Rank, mediante el procedimiento LIFE TEST y la comparación de medias se analizó con el método de Bonferroni. Las variables ovejas en estro, retorno del estro y fertilidad, se analizaron con el modelo de regresión logística mediante el procedimiento LOGISTIC. Las variables fecundidad y prolificidad se analizaron por el método de intervalo de confianza para la diferencia de dos tasas de Poisson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta al tratamiento

El efecto macho no influyó ($P > 0.05$) en la respuesta al estro en las ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas (tabla 1). La respuesta de las ovejas en estro en el presente estudio es superior a lo reportado por [Olivera-Muzante et al. \(2013\)](#), quienes obtuvieron 42.6% de estro, pero se asemejan con lo reportado por [Álvarez et al. \(1994\)](#), quienes sincronizaron ovejas Pelibuey con diferentes dosis de prostaglandinas y observaron 42% y 71% de respuesta entre tratamientos, hasta el séptimo día posterior al finalizar el tratamiento.

Sin embargo, en evaluaciones posteriores al tratamiento, observaron 100% de ovejas en estro, y explicaron que en la primera respuesta posiblemente se presentaron ovulaciones silenciosas. [Knight \(1983\)](#) reportó que las ovejas presentan ovulación

silenciosa a los seis días posteriores a la introducción del carnero, y demostró que el 65% de las ovejas ovulan después de las 60 h del contacto con el macho; sin embargo, existen diferencias en la repuesta según la raza de las ovejas. Además, es posible que la transición de la época de anestro a la época reproductiva se relacione con la baja respuesta al estro, debido a que, al inicio de la época reproductiva, un alto porcentaje de ovejas tienen ovulaciones sin la manifestación del estro, lo cual se conoce como ovulaciones silenciosas.

Tabla 1. Respuesta al estro en ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas (PGF2 α) y efecto macho (EM).

Variablen	T1: PG	T2: PG+EM
n	25	28
Ovejas en estro (%)	13 (52.0)a	17 (60.7)a
Inicio del estro (h)	72.53 \pm 6.05a	45.13 \pm 6.13b
Ovejas gestantes	12/25 (48.0)a	15/28 (53.6)a
Ovejas paridas	12/12 (100.0)a	15/15 (100.0)a
Corderos nacidos	26	39
Fertilidad	12/25 (48.0)a	15/28 (53.6)a
Prolificidad	26/12 (2.16)b	39/15 (2.6)a
Fecundidad	26/25 (1.04)b	39/28 (1.40)a

a, b: Valores con distinta literal en la fila son diferentes ($P < 0.05$).

En un estudio en ovejas Pelibuey, [Hernández et al. \(2001\)](#) administraron dos dosis de prostaglandinas con intervalo de ocho días y observaron que el 64% de ellas presentaron fallas en la regresión del cuerpo lúteo después de la segunda aplicación, y el estro a las 138 \pm 13.7 h después del tratamiento; concluyeron que la sincronización del estro con este protocolo basado en la aplicación de prostaglandinas resultó poco eficiente. En la inducción de la luteólisis, se elimina el cuerpo lúteo y se induce la fase folicular con la ovulación ([Abecia et al., 2012](#)); no obstante, en el presente estudio no se observó que el “efecto macho” indujera la actividad reproductiva en las ovejas de lana, posiblemente a fallas en la regresión lútea posterior a la segunda aplicación de prostaglandinas. Los protocolos de sincronización del estro con dos dosis de prostaglandinas en ovejas bioestimuladas con “efecto macho”, pueden diferir según la época reproductiva; debido a que el intervalo de las dosis dobles, puede inducir la luteólisis y reducir los costos por tratamientos ([Contreras-Solís et al., 2009](#)); sin embargo, se debe considerar la frecuencia y la intensidad del estímulo del carnero antes o durante la sincronización del estro.

