UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

EFECTO DE LA HORA DE SERVICIO Y DE LA CATEGORÍA EN LOS RESULTADOS CON UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE ESTROS E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN BASE A TRES DOSIS DE UN ANÁLOGO SINTÉTICO DE PROSTAGLANDINA F2α EN OVINOS

Por

GONZÁLEZ HENDERSON, Claudia Gabriela

MORALES DE LOS SANTOS, Duval Manuel

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias

Orientación: Producción Animal

MODALIDAD: Ensayo experimental

PAYSANDÚ

URUGUAY

2026

PAGINA DE APROBACION

Tesis aprobada por: _____



Presidente: _____



Segundo miembro (Tutor): _____

Dr. Julio Mario Olivera Muzante



Tercer miembro: _____

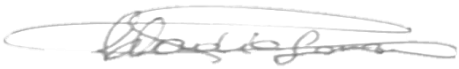
Dr. Juan Pedro Bottino



Cuarto miembro: _____

Dr. Sergio Andrés Fierro Fernández

Fecha de aprobación: 27/05/2026 _____



Autor: _____

Br. Claudia Gabriela Gonzàlez Hnederson



Autor: _____

Br. Duval Manuel Morales de los Santos

AGRADECIMIENTOS

-En principio a nuestro tutor, Dr. Julio Olivera, quien nos acompañó y guio desde el primer momento en el trabajo de campo y posterior redacción.

-A nuestro co-tutor, Dr. Sergio Andrés Fierro, quien nos brindó aportes tanto en el trabajo de campo como en la redacción y nos compartió su experiencia en el rubro.

-A los doctores Dr. Jorge Gil, Dra. Victoria Pons, Dr. Mauricio Burutaran, Dr. Manuel Cristancho y Dra. Luna Arratia, por su muy buena dedicación y colaboración en todo el trabajo a campo realizado, y principalmente en el día de la IATF.

-Al Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL), por brindarnos la posibilidad de realizar el trabajo a campo, estadía en sus instalaciones y principalmente confiarnos a sus animales, en el Centro de Innovación y Capacitación Ovina Mario Azzarini (CICOMA), al personal de trabajo Fernando, Toto y Julia, por su apoyo fundamental y disposición en el trabajo a campo.

-Al personal de Biblioteca de Facultad de Veterinaria, por sus aportes brindados y correcciones de bibliografía.

-Agradecimiento más que importante a familias y amigos por estar de forma incondicional desde el día uno. Nada de esto sería posible sin el esfuerzo realizado por nuestras familias.

TABLA DE CONTENIDO

PAGINA DE APROBACION 2

AGRADECIMIENTOS 3

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....4

RESUMEN 6

SUMMARY.....8

1. INTRODUCCION.....10

1.1 Producción ovina en Uruguay 10

2. REVISION BIBLIOGRAFICA 12

2.1 Fisiología reproductiva de la oveja.....12

2.2 Control del ciclo estral: sincronización de estros en ovinos.....12

2.3 Métodos farmacológicos para la sincronización de estros y ovulación 15

2.3.1 Progesterona y/o progestágenos 15

2.3.2 Prostaglandina F2α y sus análogos sintéticos 16

2.4 Protocolos en base a PG 18

2.4.1 Protocolos cortos (6 a u8 días de separación entre dosis de PG; Synchrovine®) 18

2.4.2 Protocolos medios (9 a 13 días de separación entre dosis de PG) 19

2.4.3 Protocolos largos (14 a 16 días de separación entre dosis de PG).....20

2.4.3.1 Protocolos largos con tres dosis de PG.....21

2.5 Impacto de la CC y alimentación sobre indicadores reproductivos. ..22

2.6 Impacto de la categoría sobre la concepción 25

3. HIPOTESIS 27

4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS.....28

5. MATERIALES Y METODOS 29

5.1 Animales.....29

5.2 Manejo sanitario 29

5.3 Manejo nutricional y evaluación del campo natural 30

5.4 Diseño experimental 30
5.5 Esquema del diseño experimental 31
5.6 IATF y determinaciones en mucus cervicovaginal.....31
5.7 Servicio de repaso y determinación ecográfica Día 28 y 75.....32
5.8 Análisis estadístico 33
6. RESULTADOS.....34
7. DISCUSION 37
8. CONCLUSION.....40
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....41

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS:

Tabla 1: Efecto del estado corporal en la fertilidad en ovejas Merino. 23

Tabla 2: Resultados reproductivos al servicio de IATF de ovejas nulíparas y multíparas de raza merino australiano, sincronizadas con tres dosis de Prostaglandina F2α (PG) e IATF a las 56, 68 u 80 horas (protocolo 3PG56, 68 y 80 respectivamente).....35

Tabla 3: Resultados reproductivos al servicio de IATF de ovejas nulíparas y multíparas de raza merino australiano, sincronizadas con tres dosis de prostaglandina F2α (PG) e IATF a las 56, 68 u 80 horas (protocolo 3PG56, 68 y 80 respectivamente) más dos servicios de repaso. 36

FIGURAS:

Figura 1: Representación esquemática del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal (Adaptado de Baird, 1983). 13

Figura 2: Cronograma experimental.....31

Figura 3: Distribución (%) según aspecto del mucus cervicovaginal al servicio de IATF en ovejas merino australiano, sincronizadas con tres dosis de PG (protocolo 3PG) e IATF a las 56, 68 u 80 h (protocolos 3PG56, 68 y 80 respectivamente). 34

Figura 4: Distribución (%) según aspecto del mucus cérvico vaginal al servicio de IATF en nulíparas merinos australianos sincronizadas con tres dosis de PG (3PG) e IATF a las 56, 68 u 80 horas (protocolos 3PG56, 68 y 80 respectivamente). 35

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño reproductivo de ovejas durante la estación reproductiva empleando un nuevo protocolo de sincronización de estros para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en base a tres dosis de un análogo sintético de prostaglandina F2α -PG- (protocolo 3PG; Días -22, -15 y 0; Día 0= última dosis de PG). En un diseño 3x2 se consideró el efecto de la hora de servicio (56, 68 u 80 horas luego de la última dosis de PG, 3PG56, 3PG68 y 3PG80 respectivamente) y la categoría de ovinos (nulípara o multípara). Los grupos se conformaron en función de la condición corporal inicial (escala 0-5; Russel y col. 1969), peso vivo (PV) al Día -40 y tipo de parto en el año previo (simple o mellizo). Los animales se manejaron en condiciones de campo natural de basalto (CICOMA-Secretariado Uruguayo de la Lana; latitud 31° 05' S, longitud 57° 01' O). Las ovejas nulíparas recibieron además una suplementación energética-proteica estratégica desde el Dia -30 y hasta el Día 16. Se inseminaron vía cervical 145 ovejas nulíparas y 362 ovejas multíparas con semen fresco heteroespérmico de 13 carneros merino australiano. Al momento de la IATF se registró el aspecto óptico-físico del mucus cervicovaginal (grados 1 al 6). Se realizaron además dos servicios de repaso a campo desde el Día 16 al 26, y desde el Día 39 al 49 utilizando carneros merino australiano al 3%. Al Dia 26 se volvió a evaluar CC y PV final. Se realizó ecografía transrectal y transabdominal al Día 28 y 75 para determinar concepción (ovejas gestantes/total ovejas inseminadas * 100), prolificidad (fetos/oveja gestante) y fecundidad (fetos/total ovejas inseminadas * 100) del servicio de IATF y repaso, respectivamente. Se observaron diferencias significativas de CC inicial (3,4 ± 0,24 y 3,0 ± 0,31) y final (3,5 ± 0,21 y 2,8 ± 0,26) entre ovejas nulíparas y multíparas, respectivamente. El 65% de las ovejas multíparas tuvo una CC final ≤ a 2,75. En cuanto al aspecto del mucus cervicovaginal se observó en la hora de servicio del 3PG56 y 3PG68 un mayor porcentaje de animales en el grado 2 (39% de las ovejas multíparas y el 45% de las nulíparas). El grado 1 predominó en la hora 3PG80 (39% de las multíparas y 49% de las nulíparas). No se observó interacción entre hora de servicio y categoría (P> 0,05). Independientemente de la categoría considerada se observó un efecto de la hora de servicio. La concepción y fecundidad fueron significativamente mayores (P< 0,001) en la hora 3PG56 (49,4 y 52,4%) y 3PG68 (43,0 y 47,1%), respecto a la 3PG80 (20,7 y 22,5%, concepción y fecundidad respectivamente), sin diferencias en prolificidad (P> 0,05). Por otra parte, independientemente de la hora de servicio considerada, se observó un efecto de la categoría. La concepción (57,2 *vs.* 29,8%) y la fecundidad (60,7 *vs.* 32,6%) fueron mayores al servicio de IATF en las ovejas nulíparas que en las multíparas (P< 0,001), sin diferencias en la prolificidad (P> 0,05). El servicio de IATF y repaso sumado no mostró efecto de la hora de servicio ni categoría para ninguna de las variables observadas (P>

0,05). Se concluye que, el servicio de IATF vía cervical con semen fresco realizado entre las 56 y 68 horas pos ultima dosis de PG generó mejores resultados reproductivos que a las 80 horas utilizando el protocolo 3PG. En la categoría nulípara se evidenció mejores resultados reproductivos al servicio de IATF con este protocolo debido quizás a una mejor CC.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the reproductive performance of ewes during the breeding season using a novel estrus synchronization protocol for timed artificial insemination (TAI) based on three doses of a synthetic PGF2α analogue (3PG protocol; Days -22, -15, and 0; Day 0 = last PG dose). In a 3x2 design, the effect of the time of service (56, 68, or 80 hours after the last PG dose, 3PG56, 3PG68, and 3PG80, respectively) and the ewe category (nulliparous or multiparous) were considered. Groups were formed based on initial body condition score (BCS; scale 1 to 5), live weight (LW) on Day -40, and type of birth in the previous year (single or twin). The animals were managed under natural basalt pasture conditions (CICOMA-Uruguayan Wool Secretariat; latitude 31° 05' S, longitude 57° 01' W). Nulliparous ewes received strategic energy-protein supplementation from Day -30 to Day 16. One hundred and forty-five nulliparous ewes and 362 multiparous ewes were inseminated cervically with fresh heterospermic semen from 13 Australian Merino rams. At the time of timed artificial insemination (TAI), the physical appearance of the cervicovaginal mucus was recorded. Two additional pasture services were performed from Day 16 to 26 and from Day 39 to 49 using Australian Merino rams at a 3% semen ratio. Body condition score (BCS) and final body weight (BW) were re-evaluated on Day 26. Transrectal and transabdominal ultrasound were performed on Days 28 and 75 to determine conception rate (pregnant ewes/total ewes inseminated * 100), prolificacy (fetuses/pregnant ewe), and fecundity (fetuses/total ewes inseminated * 100) for the timed artificial insemination (TAI) and follow-up services, respectively. Significant differences in initial (3.4 ± 0.24 and 3.0 ± 0.31) and final (3.5 ± 0.21 and 2.8 ± 0.26) body condition scores were observed between nulliparous and multiparous ewes, respectively. Sixty-five percent of the multiparous ewes had a final body condition score ≤ 2.75. Regarding the appearance of the cervicovaginal mucus, a higher percentage of animals in grade 2 were observed during the service hours of 3PG56 and 3PG68 (39% of multiparous ewes and 45% of nulliparous ewes). Grade 1 predominated during

the service hour of 3PG80 (39% of multiparous ewes and 49% of nulliparous ewes). No interaction was observed between service hour and category ($P > 0.05$). Regardless of the category considered, a service hour effect was observed. Conception and fecundity rates were significantly higher ($P < 0.001$) at time 3PG56 (49.4% and 52.4%) and 3PG68 (43.0% and 47.1%) compared to time 3PG80 (20.7% and 22.5%, respectively), with no difference in prolificacy ($P > 0.05$). Furthermore, regardless of the time of service, a category effect was observed. Conception (57.2% vs. 29.8%) and fecundity (60.7% vs. 32.6%) were higher after timed artificial insemination (TAI) in nulliparous ewes than in multiparous ewes ($P < 0.001$), with no difference in prolificacy ($P > 0.05$). The combined timed insemination (TIA) and follow-up service showed no effect of service time or category for any of the observed variables ($P > 0.05$). It is concluded that cervical TIA with fresh semen performed between 56 and 60 hours post-last progesterone (PG) dose resulted in better reproductive outcomes than at 80 hours using the 3PG protocol. Nulliparous animals showed better reproductive results with TIA using this protocol.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Producción ovina en Uruguay

La producción ovina en Uruguay ha sido de las más relevantes en la historia de nuestro país, tanto para el desarrollo económico/productivo como sociocultural. Fue, en su momento, el principal rubro productivo del país aportando divisas mediante la materia prima producida, sustentando la industria textil nacional, siendo una de las principales fuentes de crecimiento para el desarrollo rural del país (Secretariado Uruguayo de la Lana, s.f.). Sin embargo, la población ovina ha disminuido drásticamente en los últimos 30 años pasando de más de 25 a menos de 6 millones de cabezas en la actualidad (Oficina de Programación y Política Agropecuaria, 2024). Entre muchos otros, uno de los factores que obstaculiza la recuperación de la población ovina es el bajo índice de señalada que se da a nivel país (Fierro et al., 2017). Según el MGAP (2011), durante los últimos 20 años, este indicador no ha superado en promedio el 67%. En base a esto y considerando el manejo reproductivo tradicional que se aplica en nuestras majadas, una consulta recurrente a técnicos del sector productivo ovino ha sido la posibilidad de poder concentrar servicios, y consecuentemente pariciones, mediante la inducción de estros sincronizados con o sin Inseminación Artificial (IA). De esta forma se podría ejercer un control reproductivo más preciso y eficiente sobre nuestra majada, apuntando a una mayor supervivencia de corderos al nacimiento. Para su mayor adopción estas alternativas no deberían lograr resultados muy inferiores a los obtenidos con servicios con estro natural y carneros a campo. Sin embargo, los datos disponibles indican que menos del 10% de ovejas de cría son servidas por IA (Fernández Abella & Villegas, 2015; Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], 2011).

