

Universidad Nacional
Facultad Ciencias de la Salud
Escuela de Medicina Veterinaria

**Biotechnologías aplicadas a la reproducción de ovinos en la
Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de la
República en Uruguay**

Modalidad: Pasantía

**Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico
Licenciatura en Medicina Veterinaria**

Leonardo Campos Alfaro

Campus Presbítero Benjamín Núñez, Heredia

2025

TRIBUNAL EVALUADOR

Laura Bouza Mora, M.Sc.

Decana Facultad de Ciencias de la Salud

Julia Rodríguez Barahona, Ph.D.

Directora Escuela de Medicina Veterinaria

Jorge Chacón Calderón, Ph.D.

Tutor

Jorge Gil Laureiro, Ph.D.

Asesor

Fecha: 11 de noviembre del 2025

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Le dedico este trabajo a mis padres, gracias por su amor y apoyo incondicional cada día.

Le agradezco a mi familia, por ser mi mayor pilar y por hacerme la persona que soy hoy. A mis sobrinos, por la alegría que le dan a mi vida. A mis hermanos, por estar siempre, y en especial a Jorge, mi compañero de cabras, por su ayuda y apoyo en todo.

A Jop, por siempre estar ahí. Gracias por su amor y por creer siempre en mí.

Al Laboratorio de Andrología de la Universidad Nacional, ya que sin su colaboración esta pasantía no hubiese sido posible. Gracias por la oportunidad y la confianza.

Al Dr. Jorge Chacón por sus consejos y enseñanzas.

Al Dr. Jorge Gil y a la Dra. Victoria Pons, por abrirme las puertas del laboratorio, por la confianza depositada en mí, y por todos los buenos momentos compartidos.

Al Dr. Julio Olivera, por involucrarme en las actividades diarias y por sus enseñanzas.

Al Dr. Gabriel Durán, por su hospitalidad y por compartir sus conocimientos.

A la EEMAC y a todos sus funcionarios, por recibirme con tanta amabilidad.

A mis compañeros de pabellón, especialmente a Flavio Viera, gracias por la buena compañía y por la amistad formada.

Y a todos los amigos que me acompañaron en esta etapa tan bonita de la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

TRIBUNAL EVALUADOR.....	i
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
2. METODOLOGÍA.....	5
2.1. Periodo y lugar de la pasantía.....	5
2.2. Animales en estudio y actividades realizadas.....	5
2.3. Registro y análisis de datos	5
2.4. Evaluación de aptitud reproductiva potencial del macho.....	6
2.5. Evaluación seminal en laboratorio	7
2.6. Evaluación de aptitud reproductiva potencial de la hembra.....	8
2.7. Sincronización estral.....	8
2.8. Inseminación artificial cervical	9
2.9. Inseminación artificial intrauterina.....	10
2.10. Colecta y transferencia de embriones.....	11
2.11. Diagnóstico de gestación.....	11
2.12. Otras actividades realizadas.....	12
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14

3.1. Evaluación de aptitud reproductiva potencial del macho y evaluación seminal en laboratorio.....	14
3.2. Evaluación de aptitud reproductiva potencial de la hembra.....	16
3.3. Sincronización estral.....	16
3.4. Inseminación artificial	17
3.5. Colecta y transferencia de embriones.....	18
3.6. Diagnóstico de gestación.....	19
4. CONCLUSIONES.....	20
5. RECOMENDACIONES	21
6. REFERENCIAS	22
7. ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados de transferencia de embriones congelados.....	18
Cuadro 2. Resultados de transferencia de embriones frescos	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño experimental de sincronización estral con tres prostaglandinas.....	9
---	---

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

CASA:	Computer assisted seminal análisis
CENUR:	Centro Universitario Regional
CO₂:	Dióxido de carbono
EEMAC:	Estación Experimental “Mario A. Cassinoni”
IA:	Inseminación artificial
IATF:	Inseminación artificial a tiempo fijo
LRA:	Laboratorio de Reproducción Animal
mL:	Mililitros
MHz:	Mega Hertz
PG:	Prostaglandina
SUL:	Secretariado Uruguayo de la Lana
TE:	Transferencia embrionaria
UDELAR:	Universidad de la República
VA:	Vagina artificial

RESUMEN

La producción ovina en Costa Rica ha experimentado un crecimiento en los últimos años; sin embargo, los sistemas productivos del país presentan una limitada intervención técnica veterinaria, lo cual provoca una infrecuente utilización de biotecnologías reproductivas en esta especie. En contraste, la producción ovina en Uruguay es una actividad agropecuaria de gran relevancia, posicionándose a nivel mundial como uno de los principales productores de lana, lo cual exige optimizar la producción mediante el desarrollo y utilización de técnicas de biotecnología reproductiva con el fin de obtener un máximo rendimiento productivo.

El presente documento, reporta una pasantía realizada entre el 5 de febrero y el 14 de junio de 2024 en el Laboratorio de Reproducción Animal “Dr. Alfredo Ferraris di Perna” (LRA), en la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de la República (UDELAR), en Paysandú-Uruguay. Durante la pasantía, se participó en la aplicación de diversas biotecnologías reproductivas en 1.628 animales tanto en laboratorio como en campo, incluyendo evaluación de aptitud reproductiva en machos y hembras, análisis seminal, sincronización de celo, inseminación artificial, transferencia de embriones y diagnóstico de gestación por medio de ecografía.

Entre los procedimientos aplicados se destaca la evaluación de aptitud reproductiva de 29 carneros y el procesamiento de cuatro muestras de semen enviadas al laboratorio. En cuanto a las ovejas, se evaluó la aptitud reproductiva en 50 de ellas y se sincronizaron 544. Además, se inseminaron 583 por vía cervical y 276 por medio de laparoscopia. Finalmente, se realizaron 92 transferencias de embriones, en 57 de ellos con embriones congelados y en 35 con embriones frescos procedentes de diez donantes, y se efectuó el diagnóstico de gestación en 49 ovejas.

La pasantía, permitió el desarrollo de destrezas sobre la utilización de biotecnologías reproductivas aplicadas en ovinos con el objetivo de mejorar la eficiencia en sistemas de producción ovina.

Palabras clave: ovinos, biotecnologías reproductivas, reproducción.

ABSTRACT

Sheep production in Costa Rica has grown in the last decade; however, the country's production systems have limited veterinary technical intervention, leading to the infrequent use of reproductive biotechnologies in this species. In contrast, sheep production in Uruguay is a relevant agricultural activity, positioning the country as one of the world's leading wool producers. This necessitates the optimization of production through the development and application of reproductive biotechnology techniques to maximize productive performance.

This document reports an internship conducted from February 5 to June 14, 2024, at the Laboratorio de Reproducción Animal "Dr. Alfredo Ferraris di Perna" (LRA) in the Faculty of Veterinary at the Universidad de la República (UDELAR) in Paysandú, Uruguay. During the internship, various reproductive biotechnologies were applied to 1628 animals both in the laboratory and under field conditions, including male and female breeding soundness examination, semen analysis, estrus synchronization, artificial insemination, embryo transfer, and pregnancy diagnosis by ultrasound.

Among the procedures applied were the breeding soundness examination of 29 rams and the processing of four spermograms sent to the laboratory. In addition, the breeding soundness examination was surveilled in 50 ewes, and estrus synchronization protocols were performed in 544. Additionally, 583 ewes were inseminated via cervical and 276 by laparoscopy. Finally, 92 embryos were transferred, 57 were frozen embryos and 35 fresh embryos from ten different donors. Pregnancy diagnosis was conducted in 49 ewes by ultrasound.

The internship allowed to acquire practical skills in the application of reproductive biotechnologies in sheep, aiming to enhance efficiency in this livestock systems as well as to improve the experience of interaction with farmers.

Keywords: sheep, reproductive biotechnologies, reproduction.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se estima que China concentra el 14% del inventario ovino, seguida por India y Australia con un 6%. Otros países con una participación significativa incluyen el Reino Unido y Turquía (3%), Nueva Zelanda y Sudáfrica (2%) y Argentina (1%), mientras que Uruguay representa aproximadamente el 0,5% del stock mundial (Piegas, 2024).

De acuerdo con el Censo Nacional Agropecuario realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] en el 2014, se estimó que la población ovina en Costa Rica está compuesta por aproximadamente 35.800 animales, distribuidos en 1.792 fincas. Sin embargo, se considera que la producción ovina en Costa Rica ha experimentado un incremento en su actividad en los últimos años (Zúñiga et al., 2021). Este aumento se debe principalmente a factores como una mejora en el rendimiento productivo por área, la eficiente transformación de materia seca, la buena adaptabilidad de esta especie, y a un incremento en la demanda de productos y subproductos ovinos, principalmente de carne, la cual es una alternativa que posee un alto valor nutricional (Navarro y Rodríguez, 2019).

