

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**Instituto de Ciencias Agrícolas**



**“RESPUESTA REPRODUCTIVA A LA INYECCION DE  
PROSTAGLANDINAS F<sub>2α</sub> EN OVEJAS CON  
AMAMANTAMIENTO PROLONGADO”**

**T E S I S**

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

**JOSÉ ROBERTO HARO TORRES**

DIRECTOR

**DR. JUAN GONZÁLEZ MALDONADO**

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

MAYO DE 2022

La presente tesis “RESPUESTA REPRODUCTIVA A LA INYECCION DE PROSTAGLANDINAS  $F_{2\alpha}$  EN OVEJAS CON AMAMANTAMIENTO PROLONGADO” fue realizada por José Roberto Haro Torres y dirigida por el Dr. Juan González Maldonado, ha sido evaluada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Consejo particular

DIRECTOR

\_\_\_\_\_

Dr. Juan González Maldonado

CO-DIRECTOR

\_\_\_\_\_

MC. Alfredo Lorenzo Torres

SINODAL

\_\_\_\_\_

Dr. Rodrigo Flores Garivay

## ÍNDICE

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
I. ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
II. LISTA DE SÍMBOLOS / NOMENCLATURA.....	v
III. AGRADECIMIENTOS.....	vi
IV. DEDICATORIA.....	vii
V. RESUMEN.....	viii
VI. ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	1
2.1. Fisiología reproductiva de la oveja.....	2
2.2. Ciclo estral de la oveja.....	4
2.3. Factores que afectan la eficiencia reproductiva de la oveja.....	4
2.4. Anestro posparto.....	6
2.6. Control hormonal de la actividad reproductiva de la oveja.....	12
2.7. Prostaglandinas para el control de la función reproductiva de la oveja.....	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. OBJETIVO.....	17
5. HIPÓTESIS.....	17
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
6.1. Ubicación.....	17
6.2. Animales y diseño experimental.....	17
6.3. Alimentación.....	18
6.4. Variables de respuesta y manejo reproductivo.....	18
6.5. Análisis estadístico.....	19
7. RESULTADOS.....	19
8. DISCUSIÓN.....	20
9. CONCLUSIÓN.....	20
10. LITERATURA CITADA.....	24

## I. ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Representación del desarrollo folicular y de los perfiles hormonales durante el ciclo estral de la oveja (Simonetti, 2008).....	6
Figura 2. Modelo hipotético del control neuroendocrino del anestro inducido por la succión (Williams, 1990). .....	11
Figura 3. Respuesta esperada de la segunda aplicación de prostaglandina (PG) a intervalos de 7, 10, 12 y 14 días en el folículo dominante de la onda en desarrollo (Fierro <i>et al.</i> , 2013).....	15
Figura 4. Área media de tejido lúteo y concentración media de progesterona en plasma durante el ciclo estral de ovejas de raza de pelo (Contreras-Solis <i>et al.</i> , 2008).....	15
Figura 5. Incidencia de celos después de la primera y segunda inyección de prostaglandinas a intervalo de 14 días, y porcentaje de gestaciones en ovejas amamantando corderos por un periodo de tiempo prolongado y sin cordero.....	20

## II. LISTA DE SÍMBOLOS / NOMENCLATURA

LH	Hormona luteinizante	n	Tamaño de muestra
FSH	Hormona folículo estimulante	$\geq$	Mayor que o igual a
E <sub>2</sub>	Estradiol	$\leq$	Menor que o igual a
P <sub>4</sub>	Progesterona	$\pm$	Más / menos
PGs	Prostaglandinas	ng	Nanogramo
PGF <sub>2<math>\alpha</math></sub>	Prostaglandina F <sub>2<math>\alpha</math></sub>	i.m.	Intramuscular
CL	Cuerpo lúteo	eCG	Gonadotropina coriónica equina
GnRH	Hormona liberadora de gonadotropina	UI	Unidades internacionales
mm	Milímetros	mL	Mililitro
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico	>	Mayor que
r	Correlación	<	Menor que
mg	Miligramo	p	Significancia estadística

### **III. AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, por ser la institución en la que adquirí el conocimiento necesario para culminar mi profesión.

A mi mentor y director de tesis el Dr. Juan González Maldonado y al co-director, el Dr. Alfredo Lorenzo Torres, por ayudarme a resolver todas mis dudas a lo largo de toda esta investigación y redacción del documento de tesis.

A los tutores que tuve a lo largo de la carrera, el Dr. Enrique Gilberto Álvarez Almora, el Dr. Salvador Espinoza Santana y al que me acompañó en mis últimos semestres el Dr. Saúl Hernández Aquino.

Gracias

#### **IV. DEDICATORIA**

A mis padres que son mi razón de existir y mi motivación para seguir adelante, por la vida que me dieron, por siempre apoyarme en mis estudios, por tantas enseñanzas, a mi hermana Victoria, por siempre apoyarme en mis metas y por estar a mi lado aun cuando no merecía que lo estuviera, a mi gran amigo ya fallecido Alfredo Bravo, porque fue y será una gran persona y un buen ejemplo a seguir, a mi mentor el Dr. Juan González Maldonado, por ser un gran compañero y profesor, y por ser ellos quienes me inspiraron para poder seguir adelante con este proyecto.

José Roberto Haro Torres

## V. RESUMEN

El amamantamiento limita la función reproductiva de la oveja durante el posparto. El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la inyección de prostaglandinas en la respuesta reproductiva de ovejas amamantando corderos por un periodo de tiempo prolongado. El estudio se llevó a cabo durante el otoño, en el Instituto de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Autónoma de Baja California. Las ovejas (n=24) fueron asignadas a uno de dos tratamientos: control y amamantamiento prolongado (AP). Las ovejas en el grupo control (n=12) no tenían cordero. Las ovejas en el grupo AP (n=12) se encontraban amantando cordero por al menos  $110 \pm 6.45$  días al inicio del experimento y no estaban gestantes. Ambos grupos de ovejas recibieron dos inyecciones de prostaglandinas F<sub>2α</sub> a intervalo de 14 días. Las variables de respuesta fueron la incidencia de celos, diámetro del folículo de mayor tamaño, duración del celo, volumen del cuerpo lúteo y porcentaje de gestaciones. El tamaño de las estructuras ováricas, la incidencia de celos y el porcentaje de gestaciones no fue afectado ( $p > 0.05$ ) por el amamantamiento. Sin embargo, la duración del celo fue mayor ( $p < 0.05$ ) en ovejas del grupo control en comparación con las que se encontraban amamantando ( $23.11 \pm 7.18$  vs.  $37.67 \pm 8.42$  h). En conclusión, la incidencia de celos, el tamaño del folículo y cuerpo lúteo, y los porcentajes de gestaciones antes y después de la inyección de prostaglandina F<sub>2α</sub> no fueron significativamente diferentes entre ovejas sin cordero y las que se encuentran amamantando hasta por 110 días posparto.

**Palabras clave:** Estructuras ováricas, fertilidad, porcentaje de gestaciones.

## VI. ABSTRACT

Suckling limits the reproductive activity of sheep during the post-partum period. The objective of this study was to evaluate the prostaglandin injection effect on reproductive responses of long-term suckled ewes. The study took place at the Institute of Agricultural Sciences from the Baja California Autonomous University, during the autumn season of the year. The assignment of ewes (n=24) to one of two treatments (control and Long-term suckling (AP)) was random. The ewes in the control group (n=12) were without lamb. The ewes in AP group (n=12) were empty and with a suckling lamb for at least  $110 \pm 6.45$  days at the beginning of the study. All the ewes received an injection of prostaglandin at 14 days interval. The response variables were estrus incidence, the diameter of the largest follicle, estrus duration, volume of the corpus luteum, and pregnancy rate. The ovarian structure sizes, incidences of estrus, and pregnancy rate were not affected ( $p > 0.05$ ) by suckling. However, estrus duration was higher ( $p < 0.05$ ) in ewes from the control group than those in AP group ( $23.11 \pm 7.18$  vs.  $37.67 \pm 8.42$  h). In conclusion, the incidences of estrus, follicle and corpus luteum size, and pregnancy rate before and after prostaglandin injection were not significantly different between ewes with and without suckling lamb for 110 days postpartum.

**Keywords:** Ovarian structures, fertility, pregnancy rate

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de ovinos es una de las actividades ganaderas que se llevan a cabo de manera tradicional a nivel mundial, proveyendo lana, pieles, carne, leche y sus derivados (Pulina *et al.*, 2018). En México, la ovinocultura se lleva a cabo en toda la extensión del territorio, variando los tipos de sistemas de producción, de acuerdo la geografía y condiciones climáticas de cada región (Partida de la Peña *et al.*, 2017). La población de ovinos en México es de 8.7 millones de cabezas y se tiene una producción anual de 64 mil toneladas de carne en canal (SIAP, 2022). La producción de carne de esta especie ha tenido una tasa de crecimiento del 2.2%, el consumo per cápita ha variado de 467 a 567 g de 1970 al 2019, y es deficitaria para cubrir las necesidades nacionales, pasando de importar 161 a 6782 toneladas durante el mismo periodo (Bobadilla-Soto *et al.*, 2021). Lo anterior puede ser atribuido a varios factores, tales como baja inversión tecnológica en los rebaños, uso de razas no especializadas y baja apoyo gubernamental (Hernández-Marin *et al.*, 2017). Por tanto, es clara la necesidad de implementar trabajos de investigación que conlleven a mejorar la producción y reproducción de los rebaños nacionales. Lo anterior se hace más evidente en lugares del país donde la ovinocultura se considera como de subsistencia, tal es el caso del Valle de Mexicali (Martínez-Partida *et al.*, 2011).