Otra alternativa para algunos sistemas de baja a mediana escala sería la implementación de la IA a tiempo fijo (IATF). Esta herramienta permitiría reducir aún más los días de trabajo, posibilitando así la asociación precisa con otras tecnologías de alto impacto como la alimentación “focalizada” en momentos

claves del ciclo productivo como lo son el preservicio y el preparto (Banchero & Quintans, 2005). La IATF resulta una biotecnología apropiada para productores de baja a mediana escala con instalaciones adecuadas. Con dos técnicos preparados, dos ayudantes y machos reproductores previamente evaluados (un carnero apto por cada 80 ovejas sincronizadas), es posible inseminar hasta 400 ovejas en una mañana (Olivera-Muzante, 2018). El empleo exitoso de esta técnica requiere, sin embargo, de una alta sincronía de estros y de ovulaciones, de manera que el servicio sea realizado en el momento óptimo (Menchaca & Rubianes, 2004).

Uno de los protocolos empleados para realizar IATF en ovinos es aquel que utiliza análogos sintéticos de prostaglandina F2α (PG). Estos generan la luteolisis del cuerpo lúteo (CL), por lo tanto, su uso se limita a la estación reproductiva (McCracken et al., 1970). El intervalo de separación entre dosis dará lugar a protocolos "cortos", "medios" o "largos". Los protocolos cortos (7 días) y medios (9 y 13 días), generan muy buena sincronización de estros y ovulaciones, pero aun así han evidenciado bajos resultados reproductivos (Fierro et al., 2011; Gordon, 1983; Menchaca et al., 2004; Olivera-Muzante et al., 2011). Estos protocolos mejoran con la extensión del intervalo entre dosis de PG entre 14 y 16 días (protocolos "largos"), en el cual aumenta el período de tiempo de fase lútea desarrollándose folículos preovulatorios con concentraciones de progesterona adecuadas evidenciando tasas de concepción comparables a lo que ocurre con el uso de protocolos basados en P4 y gonadotrofina coriónica equina (eCG) (Fierro & Olivera-Muzante, 2017). Con este protocolo largo, aun así, entre el 15 y el 20% de las ovejas se encuentran fuera del momento óptimo de servicio (Olivera-Muzante et al., 2020). Sin embargo, los cambios de momento y del número de servicios de IATF tampoco han mejorado los resultados de estos protocolos largos en base a PG (Burutaran et al., 2024). Por ello, parece importante estudiar otras alternativas que permitan incrementar los resultados de estos protocolos en base a PG, siendo necesario generar para ello un protocolo con una mejor respuesta estral, sincronía y/o calidad de las ovulaciones luego de administrada la última dosis de PG.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

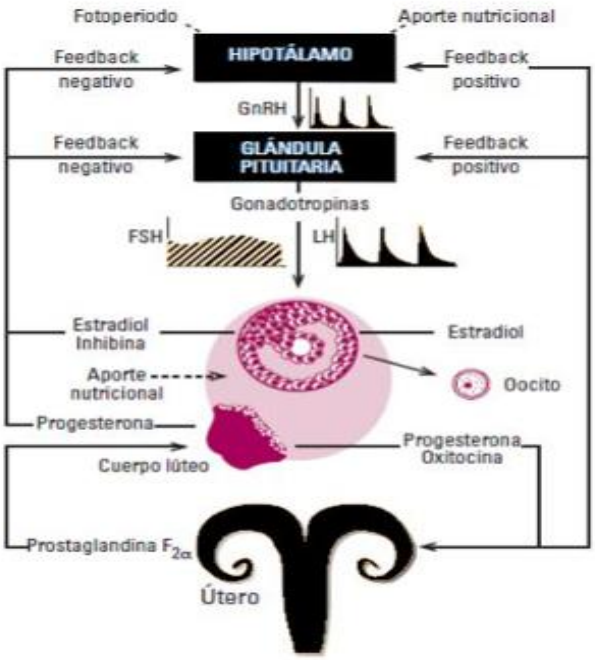
2.1 Fisiología reproductiva de la oveja

La oveja es una especie que se caracteriza por ser poliéstrica estacional de día corto (Ungerfeld, 2002). Por lo tanto, el fotoperiodo es el factor ambiental primario que regula estos eventos. Por ello se observa que la mayoría de las razas de la especie ovina se encuentran ciclando desde fines del verano y durante todo el otoño (Castro et al., 2007). El ciclo estral involucra una serie de eventos que se repiten de manera sucesiva a lo largo de la estación de cría, el cual tiene como finalidad la ovulación ya sea de uno o más folículos y fecundación de uno o más ovocitos. En promedio la duración de este ciclo es de 17 ± 3 días, y durante el mismo se involucran cuatro órganos principalmente (hipotálamo, hipófisis, ovario y útero), los cuales se coordinan y funcionan a través de hormonas. Las principales hormonas involucradas en el ciclo estral son las siguientes: hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) liberada por el hipotálamo, la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH), secretadas por la hipófisis. En cuanto al ovario se encarga de la producción de estrógenos (E2-estradiol), inhibina (In) desde el folículo dominante y progesterona (P4) desde el cuerpo lúteo (CL) funcional. En el útero se produce prostaglandina F2α (PG) (Cortizas & Gortari, 2022; Goodman, 1994).

Algunos autores clasifican el ciclo estral en cuatro etapas (proestro, estro, metaestro, diestro). Sin embargo, cuando nos enfocamos desde el punto de vista funcional lo podemos dividir en dos etapas: luteal y folicular (Ungerfeld, 2020). En cuanto al tipo de estructuras que se encuentran en el ovario, durante la fase luteal (con una duración de 14 ± 2 días), se debe encontrar al menos un CL funcional acompañado (entre otros factores) de comportamiento como rechazo a reproductores, ausencia de mucus cervicovaginal y en el caso de la fase folicular (con 3 días de duración), hay presencia de folículos con dimensiones de un folículo dominante (mayor a 4 mm) (Cortizas & Gortari, 2022; Hafez & Hafez, 2002). La fase folicular a su vez está constituida por dos etapas: el proestro y el

estro. El proestro comprende el lapso desde la regresión del CL o luteolisis que se da entre los Días 13 y 14 del ciclo estral hasta el comienzo del estro (Día 0). Por otro lado, el estro, es el periodo donde se da la aceptación del macho por parte de la hembra (Ungerfeld, 2020), tiene una duración de 22 horas aproximadamente, en un rango que va de 18 a 48 horas, ocurriendo la ovulación antes de terminar el estro (Álvarez et al., 2023; Castro et al., 2007). En cuanto a la fase luteal comprende una duración en días de 12 a 14, incluyendo desde el día 2 a 3 del ciclo hasta el 13 generalmente, y está dividida en dos etapas llamadas metaestro y diestro. Durante el metaestro las células bajo el efecto de la LH se convierten en células grandes y pequeñas permitiendo la formación del CL, a su vez en este momento finaliza la receptividad o aceptación del macho (Ungerfeld, 2020). En cuanto al diestro tenemos un CL funcional, que genera y secreta altos niveles de P4 (Álvarez et al., 2023; Bartlewsky et al., 1999). Cabe recordar que en estas dos últimas etapas (metaestro y diestro) se da el rechazo al macho por parte de la hembra (Ungerfeld, 2020). En el proestro, el cual le da seguimiento al diestro es el momento en el cual ocurre el crecimiento folicular y se genera la luteolisis del CL correspondiente al ciclo anterior (Ungerfeld, 2002).

Figura 1- Representación esquemática del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal (Adaptado de Baird, 1983).



Nota. GnRH: Hormona liberadora de gonadotropinas; LH: hormona luteinizante, FSH: Hormona folículo estimulante, E2: estradiol, P4: Progesterona, Oxt: Oxitocina, PGF2α: prostaglandina F2α.

2.2 Control del ciclo estral: sincronización de estros en ovinos.

La IA tradicional en ovinos se realiza detectando estros que no se encuentran sincronizados y se realiza diariamente, llevando varios días de trabajo en el establecimiento, además de reunir los animales reiteradas veces. Con esto se observa que el servicio de IA va a tener una duración de por lo menos 34 días con el fin de abarcar como mínimo dos servicios por oveja. Existen otras formas de realizar la IA que es mediante sincronización de los estros con IA a estro visto en pocos días e incluso con IA a tiempo fijo (IATF) en un solo día.

Según lo expresado por Olivera-Muzante (2018) la sincronización de estros es una técnica muy utilizada en los programas de mejoramiento genético de los sistemas de producción animal, en lo que refiere al control del ciclo estral. Esto permite un incremento en la eficiencia reproductiva mediante el control de la época de parición (Soto et al., s. f.). Las técnicas utilizadas con el implemento de fármacos permiten agrupar los estros logrando que sea posible inseminar un gran número de animales en un solo día de trabajo, e incluso sin necesidad de detección de estro (Manes & Ungerfeld, 2015). Una técnica de sincronización de estros debe permitir una respuesta estral fértil y un alto porcentaje de preñez del total de hembras tratadas (Cortizas et al., 2022; Gil et al., 2006). Existen cuatro principales indicadores reproductivos que permiten evaluar los resultados de un programa de sincronización: la respuesta estral (porcentaje de hembras en estro del total de hembras tratadas), tasa de concepción (porcentaje de hembras preñadas del total de hembras inseminadas), tasa de preñez (porcentaje de hembras preñadas del total de hembras tratadas) y fecundidad final (fetos/total ovejas inseminadas * 100) Olivera-Muzante (2014-2016).

2.3 Métodos farmacológicos para la sincronización de estros y ovulación

2.3.1 Progesterona y/o progestágenos

La P4 es una hormona secretada en el ovario por el CL y a partir del día 45 de gestación de la hembra, también se secreta por la placenta de la oveja (Ungerfeld, 2002). Esta hormona tiene como principal función preparar a la oveja para la gestación a lo largo de cada ciclo estral y posteriormente mantenerla, por ende, se mantiene en niveles elevados tras la fecundación (Ungerfeld, 2020). Esta horoman cumple con varios roles; por un lado, generar la inhibición de la actividad del eje hipotálamo-hipofisario, impidiendo que se dé la liberación de GnRH (Abecia et al., 2012), y por consiguiente se detiene la producción de FSH y LH (Ungerfeld & De Castro, 1999), además cumple un papel fundamental durante toda la gestación, suprime la actividad miometrial, prepara el útero para la implantación del embrión, estimula la secreción de las glándulas endometriales y evita el reinicio de la actividad ovárica (Arthur y col., 1991; Lye 1996; Senger, 1999).