En Uruguay, a pesar de que el rubro de producción ovina se ha enfrentado a desafíos en los últimos años, ha logrado mantener cierta estabilidad, manteniéndose en torno a los 6-6,5 millones de cabezas, posicionándose en el mercado internacional con lanas de excelente calidad, y con un panorama positivo para la producción cárnica (Riani, 2022). En los últimos años se ha generado y validado información de gran utilidad para el mejoramiento de los indicadores reproductivos, involucrando a la labor veterinaria en el manejo reproductivo, con una visión integral del sistema (Fierro, 2022).

Según el último Censo General Agropecuario (DIEA, 2014), más del 90% de los productores ovinos de Uruguay manejan hatos con un promedio de 550 ovejas de cría, con baja prolificidad por su biotipo lanero o doble propósito, congregando cerca del 60% del stock ovino. Esta escala y caracterización productiva, requiere de la aplicación de manejos reproductivos que tiendan a mejorar su eficiencia y simplificación. Cada día es más frecuente la consulta de técnicos y productores acerca de cómo concentrar el período de servicios en estos hatos sin disminuir sus resultados. Si bien el 57% de los productores encuestados en sistemas ganaderos

del Norte del país declara conocer y haber usado la biotecnología de inseminación artificial (IA) y/o la sincronización de celos en ovinos (Gómez Miller, 2017), es alrededor del 10% del total de las ovejas de cría las que son servidas sobre celos sincronizados y carneros a campo, o con IA (DIEA, 2014; Fernández Abella y Villegas, 2015).

En Costa Rica, a pesar del crecimiento experimentado en los últimos años, la investigación sobre el sector ovino sigue siendo limitada, con escasa información sobre las condiciones productivas, el manejo y la eficiencia a nivel nacional. La producción ovina se centra casi exclusivamente en la producción de carne, con sistemas de explotación mayoritariamente familiares. Los rebaños suelen ser pequeños, con un promedio de 55 hembras, y predominan los sistemas estabulados o semi estabulados (Soto y Vargas, 2024).

Los productores ovinos en Costa Rica, por su parte, se han caracterizado por presentar una escasa asistencia técnica veterinaria, siendo el manejo reproductivo uno de los factores más subestimados. Acorde con Mora y Chacón (2015), un 92% de los sistemas de producción ovina se basan en monta natural. Además, un 19% conoce y emplea protocolos de sincronización, y únicamente el 23 y 22% de las hembras y machos respectivamente son sometidos a una revisión clínica pre-empadre. Asimismo, solo un 24% realiza diagnóstico de preñez posterior al empadre. Además, Soto y Vargas (2024) reportan que solamente el 3% de los productores nacionales han puesto en práctica la transferencia de embriones, y solo un 16% ha aplicado la inseminación artificial al menos una vez, mientras que menos del 1% lo aplica con regularidad.

El manejo reproductivo en ovinos es un factor clave para la producción, tanto en sistemas orientados a la cría como en aquellos destinados a la producción de cordero para abasto y lana. Para alcanzar estos objetivos, es fundamental optimizar la eficiencia reproductiva, la cual se puede expresar en términos del número de corderos destetados por oveja o del peso total de los corderos destetados por oveja presente en la parición (SUL, 2018).

La implementación de biotecnologías en los sistemas productivos ovinos aporta múltiples beneficios. La evaluación de reproductores permite identificar y retirar del sistema aquellos animales con baja rentabilidad (Edmondson y Shipley, 2021). La sincronización del estro contribuye a minimizar los efectos de la estacionalidad en las ovejas, extendiendo la temporada reproductiva y permitiendo programar los partos de manera estratégica (Yu et al.,

2022). La inseminación artificial facilita la difusión rápida de características genéticas deseables de los machos dentro de un rebaño (Dovenski et al., 2022; Gibbons et al., 2019), mientras que la transferencia de embriones optimiza el uso de hembras con alto valor genético y favorece el intercambio de material genético entre rebaños y países (Fonseca et al., 2016).

Además, el diagnóstico temprano de la preñez y la determinación del número de fetos son herramientas clave para la gestión sanitaria y productiva del rebaño, ya que permiten identificar animales con baja productividad y tomar decisiones oportunas. Asimismo, estos procedimientos facilitan la implementación de estrategias diferenciadas de manejo y nutrición en ovejas gestantes, optimizando su desempeño productivo (Edmondson y Shipley, 2021).

1.1. Justificación

Mora y Chacón (2015) reportan que el 85% de los productores ovinos en Costa Rica no utiliza técnicas de reproducción asistida, lo que evidencia la necesidad de implementar estas biotecnologías. Su adopción puede tener un impacto significativo en la economía de las explotaciones, al mejorar la genética del rebaño, prevenir enfermedades, facilitar el intercambio genético y la preservación de genes de alto valor, aumentando la productividad (Hadgu y Fesseha, 2020).

El manejo de la reproducción es fundamental en cualquier sistema de producción (Herrera et al., 2010). En países en donde los índices productivos y reproductivos han sido bajos, se ha atribuido principalmente a la escasa selección de genética y al escaso uso de registros (Herrera et al., 2019), por esto es importante que el médico veterinario se capacite en la implementación de biotecnologías reproductivas que permitan potenciar la producción en las fincas, teniendo en cuenta que la implementación de estos métodos requiere un conocimiento de la fisiología reproductiva, y que para obtener buenos resultados se necesitan animales en óptimas condiciones físicas y de salud (Skliarov et al., 2021). La producción ovina en Uruguay presenta un nivel de tecnificación considerablemente superior al observado en Costa Rica. En este contexto, el rol del médico veterinario resulta esencial para el manejo reproductivo del rebaño, orientado a alcanzar indicadores reproductivos óptimos. Su labor incluye apoyar al

productor en el diagnóstico de la situación particular de cada sistema, así como en la planificación sanitaria, reproductiva y general. Además, el veterinario proporciona soporte en la toma de decisiones, formación de recursos humanos, oferta de servicios especializados y contribución a la generación de nuevo conocimiento, consolidando su papel como un actor clave en la optimización de la producción ovina (Fierro, 2022).

En virtud de esta activa participación del médico veterinario en el ámbito reproductivo ovino en Uruguay, y aprovechando la experiencia y el respaldo técnico del Laboratorio de Reproducción Animal del CENUR-LN, UDELAR, así como los lazos de colaboración Inter académica con el Laboratorio de Andrología de la Escuela de Medicina Veterinaria de la UNA, fue posible realizar un proceso de capacitación en técnicas reproductivas aplicables a las condiciones nacionales, para así contribuir al mejoramiento genético y productivo del hato ovino en Costa Rica.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Obtener conocimientos que permitan desarrollar habilidades y destrezas en la aplicación de biotecnologías reproductivas en la especie ovina.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Adquirir destrezas prácticas para llevar a cabo el examen de aptitud reproductiva en hembras y machos ovinos.
2. Obtener conocimientos en la aplicación de protocolos de sincronización de celo mediante el uso de tratamientos hormonales.
3. Adquirir conocimientos prácticos en las técnicas de inseminación artificial por vía cervical y laparoscópica en ovinos.
4. Entrenarse en el uso de la ultrasonografía aplicada al diagnóstico de preñez en ovinos.

2. METODOLOGÍA

2.1. Periodo y lugar de la pasantía

La pasantía se llevó a cabo del 5 de febrero al 14 de junio de 2024 en la República de Uruguay, departamento de Paysandú, en el LRA de la Facultad de Veterinaria, en el Centro Universitario Regional Noroeste (CENUR Litoral Norte) de la Universidad de la República (UDELAR), y comprendió 570 horas de trabajo. Este laboratorio cuenta con vasta experiencia y el equipamiento adecuado para la aplicación de diversas técnicas de biotecnología reproductiva en rumiantes tanto mayores como menores. Además, se visitaron en campo 20 estancias (explotaciones) como parte de las giras por parte de la Facultad en los departamentos de Paysandú, Salto, Río Negro, Tacuarembó, Maldonado, Soriano, Canelones, Artigas, y Durazno. La pasantía estuvo bajo la supervisión del Dr. Jorge Gil Laureiro, y se trabajó también en conjunto con los doctores Julio Olivera, Victoria Pons, Lourdes Adrien, Serafín Ceriani, Mauro Minteguiaga, Juan Manuel Durán, y Gabriel Durán.