El desabasto de carne de ovino en el mercado nacional puede cubrirse si se incrementa la producción de corderos y animales de remplazo. Esto puede lograrse mediante el desarrollo de conocimiento científico que permita la creación de estrategias que ayuden a una rápida cubrición de la oveja después de las fases de anestro natural, estacional y posparto (Ascari *et al.*, 2016), y con la aplicación de biotecnología reproductivas, tales como la sincronización del celo (Jadoun *et al.*, 2017). Al respecto, se sabe que la aplicación de hormonales ha sido efectiva en manipular la actividad reproductiva de la oveja

dentro de los primeros 35 días posparto (Fraire-Cordero *et al.*, 2018), lo cual abre la posibilidad de establecer una gestación temprana posparto. Sin embargo, se debe de considerar la disponibilidad, efectividad y costos de los hormonales antes de realizar una recomendación de manejo reproductivo. Los protocolos para inducción del comportamiento reproductivo que más se utilizan en la producción de ovinos incluyen el uso de progestágenos, lo cual se debe a su efectividad para romper las fases de anestro (Fraire-Cordero *et al.*, 2018). Sin embargo, el grado de desarrollo de cada sistema de producción puede llegar a limitar el uso de ciertos hormonales, sobre todo de los progestágenos, ya que suelen ser los más costosos. El anestro posparto es difícil de interrumpir en la oveja, debido a que el amamantamiento del cordero ejerce un efecto supresor en la actividad del eje reproductivo de la hembra (Gordon *et al.*, 1987). El fin de este anestro se determina con la aparición de la primera ovulación, la cual puede presentarse de manera natural hasta después de los 56 días posparto (Pérez-Hernández *et al.*, 2009). Posteriormente, se pueden establecer estrategias de manejo reproductivo con hormonales más accesibles, tales como la prostaglandina  $F_{2\alpha}$ , ya que es barata y de distribución mundial (Yu *et al.*, 2018). Sin embargo, la información científica donde se evalué su aplicación en el comportamiento reproductivo de ovejas lactando, más allá de los 56 días posparto, es limitada. Esto abre un campo de oportunidad para la investigación, ya que gran parte de los rebaños nacionales mantienen a la madre y corderos juntos por periodos largos. Por tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la inyección de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  en las respuestas reproductivas de ovejas amamantando corderos por un periodo prolongado.

## **2. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. Fisiología reproductiva de la oveja**

Las ovejas presentan estacionalidad reproductiva y esta característica es el resultado del desarrollo de complejos mecanismos especializados en la

detección de señales ambientales para establecer la temporada óptima de reproducción, en dónde el fotoperiodo tiene mayor influencia ya que, dentro de los factores ambientales, es el más repetible y con poca variabilidad entre años, así, la duración de las horas luz establece el ciclo reproductivo de la oveja (Arrollo, 2011).

En mamíferos existen mecanismos de señalización, comenzando con la captación de luz por la retina ocular y mediante señales eléctricas que se transmiten al hipotálamo por el tracto retino-hipotalámico, el núcleo supraquiasmático, un reloj maestro compuesto por aproximadamente 20,000 neuronas que podrían funcionar como células reloj (Reppert & Weaver, 2002), el cual, recibe estas señales, y las envía al núcleo paraventricular para recibirlas en el ganglio cervical superior (Arent, 1998). La señal eléctrica se convierte en una señal química y, en el ganglio superior cervical se libera noradrenalina, una catecolamina que se une a receptores adrenérgicos alfa y beta ubicados en la membrana celular de los pinealocitos, para la síntesis de N-acetil transferasa, una enzima esencial para la síntesis de la hormona melatonina (Arent, 1998). Esta hormona se sintetiza en la glándula pineal durante las horas nocturnas a partir del aminoácido triptófano, la cual es esencial en el comportamiento reproductivo estacional (Rosa & Bryant, 2003). Cuando los días son largos, menos horas oscuridad, la duración de secreción de melatonina es menor, por lo que se sintetiza dopamina y se induce al anestro estacional; contrario a esto, en los días cortos y más horas oscuridad, la duración de la secreción de melatonina es mayor, por lo que la dopamina es inhibida y se reestablece la actividad estral, ya que se regula la secreción de GnRH a nivel hipotálamo (Malpoux *et al.*, 1999). De este modo, se sincroniza el día solar con la hembra, al influir directamente en la fisiología y el comportamiento del animal (Reppert & Weaver, 2002). En los ovinos, esta adaptación fisiológica para solventar los cambios estacionales en temperatura y disponibilidad de alimentos es importante en su reproducción, siendo el

fotoperiodo el factor ambiental más importante, que controla la secreción de melatonina y su liberación está involucrada con la secreción de la hormona liberadora de la hormona luteinizante y en consecuencia las hormonas: luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH) (Malpaux *et al.*, 1996). Así, existen diferencias marcadas en la actividad ovárica influenciada por la estación del año y, aunque los folículos antrales son similares en el anestro estacional y la estación reproductiva, en la estación de anestro no ocurre la ovulación debido a la baja pulsatilidad de LH, lo cual podría ser debido al incremento en la sensibilidad del eje hipotalámico pituitario a la retroacción negativa del estradiol (E<sub>2</sub>) (Meikle *et al.*, 2004).

La localización geográfica, particularmente el grado de latitud, tiene una gran influencia en el tiempo y longitud de la estación reproductiva, en el caso de algunas razas tropicales podrían reproducirse a través del año dependiendo de factores como lluvias, nutrición y estado de lactancia; el periodo de transición a la estación reproductiva incluye un incremento de niveles gonadotrópicos (Bazer, 2020). En algunas razas de ovejas mediterráneas es posible influir en el efecto negativo del fotoperiodo sobre la reproducción, utilizando como estrategia la nutrición de los animales ya que, la tasa de ovulación es uno de los factores más afectados por una mala alimentación, con lo que se puede incluso prolongar el anestro estacional (Abecia *et al.*, 2013).

## **2.2. Ciclo estral de la oveja**

La duración del ciclo estral en las ovejas es de 15 a 19 días, y se han establecido 17 días como promedio del intervalo entre dos periodos de estro, en donde se definen dos fases principales del ciclo estral, la de crecimiento folicular que va de dos a tres días, la cual conduce a la ovulación; y la fase de desarrollo, que va de 13 a 14 días, terminando con la lisis del cuerpo lúteo, estas fases se presentan de manera cíclica y secuencial con excepción de los periodos de anestros posparto, estacional o por gestación (Ramírez *et*

*al.*,1988). Además, existen cuatro etapas dentro del ciclo estral: proestro, con un día de duración, en donde se presentan signos externos como inquietud del animal, vulva inflamada y liberación de mucosa; estro, con una duración de uno a tres días, en esta etapa la hembra se deja montar; metaestro, dura de seis horas antes y doce horas después del celo, en esta etapa se presenta la ovulación; por último, el diestro, periodo que se prolonga hasta el nuevo ciclo estral o en su caso, hasta la culminación de la preñez (Simonetti, 2008). El folículo preovulatorio y estradiol son dominantes durante las fases del proestro y estro; mientras que el cuerpo lúteo y la progesterona ( $P_4$ ) prevalecen durante las fases del metaestro y diestro (Driancourt *et al.*, 1985). El desarrollo de los folículos ováricos se encuentra regulado por las gonadotropinas (Souza *et al.*, 1997), la secreción de las cuales es a su vez controlada por la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y kisspeptina (Nestor *et al.*, 2018).

La fase del celo es el único periodo del ciclo estral donde la hembra es receptiva al macho, y tiene una duración de 27 a 32 h (Quirke *et al.*, 1981). El comportamiento del celo solo podrá ser observado después de la pubertad y durante la época reproductiva en hembras no gestantes (Decourt & Beltramo, 2018). La ovulación se presenta generalmente al finalizar esta fase del ciclo estral (Bartlewski *et al.*, 2011), dando lugar al desarrollo del cuerpo lúteo. Esta estructura ovárica es la responsable de producir progesterona, y se encontrará presente durante las fases de meta estro y diestro, con la finalidad de producir progesterona (Hoyer, 1998).

El estradiol y la progesterona son hormonas que tienen mayor influencia en el control del ciclo reproductivo de la oveja, regulando una cadena de eventos que relacionan al cerebro, glándula pituitaria, ovario y útero para que, en conjunto, coordinen la función reproductiva, ya que la secreción de GnRH es afectada por dichas hormonas (Meikle *et al.*, 2004). En la Figura 1, según Simonetti (2008), se muestra el crecimiento y la atresia de folículos desarrollados en tres ondas foliculares para los días 0, 6 y 11, desde el

reclutamiento (2 mm de diámetro) hasta la atresia u ovulación (5 a 6 mm). En el caso de las hormonas, la LH permanece basal en casi todo el ciclo hasta el pico preovulatorio, donde alcanza niveles elevados, la FSH coincide con las ondas foliculares y su alta concentración ocurre junto con el pico de LH. Asimismo, la concentración del E<sub>2</sub> se eleva periódicamente coincidiendo con el final de la fase de crecimiento del folículo de mayor diámetro. Por último, la concentración de P<sub>4</sub>, es baja durante la fase folicular y aumenta en la fase lútea, dependiendo de la lisis del CL o el establecimiento de la gestación. La regresión del CL marcará el inicio de un nuevo ciclo estral, esta función es llevada a cabo por la prostaglandina F<sub>2α</sub>, al final de la fase del diestro (Walt, 1978).