Inicio del estro

El efecto macho influyó ($P < 0.05$) en el inicio del estro en las ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas (cuadro 1). Usando protocolos de sincronización con PGF2 α sin “efecto macho”, se ha reportado que el estro se presentó a las 36 \pm 2.3 h ([Letelier et al., 2011](#)) y entre las 38.6 \pm 0.5 y 51.6 \pm 2.4 h ([Fierro et al., 2013](#)). Estos

resultados difieren con los obtenidos en las ovejas bioestimuladas con “efecto macho” en el presente estudio. El inicio del estro analizado mediante curvas de supervivencia (figura 2), señala que las ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas y bioestimuladas con “efecto macho” iniciaron el estro más pronto y de manera más agrupada, ya que, a las 50 h posteriores de la segunda aplicación de prostaglandinas, alrededor del 90% de las ovejas manifestaron estro, comparadas con aquellas sin “efecto macho”, donde las ovejas obtuvieron menor respuesta. La presencia del carnero influye en el inicio del estro, según el fármaco aplicado en la sincronización del estro, incluso al introducir carneros vasectomizados después de aplicar la segunda dosis de $\text{PGF2}\alpha$ para adelantar el inicio del estro (Ungerfeld, 2011).

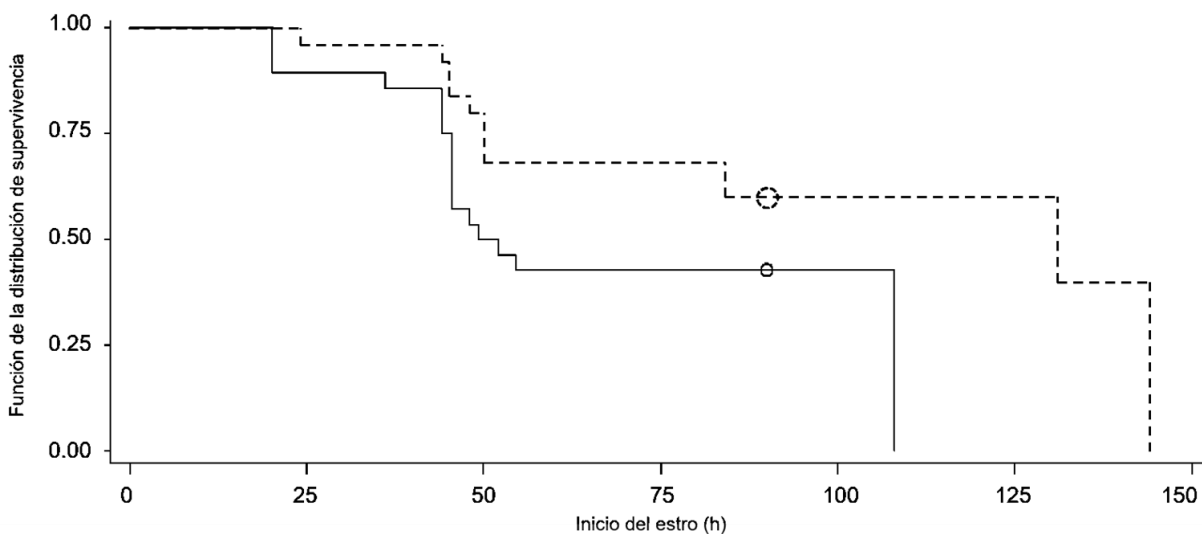


Figura 2. Curvas de supervivencia para el inicio del estro en ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas ($\text{PGF2}\alpha$) y efecto macho (EM).

El “efecto macho” también es capaz de inducir la ovulación, por la acción de las feromonas (Hawken y Martin, 2012), y en los últimos años, se realiza en los tratamientos hormonales para la sincronización del estro (para aumentar la secreción de la LH que produce el ‘efecto macho’); esta combinación constituye una alternativa eficaz para reducir costos y mejorar la eficiencia en los programas de inseminación artificial (Hawken *et al.*, 2005); sin embargo, la respuesta de las ovejas y cabras al efecto macho depende de factores internos y externos que operan en los dos sexos, como la variación de la respuesta de las hembras a la presencia de los machos, la raza y la calidad del estímulo otorgado por los machos (Delgadillo *et al.*, 2008).

Fierro *et al.* (2011) describieron que la interacción entre el desarrollo folicular ovárico causado por el “efecto macho” en combinación con la regresión del cuerpo lúteo formado posterior a la aplicación de las dos dosis de prostaglandinas, mejora la agrupación de los estros, comparado con la respuesta de la sincronización del estro sin “efecto

macho”. Por tanto, es posible que el inicio del estro ocurre en un intervalo más corto, si el folículo dominante está en fase de crecimiento y por lo tanto, en combinación con la descarga de la secreción de la GnRH, donde quizás favorece la agrupación de los estros en las ovejas. La sincronización con prostaglandinas en la presente investigación, correspondió a la aplicación de dos dosis con un intervalo de separación de siete días, donde posiblemente las ovejas estimuladas con “efecto macho” presentaron un cuerpo lúteo activo al momento de aplicar la segunda dosis de prostaglandinas (Keisler, 2007).