Desde un principio la P4 y los progestágenos (acetatos de Medroxiprogesterona, Clormadinona y Ciproterona; Nesterona) son los más utilizados para realizar protocolos de sincronización de estros en sus diferentes presentaciones, pudiendo ser dispositivos vaginales, orales o inyectables (Evans & Maxwell, 1987). La presentación más utilizada es la de los dispositivos intravaginales. Dichos tratamientos tienen una duración similar a la de la fase lútea (12 a 14 días; Gordon, 1983), aunque se ha comprobado que el uso de estos en intervalos más cortos alcanza similares resultados (protocolos de 6 a 8 días; Menchaca & Rubianes, 2004; Vilariño et al., 2010). Los progestágenos que se utilizan pueden ser de origen natural o sintético, uno de los beneficios de su utilización es que se pueden aplicar tanto en anestro (en protocolos para la inducción de la actividad reproductiva) o en estación reproductiva (Menchaca & Rubianes, 2004).

La concentración plasmática de la hormona aumenta de forma rápida después de la aplicación del dispositivo, llegando a la concentración más alta tres días después de colocar el dispositivo, luego disminuye de forma gradual (Wheaton et al., 1993). A partir del retiro del dispositivo, los valores de P4 decaen, lo cual permite el crecimiento del folículo dominante hasta finalmente la ovulación de este. La aparición del estro se da en un 80-95% de las ovejas dentro de las 48 h siguientes (Curbelo & Rodríguez, 2022; Durán del Campo, 1993), lo cual permite la realización de IATF. Cuando se procede a la retirada de las esponjas se administra además eCG o PMSG, que es una hormona glicoproteica placentaria preparada a partir del suero de yeguas preñadas. Esta hormona, que tiene actividades similares a FSH y LH simultáneas (Powell et al., 1996), logra estimular la ovulación, además de aumentar en diferentes grados la prolificidad y mejorar la fertilidad del estro inducido (Gibbons et al., 2010). En particular para la raza Merino, se recomiendan 200 UI/oveja para lograr la inducción a la ovulación. Las formas comerciales más utilizadas de los progestágenos son acetato de fluorogestona (20 mg/ esponja) y acetato de medroxiprogesterona (60 mg/ esponja) (Abecia et al., 2011).

Sin embargo, la utilización de esponjas de P4 y la eCG se ha limitado en algunos países debido a problemas como ser adherencias y/o pérdidas, vaginitis, uso de antibióticos para evitarlas, tiempos de espera por residuos en carne y/o leche (Fierro et al., 2013). Además de lo mencionado, la atractividad de las ovejas en las que el celo es sincronizado con esponjas puede ser menor a las que presentan estro espontáneo (Gatti y Ungerfeld, 2012). En este trabajo, por otra parte, se observó que la adición de antibióticos a la esponja no permite recuperar la atractividad sexual normal. También es un método que presenta elevado costo, requiere mano de obra especializada para su colocación y retiro (Olivera & Gil, 2005), así como la ocurrencia de pérdidas de dispositivos. Todo ello la convierte en un método de sincronización a intentar ser sustituido por otro.

2.3.2 Prostaglandina F2α y sus análogos sintéticos

Otro de los métodos que se utilizan para la sincronización de estros y ovulación es en base a PG. La PG es una hormona que es capaz de inducir la

regresión temprana del CL y posterior sincronización de la majada. De esta forma se interrumpe la fase luteal del ciclo estral y se da la manifestación del estro (Cortizas & Gortari, 2022; McCracken et al., 1970).

Las principales ventajas del uso de PG de forma exógena es la facilidad de su aplicación. Esta se lleva a cabo con una o dos inyecciones intramusculares (dependiendo el protocolo). Además, es un método económico; basta con una dosis de 25 µg para provocar la lisis del CL (Abecia et al., 2012), y el producto se metaboliza rápidamente por los pulmones (99%) disminuyendo la liberación de residuos químicos al ambiente y como consecuencia la contaminación ambiental (Light et al., 1994). Cabe destacar que, con el uso de la PG, se desconocen problemas por vaginitis o adherencias (Cortizas & Gortari, 2022; Durán del Campo, 1980). La sincronización de estro mediante PG sólo se debe aplicar a animales que se encuentren ciclando, ya que su función es actuar sobre un CL, reduciendo la P4 y desencadenando el pico de LH, lo que induce la ovulación del folículo dominante (Arratia, 2024). No deben ser tratados los animales en anestro de lactancia y/o en salud subóptima, ni hembras gestantes con menos de 40-45 días ya que provoca pérdidas reproductivas (Fierro, 2010).

La aplicación de una sola inyección de PG logra que entre el 60 a 70% de las hembras tratadas manifiesten estro dentro de los 3 o 4 días posteriores de su aplicación (Rubianes et al., 1999; Menchaca et al., 2003; Curbelo & Rodríguez, 2022). La variabilidad de días es debido a que las ovejas se encuentran en distintas etapas del ciclo estral. Si al momento de la dosis de PG el folículo dominante se encuentra en fase de crecimiento, se producirá la ovulación en un corto periodo de tiempo. En cambio, si al momento de la dosis de PG el folículo se encuentra en regresión, tendrá que emerger una nueva onda folicular, ocurriendo la ovulación en forma más tardía (Viñoles & Rubianes, 1998). Por lo tanto, por esta dispersión estral la aplicación de una sola dosis de PG obliga a realizar la IA asociado a la detección de estros (Fierro et al., 2013).

Cuando optamos por la regresión artificial del CL, ésta es más rápida (6 a 24 horas) que la luteolisis que ocurre en 72 horas (Haresing & Acritopoulou-Fourcroy, 1978). También, encontramos diferencias en el ciclo estral luego de una luteolisis de forma inducida, como ser en la descarga de LH (con un segundo

pico a las 7-10 horas post administración) (Bindon et al., 1979), lo que lleva a que los folículos tengan un crecimiento más rápido, pero sean de menor tamaño (Fierro et al., 2013). Por otro lado, cuanto más envejecido se encuentre el CL, más tardará en generar una respuesta post inyección, por ende, el inicio del estro será más tardío (Houghton et al., 1995). A partir de lo antes mencionado y apoyados en que el CL es sensible a la PG desde los 3 días de edad (Rubianes et al., 2003), es esencial la agrupación de ovulaciones con al menos dos dosis de PG para tener una mayor respuesta. Dependiendo del intervalo de días que se aplique entre las mismas, los diferentes protocolos se denominan protocolos "cortos", "medios" y "largos".

2.4 Protocolos en base a PG

2.4.1 Protocolos cortos (6 a 8 días de separación entre dosis de PG; Synchrovine®)

En cuanto a la administración de una sola dosis de PG, se comprobó que, aquellas ovejas que se encontraban en fase folicular o lútea temprana no responden al tratamiento. A raíz de esta observación Rubianes et al. (2003), establecen un protocolo basado en la administración de dos dosis de PG separadas de 6 a 8 días (protocolo registrado como "Synchrovine®"). En el caso de la administración de la segunda dosis de PG, un mayor número de ovejas responderían a ésta. Aquellas ovejas que ya respondieron a la primera dosis, y que en el momento de la segunda dosis se encuentran en la primera onda de desarrollo folicular con CLs de tres a cinco días de edad (Fierro, 2010), y también ovejas con ausencia de CL sensible a la PG al momento de la primera inyección de la hormona, ya que al momento de la segunda inyección de PG tendrán un CL sensible. El empleo de este protocolo logró una respuesta estral del 95% de las ovejas, una sincronización de un 78% de ellas entre las 24 y 48 horas, y las consecuentes ovulaciones entre las 48 y 72 horas de administrada la segunda dosis de PG (Menchaca et al., 2004). Rubianes et al. (2004), evaluaron por un lado dos dosis de PG con siete días de diferencia e IA a las 12 horas tras la detección del estro (grupo control); y por otro lado dos dosis de PG con el mismo intervalo e IATF a las 42 horas de la segunda inyección (Synchrovine®), sin

encontrar diferencias significativas en términos de concepción, fertilidad, prolificidad y fecundidad entre ambos protocolos.

Sin embargo, más allá de los buenos resultados de sincronización de estros y ovulaciones, la fecundidad y fertilidad del Synchrovine® alcanzaría resultados reproductivos consistentemente inferiores al protocolo de P4 y eCG (Olivera-Muzante et al., 2011). Esto ha sido atribuido a un perfil creciente, pero de baja concentración plasmática de P4 durante la fase de crecimiento del folículo preovulatorio, lo que generaría alteraciones en la tasa de crecimiento folicular (Fierro et al., 2011), llevando a una menor calidad ovocitaria y embrionaria, y, en consecuencia, una menor tasa ovulatoria (TO), fertilidad y prolificidad respecto a ovejas en estro espontáneo (Fierro et al., 2011; Fierro et al., 2016).

En base a estos hallazgos se pusieron en marcha varias alternativas para mejorar los resultados obtenidos con PG y este protocolo. Estas buscaron modificar el momento de la IATF, el lapso entre dosis de PG, adicionar una dosis de GnRH a las 24 o 36 horas luego de la segunda dosis de PG (Olivera-Muzante et al., 2011), sumar alimentación focalizada (Fierro et al., 2013), o asociar una dosis de eCG al momento de la segunda PG (Vilariño et al., 2017). Sin embargo, no se observan mejoras de significativas en cuanto a la fertilidad de este protocolo corto.

2.4.2 Protocolos medios (9 a 13 días de separación entre dosis de PG)

Teniendo en cuenta los resultados anteriores en cuanto a protocolos cortos, se plantea otras variantes, siendo una de las alternativas para llegar a mejores logros con Synchrovine ®, extender el intervalo entre las dosis de PG (Olivera et al., 2007). Una mayor cantidad de días entre las dosis de PG reflejan la posibilidad de mejorar los resultados (Gibbons et al., 2010). De esta manera se implementaron nuevos protocolos basados en dos dosis de PG con una dispersión de 9 a 13 días.

En base a esto, en un trabajo de revisión de Fierro et al. (2013), se plantea la hipótesis de que al aumentar el intervalo de las dosis de PG se lograría un desarrollo folicular en un ambiente con mejores niveles de P4 plasmática, una mejor calidad de los ovocitos producidos, por ende, mejores resultados a nivel reproductivo. Utilizando protocolos con dos dosis de PG separadas por 10 o 12 días se obtienen altos porcentajes en cuanto a respuesta y sincronización de los estros, sin embargo, no así aun en cuanto a mejoras de la fertilidad, en comparación con protocolos de mayor separación entre dosis (Fierro et al., 2016), protocolos en base a P4-eCG (Hackett et al., 1981; Loubser & Van Niekerk, 1981), o servicios empleados sobre estro natural (Boland et al., 1978; Godfrey et al., 1999).

Por otra parte, Maddison et al., (2016) manifiestan que con el protocolo medio se observa una menor producción de mucus si lo comparamos con los demás protocolos probados, teniendo en cuenta la importancia de este indicador en la reproducción y en protocolos de sincronización utilizados ya que el mismo nos estaría brindando referencia en cuanto a la etapa del ciclo estral de la oveja tratada (respuesta fisiológica), el mucus transparente y filante actúa como indicador del pico estrogénico y la máxima receptividad de la oveja, se evalúa según la escala de Restall (1961), que clasifica el moco en seis grados: 1 (claro y escaso, inicio del estro), 2 (claro y abundante), 3 (nuboso y abundante), 4 (espeso y escaso), 5 (cremoso) y 6 (caseoso, final o fuera de estro).

En suma, los resultados de fertilidad que se han visualizado con protocolos medios son semejantes a los obtenidos con el protocolo corto Synchrovine® (Fierro et al., 2011, Gordon, 1983; Menchaca & Rubianes, 2004; Olivera-Muzante, 2018). Esto también se podría explicar por las bajas concentraciones de P4 encontradas, ya que las fases luteales aún son cortas, existiendo además una asociación positiva entre las concentraciones de E2 y la duración de esta, por ende, generando ovocitos de menor calidad (Fierro et al., 2016).