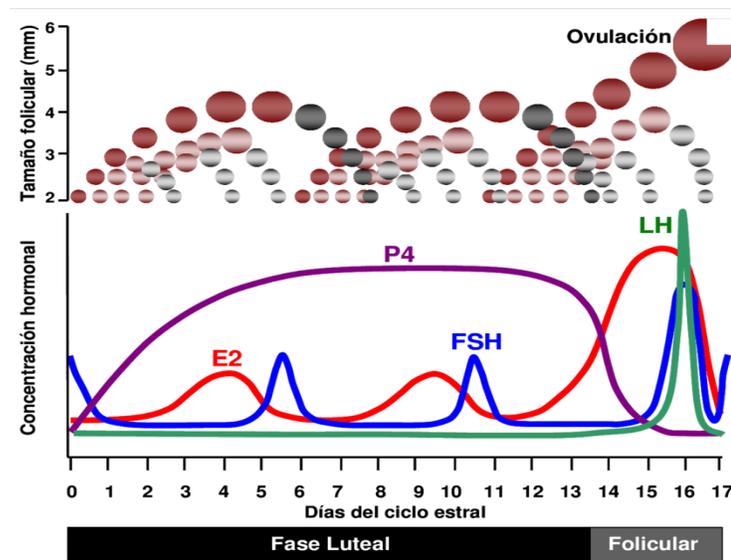


Figura 1. Representación del desarrollo folicular y de los perfiles hormonales durante el ciclo estral de la oveja (Simonetti, 2008).

### 2.3. Factores que afectan la eficiencia reproductiva de la oveja

En los mamíferos, las hembras tienen un periodo concreto durante su vida para expresar su capacidad reproductiva, comenzando con la manifestación de la pubertad y el desarrollo de órganos reproductivos hasta alcanzar la madurez sexual; lo anterior, está determinado por factores exógenos como la alimentación, el clima, el fotoperiodo, además de factores endógenos como la

condición corporal o etapa fisiológica de la hembra (López-Sebastián *et al.*, 1993).

La estación reproductiva es una temporada del año que normalmente empieza en verano y otoño y se manifiesta por ciclos sucesivos de estros hasta el invierno (Abecia *et al.*, 2012). Existen diferencias marcadas entre las poblaciones foliculares de ovejas que paren en otoño con las ovejas que paren en primavera, ya que la foliculogénesis nunca cesa, lo que puede atribuirse a factores estacionales que retrasan la reanudación de la actividad ovárica en las ovejas que paren en la primavera; así, cuando las ovejas paren en la primavera, las ovejas no presentaron CL en los primeros 30 días posparto (Rubianes & Ungerfeld, 1993). Asimismo, la restricción de la actividad reproductiva en la mayoría de los mamíferos ha sido influenciada por fluctuaciones estacionales relacionadas con el suministro de alimento a lo largo del año (Menassol *et al.*, 2012), siendo el efecto de la nutrición un principal modulador que influye directamente en la transición estacional de la actividad ovárica (Menassol *et al.*, 2012).

La relación entre el estado nutricional y el potencial productivo y reproductivo del animal es bien conocida (Kenyon *et al.*, 2014). De hecho, se sabe con certeza que hormonas como la leptina se encargan de señalar el estado nutricional del animal para actuar como una señal permisiva de la reproducción, regulando de manera indirecta la secreción de gonadotropinas (Quennell *et al.*, 2009). El efecto de la nutrición en la actividad reproductiva de la hembra es rápido, observándose alteraciones hormonales y metabólicas que conllevan a una reducción en la tasa ovulatoria en ovejas subalimentadas (Kosior-Korzecka *et al.*, 2006). Además, la pérdida en condición corporal reduce la competencia del ovocito y el desarrollo embrionario temprano (Borowczyk *et al.*, 2006). Por el contrario, la suplementación en ovejas con baja condición corporal ocasiona un aumento en las concentraciones

sanguíneas de insulina, leptina y glucosa, las cuales incrementan el desarrollo folicular (Viñoles *et al.*, 2005).

Otro factor que influye en la eficiencia reproductiva de los ovinos es el estrés calórico. Los ovinos son considerados como resistentes al estrés por calor. Sin embargo, es ampliamente reconocido que el desempeño reproductivo de ovejas y carneros se ve mermado por temperaturas ambientales elevadas (McManus *et al.*, 2020).

#### **2.4. Anestro posparto**

La eficiencia reproductiva es afectada drásticamente por el intervalo entre el parto y la primera ovulación fértil y, por consiguiente, influye directamente en el número de corderos producidos por oveja al año y durante toda su vida reproductiva, lo que requiere la implementación de programas que permitan la reproducción de ovejas lo más pronto posible durante el periodo posparto temprano y con esto, influir en el desarrollo de programas reproductivos acelerados (Orihuela *et al.*, 2016), ya que existe una interacción marcada entre la lactancia y la época del año que influye en el periodo del parto a la primera ovulación fértil (Restall & Starr, 1977). Para ser eficientes en la producción del carne y leche de ovinos, se tienen que superar dos problemas: el anestro estacional y el anestro posparto, los cuales representan condiciones físicas, como involución uterina y fisiológicas, y la inactividad ovárica, mismas que pueden tener un efecto acumulativo, por lo que el periodo de anestro posparto por lactancia varía con la estación de parición, el nivel de nutrición, el estímulo del amamantamiento y la presencia o no de los sementales; este último es importante por la eficiencia del efecto del macho para inducir a las ovejas que se encuentran en anestro a expresar actividad ovárica (Lassoued *et al.*, 2004), ya que se ha visto que el reinicio de la actividad ovárica esta influenciada por el efecto social y por interacciones de feromonas; así, cuando los sementales se mantienen continuamente con las ovejas después del parto, con acceso libre al amamantamiento de los corderos, se observa que la mayoría de las

hembras ovulan y se reduce el intervalo de parición a la primera ovulación de 50 a 20 días, con una clara reducción de 30 días. Sin embargo, se tiene que considerar la variabilidad de la condición fisiológica de las ovejas, como la condición corporal y el tiempo necesario para la involución completa del útero (Hauser & Bostedt, 2002; Lassoued *et al.*, 2004).

Existe un decremento rápido en el diámetro uterino hasta del 80% para el día 11 posparto, por contracción del miometrio, pérdida de líquidos y regresión de carúnculas, logrando una involución uterina a los 17 días posparto, sin embargo puede prolongarse hasta los 30 días, de acuerdo con la raza de los animales, control del estado reproductivo, estación del año, tipo de parto; además, la edad y el número de parto influye en el tamaño del útero y, por consiguiente, el tiempo de involución (Hauser & Bostedt, 2002). En este sentido, el peso del útero decrece bruscamente (603 a 72 gramos, 1 a 30 días, respectivamente) los primeros 17 días después del parto, por lo que la involución uterina podría completarse tres semanas después del parto, los primeros días se observan folículos pequeños en los ovarios y la población de folículos medianos aumenta conforme avanzan los días posparto (>5 días), por lo que, la primera ovulación podría ser cerca de la segunda semana después del parto si se supera la incapacidad de generar pulsos de LH, ya que se ha visto que a los 17 días posparto las hembras presentan folículos preovulatorios, pero sin ovulación, así, la función ovárica es restaurada bajo la apropiada estimulación gonadotrópica para que la ovulación pueda ocurrir (Rubianes & Ungerfeld, 1993).

## **2.5. Amamantamiento y su efecto en la función reproductiva de la hembra**

Existen varios factores que afectan negativamente la actividad ovárica en ovejas posparto como la estación de parición, la lactación y la frecuencia e intensidad del amamantamiento, la raza y nutrición; este último es uno de los

factores más importantes en el inicio de la actividad ovárica durante el amamantamiento ya que, la lactación actúa a nivel hipotálamo causando una reducción en la función reproductiva por lo que, una adecuada alimentación después del parto es necesaria para reanudar la actividad ovárica (Ascari *et al.*, 2016).

La expresión del comportamiento materno al nacimiento de los corderos es logrado por la sensibilidad y control temporal de procesos neuroendocrinos que participan en el trabajo de parto y el nacimiento, los cuales juegan un papel fundamental en la coordinación de aspectos físicos como contracciones uterinas y la bajada de la leche, además, los cambios en las concentraciones hormonales en estradiol y progesterona son esenciales en el comportamiento materno, así como la oxitocina proveniente de las neuronas oxitocinérgicas en el núcleo paraventricular del hipotálamo (Dwyer, 2008). Se ha reportado que existe un retraso por el efecto de la lactancia en el retorno de estrógeno después del parto, y se ha visto que el número de corderos no está relacionado con la longitud del anestro; además, se ha visto que ovejas lactantes mostraron su primer estrógeno después del periodo normal de secreción de progesterona, ya que una inadecuada función lútea se presenta en situaciones fisiológicas después del parto, por lo que se ha sugerido que la reanudación del ciclo normal, en lugar de afectar el retorno a la fertilidad potencial, favorece principalmente las condiciones de retorno al actuar como un mecanismo regulador o protector, y así, asegurar una reanudación armoniosa de la actividad ovárica posparto (Schirar *et al.*, 1989).

Los opioides endógenos son péptidos conocidos por su acción inhibitoria en el eje hipotálamo-pituitario-gonadotrópico, tales como endorfinas, encefalinas y dinorfina. En la lactación, un estado fisiológico que a nivel hipotálamo reduce la actividad reproductiva, ocurren cambios adaptativos en el sistema neuronal con inhibición del sistema GnRH/LH, ya que cuando se aplica Naloxola a ovejas lactando, un antagonista de los receptores de opioides, la

concentración de LH es alta ( $7.41 \text{ ng mL}^{-1}$ ), lo cual sugiere que los opioides participan en el mecanismo de inhibición la liberación de GnRH (Dobek *et al.*, 2013).

La estimulación sensorial del pezón al momento de la succión láctea puede provocar reflejos a través del tracto espino-cervical, así, este tracto ascendente, transmite mensajes provocando la liberación de neurotransmisores específicos que modulan la función hipotalámica, aumentando su sensibilidad a péptidos opioides y a la retroacción negativa del estradiol, por lo que se suprime la liberación de la GnRH y LH (Figura 2) (Williams, 1990).