2.2. Animales en estudio y actividades realizadas

Durante la pasantía, se evaluaron un total de 1.639 ovinos, de los cuales 1.605 eran hembras y 34 machos. Las actividades reproductivas realizadas incluyeron evaluación de la aptitud reproductiva de machos (n=29), evaluación seminal de pajuelas de semen congelado de carnero (n=3), evaluación de la morfología espermática en semen nativo de carneros (n=2), evaluación de la aptitud reproductiva de hembras (n=50), sincronización estral (n=544), inseminación artificial (n=859), transferencia de embriones (n=92) y diagnóstico de gestación por ecografía (n=49).

2.3. Registro y análisis de datos

El registro de las actividades diarias se llevó a cabo en una bitácora física. Se anotaron datos como la fecha, lugar, actividades realizadas y número de animales intervenidos. Los datos recopilados fueron digitalizados en una base de datos (Excel-Microsoft®) para el análisis y cuantificación de los resultados obtenidos mediante estadística descriptiva.

2.4. Evaluación de aptitud reproductiva potencial del macho

La evaluación de los reproductores se inició con una revisión colectiva de aquellos que pertenecían a la misma categoría de edad, lo cual permite detectar anomalías en la conformación músculo esquelética y el estado general de los animales. Seguidamente, se realizaba una anamnesis, en la cual se recopilaba la identificación del animal, raza, edad, e información sobre el tipo de explotación, régimen alimenticio, antecedentes sanitarios y reproductivos.

Posteriormente se continuaba con el examen individual que consistía en un examen objetivo general (EOG) en el cual se le prestaba especial atención a aquellas condiciones que afectaran el comportamiento sexual del macho, incluyendo su libido y capacidad física para el servicio. Con este fin se revisaba cuidadosamente la cabeza, ojos, boca, pecho, miembros anteriores y posteriores, y ganglios linfáticos.

Para determinar la habilidad de monta se observaba el comportamiento del reproductor en presencia de una hembra en celo, corroborando que lograra montar y eyacular exitosamente. La colecta de semen se realizaba utilizando una vagina artificial (VA) para lo cual fue necesario un entrenamiento previo de los sementales, así como la presencia de una hembra sujeta para lograr una mejor estimulación.

Seguidamente se clasificaba la condición corporal según Russel y colaboradores (1969), en una escala de uno a cinco.

Posteriormente se procedía a hacer una evaluación del aparato reproductor, empezando por la inspección del prepucio para determinar posibles lesiones, pene (capacidad de exposición, adherencias, lesiones), escroto (presencia de lesiones, longitud, cicatrices), testículos (presencia de adherencias, forma, simetría, consistencia y elasticidad) y epidídimos (integridad de cabeza, cuerpo, cola, y llenado de colas).

Para la colecta de semen se utilizó una vagina artificial la cual se compone de un tubo rígido que posee una válvula, un forro interior de látex o silicón, bandas elásticas en los extremos, y una copa o bolsa de colecta. En la mayoría de las ocasiones se prefirió trabajar con una bolsa plástica en lugar de copas de vidrio debido a que estas favorecen la formación de humedad condensada. En el interior de la VA se deposita agua caliente hasta alcanzar una

temperatura interna entre 40 y 45 °C, luego se añadía aire hasta lograr una presión adecuada que simule la de la vagina. Una vez que la zona del prepucio era limpiada con una toalla de papel, se esperó a que el macho realizara la monta, desviando el pene desde la base del prepucio presentando el glande a la entrada de la VA. Si las condiciones de temperatura y presión eran adecuadas, el carnero debía ser capaz de penetrar la vagina y dar el golpe de riñón, el cual es sinónimo de eyaculación. Solamente en un caso se realizó la colecta por medio de electro eyaculador, introduciendo la sonda por vía transrectal y haciendo estímulos crecientes con intervalos de descanso hasta obtener el eyaculado.

Inmediatamente que el eyaculado era colectado, se procedió en campo a realizar el espermiograma iniciando por la evaluación macroscópica del semen, como por ejemplo su color, aspecto y olor. Seguidamente se evaluó la motilidad en masa, colocando una gota de semen sin diluir sobre un portaobjetos temperado, y observándolo a 40x, clasificándolo en escala de 0 a 5, en donde 0 significa que no se forman ondas (sin actividad), y 5 se refiere a la presencia de ondas muy vigorosas, lo cual se cree corresponde al menos a un 90% de motilidad espermática (Evans y Maxwell, 1987). Por último, se conservaba una muestra diluida con leche UHT en proporción 1+4 (semen: diluyente) con el fin de determinar la motilidad individual, concentración (en un sistema CASA, Androvision-Minitub) y morfología espermática en el laboratorio.

2.5. Evaluación seminal en laboratorio

En el Laboratorio de Reproducción Animal (LRA) se evalúan pajuelas de semen congelado remitidas por productores para su análisis de viabilidad. Las muestras eran almacenadas en nitrógeno líquido y previo a su evaluación fueron descongeladas en baño maría a 37 °C por 40 segundos. Inmediatamente, eran secadas con papel toalla y se dejaban estabilizar por 5-10 minutos. Una vez transcurrido este periodo, la muestra se depositaba en un tubo Eppendorf temperado a 38°C para su evaluación.

El análisis seminal se realizaba mediante un sistema asistido por computadora (CASA). Primero la muestra se homogeneizaba en el tubo y se tomaba una gota de 3 µl la cual era depositada en la cámara (Leja ®) especial para evaluación en CASA, analizando al menos cuatro campos ópticos de la cámara con el fin de que el sistema determinara la concentración y la

motilidad individual de los espermatozoides. En casos donde la motilidad no superó el 35%, se procedía a montar una contramuestra utilizando una cámara Makler ®.

Para la evaluación de morfología espermática, se fijó una muestra de semen en formalina buferada (Hancock, 1956) y se observó por medio de microscopía de contraste de fases a 600x. Con el uso de un contador, se categorizaban 200 espermatozoides en normales, o con defectos mayores o menores.

2.6. Evaluación de aptitud reproductiva potencial de la hembra

El examen de aptitud reproductiva en hembras (n=50) se realizó de rutina individualmente previo a someterlas a un programa de sincronización de celo para IA. Se clasificó la condición según Russel y colaboradores (1969) en una escala de uno a cinco, donde debían presentar idealmente una condición corporal de tres o más. Seguidamente se revisó detalladamente el estado de las pezuñas, la integridad de los dientes, ubre y la vulva, ya que deben ser animales aptos para preñarse, pero también para poder llevar a cabo la lactancia hasta el destete de los corderos. Adicionalmente, se realizó ecografía por vía transabdominal para corroborar que estuvieran no gestantes, y que no presentaran ninguna anomalía. La ultrasonografía se realizó, utilizando un transductor convexo con una frecuencia de 3.5 MHz, a la que se le colocaba gel de carboximetilcelulosa, y se ubicaba en la región inguinal, con un ángulo de 45° hacia el lado opuesto de la orientación de la sonda para observar el útero y su aspecto ecográfico.

2.7. Sincronización estral

Durante la pasantía se participó en la sincronización estral de dos grupos de animales mediante la administración de prostaglandinas. En el primer grupo, compuesto por 44 ovejas de la raza Merilin plus, se implementó un diseño experimental para evaluar la respuesta a tres dosis del tratamiento hormonal, la sincronía del estro, las características del moco cervicovaginal y la fecundidad utilizando un nuevo protocolo basado en un análogo sintético de prostaglandina F2 α (PG), acompañado de una suplementación nutricional alta en proteína (42,6%) seis días previos a la tercera administración de la prostaglandina (Figura 1). La inseminación a tiempo fijo (IATF) se realizó por vía cervical con semen fresco a las 48 y 72 horas.



Figura 1. Diseño experimental de sincronización estral con tres prostaglandinas.

En el segundo grupo (n=500) se aplicaron dos dosis de PG con un intervalo de siete días para realizar una pre-sincronización, procediendo a inseminar durante el celo natural ocurrido posterior a las dos aplicaciones de PG.

2.8. Inseminación artificial cervical

Se participó en un curso de IA cervical con una duración total de 36 horas, organizado por el LRA. Este curso incluyó sesiones teórico-prácticas sobre anatomía y fisiología reproductiva ovina, así como sobre procedimientos de extracción, evaluación y dilución de semen. Además, se abordaron temas como la identificación de ovejas en celo, la técnica de IA, el entrenamiento de carneros donantes de semen, la sincronización del estro y la organización y registro del trabajo.