2.4.3 Protocolos largos (14 a 16 días de separación entre dosis de PG)

En los protocolos largos de 14 a 16 días de intervalo entre las dosis de PG se reflejan diferencias en cuanto a la respuesta estral y en el desarrollo folicular de los ovarios, generando también un aumento de la concentración de estradiol durante el estro y 12 h después (Fierro et al., 2016). Los niveles de concentración de P4 se vieron aumentados en comparación con los protocolos cortos y medios, alcanzando un nivel superior entre el día 8 y 13 del ciclo estral (Olivera-Muzante, 2018). Mediante el estudio del desarrollo folicular, respuesta estral y momento de ovulación se determinó que, para obtener mejores resultados de concepción y fecundidad, un servicio de IATF a las 56 horas pos ultima PG sería el apropiado para estos protocolos largos, en comparación con los protocolos cortos y medios (Fierro et al., 2016).

En un protocolo largo con intervalo de 15 días entre dosis de PG (2PG15) y un servicio posterior de IATF realizado por Olivera-Munzante et al. (2020), más del 90% de las ovejas sometidas al tratamiento con PG manifestaron estro entre las 24 y 72 horas. A pesar de esta respuesta a la PG, los resultados no fueron superiores a su grupo control sometidas a un protocolo de pre-sincronización de estros con dos dosis de PG separadas 7 días y con IA a estro natural visto 17 a 19 días posteriores a la última PG. Sin embargo, este protocolo largo de separación entre PG no afectaría la tasa de ovulación ni la prolificidad, pero si la tasa de no retorno al día 21 (NRD21), concepción y fecundidad respecto al estro natural.

La observación del mucus cervicovaginal a la IATF con estos protocolos largos muestra que entre un 15 y un 20% de las ovejas estarían fuera del estro ya en este momento (Olivera-Munzante et al., 2020). Sin embargo, los cambios de momento y del número de servicios de IATF tampoco han mejorado los resultados de estos protocolos largos en base a dos dosis de PG (Burutaran et al., 2024). Por ello, parece importante estudiar otras alternativas que permitan incrementar los resultados de estos protocolos en base a PG, siendo necesario generar para ello un protocolo con una mejor respuesta estral, sincronía y/o calidad de las ovulaciones luego de administrada la última dosis de PG.

2.4.3.1 Protocolo largos con tres dosis de PG

En este sentido, y observando la respuesta y sincronización que logran los protocolos “cortos” en base a PG (Menchaca & Rubianes, 2004), la inducción previa de los estros mediante la administración de una dosis de PG, siete días antes del inicio de un protocolo largo, podría mejorar los niveles de fertilidad a la IATF cervical con semen fresco (protocolo “3PG”; Día -22, -15 y 0; Día 0= última dosis de PG). Este protocolo evidenció mejor respuesta y sincronía de estros luego de la última dosis de PG respecto al protocolo 2PG15 (Curbelo & Rodríguez, 2022; Negrín, 2026). Esto se debería quizás a la pre-sincronización causada por la primera dosis de PG siete días antes de comenzado el protocolo largo, generando así una respuesta mayor ya que aumentaría el número de ovejas con CL sensible a la última dosis de PG. También se observaron mejores niveles de P4 plasmática en la fase lútea temprana de este protocolo (Negrín, 2026). Con un servicio de IATF a las 68 horas pos última dosis de PG el protocolo 3PG mejoró el resultado de fertilidad y fecundidad en comparación con el protocolo 2PG15 para la categoría multípara, pero no así en las ovejas nulíparas (Álvarez et al., 2023; Negrín et al., 2024). Esto evidencia claramente que más información acerca del efecto de la hora de servicio y/o de la categoría utilizada debería ser generada para este nuevo protocolo en base a tres dosis de PG.

2.5 Impacto de la CC y alimentación sobre indicadores reproductivos

En un trabajo realizado por Menchaca et al. (2003) se evaluó el efecto de la CC al momento del servicio de IATF sobre la fertilidad, prolificidad y fecundidad. De acuerdo a una medida subjetiva del estado nutricional o “grado de gordura” de un animal por la palpación de la columna vertebral (Montossi et al., 2005), se observó que las ovejas con CC < 2,75 presentaron una tasa de concepción y fecundidad significativamente menor que las ovejas con CC entre 3,5 a 4,25. La prolificidad no fue afectada por la CC. La desnutrición induce cambios en la sensibilidad del endometrio a hormonas esteroideas durante los primeros días de gestación, lo que altera de forma negativa el ambiente uterino

y, por lo tanto, la sobrevivencia del embrión (Abecia et al., 2006). Por su parte, Fernández Abella et al. (2006) confirmaron el papel de la CC o estado corporal en la fertilidad obtenida.

Tabla 1: Efecto del estado corporal en la fertilidad en ovejas merino.

Estado corporal	**Fertilidad** (%)	**N**
2,25 – 2,50	54,5 b	121
2,75	63,6 a	333
3,00	66,0 a	303
3,25 – 3,50	60,6 a	33
Total	63,4	790

Nota: a *vs.* b P< 0,05 (Fuente: adaptado de Fernández Abella et al., 2006).

Viñoles et al. (2002), sostienen que la CC afecta el número de ondas que se desarrollan durante el ciclo. Ovejas con buena CC (4,1 puntos de CC; escala 0 a 5, Russel et al.,1969) desarrollan un patrón constante de tres ondas, mientras que ovejas flacas (1,9 puntos de CC) desarrollan dos o tres ondas. Debido a esto, Viñoles et al., (2003), proponen la alimentación de calidad como una alternativa, que suministrada en un momento dado (a partir de la segunda mitad del ciclo estral, correspondiendo con la emergencia de la 3ra onda folicular), repercutiría en la TO, debido a que el aporte de proteína y energía aumentaría los niveles circundantes de FSH durante la fase folicular, lo que conllevaría a un incremento en el número de folículos seleccionados para ovular, tomando en consideración que la Hormona de crecimiento (GH) participa en la selección de los folículos, incrementando la insulina que determina una mayor producción de

IGF-1 por las células de la granulosa y aumentando la sensibilidad de dichas células a la FSH (Fernández Abella, 1993) . En cuanto a la energía, se cree que la misma provoca un mayor metabolismo hepático de los esteroides, disminuyendo el feedback negativo que estos causan sobre el eje hipotálamo hipofisario, lo que causaría una mayor producción de gonadotrofinas (revisado por García Pintos et al., 2014). Además, el aumento de glucosa e insulina por dietas energéticas permitiría un ahorro de proteína como precursor de energía y esto permite mayor disponibilidad de nitrógeno para sintetizar enzimas microsomales hepáticas (Smith, 1988).

Por otra parte, la TO está determinada mayoritariamente por el genotipo de la oveja, pero factores ambientales, sobre todo la nutrición, influyen marcadamente sobre este potencial (Banchero & Quintans, 2005). El “efecto dinámico” o efecto “flushing tradicional” representa un incremento en la TO provocado por un aumento en el PV y el Estado Corporal (EC) tres semanas previo al servicio (Forcada et al., 1992). El efecto dinámico es positivo si las ovejas alcanzan o superan el peso crítico o estático (Fernández Abella et al., 2007). Morley, White, Kenney y Davis (1978) encontraron que, por cada kilogramo de aumento de PV al momento del servicio, la TO aumentaba un 2%, mientras que Knight et al., (1975), registraron aumentos del 1,2% en TO por cada kilogramo de PV que aumentaban las ovejas. El nivel nutricional y la concentración de P4 plasmática están inversamente relacionados. Bajos niveles nutricionales han sido relacionados a altos niveles de P4 circulantes, pero la concentración de P4 en el endometrio es menor, lo que explicaría las mayores pérdidas embrionarias en ovejas sub-nutridas, los embriones de estas ovejas secretan menores cantidades de IFNt in vitro, y el tejido endometrial secreta mayores cantidades de PG (Abecia et al., 1999), lo que compromete el mecanismo de reconocimiento materno de la preñez y la sobrevivencia embrionaria (Lozano et al., 2003).

En cuanto a la energía, un trabajo realizado por Banchero et al. (2021), reveló que para la ovulación la ingesta estimada de energía fue altamente significativa (P= 0,0018), mientras que la ingesta estimada de proteína cruda no fue significativa (P= 0,08) concluyendo que tanto la ovulación como la tasa de ovulación en las ovejas se ven potenciadas por un aumento en la ingesta de

energía. Esta respuesta ovulatoria se ve aumentada por un incremento en la tasa de entrada de glucosa, facilitado por un suministro adicional de proteína metabolizable.

Por último, tener en cuenta que las ovejas no necesitan ser alimentadas por mucho tiempo o con mucha comida para incrementar la TO. La práctica australiana de alimentar a las ovejas por períodos cortos con grano de lupino no es otra cosa que proveer al animal con un alimento alto en proteína y energía cuando estos componentes están faltando o están en baja proporción en las pasturas secas o de baja calidad del verano (Banchero & Quintans, 2005)

2.6 Impacto de la categoría sobre la concepción

La madurez y el tamaño de la oveja tienen gran importancia sobre su potencial reproductivo (Jordán de Urries, 1988). La fertilidad es más elevada en las ovejas adultas, incrementándose con la edad hasta los 4 – 6 años para ir declinando ligeramente después (Deza, 1997). En concordancia con este autor, Buratovich (2010) mediante un estudio donde se evaluó la fertilidad de 7 razas de ovinos y dos cruzas a lo largo de toda su vida, se vio que la fertilidad promedio era de 45 a 75% al primer año, se elevaba al 85 – 95% entre los 4 – 6 años, para volver a descender al 60 – 80% a los 9 años.

El inicio de la pubertad en las borregas se encuentra estrechamente asociado al PV, ocurriendo generalmente cuando el animal alcanza entre el 60 y 70 % de su peso adulto (Gordon, 1997; Keane, 1974). Las borregas presentan menores concentraciones plasmáticas de P4 y menor tasa ovulatoria en comparación con ovejas adultas, lo que puede incrementar las pérdidas embrionarias, especialmente bajo condiciones de restricción nutricional (Edey, 1976; McMillan & McDonald, 1985). El manejo nutricional previo y durante la encarnerada es determinante para optimizar la actividad ovárica y la tasa de preñez en borregas (Robinson, 1990). Sin embargo, para maximizar la fertilidad en la primera encarnerada, se recomienda que las borregas alcancen aproximadamente el 80 % del peso adulto, lo que en sistemas extensivos suele corresponder a 36–38 kg, dependiendo de la raza y biotipo. En el caso de ovejas

adultas utilizando la herramienta de la CC, se recomienda que las mismas presenten una CC superior a 3 al inicio de la encarnerada (evitando exceso de estado) (Montossi et al., 2005). La importancia de este factor ha sido demostrada evidenciando la existencia de un peso crítico (37 Kg en el caso de la raza Merino), ya que por debajo de ese peso la oveja no se reproduce con eficiencia. El peso de la oveja no solo influye sobre el número de ovejas falladas sino también sobre la cantidad de ovejas gestantes de mellizos, siendo aconsejable que ambas categorías durante la encarnerada sigan ganando peso para aumentar su fertilidad (Azzarini & Ponzoni, 1971).

En este sentido, para el caso de multíparas el período destete–encarnerada es una etapa de gran importancia para recuperar el peso perdido durante la lactancia de la oveja de cría, y lograr los objetivos de peso y CC anteriormente mencionados, con el propósito de mejorar la eficiencia reproductiva de la majada (Montossi et al., 2005). En general la acumulación de CC reservas corporales se observa desde el destete hasta el inicio de la preñez, el aumento de PV y CC durante el período posterior al destete probablemente se deba a una disminución de los requerimientos energéticos de las ovejas. La movilización de CC ocurre desde la mitad de la preñez hasta el destete, incluso se observa un ligero y breve aumento en estas reservas después de la lactancia temprana, seguido de una disminución a mitad de la lactancia. Esta disminución durante la preñez y la lactancia probablemente se deba al conocido balance energético negativo de esta etapa fisiológica (Freer et al., 2007; Gordon, 1997; Russel et al., 1969).

Los resultados respecto al impacto de la categoría en los resultados de concepción al servicio de IATF empleando protocolos largos en base a PG muestran que, si la borrega llega con buen desarrollo al servicio, no habría diferencias entre borregas y ovejas en esta variable (Bentancor & González, 2015; Bonino & Grela, 2014).

3. HIPÓTESIS

La hora de servicio influye en los resultados reproductivos obtenidos con una IATF basada en tres dosis de PG (protocolo 3PG), independientemente de la categoría ovina

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Generar información que mejore los resultados reproductivos en ovinos empleando protocolos de sincronización de estros en base a PG.