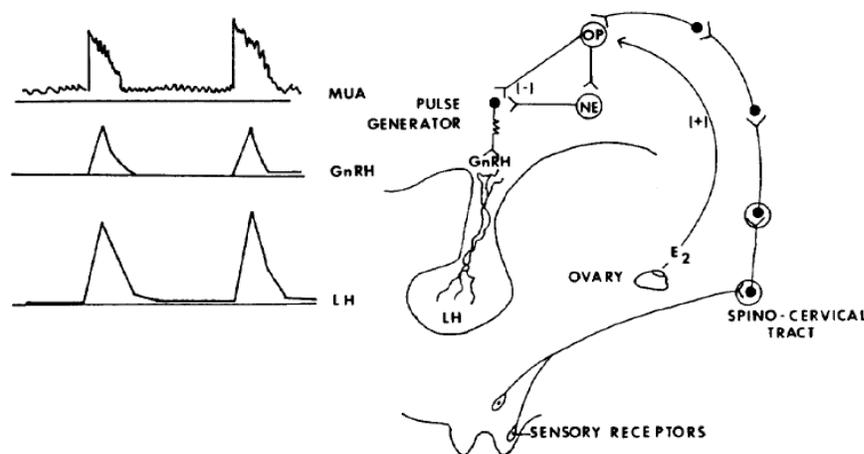


Figura 2. Modelo hipotético del control neuroendocrino del anestro inducido por la succión (Williams, 1990).

Ungerfeld *et al.* (2020) mencionan que el cordero lactante inhibe la secreción de LH y con esto la función cíclica ovárica, en el caso del amamantamiento restringido, permite una respuesta reproductiva posparto en las ovejas, sin embargo, el destete de los corderos parece no influir en algún cambio en la dinámica folicular ovárica de ovejas paridas en primavera, por lo que, el destete parece no ser un estímulo efectivo para activar el desarrollo folicular en el periodo de anestro por amamantamiento; además, se ha visto que las

ovejas que lactan menos ovulan y presentaron estro más rápido, posiblemente por diferencias en la capacidad folicular de secretar estradiol en respuesta a LH y con menor sensibilidad en los centros neuronales a esteroides gonadales. Además, existe mayor sensibilidad a estímulos externos sobre el eje hipotalámico-pituitario como la presencia del carnero, por lo que utilizar estrategias conjuntas como la introducción de sementales y el destete de corderos podría tener un efecto acumulativo para mejorar las funciones ováricas y el desarrollo de un CL funcional, además de considerar la raza, el estado metabólico y la estación de parición (Ungerfeld *et al.*, 2020).

Por otra parte, la reducción de la frecuencia del amamantamiento podría influir en el retraso entre el parto y la primera ovulación, lo anterior, logrado mediante estrategias de destete temprano y restricción del amamantamiento, ya que existe una relación entre la duración del amamantamiento y la duración del anestro posparto; además, el uso de progestágenos y otras hormonas podrían disminuir el efecto del amamantamiento ya que, el uso de la gonadotropina coriónica equina (eCG) apoya el crecimiento folicular y la producción de estradiol; también, el destete mejora el porcentaje de ovejas gestantes, en general, el porcentaje de ovejas que presentan estro es mayor cuando la lactancia es restringida a 30 min al día o con destete temprano a 7 días posparto, por lo que la lactancia restringida probablemente favorece la reactivación de la dinámica folicular, la concentración de estradiol y la presencia de un CL funcional (Ronquillo *et al.*, 2008).

## **2.6. Control hormonal de la actividad reproductiva de la oveja**

El control hormonal en la manipulación de la actividad ovárica de la oveja es fundamental en la implementación de biotecnologías reproductivas, comenzando con la sincronización de estros, inseminación artificial y transferencia de embriones (Figueira *et al.*, 2019; McKelvey *et al.*, 1985). Existe una gran cantidad de protocolos que consideran el uso de varias hormonas, dosis y tiempo de aplicación. Los protocolos consideran

dispositivos intravaginales impregnados con progestágenos, insertados de 12 a 13 días, junto con algunas otras hormonas como la eCG (300 UI) (Olivera-Muzante *et al.*, 2011). Siendo el porcentaje de gestación mayor cuando se utilizan progestágenos más eCG en comparación con prostaglandinas (Hasani *et al.*, 2018), ya que una alta concentración de progesterona circulante es importante antes de la inseminación artificial a tiempo fijo (Wiltbank *et al.*, 2011). La FSH es otra hormona utilizada en la sincronización del estro, debido a que no genera reacción inmune como la eCG (Cardoso *et al.*, 2012). Sin embargo, el uso de las hormonas anteriormente mencionadas, se han limitado por salud pública, bienestar animal y practicidad en rebaños con baja mano de obra, optando por el uso de otras hormonas como dosis únicas o secuenciales de prostaglandinas, debido a su rápido metabolismo y uso ético en animales (Olivera-Muzante *et al.*, 2011).

### **2.7. Prostaglandinas para el control de la función reproductiva de la oveja**

La prostaglandina  $F_{2\alpha}$  ( $PGF_{2\alpha}$ ) es una hormona que se puede aplicar en cualquier momento de la fase lútea, ya que se ha utilizado como estrategia para sincronización de estros por su acción luteolítica y posterior retorno al estro, por lo que se ha utilizado como estrategia reproductiva, induciendo la ovulación en ovejas entre 48 y 72 h después de su aplicación y mostrando un decremento en la concentración de progesterona cuando se aplica en ovejas con un CL de tres días, es decir, en la fase lútea temprana (Rubianes *et al.*, 2013). El uso del manejo estral no sincronizado demanda mucho trabajo en los rebaños, por lo que las prostaglandinas (PGs) son una alternativa práctica de sincronización estral sin progestágenos. Sin embargo, la respuesta reproductiva a  $PGF_{2\alpha}$  depende de la fase del ciclo estral en que se aplique dicha hormona, por los cambios que se manifiestan en el folículo en crecimiento durante la fase lútea con relación a la concentración de las hormonas  $P_4$ , FSH y LH. Además, en una revisión realizada por Fierro *et al.*

(2013), abordan algunas posibles alteraciones que podrían causar bajo porcentaje de gestación, como, por ejemplo: alteraciones en el miometrio, falla en la secreción de moco vaginal, muerte espermática en el cérvix, alteraciones en la capacidad esteroidogénica, entre otras; las cuáles podrían ser la causa de una baja tasa de gestación al utilizar prostaglandinas (<63%) (Fierro *et al.*, 2011).

Por otra parte, los protocolos con PGs son aceptados por su practicidad en los rebaños. De acuerdo a las posibilidades de manejo de los animales y el protocolo, se puede reducir a una sola aplicación de PG en etapas aleatorias del ciclo estral, por lo que, si un folículo dominante en su fase de crecimiento se encuentra presente en el momento de la aplicación de PG, el celo y la ovulación ocurren más rápido. Sin embargo, si no es un folículo sano (o en regresión), los procesos sucesivos se retrasan (Fierro *et al.*, 2013). Al aplicar una segunda dosis de PG se induce el estro en la mayoría de las ovejas cuando no se considera la etapa del ciclo estral de la primera aplicación, por ello, es importante considerar la segunda aplicación dentro del protocolo, por ejemplo, aplicar una segunda dosis de PG al día 8, después de la primera, induce la ovulación de folículos de la primera onda folicular (induce ovulaciones tempranas) o de la segunda (ovulaciones retrasadas), contrario a esto, cuando la segunda dosis se aplica a los 14 días, los folículos se originan de la última oleada folicular y los CLs son altamente sensibles a PGs, lo que puede reducir el intervalo de estro a ovulación (Figura 3) (Fierro *et al.*, 2013).

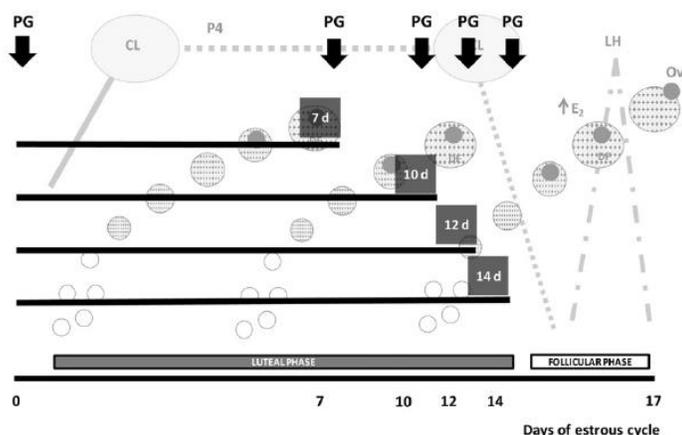


Figura 3. Respuesta esperada de la segunda aplicación de prostaglandina (PG) a intervalos de 7, 10, 12 y 14 días en el folículo dominante de la onda en desarrollo (Fierro *et al.*, 2013).

El momento más adecuado para inducir luteólisis con PGs podría ser al comienzo o término de la fase lútea del ciclo estral de la oveja, lo cual está relacionado con la alta concentración de P<sub>4</sub> (Figura 4) (Contreras-Solis *et al.*, 2008).

