



**Práctica empresarial en reproducción animal y aplicaciones de biotecnología reproductiva
llevadas a cabo en la zona de Minas Gerais, en la Universidad Federal de Viçosa, Brasil.**

Ruber Andrey González Contreras

Código. 1.090.227.779

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona

Programa de Zootecnia

Pamplona, Norte de Santander, Colombia

2024



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**Práctica empresarial en reproducción animal y aplicaciones de biotecnología reproductiva
llevadas a cabo en la zona de Minas Gerais, en la Universidad Federal de Viçosa, Brasil.**

Ruber Andrey González Contreras

Código. 1.090.227.779

Facultad de Ciencias Agrarias, Programa de Zootecnia, Universidad de Pamplona

Trabajo de grado modalidad pasantía empresarial

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Zootecnista

Tutor

Dubel Reinaldo Cely Leal

MVZ. Esp., MSc.

Julio, 2024



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Agradecimientos

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a Dios por haberme concedido la oportunidad de estudiar y formarme como Zootecnista. Su guía y protección han sido primordiales a lo largo de este camino académico y profesional. De igual forma, quiero agradecer profundamente a mis padres, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome su apoyo en cada paso que he dado para convertirme en una mejor persona. A lo largo de este camino, he contado con el apoyo de numerosas personas, entre ellas mis hermanos, novia, tíos, abuelos y otros familiares, quienes han sido fundamentales en la transmisión de valores que han contribuido a forjar la persona que soy en la actualidad.

Además, quiero agradecer a la Universidad de Pamplona por brindarme la oportunidad de formarme como profesional. En esta institución, tuve el privilegio de contar con excelentes docentes que estuvieron siempre disponibles para mi crecimiento académico. Asimismo, estoy agradecido con la Universidad Federal de Viçosa por proporcionarme un período de aprendizaje invaluable.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



Dedicatoria

Quiero dedicar este logro a mis padres, Yaneth Coromoto Contreras Jaimes y Nilson Orlando González Ruiz, cuyo esfuerzo y apoyo fueron fundamentales para que pudiera completar con éxito esta etapa educativa. Ellos han sido mi principal motivación y la fuerza que me ha impulsado hacia mis metas.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

Resumen

Las biotecnologías reproductivas son herramientas que nos permiten mejorar parámetros en los sistemas de producción. Este trabajo estudia diversas biotecnologías reproductivas aplicadas en la Universidad Federal de Viçosa y en el estado de Minas Gerais, Brasil. Entre los procedimientos destacados se incluyen la colecta de semen, la capacitación espermática, la aspiración folicular, el diagnóstico de gestación, la inseminación artificial y la transferencia de embriones. Además, se discutieron artículos científicos como base para trabajar en los diferentes procesos, y se analizaron los registros productivos y reproductivos de diversas fincas para la toma de decisiones. Se presentan resultados de procedimientos como la transferencia de embriones, el examen andrológico, la colecta de semen, el análisis morfológico de semen y la inseminación artificial en bovinos, caprinos y porcinos. En conclusión, se subraya la importancia de las biotecnologías reproductivas para mejorar la reproducción animal y la genética, contribuyendo así a la eficiencia y productividad en la industria pecuaria.

Palabras claves: productividad pecuaria, genética animal, sistemas de producción, genotipo, fenotipo.

Abstract

Reproductive biotechnologies are tools that allow us to improve parameters in production systems. This work studies various reproductive biotechnologies applied at the Federal University of Viçosa and in the state of Minas Gerais, Brazil. Featured procedures include semen collection, sperm training, follicular aspiration, pregnancy diagnosis, artificial insemination and embryo transfer. In addition, scientific articles were discussed as a basis for working on the different processes, and the productive and reproductive records of various farms were analyzed for decision making. Results of procedures such as embryo transfer, andrological examination, semen collection, morphological semen analysis and artificial insemination in cattle, goats and pigs are presented. In conclusion, the importance of reproductive biotechnologies is highlighted to improve animal reproduction and genetics, thus contributing to efficiency and productivity in the livestock industry.

Keywords: livestock productivity, animal genetics, production systems, genotype, phenotype.