Tasa de gestación y parición

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en la tasas de gestación y parición de las ovejas en el presente estudio (cuadro 1). Los resultados para la tasa de gestación en el presente estudio son inferiores a los reportados por Álvarez *et al.* (1994) quienes obtuvieron 85.7% de pariciones al sincronizar ovejas Pelibuey con doble inyección de prostaglandinas y brindar servicio por monta natural. Por el contrario, Olivera-Muzante *et al.* (2013) reportaron 84.7% y 65.26% de retorno al estro, y por tanto obtuvieron menor porcentaje de gestación con un protocolo de sincronización con $PGF2\alpha$. En adición, la técnica de inseminación también influye en el porcentaje de gestación, como el 62% de ovejas gestantes sincronizadas con dos dosis de $PGF2\alpha$ e inseminadas por laparoscopia (Fierro *et al.*, 2011), superior al 42.6% de ovejas gestantes inseminadas a tiempo fijo (Olivera-Muzante *et al.*, 2013).

Arroyo *et al.* (2009) mencionaron que del total de hembras bioestimuladas con “efecto macho”, un porcentaje alto ovula entre los primeros tres a cinco días, debido a que este estímulo provoca un incremento en la frecuencia de la liberación de los pulsos de la GnRH y la LH. No obstante, es posible que el “efecto macho” en conjunto con la lisis de un cuerpo lúteo, no pudieron inducir estros fértiles en el presente estudio, lo cual se observó en el 48% y 53.6% de fertilidad ($P > 0.05$). Algunos estudios sugieren que los tratamientos hormonales cortos no necesariamente inducen folículos persistentes o resulta en baja fertilidad (Vilariño *et al.*, 2010).

Prolificidad y fecundidad

El efecto macho influyó ($P < 0.05$) en la prolificidad y en la fecundidad en las ovejas sincronizadas con dos dosis de prostaglandinas (cuadro 1). Los resultados de prolificidad y fecundidad obtenidos en el presente estudio superan los reportados por Fierro *et al.* (2011), quienes obtuvieron prolificidad de 1.27 y 1.58 en ovejas sincronizadas con doble aplicación de prostaglandinas con respecto a aquellas con estro natural, y reportaron un incremento en el diámetro folicular con respecto al de las ovejas con estro natural antes de la ovulación. El aumento en estos parámetros mediante el “efecto macho” no es muy claro; sin embargo, se ha demostrado que la introducción repentina del macho induce un incremento rápido en la frecuencia y en la amplitud de

los pulsos de la LH plasmática, este incremento en la actividad adenohipofisaria estimula un pico preovulatorio de la LH la cual induce la ovulación (Álvarez y Zarco, 2001).

Ungerfeld *et al.* (2005) reportaron que la introducción del macho con ovejas sincronizadas con esponjas intravaginales impregnadas con MPA, incrementó el diámetro folicular (6 mm) con respecto a aquellas sincronizadas con esponjas (5 mm). Adicionalmente, existen resultados que señalan que la introducción repentina del macho mejora la tasa ovulatoria en ovejas (Hawken y Martin, 2012); sin embargo, estos resultados no han sido contundentes en esta afirmación. Por lo tanto, es importante realizar mayor investigación en los fenómenos de bioestimulación para conocer si afecta o beneficia la eficiencia reproductiva de las hembras para establecer estrategias más precisas en su uso (Álvarez y Zarco, 2001).

Los resultados sugieren que el “efecto macho” indujo mayor proporción de partos múltiples en las ovejas, respuesta que había sido reportada por *Cognie et al.* (1980), quienes evidenciaron que la tasa ovulatoria (número de ovulaciones por oveja) se incrementó después de la introducción de los machos en los rebaños de ovejas, y esta tasa ovulatoria aumentó en el segundo ciclo; lo cual puede deberse a la estimulación en la secreción de la GnRH por el “efecto macho”, la cual se relaciona con el crecimiento folicular y la ovulación.

CONCLUSIONES

La bioestimulación con “efecto macho” en ovejas sincronizadas con un protocolo basado en dos aplicaciones de prostaglandinas con intervalo de siete días, no favorece la respuesta al estro, pero mejora el inicio del estro en razas de lana.