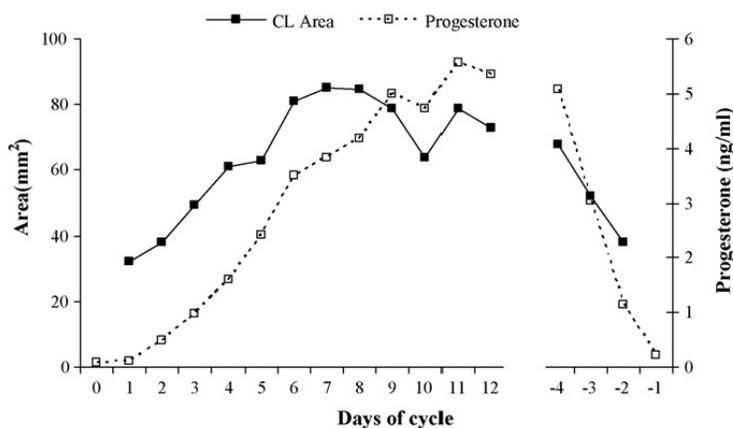


Figura 4. Área media de tejido lúteo y concentración media de progesterona en plasma durante el ciclo estral de ovejas de raza de pelo (Contreras-Solis *et al.*, 2008).

### 3. JUSTIFICACIÓN

La eficiencia reproductiva de los ovinos es afectada negativamente por el intervalo entre el parto y la primera ovulación fértil (Orihuela *et al.*, 2016), ya

que el posparto es un proceso natural que requiere la recuperación física (involución uterina) y fisiológica (activación del eje hipotálamo-pituitario-gonadotrópico) de la hembra para su próximo periodo reproductivo (Dobek *et al.*, 2013; Hauser & Bostedt, 2002). La reproducción de la hembra posparto es vital en los rebaños que implementan programas reproductivos acelerados (Orihuela *et al.*, 2016). Sin embargo, está condicionada por diferentes factores que pueden afectar la actividad ovárica, como la raza, la condición corporal, la alimentación, la estación del año (fotoperiodo) y el amamantamiento, entre otros. Este último, es uno de los factores con mayor influencia en reproducción de ovejas después del parto, ya que causa una inactivación reproductiva a nivel hipotálamo (Ascari *et al.*, 2016). La estimulación del amamantamiento en la glándula mamaria desencadena una vía de señalización que viaja a través del tracto espino-cervical, aumenta la sensibilidad del hipotálamo a péptidos opioides y la retroacción negativa del estradiol, conocidos por su acción inhibitoria del eje hipotálamo-pituitario-gonadotrópico (Dobek *et al.*, 2013) y, por consiguiente, inhibe la secreción de GnRH y LH (Williams, 1990), hormonas necesarias para la ovulación del folículo preovulatorio (Fierro *et al.*, 2013; Ronquillo *et al.*, 2008). Así, se han utilizado algunas estrategias para la inducción y sincronización de celos en el rebaño utilizando protocolos hormonales; la prostaglandina  $F_{2\alpha}$  es una hormona con acción luteolítica que se ha utilizado para la sincronización de estros de ovejas posparto (Contreras-Solis *et al.*, 2008; Fierro *et al.*, 2013; Rubianes *et al.*, 2013), ya que los protocolos con una o dos aplicaciones, son prácticos en los rebaños de bajo personal y con escasos recursos económicos, ya que no requieren la inclusión de progestágenos (Fierro *et al.*, 2013). Así, la aplicación de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  en ovejas con amamantamiento prolongado podría ser una estrategia reproductiva para la inducción de la respuesta reproductiva de las hembras.

#### **4. OBJETIVO**

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la inyección de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  en la respuesta reproductiva de ovejas amamantando corderos por un periodo prolongado.

#### **5. HIPÓTESIS**

La aplicación de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  a ovejas amamantando corderos por un periodo prolongado afecta su capacidad reproductiva.

#### **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **6.1. Ubicación**

El presente estudio se realizó en la Unidad de Producción e Investigación de Ovinos del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California durante la época de otoño. En todo el experimento, los animales fueron manejados con base en los lineamientos de bienestar animal establecidos por el “Canadian Council on Animal Care” (CCAC, 2009), la norma oficial mexicana NOM-062-ZOO-1999 (De Aluja, 2002) y las regulaciones establecidas en la Ley de Protección a los Animales Domésticos del Estado de Baja California.

##### **6.2. Animales y diseño experimental**

Las unidades experimentales fueron ovejas con y sin cordero. Las ovejas multíparas ( $n=24$ ; Pelibuey x Dorper x Katahdin) fueron asignadas de manera aleatoria a uno de dos tratamientos: control y amamantamiento prolongado (AP). Las ovejas en el grupo control ( $n=12$ ) no tenían cordero, el destete se llevó a cabo al menos 37 días antes de iniciado el experimento y se encontraban vacías. Las ovejas en el grupo AP ( $n=12$ ) se encontraban amantando cordero por al menos  $110 \pm 6.45$  días al inicio del experimento y se encontraban vacías.

### **6.3. Alimentación**

Las ovejas de ambos grupos experimentales y sus corderos fueron alimentadas en praderas de Ryegrass con acceso *ad libitum* al forraje de las 7:00-15:00 h del día. Los animales se alojaron en corrales durante la noche. El agua fue ofrecida *ad libitum*.

### **6.4. Variables de respuesta y manejo reproductivo**

Las variables de respuesta fueron la incidencia de celos, duración del celo, diámetro del folículo de mayor tamaño, volumen del cuerpo lúteo y el porcentaje de gestaciones. Las ovejas de ambos grupos recibieron dos inyecciones i.m. de 12.5 mg de dinoprost (Lutalyse®, Zoetis, México) a un intervalo de 14 días. Se contabilizó el número de ovejas que manifestaron celo después de cada inyección de dinoprost. La detección de celos se llevó a cabo con la ayuda de cuatro machos con mandil. La oveja era declarada en celo cuando aceptaba la monta del macho y permanecía estática. Las ovejas detectadas en celo eran movidas a un corral diferente. La revisión de la incidencia de celos se llevó a cabo a intervalos de 12 h por 11 días después de la primera inyección con dinoprost y a intervalos de seis horas por siete días después de la segunda inyección. La duración del comportamiento del celo fue medida únicamente después de la segunda inyección con dinoprost. La medición daba inicio cuando la oveja era declarada en celo y concluía cuando no aceptaba la monta del macho.

El diámetro del folículo ovárico de mayor tamaño fue medido por medio de ultrasonografía (Aloka SSD-500, con transductor lineal de 7.5 MHz; Aloka Ltd, Tokio, Japón) justo antes de la segunda inyección con dinoprost. Se realizó la exploración de ambos ovarios y se registraron los diámetros de los folículos observados. El diámetro fue calculado como el promedio de las medidas horizontales y verticales de cada folículo.

El volumen del cuerpo lúteo fue medido, mediante exploración de ambos ovarios, por ultrasonografía transrectal a los 12 días después del celo. El volumen de esta estructura ovárica fue calculado de manera directa por el equipo. Las ovejas fueron servidas en dos ocasiones, a intervalos de 12 h, después de detectado el celo por uno de cinco sementales. Los sementales fueron equitativamente distribuidos en cada grupo experimental (un mismo semental sirvió al mismo número de ovejas de ambos grupos experimentales). El diagnóstico de gestación se llevó a cabo 38 días después de la monta por medio de ultrasonografía transrectal.

### **6.5. Análisis estadístico**

Las medias de las variables continuas diámetro del folículo de mayor tamaño, duración del celo y volumen del cuerpo lúteo fueron comparadas mediante una prueba de t. Las variables categóricas incidencia del celo y porcentajes de gestaciones fueron analizadas mediante una prueba de Chi cuadrado. En todos los casos una  $p < 0.05$  fue considerada como indicativo de diferencia significativa entre grupos. El paquete estadístico utilizado fue SPSS-2017.

## **7. RESULTADOS**

La presencia del cordero y el amamantamiento en ovejas multíparas no tuvo influencia ( $p \geq 0.05$ ) en el diámetro del folículo ovárico de mayor tamaño ( $4.71 \pm 1.59$  vs.  $5.90 \pm 1.26$  mm para el grupo AP y control). En el caso de la manifestación de celo, las ovejas del grupo control mostraron mayor ( $p < 0.05$ ) tiempo de receptividad ( $37.67 \pm 8.42$  h) en comparación con el grupo de ovejas de AP ( $23.11 \pm 7.18$  h). El volumen del cuerpo lúteo fue similar ( $p \geq 0.05$ ) en ambos grupos ( $0.68 \pm 0.18$  vs.  $0.75 \pm 0.40$  cm<sup>3</sup> para el grupo AP y control). Asimismo, no se encontró una dependencia ( $p \geq 0.05$ ) entre la incidencia de celos y el porcentaje de gestaciones con el amamantamiento prologado (Figura 5).

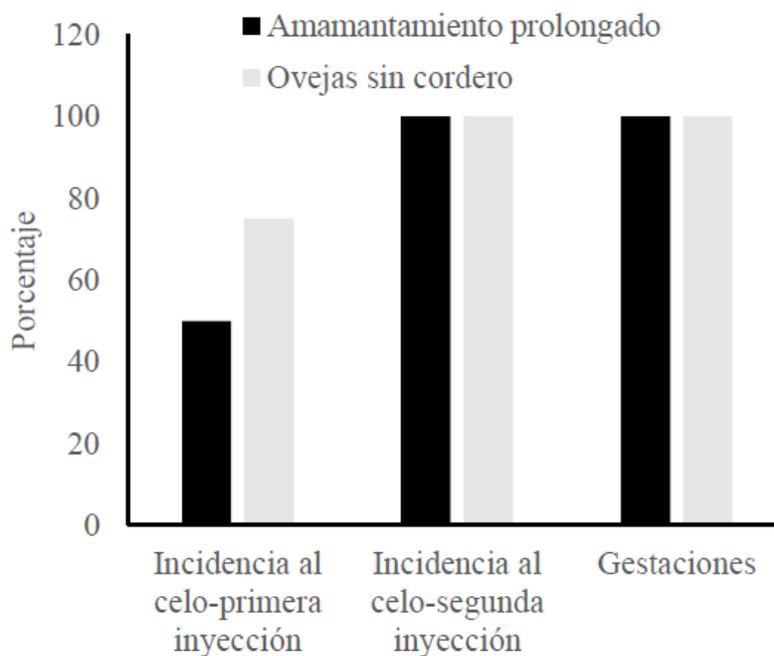


Figura 5. Incidencia de celos después de la primera y segunda inyección de prostaglandinas a intervalo de 14 días, y porcentaje de gestaciones en ovejas amamantando corderos por un periodo de tiempo prolongado y sin cordero.