Las jornadas de IA intra-cervical comenzaban con la recolección de semen de los carneros seleccionados mediante el uso de vagina artificial (VA). Estos reproductores habían sido evaluados previamente y debían cumplir con parámetros específicos al momento de la colecta, incluyendo un color del eyaculado blanco y de aspecto cremoso, un volumen entre 1 a 1,5 ml, una concentración de 2.500 a 6.000 x 10⁶ espermatozoides/ml, determinada con un fotómetro SDM1® (Minitube, Alemania) para semen ovino, una motilidad en masa de grado tres o superior y una motilidad individual mayor al 50%.

El número deseable de espermatozoides viables por dosis para IA intra cervical es de 100-150 x 10⁶ (Olivera et al., 2011). Para el cálculo del número de dosis, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Volumen del eyaculado (ml)} \times \text{concentración espermática (mill/ml)} \times \% \text{ de spz mótiles}}{\text{Millones de espermatozoides requeridos por dosis}} / 100$$

Para optimizar la conservación de las dosis y facilitar la dosificación del volumen de semen ideal por oveja inseminada, el semen se diluyó en una proporción 1:1 con leche UHT. Una vez determinado el número de dosis, se calibró la pistola de inseminación multidosis (Walmur, Uruguay), la cual permite ajustar la dosis a administrar mediante un émbolo dentado, facilitando la inseminación de varias ovejas.

Las ovejas fueron conducidas al cepo de sujeción, lo que facilitó su inmovilización mediante la elevación de los miembros posteriores. La vulva se limpió con una toalla de papel, y seguido de la introducción del vaginoscopio, se localizó el cérvix, colocando la punta de la pistola de inseminación en su entrada momento en el cual se procedía a depositar el semen.

2.9. Inseminación artificial intrauterina

Las inseminaciones intrauterinas (n=276) se realizaron a tiempo fijo en hembras previamente sincronizadas por parte del productor. Se utilizó semen congelado en la mayoría de las jornadas, el cual se descongeló a 37 °C durante 40 segundos antes de ser cargado en las jeringas de inseminación. Las ovejas se sujetaron en una mesa en decúbito dorsal y se anestesiaron localmente con lidocaína en la región dorsal, bilateral y para medial a la glándula mamaria. A continuación, el abdomen caudal fue afeitado y lavado con una solución jabonosa de clorhexidina.

Para la inseminación, se introdujo bilateralmente trócares sobre los sitios anestesiados, y se insufló CO₂ para dilatar la cavidad y mejorar la visualización de los órganos internos mediante endoscopia. Una vez encontrada y expuesta la curvatura mayor de los cuernos uterinos con el uso de un palpador, se realizaron punciones en el tercio medio dorsal, depositando media dosis de semen en cada cuerno.

Después de la inseminación, se administraron medicamentos antiinflamatorios y antibióticos por vía parenteral, junto con un agente cicatrizante tópico.

2.10. Colecta y transferencia de embriones

Se realizó la transferencia embrionaria (TE) en 92 ovejas, de las cuales 57 recibieron embriones congelados y 35 embriones frescos, estos últimos provenientes de diez donantes.

La preparación prequirúrgica se realizó de forma similar a la aplicada en las ovejas destinadas a IA intrauterina, hasta alcanzar la observación de los órganos internos. En este punto, se evaluaron los ovarios para contabilizar los cuerpos lúteos y estimar el número potencial de embriones en cada cuerno uterino.

Las ovejas aprobadas para la colecta fueron sedadas con acepromacina-xilacina y anestesiadas con ketamina. Se amplió una de las incisiones previamente realizadas con uno de los trócares y se expuso el cuerno uterino a lavar. Se efectuó una punción en la base del cuerno y se introdujo una sonda Foley, mientras que, mediante un catéter de teflón calibre 18, se inyectó el medio DM-PBS, recolectando el contenido por flujo retrógrado a través de la sonda en una copa de colecta embrionaria. El fluido se examinó bajo un estereoscopio para el conteo, evaluación, categorización y carga de los embriones.

A las receptoras, se les examinó los ovarios mediante laparoscopia para confirmar la presencia de cuerpos lúteos. A continuación, se exteriorizó el cuerno uterino ipsilateral al ovario con el cuerpo lúteo, donde se introdujo por punción el catéter orientado hacia la región craneal para depositar el embrión seleccionado.

2.11. Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación y la determinación de la carga fetal se realizaron mediante ecografía transrectal 45 días después de la IA utilizando una sonda lineal de 7 MHz. Esto permitió detectar tanto las ovejas preñadas resultantes de la IATF, así como las no preñadas destinadas a servicio de repaso. Previamente a la ecografía, se evacuaron las heces de la ampolla rectal y se lubricó la sonda con carboximetilcelulosa antes de la inserción. La exploración comenzaba ubicando la vejiga, y al movilizar la sonda en dirección craneal, se lograba visualizar los cuernos uterinos. La presencia de los cuernos con contenido anecoico sugería una gestación, la cual se confirmaba mediante la observación de la vesícula embrionaria o presencia del feto.

Para determinar la carga fetal, una vez localizada la primera vesícula, se realizaban movimientos suaves de la sonda de un lado a otro sobre los cuernos en busca de una segunda vesícula embrionaria, lo cual era indicador de la presencia de gemelos o trillizos.

2.12. Otras actividades realizadas

- a) Se realizó el seguimiento sanitario y control parasitario en la majada experimental de Veterinaria en la EEMAC, que incluyó muestreo coprológico (McMaster), y evaluación de respuesta a fármacos antihelmínticos, procesando un total de 132 muestras.

- b) Se asistió a clases teórico-prácticas de reproducción junto a estudiantes de último año de Veterinaria de la UDELAR.

- c) Se completó el curso “Inseminación Artificial en Bovinos,” con una duración de 40 horas de sesiones teórico-prácticas en anatomía y fisiología reproductiva bovina, técnica de IA, manejo del termo de nitrógeno, descongelamiento de pajuelas, e interpretación de catálogos para la selección de reproductores.

- d) Se participó en un curso de necropsia dirigido a estudiantes de quinto año de Veterinaria de la UDELAR, impartido por docentes de la facultad y miembros de la Dirección de Laboratorios Veterinarios del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca en Paysandú, donde se realizaron necropsias grupales en varios rumiantes y se discutieron los principales hallazgos y diagnósticos presuntivos.

- e) Se participó en actividades académicas en la EEMAC y en fincas privadas relacionadas con bovinos, que incluyeron diagnóstico de gestación, evaluación de actividad ovárica, atención de casos clínicos y evaluaciones andrológicas

- f) Se asistió a las LI Jornadas Uruguayas de Buiatría, en la cual se participó en simposios sobre enfermedades parasitarias, clínica de rumiantes, adaptación de sistemas al cambio climático, mercados y comercialización de carne, nutrición animal, bovinos de leche y reproducción animal.

g) Se participó como coautor en una publicación en formato póster titulada “Respuesta estral en ovinos bajo un protocolo de sincronización en base a tres dosis de prostaglandina F2 α y suplementación focalizada”, que fue seleccionada como el mejor trabajo estudiantil para su presentación oral en las LI Jornadas Uruguayas de Buiatría (Anexo 1).

h) Se asistió al cursillo pos-Jornadas Uruguayas de Buiatría 2024, titulado “Evaluación del Potencial Reproductivo en el Toro: Más Allá del Examen Seminal”, bajo la supervisión de los Drs. Jorge Gil (UDELAR-Uruguay), Jorge Chacón (UNA-Costa Rica), Lauro Artía, y Hugo Martínez, así como al curso de posgrado “Andrología Clínica Bovina: Técnicas Estándar y Complementarias” impartido por la UDELAR a cargo de los Drs. Jorge Chacón y Jorge Gil. Ambos cursos incluyeron sesiones teórico-prácticas de examen funcional de toros, métodos de colecta seminal, evaluación del eyaculado en campo, evaluación morfológica del semen, termografía infrarroja y ecografía reproductiva en toros, además de discusión de casos prácticos.

i) Se participó en exámenes andrológicos y termografías escrotales en toros como parte del proyecto conjunto entre el Laboratorio de Andrología de la UNA y el LRA, bajo la supervisión de los Drs. Jorge Chacón Calderón (UNA-Costa Rica) y Jorge Gil Laureiro (LRA-UDELAR).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se trabajó con un total de 1.639 ovinos de diversas razas, categorías y fines productivos, de los cuales 1.605 (98%) fueron hembras y 34 (2%) machos. La estructura de los hatos ovinos comerciales en Uruguay se caracteriza por esta distribución, en la que predominan las hembras destinadas a la reproducción.