La introducción del carnero al cuarto día después de la primera aplicación de prostaglandinas, no mejora los porcentajes de gestación, parición ni la fertilidad, pero incrementa la prolificidad y la fecundidad en ovejas de lana.

La sincronización del estro basado en dos aplicaciones de prostaglandinas en conjunto con el “efecto macho” es una alternativa de manejo reproductivo en ovejas de lana durante la época reproductiva.

LITERATURA CITADA

ABECIA, JA, F Forcada, A González-Bulnes. 2011. Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*. 27: 67-79. DOI: [10.1016/j.cvfa.2010.10.001](https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.10.001).

ABECIA, JA, F Forcada, A González-Bulnes. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*. 130: 173-179. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2012.01.011](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011).

ÁLVAREZ, RAG, RO Rodríguez, LJJ Hernández. 1994. Sincronización del estro en la borrega Pelibuey con la utilización de prostaglandina PGF₂alfa. *Técnica Pecuaria México*. 32: 25-29.

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/3646/3066>

ÁLVAREZ, RL, LA Zarco. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Ciencia Veterinaria México*. 32(2):117-129. <http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol32-02/RVM32205.pdf>

ARROYO J, H Magaña-Sevilla, MA Camacho-Escobar. 2009. Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10: 301-312. <http://www.redalyc.org/pdf/939/93912996001.pdf>

COGNIE, Y, F Gayerie, CM Oldham, P Poindron. 1980. Increased ovulation rate at the ram-induced ovulation and its comercial aplicacion. *Animal Production in Australia*. pp. 80-86. <http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/1980/Cognie80.PDF>

CONTRERAS-SOLÍS, I, B Vásquez, T Díaz, C Letelier, A López-Sebastian, A González-Bulnes. 2009. Ovarian and endocrine responses in tropical sheep treated with reduced doses of cloprostenol. *Animal Reproduction Science*. 114: 384-392. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2008.10.013](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.10.013).

DAVIS, AJ, IR Fleet, FA Harrison, FMM Walker. 1980. Pulmonary metabolism of prostaglandin F₂α in the conscious non-pregnant ewe and sow. *Journal Physiology*. 301: 86. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301345856>

DELGADILLO, JA, JF Vielma, JG Veliz, G Duarte, H Hernández. 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. <http://www.redalyc.org/html/939/93911227004/>

FIERRO, S, J Gil, C Viñoles, J Olvera-Muzante. 2013. The use of prostaglandins in controlling estrous cycle of the ewe: A review. *Theriogenology*. 79: 399-408 DOI: [10.1016/j.theriogenology.2012.10.022](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.022)

FIERRO, S, J Olivera-Muzante, J Gil, C. Viñoles. 2011. Effects of prostaglandin administration on ovarian follicular dynamics, conception, prolificacy, and fecundity in sheep. *Theriogenology*. 76: 630-639. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2011.03.016](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.03.016).

GARCÍA, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 5ª Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. ISBN: 970-32-1010-4.

GODFREY, RW, JR, Collins, EL, Hensley, JE, Wheaton. 1999. Estrus synchronization and artificial insemination of hair sheep in the tropics. *Theriogenology*. 51:985–997. [https://www.theriojournal.com/article/S0093-691X\(99\)00044-8/pdf](https://www.theriojournal.com/article/S0093-691X(99)00044-8/pdf)

HAWKEN, PAR, AP Beard, CM O'Meara, P Duffy, KM Quinn, TF Crosby, MP Boland, ACO Evans. 2005. The effects of ram exposure during progestogen oestrus synchronisation and time of ram introduction post progestagen withdrawal on fertility in ewes. *Theriogenology*. 63: 860-871. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.05.007>

HAWKEN, PAR, GB Martin. 2012. Sociosexual stimuli and gonadotropin-releasing hormone/luteinizing hormone secretion in sheep and goats. *Domestic Animal Endocrinology*. 43: 85-94. DOI: [10.1016/j.domaniend.2012.03.005](https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2012.03.005).

HERNÁNDEZ, CJ, J Valencia, L Zarco. 2001. Regresión del cuerpo lúteo y presentación del estro en ovejas con dos inyecciones de prostaglandina con 8 días de intervalo. *Técnica Pecuaria México*. 39: 53-58.