Objetivos específicos

Evaluar el efecto en resultados reproductivos de tres momentos de IATF empleando el protocolo 3PG (56, 68 u 80 horas después de la última dosis de PG).

Evaluar el impacto de la categoría ovina (nulípara o multípara) empleando el protocolo 3PG.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Centro de Innovación y Capacitación Ovina “Mario Azzarini” del Secretariado Uruguayo de la Lana (CICOMA – SUL; latitud 31° 05’ S, longitud 57° 01’ O; Salto, Uruguay) en estación reproductiva (marzo-junio). Todos los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité Honorario de Experimentación Animal de la Facultad de Veterinaria-Universidad de la República, Uruguay (CUEA-Fvet. Protocolo N° 1043).

5.1 Animales

Se involucraron durante la estación reproductiva un total de 507 ovinos de raza merino australiano, registrándose 362 ovejas multíparas destetadas 68 días antes del inicio del protocolo (inicio el 28/3) y 145 nulíparas (borregas dos dientes) aptas para el servicio, evaluadas por examen de aptitud reproductiva, donde se evalúa integridad visual, bucal, mamaria, podal y vulvar según metodología proporcionada por el SUL, 2018. En el caso de los reproductores machos se utilizaron 13 carneros, además de capones androgenizados con el fin de bioestimular, a razón de dos capones cada 100 ovejas (2%).

5.2 Manejo sanitario

Previo al experimento se realizó la revisión completa de la majada con el fin de monitorear presencia de enfermedades podales, llevando a cabo el manejo adecuado para estas patologías que consiste en el descarte de animales crónicos y el tratamiento de animales con lesiones incipientes. Además, fueron inmunizados todos los animales contra enfermedades clostridiales (Clostrisan9+T®; Laboratorio Virbac-Santa Elena, Montevideo, Uruguay), mediante inoculación por vía subcutánea a una dosis de 2 ml/animal, y dosificados mediante vía oral contra nematodos gastrointestinales a través del uso de drogas de eficacia conocida (Naphtalophos a una dosis de 50 mg/kg). Durante todo el ensayo se realizó un monitoreo constante de aparición de enfermedades podales y de la carga parasitarias en materia fecal mediante la técnica Mc Master, con una sensibilidad de 50 huevos por gramos (HPG) (Thienpont et al.,1986).

5.3. Manejo nutricional y evaluación del campo natural

Se trabajó con majada pastoreando campo natural (3 ovejas/ha o 0,45 UG/ha) con muy baja disponibilidad de forraje (no cuantificable), ya que se estaba transitando por un importante déficit de precipitaciones en la región (noviembre 2022 a febrero 2023 acumulado de 140 mm, abril 2023 a junio 2023 acumulado de 119 mm) (Jornada anual de CICOMA, Periodo 2022-2023). Cabe destacar que, en la categoría nulípara, desde un mes previo a la IATF y hasta el comienzo del servicio de repaso con carneros (Día 16) se estableció, buscando llegar a un desarrollo adecuado, una suplementación táctica (ración “Corderos Engorde” empresa CALSAL al 1% PV/día; 17% de proteína bruta y 12% de fibra cruda), interrumpiendo estos solo siete días luego de la IATF. La categoría multípara no fue suplementada durante este período a la espera de su natural recuperación pos-destete, y de lluvias que mejoraran la disponibilidad y calidad del campo natural.

5.4. Diseño experimental

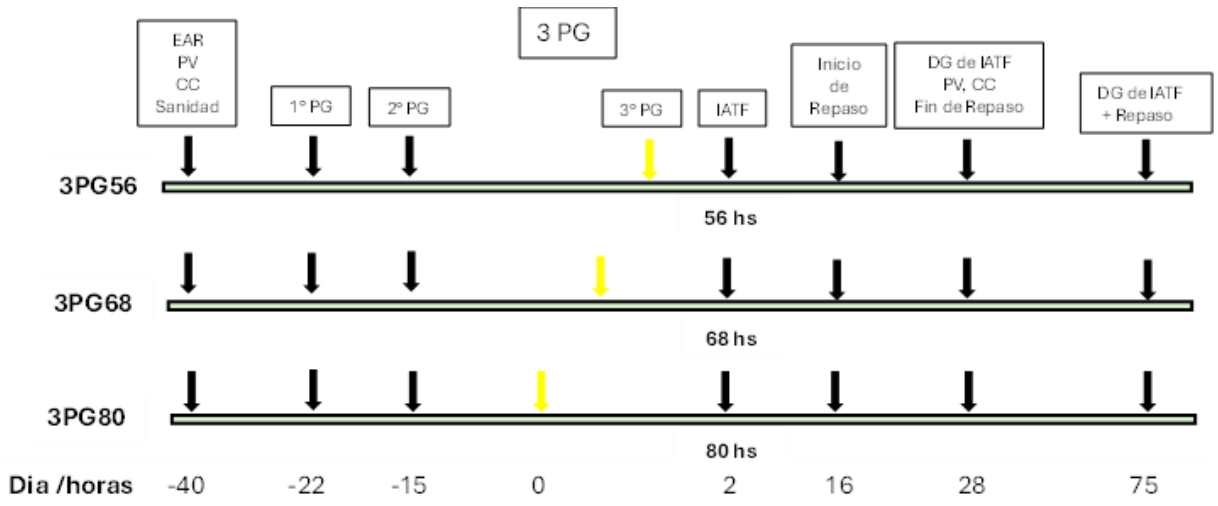
El Día -40 (Día u Hora 0= última dosis de PG), y con un diseño experimental 3X2 (hora de servicio en protocolo 3PG 56, 68 u 80 horas pos ultima PG y categoría nulípara o multípara), se comienza con revisión de la majada a nivel reproductivo (EAR), sanidad, asignándose al azar las ovejas a los diferentes grupos teniendo en cuenta su CC (3,17±0,03, nulíparas 3,45 ± 0,06 *vs.* multíparas 2,89 ± 0,03), su PV (41,1± 0,03 *vs*. 42,03± 0,04; balanza Tru-test®; modelo ID 5000), y los antecedentes reproductivos en la última parición en multíparas (parto simple o doble)

Todas las ovejas fueron sincronizadas mediante la inyección intramuscular de tres dosis de PG (160 µg de Delprostenate por dosis y por oveja, utilizando jeringas de insulina desechables; Glandinex®, Laboratorio Universal Lab, Uruguay) con un intervalo de 7 días entre la primera y la segunda y de 15 días entre la segunda y la tercera (Días -22, -15 y 0, protocolo 3PG respectivamente) (Figura 2; Diseño Experimental). La CC y PV fueron nuevamente evaluadas al Día 28.

5.5 Esquema de diseño experimental

Figura 2

Cronograma Experimental



Nota. EAR = Examen aptitud reproductiva; PV = Peso vivo; CC = Condición corporal. IATF = Inseminación Artificial a Tiempo Fijo; Repaso = Servicio con carneros a campo; PG = Inyección (vía intramuscular) de un análogo sintético de Prostaglandina F2α; DG = Diagnóstico de gestación (IATF + Repaso); 3PG56= protocolo de 3 dosis de PG con la inyección de la última dosis 56 horas antes de la IATF en nulíparas y multíparas; 3PG68= protocolo de 3 dosis de PG con la inyección de la última dosis 68 horas antes de la IATF en nulíparas y multíparas; 3PG80= protocolo de 3 dosis de PG con la inyección de la última dosis 80 horas antes de la IATF en nulíparas y multíparas.

5.6 IATF y determinaciones en mucus cervicovaginal

La IATF se llevó a cabo vía cervical, utilizando semen fresco hetero-espérmico (pool) a las 56, 68 u 80 horas después de la última dosis de PG, aplicando la técnica "over the rail" según lo descrito por Durán del Campo (1980), realizada por dos inseminadores. Se utilizo un pool de semen de 13 carneros clínicamente aptos y adiestrados a la extracción de semen por la técnica de

vagina artificial (Evans & Maxwell, 1987). El pool se preparó a partir de dos eyaculados de cada carnero con más de 80% de motilidad progresiva, concentración y volumen a nivel macroscópico, según Evans y Maxwell (1987), a nivel microscópico se registraron parámetros como: motilidad masal (0-5), motilidad individual (> a 75% progresiva), concentración (2.500 – 4.500 $x10^6$/ml, espermatozoides normales (> a 80%), viabilidad (mayor a 80% vivos).

Este semen (pool) fue diluido con leche descremada UHT en una proporción de 1:1, alcanzando una concentración de 1500 millones de espermatozoides vivos por mililitro, utilizando un fotómetro SpermaCue® Minitub de Alemania, y se le añadió un antibiótico (Enrofloxacina 10% a 250 mg/L de leche UHT; laboratorio Bayer, Montevideo, Uruguay). La mezcla se mantuvo temperatura ambiente (20°C) durante su uso. Cada oveja recibió aproximadamente 150 millones de espermatozoides vivos durante la inseminación, que se realizó de manera aleatoria entre los diferentes grupos e inseminadores. Durante la IATF, se evaluó visualmente el aspecto del moco cervicovaginal utilizando la escala de Restall (1961), que clasifica el moco en seis grados: 1 (claro y escaso, inicio del estro), 2 (claro y abundante), 3 (nuboso y abundante), 4 (espeso y escaso), 5 (cremoso) y 6 (caseoso, final o fuera de estro).

Con el fin de promover el efecto macho durante el protocolo, se prepararon capones androgenizados con Ciclopentilpropionato de Testosterona (300 mg/capón total, distribuidas en dos dosis de 200 y 100 mg respectivamente con diferencia de 7 días entre sí; Laboratorio Dispert, Montevideo, Uruguay), usados a razón de dos cada 100 ovejas, con el fin de promover el efecto macho durante el protocolo, su incorporación a la majada se realizó al momento de la tercera dosis de PG, y hasta el inicio del primer repaso.

5.7. Servicio de repaso y determinación ecográfica Día 28 y 75

Se llevaron a cabo dos servicios de repaso durante 10 días cada uno (el primero desde el Día 16 al 26 y el segundo desde el Día 39 al 49) con carneros de la misma raza, utilizados a razón de tres cada 100 ovejas, y pintados en la zona prepucial con tierra de color y grasa, con cambio de color entre repasos. Al Día 28 se realizó la primera evaluación reproductiva por medio de ecografía transrectal con sonda lineal (ecógrafo Aloka ProSound, 7,5 MHz).

Luego de finalizados los repasos se evaluó al Día 60 la carga fetal final por ecografía (según Viñoles et al., 2010), esta vez con sonda transabdominal (transductor convexo de 3,5 MHz; Aloka®, Tokyo, Japón) confirmando preñeces de la IATF y repaso 1 y 2). De esta forma se estimó la concepción (número de ovejas gestantes/ ovejas inseminadas), prolificidad (número de fetos/ oveja gestante) y fecundidad (fetos/total ovejas inseminadas * 100) para cada hora de servicio de IATF y categoría, y durante el repaso.

5.8. Análisis estadístico

La CC, mucus cervicovaginal, concepción, prolificidad y fecundidad fueron comparadas usando análisis de varianza para variables categóricas utilizando el procedimiento CATMOD de SAS (SAS 8.3 V; SAS Institute Inc., 2000). El modelo estadístico incluyó la hora de servicio en el protocolo 3PG (3PG56, 68 u 80 horas), la categoría de oveja usada (nulípara o multípara), y sus interacciones. Para variables en las cuales el protocolo de sincronización y momento de IATF fue significativo las diferencias entre grupos fueron comparadas usando contraste de pares y las probabilidades fueron corregidas usando el método Bonferroni-Holm para test múltiples. Datos de CC y prolificidad son presentadas como medias ± EE, mientras datos de concepción y fecundidad son presentados como porcentajes. Diferencias fueron consideradas significativas si $P< 0,05$. ≤

6. RESULTADOS

Se observaron diferencias significativas de CC inicial (Día -40; 3,4 ± 0,24 *vs.* 3,0 ± 0,31) y final (Día 28; 3,5 ± 0,21 *vs.* 2,8 ± 0,26) entre ovejas nulíparas y multíparas, respectivamente. El PV inicial (Día -40; 37,7 ± 0,03 kg *vs.* 42 ± 0,04 kg) entre categorías y PV final (Día 28) no se observaron diferencias significativas para esta variable (P> 0,05). El 65% de las ovejas multíparas tuvo una CC final ≤ a 2,75, mientras que en el caso de nulíparas no se observó ningún animal con una CC ≤ a 2,75.