3.1. Evaluación de aptitud reproductiva potencial del macho y evaluación seminal en laboratorio

La evaluación de la fertilidad potencial en los carneros es esencial para maximizar el rendimiento reproductivo en las fincas, lo que contribuye a su sostenibilidad y rentabilidad (Maquivar et al., 2021). Esta evaluación debe realizarse idealmente 60 días antes del inicio de la temporada reproductiva, lo que permite reevaluar o reemplazar a aquellos reproductores que resulten no aptos (Sathe et al., 2014). Para llevar a cabo este procedimiento de manera adecuada, es necesario considerar la conformación física, el estado de salud y la calidad del eyaculado de los animales.

Durante la pasantía, se evaluó la fertilidad potencial de 29 carneros, de los cuales 26 fueron clasificados como satisfactorios y tres como insatisfactorios: uno debido a baja circunferencia escrotal, otro por falta de libido y uno por presentar fimosis. La colecta de semen se realizó mediante vagina artificial en 28 carneros, mientras que en uno se utilizó electro eyaculador. La vagina artificial es el método de elección para la colecta de semen en pequeños rumiantes, ya que proporciona muestras con parámetros fisiológicos para su análisis en laboratorio (Sathe et al., 2014).

Un análisis básico del espermiograma debe medir la concentración, estimar la motilidad y examinar la morfología de los espermatozoides (Brito, 2024). Los métodos empleados en los laboratorios para evaluar la concentración espermática incluyen el conteo manual, espectrofotometría, CASA, contadores de núcleos y citometría de flujo. Debido a su bajo costo, practicidad y aceptación como estándar de referencia, el conteo manual con cámara de Neubauer® es uno de los métodos más utilizados en los laboratorios de andrología, proporcionando alta exactitud (Brito, 2024; Brito et al., 2016; Shipley, 2022). Las muestras de carnero suelen ser muy concentradas debido a su bajo volumen (0,5-2 ml); considerándose

adecuados aquellos eyaculados que contienen al menos 2.500×10^6 espermatozoides/ml (Jha et al., 2018; Shipley, 2022).

La motilidad puede estar influenciada por varios factores. En el carnero, se considera que la motilidad debe ser superior al 40 %, aunque por sí sola no es un indicador confiable de la fertilidad potencial de un reproductor (Kimberling y Parsons, 2007). La determinación de la motilidad individual implica la observación de varios campos con un aumento de 200-400x en una muestra previamente diluida en una solución salina buferada con fosfato, estimando el porcentaje de espermatozoides móviles. El sistema CASA proporciona análisis más exactos, objetivos y precisos, ya que utiliza software para analizar secuencias de imágenes al detectar diversos parámetros de la cinemática de los espermatozoides, generando parámetros de movimiento basados en miles de espermatozoides (Peter et al., 2021).

La evaluación de la morfología espermática es fundamental en el diagnóstico y pronóstico de la fertilidad potencial de un semental. Para una evaluación precisa, es esencial que la muestra de semen esté adecuadamente fijada, que la observación se realice a un aumento de 1000x mediante microscopía de contraste de fases o DIC, y que se analicen al menos 200 espermatozoides, clasificando cada uno en una única categoría (Chenoweth et al., 2024). Saacke y colaboradores (1994) clasificaron los defectos espermáticos en defectos compensables, que no afectan la fertilidad siempre que existan suficientes espermatozoides viables; y los defectos no compensables, que incluyen aquellos espermatozoides que, aunque defectuosos, pueden alcanzar la unión útero-tubárica y fertilizar el óvulo, pero no pueden sostener la preñez, por lo que su función no puede ser compensada por otros espermatozoides viables. En carneros, se recomienda un máximo del 30 % de defectos espermáticos totales y que no más del 15 % de estos sean defectos no compensables, tomando en cuenta que factores como la edad y la estacionalidad pueden influir en los resultados (Shipley, 2022).

En el LRA se procesaron 21 muestras de semen fresco, dos de semen congelado y dos muestras fijadas para la evaluación de morfología espermática. Las únicas muestras clasificadas como no aptas mediante el espermiograma fueron las dos recibidas para análisis morfológico, las cuales presentaron un elevado número de defectos no compensables. Estos carneros tenían

un historial de baja preñez, lo cual podría estar relacionado con el alto porcentaje de defectos morfológicos observados.

3.2. Evaluación de aptitud reproductiva potencial de la hembra

Durante la pasantía, se evaluaron 50 hembras, de las cuales dos fueron inicialmente no aptas para el servicio: una debido a miasis en la vulva y otra por una lesión podal; ambas lograron recuperarse para la inseminación luego de ser tratadas y reevaluadas. Las restantes 48 hembras fueron consideradas aptas para el programa de IATF. En el examen ultrasonográfico, se confirmó el estado no gestante de todas las ovejas y no se observaron anomalías.

La evaluación de la aptitud reproductiva de las hembras, junto con la implementación de medidas de manejo previo al inicio del empadre, es fundamental para asegurar el éxito reproductivo. La selección de vientres con dentición adecuada, libres de afecciones podales y sin lesiones en la ubre facilita que las ovejas seleccionadas puedan llevar a cabo la gestación y el destete de los corderos (SUL, 2018). La incorporación de ultrasonografía para revisar el aparato reproductor de las hembras antes del servicio puede complementar esta evaluación (Edmonson y Shipley, 2021).

3.3. Sincronización estral

Durante la pasantía, se participó en un estudio cuyo objetivo fue evaluar la respuesta, sincronía del estro y el comportamiento reproductivo en 44 ovinos sincronizados con un protocolo de tres dosis de PG, administradas en intervalos de siete días entre las dos primeras y con una tercera dosis a los 15 días, asociado a una suplementación focalizada.

Se observó una respuesta acumulada al estro del 96 % hasta la hora 72, con una concentración significativa de celos entre las 24 y 48 horas (82 %). El doble servicio realizado alcanzó una fertilidad del 68,2 % y una prolificidad de 1,8 embriones por oveja gestante, sin diferencias significativas entre carneros. Estudios previos en ovejas Merino (Curbelo y Rodríguez, 2022) reportan, con este protocolo, una respuesta acumulada al estro del 88 % y una concentración de estro entre las 36 y 60 horas (71 %), lo cual fue ligeramente menor y más tardío en comparación con los resultados aquí obtenidos.

La sincronización del estro, además de facilitar la implementación de biotecnologías reproductivas, permite planificar operaciones como la alimentación estratégica en un determinado periodo y concentrar los partos, lo que optimiza el control, la planificación sanitaria y el uso de mano de obra (Olivera y Gil, 2005).

El uso de protocolos de sincronización e IATF basados en análogos sintéticos de prostaglandina F_{2α} (PG) ofrece ventajas en términos de practicidad, costos, bioseguridad y bienestar animal en comparación con aquellos que emplean dispositivos intravaginales impregnados con progesterona y gonadotropinas (Fierro et al., 2013).

En investigaciones previas, se han probado protocolos basados en dos dosis de prostaglandina, donde se ha observado que la administración en intervalos cortos (7-12 días) permite una buena sincronización, aunque los resultados de fertilidad no han sido satisfactorios (Olivera-Muzante et al., 2011). Sin embargo, los protocolos de intervalos largos (14-16 días) logran mejores resultados en fertilidad, posiblemente al mejorar la calidad de los ovocitos y la capacidad esteroidogénica del cuerpo lúteo subsiguiente (Fierro y Olivera-Muzante, 2017).

3.4. Inseminación artificial

Se participó en la inseminación artificial de un total de 859 ovinos. En 583 de ellos, se empleó la técnica cervical, que es la más comúnmente utilizada debido a su practicidad, sin embargo, su uso se limita a la aplicación de semen fresco o refrigerado (Álvarez et al., 2019).

La inseminación intracervical se practicó en tres establecimientos. En el primero, se inseminaron 49 ovejas, obteniéndose un 61 % de preñez, resultado similar al reportado por Fernández-Abella y colaboradores (2003) y Fernández y colaboradores (2018), quienes observaron tasas de concepción entre 56,7 % y 65 %, respectivamente. En el segundo establecimiento, se inseminaron 276 ovejas, alcanzando una tasa de preñez del 48,2 %. Este inferior resultado comparado con el obtenido en el primer establecimiento podría haber sido influenciado por un manejo inadecuado del semen, ya que en un lote de inseminación se realizó una prueba de control de calidad posterior a la inseminación, la cual indicó aquinesia. En el tercer establecimiento, se inseminaron 257 ovejas, obteniéndose un 63% de preñez.