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1334/1329>

HERNÁNDEZ-MARÍN, JA, M Valencia-Posadas, JE Ruíz-Nieto, AI Mireles-Arriaga, C Cortez-Romero, J Gallegos-Sánchez. 2017. Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. *Agroproductividad*. 10 (3): 87-93.

<http://www.colpos.mx/wb/index.php/agroproductividad>

KEISLER, DH. 2007. Sheep breeding strategies. In: Youngquist, R.S., Threlfall, W.R. (eds.), *Current Therapy in Large Animal*. *Theriogenology*. WB Saunders Co., Pennsylvania, pp. 649–661. ISBN: 9780721693231; E-ISBN: 9781437713404.

KNIGHT, TW. 1983. Ram induced stimulation of ovarian and oestrous activity in anoestrous ewes. A review. *Proceedings of the N.Z. Society of Animal Production*. 43: 7-10. <http://www.nzsap.org/system/files/proceedings/1983/ab83002.pdf>

LETELIER, CA, I Contreras-Solis, RA García-Fernández, MA Sánchez, P García-Palencia, B Sánchez, C Ariznavarreta, JAF Tresguerres, JM Flores, A Gonzalez-Bulnes. 2011. Effects of oestrus induction with progestagens or prostaglandin analogues on ovarian and pituitary function in sheep. *Animal Reproduction Science*. 126: 61-69. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2011.04.012](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.04.012)

MALEJANE, CM, JPC Greyling, MB Raito. 2014. Seasonal variation in semen quality of Dorper rams using different collection techniques. *South African Journal of Animal Science*. 44: 26-32. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v44i1.4>

MARTIN, GB, JTB Milton, RH Davidson, GE Banchemo, DR Lindsay, D Blache. 2004. Natural methods of increasing reproductive efficiency in sheep and goats. *Animal Reproduction Science*. 82-83: 231-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.014>

MEILÁN, J, R Ungerfeld. 2014. Does introduction of rams during the late luteal phase promote the estrus response in cyclic ewes? Short communication. *Small Ruminant Research*. 120: 116-120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.03.011>

OLIVERA-MUZANTE, J, J Gil, C Viñoles, S. Fierro. 2013. Reproductive outcome with

GnRH inclusion at 24 or 36 h following a prostaglandin F2-based protocol for timed AI in ewes. *Animal Reproduction Science*. 138: 175-179. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2013.02.013](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.02.013).

RUSSEL, AJF, JM Doney, RG Gunn. 1969. Subjective assessment of fat in live sheep. *J. Agr. Sci.* 72: 451-454. <https://doi.org/10.1017/S0021859600024874>

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana 024 y 033-ZOO-1995. <http://sagarpa.gob.mx/normateca/normateca2/SENASICA%20NORM%2028.pdf> y http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4883147&fecha=16/10/1995

SAS Institute. 2010. Statistical Analysis Software SAS/STAT®. version 9.0.2, Cary, N.C., USA: SAS Institute Inc., ISBN: 978-1-60764-599-3, Disponible: http://www.sas.com/en_us/software/analytics/stat.html#

SCARAMUZZI, RJ, L Oujagir, JB Menassol, S Freret, A Piezel, HM Brown, J Cognié, C Fabre-Nys. 2013. The pattern of LH secretion and the ovarian response to the 'ram effect' in the anoestrous ewe is influenced by body condition but not by short-term nutritional supplementation. *Reproduction Fertility and Development*. 26(8): 1154-1165. DOI: <https://doi.org/10.1071/RD13139>

UNGERFELD, R. 2011. Combination of the ram effect with PGF2 α estrous synchronization treatments in ewes during the breeding season. *An. Rep. Sci.* 124:65–68. DOI: [10.1016/j.anireprosci.2011.02.021](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.021)

UNGERFELD, R, B Carbajal, E Rubianes, M Forsberg. 2005. Endocrine and Ovarian Changes in Response to the Ram Effect in Medroxyprogesterone Acetate-primed Corriedale Ewes During the Breeding and Nonbreeding Season. *Acta Vet. Scand.* 46: 33-44. DOI: [10.1186/1751-0147-46-33](https://doi.org/10.1186/1751-0147-46-33)

VILARIÑO, M, E Rubianes, E van Lier, A Menchaca. 2010. Serum progesterone concentrations, follicular development and time of ovulation using a new progesterone releasing device (DICO®) in sheep. *Small Ruminant Research*. 91: 219–224. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.02.014>