En las Figuras 3 y 4 se presentan los porcentajes de ovejas nulíparas y multíparas según el aspecto del mucus cervicovaginal al servicio de IATF respectivamente. En términos generales, se observa una mayor concentración de animales en los grados 1, 2 y 3, destacándose el grado 2, que reúne el mayor porcentaje tanto en ovejas multíparas (39%) como nulíparas (45,5%) en los protocolos 3PG56 y 3PG68. La excepción es el protocolo 3PG80, en el que predomina el grado 1, con 39% en multíparas y 49% en nulíparas, por lo tanto, se observó diferencias entre horas de servicios en referencia al grado de mucus cervicovaginal (predomino el grado 2 para 3PG56 Y 3PG68, en el caso de 3PG80 predomino el grado 1).

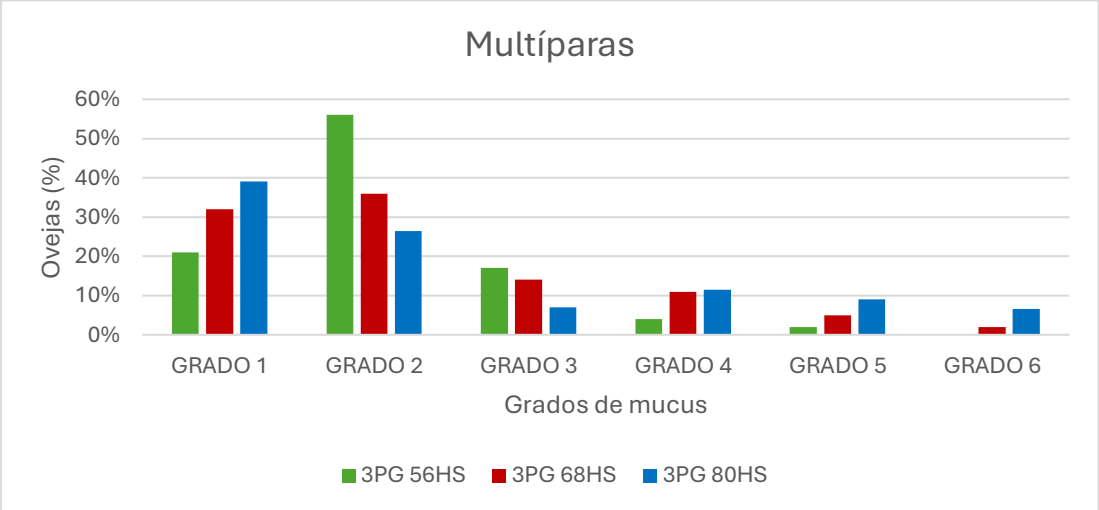


Figura 3: Distribución (%) según aspecto del mucus cervicovaginal al servicio de IATF en ovejas merino australiano, sincronizadas con tres dosis de PG (protocolo 3PG) e IATF a las 56, 68 u 80 h (protocolos 3PG56, 68 y 80 respectivamente).

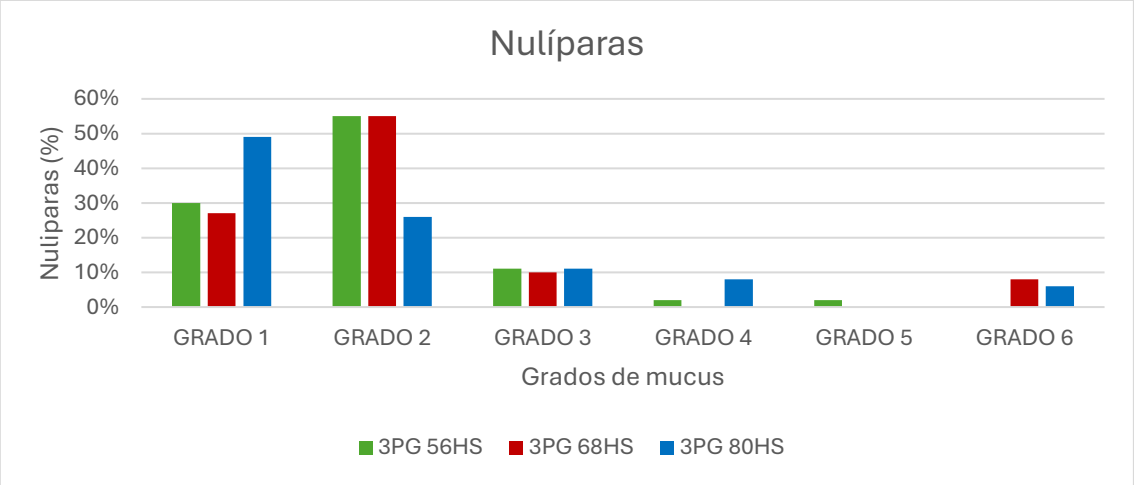


Figura 4: Distribución (%) según aspecto del mucus cérvico vaginal al servicio de IATF en nulíparas merinos australianos sincronizadas con tres dosis de PG (3PG) e IATF a las 56, 68 u 80 horas (protocolos 3PG56, 68 y 80 respectivamente).

En las Tablas 2 y 3 se muestran los resultados reproductivos del servicio de IATF y de IATF más repaso.

Tabla 2. Resultados reproductivos al servicio de IATF de ovejas nulíparas y multíparas de raza merino australiano, sincronizadas con tres dosis de prostaglandina F2α (PG) e IATF a las 56, 68 u 80 horas (protocolo 3PG56, 68 y 80 respectivamente).

Categoría	**Protocolo** (n)	**Concepción** (%)	**Prolificidad**	**Fecundidad** (%)
Nulípara	**3PG56** (49)	59,2	1,03 ± 0,03	61,2
	3PG68 (49)	69,4	1,09 ± 0,05	75,5
	3PG80 (47)	42,6	1,05 ± 0,05	44,7
Multípara	**3PG56** (117)	45,3	1,08 ± 0,04	48,7
	3PG68 (123)	32,5	1,10 ± 0,05	35,8
	3PG80 (122)	12,3	1,13 ± 0,09	13,9

3PG56, 68 y 80: administración de tres dosis de un análogo sintético de prostaglandina F2α (PG; Días -22, -15 y 0) e IATF a 56, 68 u 80 horas de la última dosis de PG respectivamente. Dia u Hora 0= última dosis de PG. Concepción (ovejas gestantes/total de ovejas * 100). Prolificidad

(embriones/oveja gestante). Fecundidad (fetos/total ovejas inseminadas * 100) evaluadas al Día 26 por ultrasonografía transrectal.

Se observó que, independientemente de la categoría considerada, hubo efecto de la hora de servicio utilizada. La concepción y fecundidad fueron significativamente mayores (P< 0,001) en la hora 3PG56 (49,4 y 52,4%) y 3PG68 (43,0 y 47,1%) que en la hora 3PG80 (20,7 y 22,5%, concepción y fecundidad respectivamente), sin diferencias en la prolificidad (1,06 ± 0,03, 1,09 ± 0,03 y 1,09 ± 0,05 respectivamente; P> 0,05). Por otra parte, independientemente de la hora de servicio empleada, hubo efecto de la categoría de oveja en los resultados de IATF. La concepción (57,2 *vs.* 29,8%) y fecundidad (60,7 *vs.* 32,6%) fue mayor al servicio IATF en las ovejas nulíparas que en las multíparas (P< 0,001), cabe destacar que esta categoría con resultados a favor recibió suplementación, sin diferencias en la prolificidad (1,06 ± 0,03 *vs*. 1,09 ± 0,03 respectivamente; P> 0,05). No se observó sin embargo interacción entre el protocolo y la categoría en los resultados a la IATF (P> 0,05).

En la Tabla 3 se muestran los resultados reproductivos de IATF y los dos servicios de repasos con carneros.

Tabla 3. Resultados reproductivos al servicio de IATF de ovejas nulíparas y multíparas de raza merino australiano, sincronizadas con tres dosis de prostaglandina F2α (PG) e IATF a las 56, 68 u 80 horas (protocolo 3PG56, 68 y 80 respectivamente) más dos servicios de repaso.

Categoría	**Protocolo** (n)	**Concepción** (%)	**Prolificidad**	**Fecundidad** (%)
Nulípara	**3PG56** (49)	93,9	1,00 ± 0,03	96,0
	3PG68 (49)	96,00	1,00 ± 0,04	101,7
	3PG80 (47)	89,4	1,08 ± 0,04	95,6
Multípara	**3PG56** (117)	90,6	1,03 ± 0,04	96,0
	3PG68 (123)	85,4	1,00 ± 0,04	88,8
	3PG80 (122)	88,4	1,01 ± 0,06	91,1

3PG56, 68 y 80: administración de tres dosis de un análogo sintético de Prostaglandina F2α (PG; Días -22, -15 y 0) e IATF a 56, 68 u 80 horas de la última dosis de PG respectivamente. Dia u Hora 0= última dosis de PG. Concepción (ovejas gestantes/total de ovejas * 100). Prolificidad (embriones/oveja gestante). Fecundidad (fetos/total ovejas inseminadas * 100) evaluadas en los servicios de repaso (2). Servicios con carneros asignados al 3% desde el l Dia 16 al 26 y del Dia 39 al 49 (Día 0= ultima dosis de PG).

No se observó efecto de la hora de servicio ni de la categoría empleada en la concepción, prolificidad o fecundidad luego de tres servicios (P> 0,05).

7. DISCUSIÓN

En las condiciones de manejo descriptas en este experimento se acepta, en forma parcial, la hipótesis planteada. La hora de servicio y la categoría ovina empleada influyeron en los resultados reproductivos obtenidos a IATF en un protocolo en base a tres dosis de PG. Diferentes factores podrían explicar estos resultados.

En primer término, y en referencia al efecto de la “hora de servicio” en los resultados con el protocolo 3PG a la IATF, trabajos previos reportan que con servicio a las 68 horas pos ultima dosis de PG se obtendría una mayor fertilidad y fecundidad que con el protocolo 2PG15 en ovejas multíparas (Álvarez et al., 2023; Negrín et al., 2024). Esto fue adjudicado a una mayor respuesta y sincronía de estros luego de la última dosis de PG (vinculado a la pre-sincronización generada por las dos primeras dosis) y a los mejores niveles de P4 plasmática en la etapa lútea temprana observados con este protocolo (Curbelo & Rodríguez, 2022; Negrin, 2026). Sin embargo, esta mejor concepción del protocolo 3PG no se observó cuando se incluyó a la categoría nulípara, denotando quizás aspectos relacionados a la fisiología estral de la categoría en sí misma (como duración, demostración del estro, comportamiento, etc.), o a la hora de servicio elegida. Según lo observado en nuestro experimento, e independientemente de la categoría, el intervalo entre las 56 y 68 horas pos ultima dosis de PG sería la ventana más adecuada para realizar la IATF vía cervical con semen fresco con el protocolo 3PG. La concepción y fecundidad final disminuirían con un servicio de IATF a las 80 horas. La alta sincronía de estros observada entre las 24 y 60 horas con el protocolo 3PG (Curbelo & Rodríguez, 2022; Negrin, 2026), explicaría quizás los mejores resultados de concepción obtenidos en la ventana de servicio entre las 56 y 68 horas con este protocolo.