## 8. DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación evaluó el efecto de la inyección de prostaglandina  $F_{2\alpha}$ , a intervalo de 14 días, en las respuestas reproductivas de ovejas con amamantamiento prolongado. La actividad del eje reproductivo de la oveja se ve detenida durante los periodos de anestro estacional, a causa de una disminución en la exposición de melatonina hacia los centros reguladores de la secreción de GnRH durante los fotoperiodos largos (Rosa y Bryant, 2003). El otro periodo de anestro en la oveja se presenta de manera natural durante el posparto, y es potencializado por la presencia y amamantamiento del cordero (Restall & Starr, 1977; Schirar *et al.*, 1989). El amamantamiento inhibe el mecanismo que regula la secreción de GnRH y las gonadotropinas (Henández-Hernández *et al.*, 2021), lo cual ocasiona alteraciones en el

desarrollo normal de los folículos ováricos (Ascary *et al.*, 2016), y esto a su vez produce un retraso significativo en la aparición del primer celo y ovulación durante el posparto (Schirar *et al.*, 1989; Castillo-Maldonado *et al.*, 2013). Los primeros celos, después del parto, pueden presentarse hasta los 57 días en leche (Ascari *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2013; Schirar *et al.*, 1989).

El desarrollo de los folículos ováricos tiene lugar poco después del parto, pudiendo estos alcanzar un tamaño parecido a los preovulatorios antes de los 17 días posparto (Rubianes y Ungerfeld, 1993). Sin embargo, las alteraciones en la secreción de GnRH (Gordon *et al.*, 1987) pueden ocasionar que la primera ovulación se presenta hasta los 60 días en leche (Morales-Teran *et al.*, 2004), ya que antes de este periodo existe incapacidad de generar pulsos de LH necesarios para la ovulación (Rubianes & Ungerfeld, 1993).

Contrario a la evidencia anterior, el amamantamiento prolongado no tuvo efecto en el diámetro del folículo de mayor tamaño, incluso el tamaño de este fue similar (4.3 mm) al reportado en ovejas no lactantes y que manifestaron celo después de ser sometidas a un protocolo de sincronización del celo (Moonmanee & Yammuen-art, 2015). Otros estudios han mostrado que los folículos con diámetro mayor a 5 mm pueden ser observados a partir de los 31 días posparto (Ascari *et al.*, 2013), por lo que parece que el efecto del amamantamiento sobre esta variable solo se observa en etapas tempranas del posparto (Mallampati *et al.*, 1958). Los anterior podría entonces estar indicando una actividad folicular normal, o ya sin el efecto supresor del amamantamiento, después de los 31 días en leche.

Por otra parte, y a diferencia de variable anterior, la duración del comportamiento del celo fue significativamente reducida en ovejas que se encontraban lactando. El estradiol es la hormona esteroidal responsable de inducir el comportamiento del celo en las hembras (Moonmanee & Yammuen-art, 2015), y se ha reportado que en rumiantes el amamantamiento limita la capacidad de síntesis de hormonas esteroidales (Bellin *et al.*, 1984), y reduce

las concentraciones sanguíneas de estradiol (Mandiki *et al.*, 1990). Además, el amamantamiento genera una mayor sensibilidad a la retroacción negativa del estradiol para suprimir la liberación de la GnRH, lo cual limitaría la producción folicular de estradiol (Williams, 1990), limitando así la cantidad de hormona disponible para inducir el comportamiento del celo. Otro mecanismo implicado en la disminución de la producción de estradiol por parte del amamantamiento implica a las  $\beta$  endorfinas hipotalámicas, las cuales inhiben la liberación de GnRH por efecto del amamantamiento (Gordon *et al.*, 1987).

La medición de la duración del comportamiento del celo no es una variable que se mida comúnmente en las investigaciones científicas llevadas a cabo durante la fase del posparto de la oveja. Sin embargo, estudios realizados en ovejas cíclicas han mostrado que la duración del comportamiento del celo puede variar de 27 a 42 h (Edey *et al.*, 1978; Quirke *et al.*, 1981; Yu *et al.*, 2018), lo cual es mayor a lo encontrado en las ovejas del grupo AP. Esto indica que la duración de la expresión del comportamiento sexual de la oveja posparto se ven limitado por el amamantamiento, aun después de 110 días posparto.

La presencia de un cuerpo lúteo funcional ( $>0.5$  ng mL<sup>-1</sup> de progesterona) se manifiesta del día 3 al 15 del ciclo estral (Contreras-Solis *et al.*, 2008). La función de esta estructura está comprometida por el amamantamiento durante el posparto (Wright *et al.*, 1983), pero el efecto es temporal, observándose el desarrollo normal de estas estructuras a partir del día 35 posparto (Wallace *et al.*, 1992). En el presente estudio, el volumen del cuerpo lúteo no fue afectado por el amamantamiento prolongado, pero los valores de esta variable fueron mayores a los reportados en otras investigaciones (Habibizad *et al.*, 2020). Esta estructura ovárica es la responsable de producir progesterona, la cual está correlacionada positivamente con su diámetro ( $r=0.599$ ) y área ( $r=0.565$ ) (Contreras-Solis *et al.*, 2008), y es la hormona encargada de inducir los cambios uterinos necesarios para el establecimiento y mantenimiento de la

gestación (Habibizad *et al.*, 2020). La importancia de la presencia de un cuerpo lúteo radica en que permite establecer estrategias de manejo reproductivo mediante la inyección de prostaglandinas (Stacy & Thorburn, 1976).

El uso de progestágenos ha mostrado ser efectivo en promover el reinicio de la actividad reproductiva de la oveja posparto y amamantando (Osorio-Marín *et al.*, 2021). Lo anterior, podría estar relacionado a que la progesterona puede influir en la calidad del ovocito a través de su efecto en el desarrollo del folículo dominante (Fair & Lonergan, 2012; Wiltbank *et al.*, 2011). Además, se ha reportado que las ovejas lactantes muestran su primer estro después de un periodo normal de exposición a progesterona (Schirar *et al.*, 1989). Lo anterior sugiere que una estrategia para reactivar la actividad reproductiva de la oveja posparto, pudiera ser a través de acelerar la formación de cuerpos lúteos posparto que sean funcionales y por tanto la exposición a la hormona progesterona.

La formación de cuerpo lúteos, después de los 35 días posparto podrían estar marcando el inicio de la actividad reproductiva normal de la oveja, ya que los cambios físicos y metabólicos más drásticos en la oveja se presenta dentro de las primeras tres semanas posparto (Hauser & Bostedt, 2002; Rubianes & Ungerfeld, 1993). Considerando lo anterior, no es de sorprender la elevada respuesta al celo observada en las ovejas con AP después de la inyección con prostaglandinas.

Una de las practicas más comunes durante el posparto es llevar cabo el amamantamiento restringido, ya que este limita el efecto negativo de la presencia del cordero en la actividad reproductiva de la oveja (Mandiki *et al.*, 1990), lo cual se refleja en un menor porcentaje de gestaciones (Ronquillo *et al.*, 2008). Aunque no se han observado diferencias cuando se implementan protocolos de sincronización o el destete restringido entre los 35 (Castillo Maldonado *et al.*, 2013) y 63 (Goff *et al.*, 2014) días posparto. La totalidad de las ovejas utilizadas en el presente estudio resultaron gestantes, lo que

pudiera estar indicando, junto con los resultados de investigaciones anteriores, que el efecto negativo del amamantamiento en la fertilidad de la oveja disminuye conforme avanza el periodo posparto

## 9. CONCLUSIÓN

El amamantamiento prolongado reduce el tiempo de expresión del celo en ovejas, pero no la incidencia de celos, el tamaño del folículo ovárico y cuerpo lúteo, ni los porcentajes de gestaciones antes y después de la inyección de prostaglandina  $F_{2\alpha}$ .

## 10. LITERATURA CITADA

- Abecia, J. A., Forcada, F., & de Bulnes, A. G. (2013). Alteración de la fisiología reproductiva por la nutrición en la especie ovina. *Tierras. Ovino*, 1(3), 17-26.
- Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*, 130(3-4), 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>.
- Arendt, J. (1998). Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Reviews of Reproduction*, 3, 13-22.
- Arroyo, J. (2011). Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(3), 829-845.
- Ascari, I. J., Alves, N. G., Alves, A. C., Garcia, I. F. F., & Junqueira, F. B. (2016). Resumption of cyclic ovarian activity in postpartum ewes: A review. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(2), 1101-1115. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p1101>.
- Ascari, I. J., A. C. Alves, J. R. O. Pérez, R. R. Lima, I. F. F. Garcia, G. P. Nogueira, F. B. Junqueira, T. R. Castro, W. L. B. Aziani, & N. G. Alves. (2013). Nursing regimens: Effects on body condition, return to

- postpartum ovarian cyclicity in Santa Ines ewes, and performance of lambs. *Animal Reproduction Science*, 140(3-4), 153–163. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.06.002>.
- Bartlewski, P. M., Baby, T. E., & Giffin, J. L. (2011). Reproductive cycles in sheep. *Animal Reproduction Science*, 124(3–4), 259–268. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.024>.
- Bazer, F. W. (2020). Reproductive physiology of sheep (*Ovis aries*) and goats (*Capra aegagrus hircus*). *Animal Agriculture*, 199-209. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00011-2>.
- Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F., & Perea-Peña, M. (2021). Lamb production and consumption dynamic in Mexico from 1970 to 2019. *Agronomy Mesoamerican*, 32(3), 963–982. <https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.44473>.
- Borowczyk, E., Caton, J. S., Redmer, D. A., Bilski, J. J., Weigl, R. M., Vonnahme, K. A., Borowicz, P. P., Kirsch, J. D., Kraft, K. C., Reynolds, L. P., & Grazul-Bilska, A. T. (2006). Effects of plane of nutrition on in vitro fertilization and early embryonic development in sheep. *Journal of Animal Science*, 84(6), 1593–1599. <https://doi.org/10.2527/2006.8461593x>
- Bellin, M.E., M.M. Hinshelwood, E.R. Hauser, & R.L. Ax. (1984). Influence of suckling and side of corpus luteum or pregnancy on folliculogenesis in postpartum cows. *Biology of Reproduction* 31(5), 849–855. <https://doi.org/10.1095/biolreprod31.5.849>.
- Castillo-Maldonado, P. P., Vaquera-Huerta, H., Tarango-Arambula, L. A., Pérez-Hernández, P., Herrera-Corredor, A. C., & Gallegos-Sánchez, J. (2013). Resumption of postpartum reproductive activity in hairy sheep. *Archivos de Zootecnia*, 62(239). <https://doi.org/10.4321/S0004-05922013000300010>.