Al emplear semen congelado para IA, la técnica de inseminación cervical ha mostrado menores porcentajes de preñez (Álvarez et al., 2019; Amiri y Rahim, 2024). Salomon y Maxwell (1995) describieron las limitaciones asociadas al uso de semen congelado, destacando, en primer lugar, la anatomía del cérvix de la oveja, que es tortuoso y presenta varios anillos, lo que constituye una barrera para el paso del semen. En segundo lugar, mencionan la baja resistencia del semen ovino a la congelación en comparación con otras especies. Debido a estas limitaciones, la técnica de elección para la IA con semen congelado es la inseminación laparoscópica, que, por su complejidad, debe ser realizada por un médico veterinario, lo que la convierte en una técnica principalmente utilizada en programas de reproducción con ovinos de alto valor genético (Amiri y Rahim, 2024).

Durante la pasantía, se participó en cuatro jornadas de inseminación laparoscópica en cuatro diferentes establecimientos, en los cuales se inseminó en total 156 animales con semen congelado y 120 con semen fresco.

3.5. Colecta y transferencia de embriones

Durante la pasantía, se participó en la transferencia de embriones ovinos utilizando la vía laparoscópica en cinco establecimientos. En tres de los establecimientos, se emplearon embriones congelados (Cuadro 1), mientras que en los otros dos se utilizaron embriones frescos (Cuadro 2).

Cuadro 1. Resultados de transferencia de embriones congelados.

Establecimiento	Receptoras	% de preñez
1	17	35,2 (n=6)
2	30	13,3 (n=4)
3	10	60 (n=6)

Cuadro 2. Resultados de transferencia de embriones frescos.

Establecimiento	Donantes	Receptoras	% de preñez
4	4	15	33,3 (n=5)
5	6	20	40 (n=8)

La multi ovulación y transferencia de embriones son biotecnologías reproductivas que permiten incrementar la difusión genética de hembras de alto valor. Sin embargo, los reportes en la literatura en relación con la tasa de preñez en ovinos han sido variables (Falchi et al., 2022). Factores extrínsecos, como el protocolo de sincronización y tipo de hormona utilizado, el manejo y el método de conservación de los embriones (congelados o frescos), junto con factores intrínsecos como la raza, edad, nutrición, estado reproductivo y sanitario de los animales, así como obviamente la calidad seminal, son aspectos fundamentales que influyen el éxito de esta técnica de biotecnología reproductiva (González-Bulnes et al., 2004; Gebreyesus et al., 2024). En el caso del establecimiento 2, las pajuelas evidenciaban un mal manejo del termo y su material previo a la descongelación, lo que pudo haber influenciado en el bajo porcentaje de preñez.

3.6. Diagnóstico de gestación

La ultrasonografía es el método más idóneo para el diagnóstico temprano de gestación en ovejas debido a que es una técnica rápida, de alta sensibilidad y de fácil aplicación (Barbagianni et al., 2016; Jones y Reed, 2017). La sonda transrectal es ideal para el diagnóstico temprano, alcanzando una exactitud del 85 al 100 % entre los días 32 y 34 de gestación (Viñoles et al., 2010). La presencia de líquido en la vesícula amniótica puede identificarse a partir de la tercera semana de gestación, y aunque es indicativa, debe corroborarse para confirmar la mediante la observación de placentomas o identificar un embrión con latido cardíaco, siendo este último hallazgo un indicador adicional de la viabilidad embrionaria (Barbagianni et al., 2016).

Durante la pasantía, se participó en el diagnóstico de gestación de 49 ovejas, a las cuales también se les determinó la carga fetal. De estas, 32 presentaron preñez doble, 11 preñez simple, cuatro preñeces triples, y dos resultaron no gestantes. El momento óptimo para determinar el número de fetos es entre los días 35 y 40 de gestación, periodo en el que en caso de existir múltiples fetos es posible visualizar la mayoría de estos en una sola imagen. Sin embargo, esta visualización requiere experiencia por parte del operador. Alternativamente, el examen entre los días 40 y 50 de gestación permite también obtener resultados más precisos, facilitando el diagnóstico gracias a la mayor definición de las estructuras fetales en esta etapa (Barbagianni et al., 2016).

4. CONCLUSIONES

1. Se obtuvieron conocimientos que permitieron desarrollar habilidades y destrezas en la aplicación de biotecnologías reproductivas en la especie ovina.
2. Se adquirieron destrezas en la realización del examen de aptitud reproductiva en hembras y machos, con el fin de identificar de manera objetiva los animales que cumplen con los criterios necesarios para la aplicación de biotecnologías reproductivas.
3. La participación en las actividades desarrolladas por el laboratorio de reproducción animal de la UDELAR permitió obtener conocimientos en la administración de tratamientos hormonales para protocolos de sincronización de celo en ovinos.
4. Se adquirió habilidades prácticas y teóricas para la aplicación de inseminación cervical y laparoscópica en ovinos.
5. Se adquirieron conocimientos teóricos y prácticos para realizar diagnósticos de preñez en ovinos mediante la utilización de ultrasonido.

5. RECOMENDACIONES

A la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional, se recomienda fortalecer las relaciones académicas con la UDELAR, para así restablecer la aceptación de estudiantes de la UNA en esta institución, líder en Latinoamérica en el desarrollo de estudios relacionados con reproducción en ovinos.

A los estudiantes de la Escuela de Medicina Veterinaria de la UNA, a considerar las pasantías en el extranjero como una modalidad importante para la realización del Trabajo Final de Graduación, ya que esta experiencia permite mejorar el pensamiento académico, las destrezas prácticas y profundizar en el área de interés del estudiante.

Al LRA, para que continúe en la implementación de herramientas diagnósticas complementarias que contribuyan a profundizar en el diagnóstico reproductivo para así continuar siendo un centro de referencia en la aplicación de biotecnologías.

6. REFERENCIAS

- Álvarez, M., Anel-Lopez, L., Boixo, J. C., Chamorro, C., Neila-Montero, M., Montes-Garrido, R., De Paz, P., & Anel, L. (2019). Current challenges in sheep artificial insemination: A particular insight. *Reproduction In Domestic Animals*, 54(S4), 32-40.
<https://doi.org/10.1111/rda.13523>
- Álvarez, M., Chamorro, C., Kaabi, M., Anel-López, L., Boixo, J., Anel, E., Anel, L., & De Paz, P. (2012). Design and “in vivo” evaluation of two adapted catheters for intrauterine transcervical insemination in sheep. *Animal Reproduction Science*, 131(3-4), 153-159. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.03.001>
- Amiri, B. E., & Rahim, A. (2024). Exploring Endogenous and Exogenous Factors for Successful Artificial Insemination in Sheep: A Global Overview. *Veterinary Sciences*, 11(2), 86. <https://doi.org/10.3390/vetsci11020086>
- Barbagianni, Ioannidi, K., Vasileiou, N., Mavrogianni, V., Orfanou, D., Fthenakis, G., & Valasi, I. (2016). Ultrasonographic examination of pregnant ewes: From early diagnosis of pregnancy to early prediction of dystocia. *Small Ruminant Research*, 152, 41-55. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.12.008>
- Brito, L. F., Althouse, G. C., Aurich, C., Chenoweth, P. J., Eilts, B. E., Love, C. C., Luvoni, G. C., Mitchell, J. R., Peter, A. T., Pugh, D. G., & Waberski, D. (2016). Andrology laboratory review: Evaluation of sperm concentration. *Theriogenology*, 85(9), 1507-1527. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.01.002>
- Chenoweth, P., Brito, L., Peter, A., Waberski, D., Althouse, G., Aurich, C., Luvoni, G., Turner, R., Fraser, N., & Lopate, C. (2024). Andrology laboratory review: evaluation