En segundo lugar, e independientemente de la hora de servicio, se observó un efecto de la “categoría” en los resultados al servicio de IATF con el protocolo 3PG. Trabajos previos denotaron también un efecto de la categoría en los resultados cuando se realizó la IATF a las 68 hs pos ultima dosis de PG

(Negrín et al., 2024), no observando diferencias de concepción en comparación con el protocolo 2PG15, en tanto si se observó diferencias en la categoría multípara. No obstante, estos hallazgos no necesariamente coinciden con lo esperado a partir de lo revisado previamente. No se observó un efecto de la "categoría" en la concepción de protocolos "cortos" (7), "medios" (10 y 12) o "largos" (14 a 16 días) de separación entre las dosis de PG (Bentancor & González, 2015; Bonino & Grela, 2014). De acuerdo con estos antecedentes, cuando el desarrollo de la categoría borrega nulípara en su primer servicio es el adecuado (por encima del 80% del PV adulto) no se observarían diferencias de concepción al servicio de IATF. Considerando este PV mínimo de servicio que en nuestro caso y de acuerdo a la raza ovina en cuestión sería un peso de 36 a 38 kg (Montossi et al., 2005), y en manejos tradicionales con servicio de carneros a campo o de IA con detección de estro, las diferencias de concepción observadas entre nulíparas y multíparas podrían atribuirse, en mayor medida, a particularidades conductuales de la categoría nulípara. Se hace referencia a la duración y expresión del estro, que dificultan tanto el encuentro con el carnero como su detección mediante dispositivos marcadores. Debido al manejo diferencial establecido (suplementación táctica de borregas nulíparas preservicio), y en las condiciones ambientales reinantes de nuestro experimento (régimen de precipitaciones), se llegó al servicio de IATF sin diferencias de PV (desarrollo), pero sí de CC entre nulíparas y multíparas, a favor de las nulíparas. Estas diferencias de CC entre categorías se acentuaron incluso hacia la segunda evaluación (Día 28). Esto se puede interpretar como un balance energético negativo en el caso de las ovejas multíparas y un "flushing nutricional" por suplementación en nulíparas. En condiciones habituales de pastoreo, sería esperable la presencia de diferencias en peso vivo o grado de desarrollo entre categorías. Existe una CC mínima crítica para alcanzar buenos resultados de concepción al servicio aun en ovejas multíparas. Trabajos nacionales muestran que el "estatus energético" representado por una CC menor a 2,75 puntos generaría inferiores resultados de concepción y fecundidad a IATF vía cervical con semen fresco respecto a grados superiores. Por encima de una CC de 3,25 puntos no se observarían diferencias en concepción o fecundidad (Menchaca et al., 2003).

Respecto al aspecto del mucus cervicovaginal a la hora de realizar la IATF se registraron diferencias en los grados de mucus cérvico vaginal, destacándose el grado 2, que reúne el mayor porcentaje tanto en ovejas multíparas (39%) como nulíparas (45,5%) en la hora 3PG56 y 3PG68, no así en el caso de la hora 3PG80, (donde predominó el grado 1). Los resultados de concepción a la hora 80 observados en nuestro experimento evidencian, quizás, una IATF realizada en forma tardía. En ese sentido lo esperado sería encontrar un mayor porcentaje de ovejas al final de su estro, es decir grados de mucus cervicovaginal 4, 5 o 6. Quizás la evaluación de esta variable en estros inducidos con PG no sean tan fiable o precisa. Se sabe que los niveles de estradiol, y en consecuencia la cantidad de mucus de estos estros, son menores que los observados en ovejas en estro natural (Fierro et al., 2016) y esto podría dar lugar a error en la apreciación de esta variable.

Por último, al observar la concepción y fecundidad final considerando los servicios en forma conjunta (IATF más repasos) los efectos de la hora de servicio y categoría desaparecen. Esto indicaría que el repaso con carneros sobre estro natural diluyo esas diferencias iniciales o que las ovejas multíparas mejoraron su estatus energético. Sin embargo, la distribución de los partos estará volcada más en el inicio en aquellos grupos con mejor nivel de concepción a la IATF.

8. CONCLUSION

El servicio de IATF vía cervical con semen fresco realizado entre las 56 y 68 horas pos ultima dosis de PG generó mejores resultados reproductivos que a las 80 horas con el protocolo 3PG. El mucus cervicovaginal no explico estas diferencias de concepción. Además, en la categoría nulípara se evidenció mejores resultados reproductivos al servicio de IATF con este protocolo. Una CC mayor alcanzada por un flushing nutricional preservicio explicaría este resultado.

9. Referencias bibliográficas

Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2006). Hormonal control of reproduction in sheep and goats. *Animal Reproduction Science, 92*(3-4), 221-243. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.06.007

Abecia, J.A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2011). Pharmaceutical control of Reproduction in sheep and goats. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 27*(1), 67 - 79. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.10.001

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

Abecia, J. A., Forcada, F., & Lozano, J. M. (1999). A preliminary report on the effect of dietary energy on prostaglandin F2α production in vitro, interferon-tau synthesis by the conceptus, endometrial progesterone concentration on days 9 and 15 of pregnancy and associated rates of embryo wastage in ewes. *Theriogenology, 52,* 1203 –1213.

Álvarez, F., Dall Oglio, L., & Soldini, V. (2023). *Sincronización de estros e inseminación artificial a tiempo fijo en ovinos con dos protocolos en base a análogos sintéticos de prostaglandina F2α* [Tesis de grado, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República]. Colibri. https://hdl.handle.net/20.500.12008/45523

Arratia, L. (2024). *Reproducción de ovinos en el Laboratorio de Reproducción Animal* [Informe de Pasantía, Facultad de Medicina Veterinaria, de la Universidad de la República de Uruguay]. UNA. https://repositorio.una.ac.cr/items/2ba701d2-735a-4877-8ec7-61124d56f376

Azzarini, M., & Ponzoni, R. (1971). *Aspectos modernos de la producción ovina.* Universidad de la República.

Baird, D.T. (1983). Factors regulating the growth of the preovulatory follicle in the sheep and human. *Journal of Reproduction and Fertility, 69,* 343-352.

Banchero, G., & Quintans, G. (2005). Efecto de la suplementación energética-proteica de corta duración sobre la tasa ovulatoria en ovejas. En *Seminario de Actualización Técnica: Reproducción Ovina*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

Banchero, G. E., Stefanova, K., Lindsay, D. R., Quintans, G., Baldi, F., Milton, J. T. B., & Martin, G. B. (2021). Ovulation and ovulation rate in ewes under grazing conditions: Factors affecting the response to short-term supplementation. *Animal, 15*(2), 100100. https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100100

Bartlewsky, P., Beard, A., Cook, S., Chandolia, R., Honaramooz, A., & Rawlings, N. (1999). Ovarian antral follicular dynamics and their relationships with

endocrine variables throughout the oestrus cycle in breeds of sheep differing in prolificacy. *Journal of Reproduction and Fertility, 115*, 111-124.

Bentancour, E., & González, V. (2015). *Comparación reproductiva de diferentes protocolos de IATF vía cervical en ovinos en base a prostaglandinas eCG* [Tesis de grado, Universidad de la República]. Colibri. http://hdl.handle.net/20.500.12008/10483

Bindon, B.M., Blanc, M.R., Pelletier, J., Terqui, M., & Thimonier, J. (1979). Preovulatory gonadotropin and ovarian steroid patterns in sheep of breeds with differing fecundity. *Journal of Reproduction and Fertility, 55,* 15–25.

Boland, M., Gordon, I., & Kelleher, D. (1978). The effect of treatment by prostaglandin analogue (ICI-80996) or progestagen (SC-9880) on ovulation and fertilization in cyclic ewes. *Journal of Agricultural Science, 91,* 727–730.

Bonino Techera, C. I., & Grela Albanes, M. S. (2014). *Respuesta reproductiva a la IATF de ovejas sincronizadas con dos dosis de un análogo sintético de PGF2α administrado a diferentes intervalos de tiempo* [Tesis de grado, Universidad de la República, Facultad de Veterinaria]. Colibri. https://hdl.handle.net/20.500.12008/10330

Buratovich, O. (2010). *Eficiencia reproductiva en ovinos. Factores que la afectan.* Parte II; *otros factores no nutricionales* (Carpeta Técnica Ganadería n°36). Estacion Experimental Agropecuaria INTA Esquel.

Burutaran, M., Fierro, S., & Negrín, F. (2024). Estrous, ovulation and reproductive responses of ewes synchronized with a long interval prostaglandin–based protocol for timed AI. *Theriogenology, 214,* 187–191. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.10.027

Castro, T., Menchaca, A., & Rubianes, E. (2007). Fisiología reproductiva y control del desarrollo folicular en ovejas y cabras. *En Fisiología y manejo reproductivo en pequeños rumiantes* (pp. 8-19). Instituto de Reproducción Animal del Uruguay.

Cortizas Ramos, C., & Gortari Voss, M.E. (2022). *Evaluación de la respuesta estral, fertilidad y prolificidad de un protocolo de pre-sincronización de celo con dos dosis de análogo de prostaglandina F2alfa en diferentes razas ovinas* [Tesis de grado, Facultad de Agronomía, Universidad de la República]. Catálogo Trabajos de final de grado. http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/book/76

Curbelo, L., & Rodríguez, A. (2022). *Sincronización de estros con un análogo sintético de prostaglandina F2α en ovejas merino australiano: comparación de respuesta estral y reproductiva de protocolos con dos o tres dosis* [Tesis de grado, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo]. Colibri. https://hdl.handle.net/20.500.12008/39361

Deza, C. (1997). *Manejo reproductivo de la majada*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Durán del Campo, A. (1980). *Anatomía, fisiología de la reproducción e inseminación artificial en ovinos.* Hemisferio Sur

Durán del Campo, A. (1993). Inseminación artificial. En *Manual práctico de reproducción e inseminación artificial en ovinos* (pp.43-45). Hemisferio Sur.

Edey, T. N. (1976). Embryo mortality. *Australian Veterinary Journal, 52*(11), 514-520.

Evans, G., & Maxwell, W. M. C. (1987). *Salamon's artificial insemination of sheep and goats* (2nd ed.). Butterworths.

Fernández Abella, D. (1993). *Temas de reproducción ovina e inseminación artificial en ovinos*. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República.

Fernández Abella, D. H., & Formoso, D. (2007). Estudio de la mortalidad embrionaria y fetal en ovinos*. Producción Ovina, 19,* 5-13.

Fernández Abella, D., Ibañez, W., & De Mora, M. (2006). Efecto del momento del servicio, número de servicio y periodo entre servicios, sobre la fertilidad de ovejas Merino sincronizadas con servicio a corral. *Producción Ovina, 18*, 49-55.

Fernández Abella, D. H., & Villegas, N. (2015). Mortalidad neonatal de corderos. En *Tecnologías reproductivas bovinas y ovinas* (pp. 27-46). Hemisferio Sur.

Fierro, S. (2010). *Pérdidas reproductivas en ovejas sincronizadas con prostaglandina* [Tesis de maestría, Facultad de Veterinaria, UDELAR]. Colibri. https://hdl.handle.net/20.500.12008/24084

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*, 399-408.

Fierro, S., Olivera, J., Gil, J., & Viñoles, C. (2011). Effects of prostaglandin administration on ovarian follicular dynamics, conception, prolificacy, and fecundity in sheep. *Theriogenology,76*, 630-639.

Fierro, S., & Olivera-Muzante, J. (2017). Long interval prostaglandin as an alternative to progesterone-eCG based protocols for timed AI in sheep. *Animal Reproduction Science, 180*, 78-84.

Fierro, S., Viñoles, C., & Olivera-Muzante, J. (2016). Concentrations of steroid hormones, estrous, ovarian, and reproductive responses in sheep estrous

synchronized with different prostaglandin-based protocols. *Animal Reproduction Science, 167*, 74-82.

Fierro, S., Viñoles, C., & Olivera-Muzante, J. (2017). Long term prostaglandin-based protocols improve reproductive performance after timed artificial insemination in sheep. *Theriogenology, 90,* 109-113.

Forcada, F., Abecia, J. A., Zarazaga, L., & Lozano, J. M. (1992). Influencia del plano de alimentación sobre los parámetros reproductivos en ovejas de reducido nivel ovulatorio. *Archivos de Zootecnia, 41,* 113-120.

Freer, M., Dove, H., & Nolan, J. V. (2007). *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. CSIRO Publishing.

García Pintos, P., Pittaluga, O., & Orcasberro, R. (2014). Efecto de la suplementación con monensina sobre el desempeño reproductivo de vacas de cría: Una revisión. *Revista INIA*, *38*, 45-49.

Gatti, M., & Ungerfeld, R. (2012) Intravaginal sponges to synchronize estrus decrease sexual attractiveness in ewes. *Theriogenology, 78*, 1796-1799.

Gibbons, A., Casas, N., & Cueto, M. (2010). Fertilidad en ovinos inseminados a tiempo fijo después de la sincronización de la ovulación con diferentes dosis de cloprostenol. *Revista Argentina de Producción Animal*, *30*(1), RF/SP 16.

Gil, J., Olivera, J., Fierro, S., Durán, G., Gamarra, J., Teixeira, V., Araujo, A., & Stoletniy, G. (2006). Inseminación intrauterina con semen congelado en majadas Merino Fino. Comparación de protocolos de sincronización estral. En *Proyecto Merino Fino del Uruguay. Séptima distribución de carneros generados en el núcleo fundacional de Merino fino de la Unidad Experimental "Glencoe"* . INIA.