- Canadian Council on Animal Care. (2009). CCAC guidelines on: the care and use of farm animals in research, teaching and testing. Canada. Retrieved from [http://www.ccac.ca/en/\\_standards/guidelines](http://www.ccac.ca/en/_standards/guidelines) (accessed January 15, 2022).
- Cardoso Neto, B. M., Barbosa, L. P., Aguiar, C. D. S., Souza, R. S., Santana, A. L. A., Mendes, C. S., ... & Leite, M. C. D. P. (2012). Follicle-stimulating hormone to substitute equine chorionic gonadotropin in the synchronization of ovulation in Santa Inês ewes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *41*(3), 603-606.
- Castillo-Maldonado, P. P., H. Vaquera-Huerta, L. A. Tarango-Arambula, P. Pérez-Hernández, A. C. Herrera- Corredor, & J. Gallegos-Sánchez. (2013). Resumption of postpartum reproductive activity in hairy sheep. *Archivos de Zootecnia*, *62*(239). <https://doi.org/10.4321/S000405922013000300010>.
- Contreras-Solis, I., Diaz, T., Lopez, G., Caigua, A., Lopez-Sebastian, A., & Gonzalez-Bulnes, A. (2008). Systemic and intraovarian effects of corpus luteum on follicular dynamics during estrous cycle in hair breed sheep. *Animal Reproduction Science*, *104*(1), 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.01.021>.
- De Aluja, A. S. (2002). Animales de laboratorio y la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999). *Gaceta Médica de México*, *138*(3), 295-8.
- Decourt, C., & Beltramo, M. (2018). New insights on the neuroendocrine control of puberty and seasonal breeding in female sheep. *Animal Reproduction*, *15*(lrrs), 856–867. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0047>.
- Dobek, E., Górski, K., Romanowicz, K., & Misztal, T. (2013). Different types of opioid receptors involved in the suppression of LH secretion in lactating

- sheep. *Animal Reproduction Science*, 141(1-2), 62-67.  
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.07.006>.
- Driancourt, M. A., Gibson, W. R., & Cahill, L. P. (1985). Follicular dynamics throughout the oestrous cycle in sheep. A review. *Reproduction Nutrition Developpement*, 25(1 A), 1–15.  
<https://doi.org/10.1051/rnd:19850101>.
- Dwyer, C. M. (2008). Genetic and physiological determinants of maternal behavior and lamb survival: implications for low-input sheep management. *Journal of Animal Science*, 86(suppl\_14), E246-E258.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2007-0404>.
- Edey, T. N., Kilgour, R., & Bremner, K. (1978). Sexual behaviour and reproductive performance of ewe lambs at and after puberty. *The Journal of Agricultural Science*, 90(1), 83–91.  
<https://doi.org/10.1017/S0021859600048619>.
- Fair, T., & Lonergan, P. (2012). The role of progesterone in oocyte acquisition of developmental competence. *Reproduction in Domestic Animals*, 47, 142-147. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02068.x>.
- Fierro, S., Gil, J., Viñoles, C., & Olivera-Muzante, J. (2013). The use of prostaglandins in controlling estrous cycle of the ewe: A review. *Theriogenology*, 79(3), 399-408.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.022>.
- Fierro, S., Olivera-Muzante, J., Gil, J., & Viñoles, C. (2011). Effects of prostaglandin administration on ovarian follicular dynamics, conception, prolificacy, and fecundity in sheep. *Theriogenology*, 76(4), 630-639. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.03.016>.
- Figueira, L. M., Alves, N. G., Batista, R. I. T. P., Brair, V. L., Lima, R. R., Oliveira, M. E. F., ... & Souza-Fabjan, J. M. G. (2019). Pregnancy rate

after fixed-time transfer of cryopreserved embryos collected by non-surgical route in Lacaune sheep. *Reproduction in Domestic Animals*, 54(11), 1493-1496. <https://doi.org/10.1111/rda.13550>.

Fraire-Cordero, S., J. Salazar-Ortiz, C. Cortez-Romero, P. Pérez-Hernández, C. A. Herrera-Corredor, & J. Gallegos-Sánchez. (2018). External stimuli help restore post-partum ovarian activity in Pelibuey sheep. *South African Journal of Animal Sciences* 48(2): 337-343. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i2.14>.

Goff, K. J., D. R. Notter, H. B. Vanimisetti, & J. W. Knight. (2014). Strategies for rapid rebreeding of lactating ewes in the spring. *Animal*, 8(6): 968-974. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000500>.

Gordon, K., M. B. Renfree, R. V. Short and I. J. Clarke. (1987). Hypothalamo-pituitary portal blood concentrations of b-endorphin during suckling in the ewe. *Journal of Reproduction and Fertility*, 79: 397-408. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0790397>.

Habibizad, J., H. Karami, M. Dolatabady, & G. Turk. (2020). Structural and functional changes in corpus luteum of single- And/or double-ovulated pregnant and nonpregnant ewes during the spring and autumn seasons. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 44: 1-8. <https://doi.org/10.3906/vet-1909-74>.

Hasani, N., Ebrahimi, M., Ghasemi-Panahi, B., & HosseinKhani, A. (2018). Evaluating reproductive performance of three estrus synchronization protocols in Ghezel ewes. *Theriogenology*, 122, 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.07.005>.

Hauser, B., & Bostedt, H. (2002). Ultrasonographic observations of the uterine regression in the ewe under different obstetrical conditions. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 49(10), 511-516. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0442.2002.00496.x>

- Hernández-Hernández, J. M., G. B. Martin, C. M. Becerril-Pérez, A. Pro-Martínez, C. Cortez-Romero, & J. Gallegos-Sánchez. (2021). Kisspeptin stimulates the pulsatile secretion of luteinizing hormone (LH) during postpartum anestrus in ewes undergoing continuous and restricted suckling. *Animals*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/ani11092656>.
- Hernández-Marin, J. A., Valencia-Posadas, M., Ruíz-Nieto, J. E., Mireles-Arriaga, A. I., Cortez-Romero, C., & Gallegos-Sánchez, J. (2017). Contribution of Sheep Breeding To the Livestock Sector in Mexico. *Agroproductividad*, 10(3), 87–93.
- Hoyer, P. B. (1998). Regulation of luteal regression: The ewe as a model. *Journal of the Society for Gynecologic Investigation*, 5(2), 49–57. [https://doi.org/10.1016/S1071-5576\(97\)00105-6](https://doi.org/10.1016/S1071-5576(97)00105-6).
- Jadoun, Y. S., G. Angad & D. Veterinary. (2017). Reproductive biotechnology in small ruminants. *Agricultural Reviews*, 32(2): 159-164.
- Kenyon, P. R., Maloney, S. K., & Blache, D. (2014). Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57(1), 38–64. <https://doi.org/10.1080/00288233.2013.857698>.
- Kosior-Korzecka, U., Bobowiec, R., & Lipecka, C. (2006). Fasting-induced changes in ovulation rate, plasma leptin, gonadotropins, GH, IGF-I and insulin concentrations during oestrus in ewes. *Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine*, 53(1), 5–11. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2006.00781.x>
- Lassoued, N., Naouali, M., Khaldi, G., & Rekik, M. (2004). Influence of the permanent presence of rams on the resumption of sexual activity in postpartum Barbarine ewes. *Small Ruminant Research*, 54(1-2), 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.10.012>.

- López-Sebastián, A., Santiago-Moreno, J., Bulnes, A. G., & García-López, M. (1993). Aspectos característicos de la fisiología reproductiva de la oveja. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 123-133.
- Mallampati, R., Pope, A. L., & Casida, L. E. (1958). effect of suckling on postpartum anestrus in ewes lambing in different seasons of the year. *Journal of Animal Science*, 32(4), 673-677.
- Malpaux, B., Thiéry, J. C., & Chemineau, P. (1999). Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reproduction Nutrition Development*, 39(3), 355-366.
- Malpaux, B., Viguié, C., Skinner, D. C., Thiéry, J. C., Pelletier, J., & Chemineau, P. (1996). Seasonal breeding in sheep: Mechanism of action of melatonin. *Animal Reproduction Science*, 42(1-4), 109-117. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(96\)01505-9](https://doi.org/10.1016/0378-4320(96)01505-9).
- Mandiki, S. N., J. L. Bister, & R. Paquay. (1990). Effects of suckling mode on endocrine control of reproductive activity resumption in texel ewes lambing in july or november. *Theriogenology*, 33(2): 397-413. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(90\)90498-l](https://doi.org/10.1016/0093-691X(90)90498-l).
- Martínez-Partida, J., Jiménez-Sánchez, L., Herrera-Haro, J., Valtierra-Pacheco, E., Sánchez-López, E., López-Reyna, M., & Martínez, J. (2011). Ganadería ovino - caprina en el marco del programa de desarrollo rural en Baja California. *Universidad y Ciencia*, 27(3), 331–344. <https://doi.org/10.19136/era.a27n3.113>.
- McManus, C. M., Faria, D. A., Lucci, C. M., Louvandini, H., Pereira, S. A., & Paiva, S. R. (2020). Heat stress effects on sheep: Are hair sheep more heat resistant? *Theriogenology*, 155, 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.047>.