- of sperm morphology. *Clinical Theriogenology*, 16.
<https://doi.org/10.58292/ct.v16.10600>
- Curbelo, L., & Rodríguez, E. (2022). *Sincronización de estros con un análogo sintético de prostaglandina F2A en ovejas merino australiano: comparación de protocolos con dos o tres dosis* [Tesis de grado]. UdelaR.
- Dovenski, T., Trojancanec, P., Atanasov, B., Nikolovski, M., Petkov, V., Popovska-Percinic, F., Dovenska, M., Grizelj, J., & Vince, S. (2022). Novelties in Ovine Assisted Reproductive Technologies – A Review. *Macedonian Veterinary Review*, 45(2), 109-125. <https://doi.org/10.2478/macvetrev-2022-0018>
- Edmondson, M. A., & Shipley, C. F. (2020). Theriogenology of sheep, goats, and cervids. En *Elsevier eBooks* (pp. 141-208). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-62463-3.00017-7>
- Evans G. & Maxwell W. M. C. (1987). Salamon's artificial insemination of sheep and goats. Ed. Butterworths.
- Fernández, J., Galarraga, M. B., Soto, A., De la Sota, R., Cueto, M., Mengido, I. L., & Gibbons, A. (2018). Effect of GnRH or hCG administration on Day 4 post insemination on reproductive performance in Merino sheep of North Patagonia. *Theriogenology*, 126, 63-67. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.008>
- Fernández-Abella, D., Preve, M., & Villegas, N. (2003). Insemination time and dilution rate of cooled and chilled ram semen affect fertility. *Theriogenology*, 60(1), 21-26.
[https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(02\)01041-5](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(02)01041-5)
- Fernández-Abella, D. (2015). Tecnologías reproductivas bovinas y ovinas. *Hemisferio Sur SRL*, (pp. 127-151)

- Fierro, S., Gil, J., Viñoles, C., & Olivera-Muzante, J. (2012). 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. (2017). Long interval prostaglandin as an alternative to progesterone-eCG based protocols for timed AI in sheep. *Animal Reproduction Science*, *180*, 78-84. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.03.004>
- Fierro, S. (2022). *Manejo reproductivo de la majada: Oportunidades para la profesión veterinaria*. En *XLIX Jornadas Uruguayas de Buiatría*. [Paysandú, Uruguay: Centro Médico Veterinario Paysandú].
- Fonseca, J. F., Souza-Fabjan, J. M. G., Oliveira, M. E. F., Leite, C. R., Nascimento-Penido, P. M. P., Brandão, F. Z., & Lehloenya, K. C. (2016). Nonsurgical embryo recovery and transfer in sheep and goats. *Theriogenology*, *86*(1), 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.025>
- Gebreyesus, G., Secher, J., Lund, Kupisiewicz, K., Ivask, M., Hallap, T., Pärn, P., & Su, G. (2024). Genetic parameters for bull effects on in vitro embryo production (IVP) and relationship between semen quality traits and IVP performance. *Animal Reproduction Science*, *263*, 107436. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107436>
- Gibbons, A. E., Fernandez, J., Bruno-Galarraga, M. M., Spinelli, M. V., & Cueto, M. I. (2019). Technical recommendations for artificial insemination in sheep. *Animal Reproduction*, *16*(4), 803-809. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-ar2018-0129>
- Gómez-Miller, R. (2017). Adopción de tecnología en sistemas ganaderos del Norte. *INIA Serie Técnica*, *235*, 101.

- González-Bulnes, A., Baird, D. T., Campbell, B. K., Cocero, M. J., García-García, R. M., Inskoop, E. K., López-Sebastián, A., McNeilly, A. S., Santiago-Moreno, J., Souza, C. J. H., & Veiga-López, A. (2004). Multiple factors affecting the efficiency of multiple ovulation and embryo transfer in sheep and goats. *PubMed*, *16*(4), 421-435.
<https://doi.org/10.10371/rd04033>
- Hadgu, A., & Fesseha, H. (2020). Reproductive Biotechnology Options for Improving Livestock Production: A Review. *Advanced In Food Technology And Nutritional Sciences - Open Journal*, *6*(1), 13-20. <https://doi.org/10.17140/aftnsoj-6-164>
- Hancock, J. L., & Trevan, D. J. (1956). The acrosome and post-nuclear cap of bull spermatozoa. *Journal Of The Royal Microscopical Society*, *76*(3), 77-83.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.1956.tb00442.x>
- Herrera, J., Jordán, H., & Senra, A. (2010). Aspectos del manejo y alimentación de la reproductora ovina Pelibuey en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, *44*(3), 211-219.
<https://biblat.unam.mx/hevila/Revistacubanadecienciaagricola/2010/vol44/no3/1.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2015). IV Censo Nacional Agropecuario 2014. INEC.
- Jha, P. K., Alam, M. G. S., Al-Mansur, M. A., Islam, M. T., & Bari, F. Y. (2018). Selection of breeding rams by evaluating semen quality. *Journal Of Applied Animal Science*, *11*(1), 9-20. [https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183184608?q=\(sn%3a%221906-2257%22\)](https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183184608?q=(sn%3a%221906-2257%22))

- Jones, A. K., & Reed, S. A. (2017). Benefits of ultrasound scanning during gestation in the small ruminant. *Small Ruminant Research*, 149, 163-171.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.02.008>
- Kershaw, C. M., Khalid, M., McGowan, M. R., Ingram, K., Leethongdee, S., Wax, G., & Scaramuzzi, R. J. (2005). The anatomy of the sheep cervix and its influence on the transcervical passage of an inseminating pipette into the uterine lumen. *Theriogenology*, 64(5), 1225-1235.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.02.017>
- Kimberling, C. V., & Parsons, G. A. (2007). Breeding Soundness Evaluation and Surgical Sterilization of the Ram. En *Elsevier eBooks* (pp. 620-628).
<https://doi.org/10.1016/b978-072169323-1.50088-x>
- Maquivar, M. G., Smith, S. M., & Busboom, J. R. (2021). Reproductive Management of Rams and Ram Lambs during the Pre-Breeding Season in US Sheep Farms. *Animals*, 11(9), 2503. <https://doi.org/10.3390/ani11092503>
- Masoudi, R., Shahneh, A. Z., Towhidi, A., Kohram, H., Akbarisharif, A., & Sharafi, M. (2016). Fertility response of artificial insemination methods in sheep with fresh and frozen-thawed semen. *Cryobiology*, 74, 77-80.
<https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2016.11.012>
- Mora-Valverde, D., & Chacón-Villalobos, A. (2015). La Ovinocultura en Costa Rica: Caracterización Sectorial Año 2014. *Nutrición Animal Tropical*, 9(2), 124.
<https://doi.org/10.15517/nat.v9i2.22456>
- Naitana, S., & Ledda, S. (2020). Reproductive technologies in sheep. En *Elsevier eBooks* (pp. 31-54). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817107-3.00003-5>

- Navarro, A., & Rodríguez, J. (2019). *Comportamiento productivo y composición de la canal de machos ovinos (Ovis aries) en Pérez Zeledón, Costa Rica*.
<https://revistas.tec.ac.cr/index.php/agroinn/article/view/4691>
- Olivera, J., & Gil, J. (2005). Estudio de diferentes alternativas para la sincronización de celos en ovinos; descripción y valorización económica. *XXXIII Jornadas de Buiatría. Paysandú, Uruguay*. <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/handle/123456789/342>
- Olivera-Muzante, J., Gil, J., Fierro, S., Menchaca, A., & Rubianes, E. (2011). Alternatives to improve a prostaglandin-based protocol for timed artificial insemination in sheep. *Theriogenology*, 76(8), 1501-1507.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.06.020>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2014). Censo General Agropecuario 2011.DIEA.
www.mgap.gub.uy/Diea
- Paramio, M., & Izquierdo, D. (2014). Current Status of In Vitro Embryo Production in Sheep and Goats. *Reproduction In Domestic Animals*, 49(s4), 37-48.
<https://doi.org/10.1111/rda.12334>
- Peter, A. T., Brito, L., Althouse, G., Aurich, C., Chenoweth, P., Fraser, N., Lopate, C., Love, C., Luvoni, G., & Waberski, D. (2021). Andrology laboratory review: evaluation of sperm motility. *Clinical Theriogenology*, 13(1), 24-36.
<https://doi.org/10.58292/ct.v13.935>
- Riani, A. (2022). Cadena Ovina: situación y perspectivas. En *Análisis sectorial y Cadenas productivas* (p. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-opypa-2022/analisis-sectorial-cadenas-productivas/cadena-ovina>).