Tabla de contenido

Agradecimientos.....	3
Dedicatoria	4
Resumen	5
Abstract	6
1. Introducción	11
2. Justificación.....	14
3. Objetivos.....	16
4.1 Objetivos general	16
4.2 Objetivos específicos	16
4. Marco Teórico	17
5. Marco legal.....	31
6. Metodología.....	32
7.1 Sitio de pasantía	32
7.2 Actividades realizadas	33
8. Resultados.....	43
9. Conclusiones	62
10. Recomendaciones	63
11. Referencias	64
12. Anexos.....	71



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

Tabla de Imágenes

Imagen 1 Masaje transrectal en bovinos.	19
Imagen 2 Espermatozoide normal.....	20
Imagen 3 Defectos de los espermatozoides.	21
Imagen 4 Utilización de percoll para la selección de espermatozoides.	22
Imagen 5 Técnica de aspiración folicular en hembra bovina.	23
Imagen 6 Ciclo estral de la hembra bovina.	28
Imagen 7 Departamento de Medicina Veterinaria.	32
Imagen 8 Universidad federal de Viçosa.....	32
Imagen 9 Laboratorio de producción InVitro.	33
Imagen 10 Laboratorio de Andrología.	33
Imagen 11 Biometría testicular y circunferencia escrotal.	34
Imagen 12 Diagnóstico de gestación en la finca Cachoerinha.	36
Imagen 13 Protocolo en vacas receptoras para transferencia de embriones.....	38
Imagen 14 Colecta seminal en macho Saanen.	39
Imagen 15 Ecografías en Cabras.....	41
Imagen 16 Inseminación a celo detectado en Cabras.....	41
Imagen 17 Aspiración de folículos medianos.....	43
Imagen 18 Cuerpos lúteos en ovarios de cerdas	43
Imagen 19 Pene de bovino con indicio de Papiloma.	45
Imagen 20 Resultado de las centrifugaciones de semen de bovino	47
Imagen 21 Ovario de Vaca con presencia de folículos.	48



Imagen 22	Cuerpo lúteo y cuerpo albicans en ovario de vaca.....	48
Imagen 23	Ultrasonografía en vacas.	49
Imagen 24	Cuerpo lúteo para transferencia de embriones.	51
Imagen 25	Defectos en los espermatozoides de los cabros.	56
Imagen 26	Ultrasonografía en cabras.	59
Imagen 27	Resultado de las centrifugaciones de semen de porcino.	60
Imagen 28	Proyecto caprino UFV.	71
Imagen 29	Corte sagital de CL en ovario de vaca.	71
Imagen 30	Folículos grandes en ovario de cerda.	71
Imagen 31	Registros de la fazenda Vitoria.	71
Imagen 32	Utensilios para IATF.	71
Imagen 33	Registros reproductivos de la fazenda Boa Vista.	71
Imagen 34	Acompañamiento a fazendas lecheras.	72



Lista de tablas

Tabla 1 Porcentaje de aceptación de defectos en los espermatozoides.	21
Tabla 2 Eventos cronológicos en gestación de una hembra bovina.	25
Tabla 3 Hormonas de la reproducción.	29
Tabla 4 Protocolos de inseminación en hembras bovinas.	37
Tabla 5 Examen andrológico en bovinos.	44
Tabla 6 Colecta seminal en bovinos.....	45
Tabla 7 Motilidad y vigor post capacitación espermática.	47
Tabla 8 Diagnóstico de gestación en vacas.	48
Tabla 9 IATF en vacas.	50
Tabla 10 Transferencia de embriones en vacas.	50
Tabla 11 Examen andrológico en caprinos.....	52
Tabla 12 Colecta seminal en bovinos.....	52
Tabla 13 Semen de caprino, para análisis morfológico.....	53
Tabla 14 Colecta seminal en cabros.....	54
Tabla 15 Análisis morfológico en semen de cabros.....	55
Tabla 16 Diagnóstico de gestación en cabras por ultrasonografía.....	57
Tabla 17 Motilidad y vigor post capacitación espermática.	60
Tabla 18 Aspiración folicular en ovarios de cerdas de matadero.	61

1. Introducción

En la actualidad, se ha observado un considerable avance en las biotecnologías reproductivas, con la identificación de diversas aplicaciones para la actividad agropecuaria. Esta área del conocimiento ha proporcionado herramientas para manipular y alterar el genoma de especies de interés zootécnico (Gibbons et al., 2014). En este contexto, el desarrollo de nuevas y más eficientes tecnologías contribuye al aumento de la productividad de un sistema de producción y a la preservación de razas. Estas tecnologías incluyen la inseminación artificial, la sincronización de celos, la aspiración folicular, la andrología, la fertilización in vitro, entre otras, que resultan fundamentales para optimizar los recursos, incrementar la productividad y mitigar el impacto ambiental (Espejo, 2018).