- Meikle, A., Tasende, C., Sosa, C., & Garófalo, E. G. (2004). The role of sex steroid receptors in sheep female reproductive physiology. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(4), 385-394. <https://doi.org/10.1071/RD04036>.
- Menassol, J. B., Collet, A., Chesneau, D., Malpoux, B., & Scaramuzzi, R. J. (2012). The interaction between photoperiod and nutrition and its effects on seasonal rhythms of reproduction in the ewe. *Biology of Reproduction*, 86(2), 52-1. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.111.092817>.
- McKelvey, W. A. C., Robinson, J. J., Aitken, R. P., & Henderson, G. (1985). The evaluation of a laparoscopic insemination technique in ewes. *Theriogenology*, 24(5), 519-535. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(85\)90059-7](https://doi.org/10.1016/0093-691X(85)90059-7).
- Moonmanee, T. & S. Yammuen-art. (2015). Relationships among feed intake, blood metabolites, follicle size and progesterone concentration in ewes exhibiting or not exhibiting estrus after estrous synchronization in the tropics. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 5: 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.023>.
- Morales-Teran, G., A. Pro-Martinez, B. Figueroa-Sandoval, C. Sanchez-del Real, & J. Gallegos-Sanchez. (2004). Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro postparto en ovejas pelibuey continous. *Agrociencia*, 85: 165-171.
- Nestor, C. C., Bedenbaugh, M. N., Hileman, S. M., Coolen, L. M., Lehman, M. N., & Goodman, R. L. (2018). Regulation of GnRH pulsatility in ewes. *Reproduction*, 156(3), R83–R99. <https://doi.org/10.1530/REP-18-0127>.
- Oliveira, M. E. F., Sousa, H. L. L., Moura, A. C. B., Vicente, W. R. R., Rodrigues, L. F. S., & Araújo, A. A. (2013). The effects of parturition

season and suckling mode on the puerperium of Santa Ines ewes and on the weight gain of lambs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65, 857-864. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000300035>.

Olivera-Muzante, J., Fierro, S., López, V., & Gil, J. (2011). Comparison of prostaglandin-and progesterone-based protocols for timed artificial insemination in sheep. *Theriogenology*, 75(7), 1232-1238. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.11.036>.

Orihuela, A., Valdez, D., & Ungerfeld, R. (2016). The effect of permanent or temporary contact with the lamb and contact with males on the lambing to first ovulation interval in Saint Croix sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 181, 100-104. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.05.009>.

Osorio-Marín, Y., G. Torres-Hernández, C. M. Becerril-Pérez, & J. Gallegos-Sánchez. (2021). Suckling and excess fat in the postpartum reproductive activity of hair sheep. *Agro Productividad*, 127-134. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i8.2107>.

Partida de la Peña, J. A., Ríos Rincón, F. G., Colín, C., Domínguez Vara, I. A., & Buendía Rodríguez, G. (2017). Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 269–277.

Pérez-Hernández, P., Hernández-Valdez, Manuel, V., Figueroa-Sadoval, V., Torres-Hernández, G., Díaz-Rivera, P., & Gallegos-Sánchez, J. (2009). 90 DÍAS DE EDAD Effect of Suckling Type on Ovarian Activity of Postpartum Pelibuey Ewes ,. *Revista Científica*, 19(4), 343–349. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S079822592009000400005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079822592009000400005).

- Pulina, G., Milán, M. J., Lavín, M. P., Theodoridis, A., Morin, E., Capote, J., Thomas, D. L., Francesconi, A. H. D., & Caja, G. (2018). Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*, *101*(8), 6715–6729. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>.
- Quennell, J. H., Mulligan, A. C., Tups, A., Liu, X., Phipps, S. J., Kemp, C. J., Herbison, A. E., Grattan, D. R., & Anderson, G. M. (2009). Leptin indirectly regulates gonadotropin-releasing hormone neuronal function. *Endocrinology*, *150*(6), 2805–2812. <https://doi.org/10.1210/en.2008-1693>.
- Quirke, J. F., Hanrahan, J. P., & Gosling, J. P. (1981). Duration of oestrus, ovulation rate, time of ovulation and plasma LH, total oestrogen and progesterone in Galway adult ewes and ewe lambs. *Journal of Reproduction and Fertility*, *61*(2), 265–272. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0610265>
- Ramírez, F. J. P., Sánchez, G. E. M., & Krassel, F. J. (1988). Perfiles hormonales durante el ciclo estral de la oveja. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *26*(1), 96-108.
- Reppert, S. M., & Weaver, D. R. (2002). Coordination of circadian timing in mammals. *Nature*, *418*(6901), 935-941. <https://doi.org/10.1038/nature00965>.
- Restall, B. J., & Starr, B. G. (1977). The influence of season of lambing and lactation on reproductive activity and plasma LH concentrations in Merino ewes. *Reproduction*, *49*(2), 297-303. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0490297>.
- Ronquillo, J. C. C., Martínez, A. P., Pérez, C. M. B., Sandoval, B. F., Martin, G. B., Valencia, J., & Sánchez, J. G. (2008). Prevention of suckling improves postpartum reproductive responses to hormone treatments in

- Pelibuey ewes. *Animal Reproduction Science*, 107(1-2), 85-93.  
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.06.021>.
- Rosa, H. J. D., & M. J. Bryant. (2003). Seasonality of reproduction in sheep. *Small Ruminant Research* 48(3): 155–171.  
[https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00038-5).
- Rubianes, E., & R. Ungerfeld. (1993). Uterine involution and ovarian changes during early post partum in autumn-lambing Corriedale ewes. *Theriogenology*, 40(2): 365-372. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(93\)90274-9](https://doi.org/10.1016/0093-691X(93)90274-9).
- Rubianes, E., Menchaca, A., & Carbajal, B. (2003). Response of the 1–5 day-aged ovine corpus luteum to prostaglandin F2 $\alpha$ . *Animal Reproduction Science*, 78(1-2), 47-55. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00046-0).
- Schirar, A., Cognie, Y., Louault, F., Poulin, N., Levasseur, M. C., & Martinet, J. (1989). Resumption of oestrous behaviour and cyclic ovarian activity in suckling and non-suckling ewes. *Reproduction*, 87(2), 789-794.  
<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0870789>.
- SIAP. (2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.  
<https://www.gob.mx/siap>.
- Simonetti, L. (2008). Simplificación de los métodos de superovulación en ovejas de la raza Corriedale (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Souza, C. J. H., Campbell, B. K., & Baird, D. T. (1997). Follicular dynamics and ovarian steroid secretion in sheep during the follicular and early luteal phases of the estrous cycle. *Biology of Reproduction*, 56(2), 483–488.  
<https://doi.org/10.1095/biolreprod56.2.483>.

- Stacy, B. D., & Thorburn, G. D. (1976). Morphology of the corpus induced luteum in the sheep during regression by prostaglandin F<sub>2</sub>ALPHA. *Biology of Reproduction*, 14(3): 280–291. doi: 10.1095/biolreprod14.3.280.
- Ungerfeld, R., Rodriguez, M. G. K., & Perez-Clariget, R. (2020). Reproductive response of postpartum spring-lambing ewes: effects of weaning on follicular growth and postpartum interval on response to ram placement with ewes (“ram effect”). *Animal Reproduction Science*, 223, 106642. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106642>.
- Viñoles, C., Forsberg, M., Martin, G. B., Cajaraville, C., Repetto, J., & Meikle, A. (2005). Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction*, 129(3), 299–309. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00536>
- Wallace, J. M., C. J. Ashworth, R. P. Aitken, & M. A. Cheyne. (1992). Corpus luteum and endometrial function in ewes post partum: A study in vivo and in vitro. *Reproduction, Fertility and Development*, 4(1): 77-90. <https://doi.org/10.1071/RD9920077>.
- Walt, L. A. V. A. N. D. E. R. (1978). Ultrastructure of luteolysis induction by prostaglandin F<sub>2</sub>-alpha in the non-pregnant ewe. *Journal of South African Veterinary Association*, 49(2), 121–123.
- Wiltbank, M. C., Souza, A. H., Carvalho, P. D., Bender, R. W., & Nascimento, A. B. (2011). Improving fertility to timed artificial insemination by manipulation of circulating progesterone concentrations in lactating dairy cattle. *Reproduction, Fertility and Development*, 24(1), 238-243. <https://doi.org/10.1071/RD11913>.

- Williams, G. L. (1990). Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, 68(3), 831-852. <https://doi.org/10.2527/1990.683831x>.
- Wright, P. J., Geytenbeek, P. E., Clarke, I. J., & Findlay, J. K. (1983). LH release and luteal function in post-partum acyclic ewes after the pulsatile administration of LH-RH. *Reproduction*, 67(2), 257-262. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0670257>.
- Yu, X. J., Wang, J., & Bai, Y. Y. (2018). Estrous synchronization in ewes: The use of progestogens and prostaglandins. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 68(4), 219-230. <https://doi.org/10.1080/09064702.2019.1674373>.