- Russel, A. J. F., Doney, J. M., & Gunn, R. G. (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 72(3), 451-454.
<https://doi.org/10.1017/s0021859600024874>
- Salamon, S., & Maxwell, W. (1995). Frozen storage of ram semen II. Causes of low fertility after cervical insemination and methods of improvement. *Animal Reproduction Science*, 38(1-2), 1-36. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(94\)01328-j](https://doi.org/10.1016/0378-4320(94)01328-j)
- Sathe, S., & Shipley, C. F. (2014). Applied andrology in sheep, goats and selected cervids. En *CABI eBooks* (pp. 226-253). <https://doi.org/10.1079/9781780643168.0226>
- Secretariado Uruguayo de la Lana. (2018). *Manual práctico de producción ovina*.
https://www.sul.org.uy/descargas/lib/Manual_Pr%C3%A1ctico_de_Producci%C3%B3n_Ovina-2018.pdf
- Shipley, C. F. (2022). Applied Andrology: Ram and Buck. En *CABI eBooks* (pp. 108-119).
<https://doi.org/10.1079/9781789243505.0008>
- Skliarov, P., Pérez, C., Petrusha, V., Fedorenko, S., & Bilyi, D. (2021). Induction and synchronization of oestrus in sheep and goats. *Journal Of Central European Agriculture*, 22(1), 39-53. <https://doi.org/10.5513/jcea01/22.1.2939>
- Viñoles, C., González, A., Martín, G., Sales, F., y Sale, S. (2010). Sheep and goats. En L. DesCôteaux, J. Colloton, y G. Gnemmi (Eds.), *Practical atlas of ruminant and camelid reproductive ultrasonography* (1.a ed., pp. 180-210). En *Wiley-Blackwell eBooks*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BB01107689>

Yu, X., Bai, Y., Yang, J., Zhao, X., Zhang, L., & Wang, J. (2022). Comparison of Five Protocols of Estrous Synchronization on Reproductive Performance of Hu Sheep.

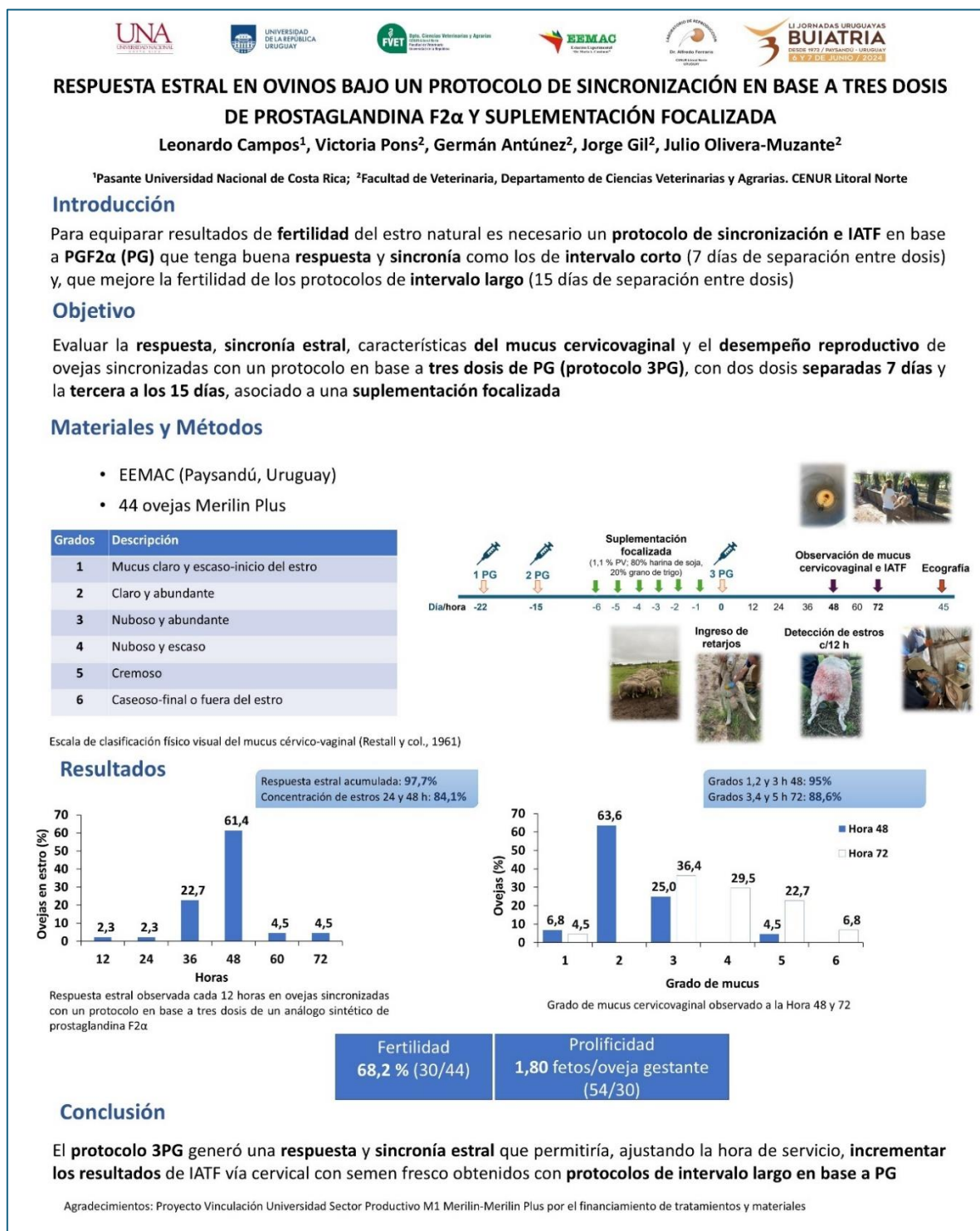
Frontiers In Veterinary Science, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.843514>

Zúñiga, A., Ross, D., & Carrodegua, A. (2021). Fundamentos para la mejora genética de ovinos en Costa Rica. *Repertorio Científico*, 24(1), 79-95.

<https://doi.org/10.22458/rc.v24i1.3417>

7. ANEXOS

7.1. Póster “Respuesta estral en ovinos bajo un protocolo de sincronización en base a tres dosis de prostaglandina F2 α y suplementación focalizada”.



7.2. Carta de certificación de realización de pasantía.



Paysandú, 3 de julio de 2024.

Por la presente se certifica que el Br. Leonardo Campos (correo: leonardo.campos.alfaro@est.una.ac.cr, documento de identidad de Costa Rica número 402350841), estudiante de la Universidad Nacional de Costa Rica – Escuela de Medicina Veterinaria, completó satisfactoriamente su pasantía (1°/02/2024 al 14/06/2024) en Laboratorio de Reproducción Animal (LRA) de la Facultad de Veterinaria, ubicado en la Estación Experimental “Mario A, Cassinoni” (EEMAC, Paysandú, Uruguay), Centro Universitario Regional Noroeste (CENUR Litoral Norte) de la Universidad de la República.

El Br. Leonardo Campos se integró a las actividades de rutina del grupo del LRA-CENUR, participando activamente en las siguientes actividades:

- Curso en inseminación artificial ovina (unidad experimental).
- Curso de Inseminación Artificial en bovinos (unidad experimental, predios privados).
- Protocolos de Inseminación Artificial a tiempo fijo en ovinos sincronizados bajo diferentes programas en majadas experimentales y particulares.
- Examen andrológico de carneros en la Unidad Experimental Glencoe (UAG-INIA).
- Examen andrológico de toros.
- Examen reproductivo de hembra bovina.
- Evaluación de morfología espermática en muestras de rumiantes en evaluación.
- Manejo del sistema CASA AndroVision®.
- Calidad biológica de dosis de IA: trabajo de rutina.
- Atención de casos de andrología clínica en bovinos y ovinos.
- Producción y transferencia de embriones ovinos.
- Interpretación de DEPs para la elección de toros por catálogo.
- Clases teórico-prácticas de reproducción junto a estudiantes de último año de veterinaria de la UDELAR.
- Seguimiento sanitario parasitario de la majada experimental de Veterinaria en la EEMAC (muestreo coproparasitario, Mc.Master, evaluación de respuesta a drogas antihelmínticas).

Participó de protocolos experimentales en ovinos y en una publicación en formato de póster como coautor en el congreso “LI Jornadas Uruguayas de Buiatría”, Paysandú - Uruguay, 6-8/06/2023: “Respuesta estral en ovinos bajo un protocolo de sincronización en



base a tres dosis de prostaglandina F2 α y suplementación focalizada”, (<http://buiatriapaysandu.uy/>), que fuera seleccionado como el mejor trabajo estudiantil para su presentación en forma oral a los asistentes (300 participantes inscriptos).

Es de destacar el buen carácter, la capacidad de trabajo en equipo y el compromiso demostrado por el pasante, lo que redundó en la productividad, excelente ambiente laboral y calidad del trabajo realizado, integrándose al grupo de estudiantes de grado de la Facultad de Veterinaria en Uruguay que cursaron durante dicho período.

Se destaca la excelente disposición y capacidad integración al equipo de trabajo de docentes y estudiantes, lo que deja de manifiesto la formación adquirida en sus estudios de grado en la UNA

Sin más saluda atte.,

Dr. Jorge Gil (PhD)

Unidad de Reproducción Animal – FVET
CENUR LN - UDELAR