Godfrey, R., Collins, J., Hensley, E., & Wheaton, J. (1999). Estrus synchronization and artificial insemination of hair sheep in the tropics. *Theriogenology, 51*, 985–997.

Goodman, R. L. (1994). Neuroendocrine control of the ovine estrous cycle. En E. Knobil & J. D. Neill (Eds.), *The physiology of reproduction* (Vol. 2, pp. 659-709). Raven Press.

Gordon, I. (1983). Fixed-time sheep artificial insemination. En *Controlled breeding in farms animals* (pp.197-208). Pergamon Press.

Gordon. (1997). *Controlled reproduction in sheep and goats*. CAB International.

Hackett, A.J., Langford, G.A., & Robertson, H.A. (1981). Fertility of ewes after synchronization of oestrus with a prostaglandin F2α and artificial insemination. *Theriogenology, 15*, 599-603.

Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (2002). *Reproducción e inseminación artificial en animales* (7ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Haresign, W., & Acritopoulou-Fourcroy, S. (1978). Controlled breeding in sheep using the prostaglandin analogue, ICI 80996. *Livestock Production Science*, *5*, 313- 319.

Houghton, J., Liberati, N., Schrick, F., Townsend, E., Dailey, R., & Inskeep, E. (1995). Day of estrous cycle affects follicular dynamics after induced luteolisis in ewes. *Journal Animal Science, 73*, 2094-2101.

Jordán de Urries, P. (1988). *Cría y explotación de la oveja*. Ediciones Mundi-Prensa.

Keane, M. G. (1974). Factores naturales que afectan la pubertad y el rendimiento reproductivo en corderas: una revisión. *Livestock Production Science, 1*(2), 197-214. https://doi.org/10.1016/0301-6226(81)90030-0

Knight, T. W., Oldham, C. M., & Lindsay, D. R. (1975). Studies in ovine infertility in agricultural regions in Western Australia: ovulation rate, fertility and lambing performance. *Australian Journal of Agricultural Research, 26,* 189-198.

Light, J. E., Silvia, X. J., & Reid, R. L., II. (1994). Luteolytic effect of prostaglandins F2 α and two metabolites in ewes. *Journal of Animal Science, 72*(10), 2718 - 2721. https://doi.org/10.2527/1994.72102718x

Loubser, P., & Van Niekerk, C. (1981). Oestrus synchronization in sheep with progesterone-impregnated (MAP) intravaginal sponges and a prostaglandin analogue. *Theriogenology, 15*(6), 547-552.

Lozano, J. M., Abecia, J. A., Forcada, F., & Zarazaga, L. (2003). Effect of undernutrition on interferon-τ production by the conceptus and endometrial prostaglandin secretion in ewes**.** *Theriogenology*, *60*, 1023–1034.

Maddison, J. W., Rickard, J. P., Mooney, E., Bernecic, N. C., Soleilhavoup, C., Tsikis, G., Druart, X., Leahy, T., & de Graaf, S.P. (2016). Estrus synchronization and superovulation alter the production and biochemical constituents of ovine cervicovaginal mucus. *Animal Reproduction Science, 172,*114-122.

Manes, J., & Ungerfeld, R. (2015). Sincronización de estros en ovejas y cabras con dispositivos intravaginales liberadores de progestágenos: Alteraciones en ambiente vaginal y su relación con la fertilidad. *Revista Brasileira de Reprodução Animal, 39*(1), 104–108. http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/v39n1/pag104-108%20(RB537).pdf

McCracken, J. A., Glew, M. E., & Scaramuzzi, R. J. (1970). Corpus luteum regression induced by prostaglandin F2α. *Obstetrical & Gynecological Survey*, *25*(11), 1076 - 1077.

McMillan, W. H., & McDonald, M. F. (1985). Survival of embryos in fertilized ewe lambs and hoggets. *New Zealand Journal of Agricultural Research, 28*(4), 455–461.

Menchaca, A., Gil, J., Olivera, J., & Rubianes, E. (2003). Effect of body condition score at time of service on fertility and fecundity in artificially inseminated ewes. En H. Tríbulo & G. Bo (Eds.), *Proceedings of the V International Symposium on Animal Reproduction* (p. 404). ISABR.

Menchaca, A., Miller, V., Gil, J., Pinczak, A., Laca, M., & Rubianes, E. (2004). Prostaglandin F2α treatments associated with Timed Artificial Insemination in ewes. *Reproduction Domestic Animal, 39*, 352-355.

Menchaca, A., & Rubianes, E. (2004). New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development, 16(*4), 403-413.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2011). *Censo General Agropecuario 2011.* https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-%20pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/censo-general-%20agropecuario-2011.

Montossi, F., De Barbieri, I., Nolla, M., Luzardo, S., Mederos, A., & San Julián, R. (2005). El manejo de la condición corporal en la oveja de cría: Una herramienta disponible para la mejora de la eficiencia reproductiva en sistemas ganaderos. *En Seminario de Actualización Técnica sobre Reproducción Ovina: Recientes avances realizados por el INIA* (Serie Actividades de Difusión N° 401, pp. 29-38). INIA Tacuarembó. https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12852/1/sad-401-p49

Morley, F. H., White, D. H., Kenney, P. A., & Davis, I. F. (1978). Predicting ovulation rate from the live weight in ewes. *Agricultural Systems, 3*, 27-45.

Negrín, F. (2026). Datos no publicados. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República.

Negrín, F., Burutaran, M., Minteguiaga, M., Gil, J., Fierro, S., & Olivera, J. (2024, 3-6 de diciembre). Evaluación reproductiva de un nuevo protocolo de inseminación artificial cervical a tiempo fijo basado en tres dosis de un análogo sintético de prostaglandina F2α. En Asociación Panamericana de Ciencias Veterinarias (Ed.), *XXVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias "Una salud: Una voz desde todas las áreas de la profesión"*. (Vol. 27, pp.398-399). PANVET.

Oficina de Programación y Política Agropecuaria. (2024). *Anuario OPYPA 2024*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/anuario-opypa-2024

Olivera, J., & Gil, J. (2005). Estudio de diferentes alternativas para la sincronización de estros en ovinos: descripción y valorización económica. Centro Médico Veterinário de Paysandú (Ed.), *Jornadas de Buiatría* (Vol. XXXIII, pp. 195-196). Centro Médico Veterinário de Paysandú.

Olivera, J., Gil, J., Fierro, S., Araujo, A., Filliol, E., & Stoletniy, G. (2007). Sincronización de estros en ovinos: Efecto del intervalo entre dosis de

PGF2α y del momento de IA a Tiempo Fijo con el protocolo Synchrovine®. Centro Médico Veterinário de Paysandú (Ed.), *Jornadas de Buiatría* (Vol. XV, pp. 330-333). Centro Médico Veterinário de Paysandú.

Olivera-Munzante, J. (2017). Manejo reproductivo ovino de precisión: la experiencia de tres años en un predio extensivo sobre basalto. En *XIV Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 117-129). Facultad de Veterinaria. https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/2835/JB2017_117-129.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Olivera-Muzante, J. (2018). *Inseminación artificial cervical a tiempo fijo en ovinos empleando análogos de prostaglandina*. INIA.

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,* 1232-1238.

Olivera-Muzante, J., Fierro, S., & Minteguiaga, M. (2020). Los regímenes de tratamiento basados en prostaglandinas a intervalos largos no afectan las tasas de ovulación o prolificidad de las ovejas multíparas después de la IA cervical a tiempo fijo. *Animal Reproduction Science, 218*,106482. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106482

Olivera-Muzante, J., Gil, J., Fierro, S., Menchaca, A., & Rubianes, E. (2011). Alternatives to improve a prostaglandin-based protocol for 40 timed artificial insemination in sheep. *Theriogenology, 76,* 1501-1507.

Powell, M., Kaps, M., Lamberson, W., & Keisler, D. (1996). Use of melengestrol acetate-based treatments to induce and synchronize estrus in seasonally anestrous ewes. *Journal of Animal Science, 74*, 2292–2302.

Restall, B. (1961). The relationship between oestrus, vaginal mucus and ovulation. En *Artificial Breeding of Sheep in Australia: Proceedings of the Conference, University of New South Wales* (p. 67). University of New South Wales.

Robinson, J. (1990). Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutrition Research Reviews, 3*(1),253-276. https://doi.org/10.1079/NRR19900015

Rubianes, E., Menchaca, A., & Carbajal, B. (2003). Response of the 1 to 5-day aged ovine corpus luteum to Prostaglandin F2a. *Animal Reproduction Science, 78*, 47-55.

Rubianes, E., Menchaca, A., Gil, J., & Olivera-Muzante, J. (2004). Reproductive performance of a new timed artificial insemination protocol (Synchrovine®) in sheep [Abstract]. *Reproduction, Fertility and Development, 16*(4), 508.

Rubianes, E., Ungerfeld, R., & De Castro, T. (1999). Inducción y sincronización de estro en ovejas y cabras. En *III Simposio de Reproducción Animal* (pp. 109-131). IRAC.

Russel A. J. F., J. M. Doney, & R. G. Gunn. (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science*, *72*, 451–454.

Secretariado Uruguayo de la Lana. (s.f.). *Corderos y producción ovina en Uruguay.* https://www.sul.org.uy/noticias/416

Smith, J. F. (1988). Influence of nutrition on ovulation rate in the ewe. *Australian Journal of Biological Sciences, 41*, 27-36.

Soto, A. T., Verano Gómez, M., & Seillant, C. A. (s. f.). *Reproducción en ovinos y caprinos: Sincronización de estros e inseminación artificial*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.

Thienpont, D., Rochette, F., & Vanparijs, O. (1986). *Diagnosing helminthiasis by coprological examination* (2° ed.). Janssen Research Foundation.

Ungerfeld, R. (2002). Control endocrino del ciclo estral. En R. Ungerfeld (Ed.), *Reproducción en los animales domésticos* (Vol. 1, pp. 41-55). Melibea.

Ungerfeld, R. (2020). *Reproducción de los animales domésticos.* Edra https://www.researchgate.net/publication/343295606_REPRODUCCION_DE_LOS_ANIMALES_DOMESTICOS

Ungerfeld, R., & De Castro, T. (1999). Estrous response to the ram effect in Corriedale ewes primed with progesterone during the breeding and non-breeding seasons. *Small Ruminant Research, 32*(2), 89-93.

Vilariño, M., Cuadro, F., Dos Santos-Neto, P. C., García-Pintos, C., & Menchaca, A. (2017). Time of ovulation and pregnancy outcomes obtained with the prostaglandin-based protocol Synchrovine® for FTAI in sheep. *Theriogenology, 90*, 163-168.

Vilariño, M., Rubianes, E., van Lier, E., & Menchaca, A. (2010). Sérum progesterone concentrations, follicular development and time of ovulation using a new progesterone releasing device (DICO®) in sheep. *Small Ruminant Research, 91,* 219-224.

Viñoles, C., Forsberg, M., Banchero, G., & Rubianes, E. (2002). Ovarian follicular dynamics and endocrine profiles in Polwarth ewes with high and low body condition. *Animal Science, 74*, 539-545.

Viñoles, C., Meikle, A., Repetto, J., Cajarville, C., Martin, G.B., & Forsberg, M. (2003). Siete días de suplementación con concentrados permite aumentar la tasa ovulatoria en ovejas Corriedale. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. XXXI, pp. 144-146). Centro Médico Veterinario de Paysandú.

Viñoles, C., Paganoni, B., Glover, K. M. M., Milton, J. T. B., Blache, D., Blackberry, M. A., & Martin, G. B. (2010). The use of a “first-wave” model to study the effect of nutrition on ovarian follicular dynamics and ovulation rate in the sheep. *Reproduction, 140*, 865-874.

Viñoles, C., & Rubianes, E. (1998). Origin of the preovulatory follicle after induced luteolysis during the early luteal face in ewes. Canadian. *Journal Animal Science, 78*, 429-431.

Wheaton, J., Carlson, K., Windels, H., & Johnston, L. (1993). CIDR: a new progesterone-releasing intravaginal device for induction of estrus and cycle control in sheep and goats. *Animal Reproduction Science, 33*, 127–141.