A continuación, se exponen algunas de las técnicas más utilizadas a nivel nacional, que poseen una gran importancia en el ámbito reproductivo:

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es una técnica ampliamente adoptada en la reproducción animal, que aprovecha semen de alta calidad genética para mejorar el rendimiento y la eficiencia reproductiva. En este proceso, las hembras son sincronizadas hormonalmente para facilitar la fase del celo y posteriormente llevar a cabo la inseminación. Este método también proporciona una medida preventiva contra la propagación de enfermedades venéreas (Ortuño, 2009).

En cuanto a la producción in vitro de embriones, se requiere llevar a cabo la aspiración folicular de hembras donadoras, para así continuar con la selección de los ovocitos en el laboratorio. Estos ovocitos se colocan en un medio de maduración y posteriormente se fertilizan. Finalmente, los embriones resultantes se transfieren en fresco a una receptora o se conservan para una posterior transferencia (Fernández, 2007).

Por otro lado, la evaluación andrológica es un procedimiento que busca determinar el estado reproductivo de los machos, donde se identifican aquellos que puedan ofrecer mejores resultados en términos de fertilidad para un rebaño (UCC, 2012).

Los factores que influyen en los resultados de las biotecnologías reproductivas tienen diferentes orígenes y se pueden clasificar en extrínsecos e intrínsecos. (Oyuela & Jiménez, 2010).

Según (UNAM, 2021), diversos factores extrínsecos influyen en los patrones del comportamiento reproductivo y son aquellos relacionados con el entorno que rodea al animal. Entre estos factores se encuentran:

- El estrés influye en la función sexual en los tres niveles del eje hipotálamo-hipófisis-gónada. En el cerebro, inhibe la secreción de GnRH; en la hipófisis, interfiere con la liberación de LH; y en las gónadas, afecta la secreción de esteroides en respuesta a las gonadotropinas. El estrés por calor es especialmente conocido, ya que provoca alteraciones en procesos fisiológicos como el celo, el ciclo estral, la implantación y la gestación, resultando en importantes pérdidas económicas.
- La temperatura tiene efectos menores que los de la luz, la temperatura alta disminuye la manifestación del celo durante los días calurosos y compromete la viabilidad de los embriones en especies no adaptadas a determinadas condiciones climáticas. El frío, por otro lado, afecta el metabolismo, lo que se traduce en una reducción de la actividad reproductiva.
- La nutrición hoy en día, tiene relación entre nutrición y reproducción está bien establecida y puede ilustrarse con varios ejemplos: En ovinos y cerdos, un aumento en los niveles de energía cerca de la ovulación (efecto flushing) resulta en un mayor número de folículos ovulados. En bovinos, la pérdida de entre el 22% y el 24% del peso corporal provoca un anestro prolongado.



Además, la restricción nutricional crónica reduce la tasa de crecimiento del folículo dominante, disminuye su tamaño y causa persistencia.

Por otro lado, los factores intrínsecos son aquellos propios del animal que afectan la tasa de preñez y están directamente relacionados con su fisiología. Esto puede incluir el tamaño del cuerpo lúteo, aspectos asociados con el embrión, así como enfermedades que puedan afectar al individuo (Oyuela & Jiménez, 2010).

En este trabajo, se realizará un estudio detallado a las diferentes biotecnologías reproductivas empleadas en el estado Minas Gerais, de tal modo, que se comprenda su funcionamiento en los distintos animales de producción, para así, fomentar mejoras en la reproducción animal.

2. Justificación

En el presente año, la población mundial alcanzó un crecimiento poblacional del 1%, alcanzando una cifra aproximada de 8 mil millones de habitantes, por tanto, se proyecta que para el año 2050 se llegue a una cifra de 9.700 millones de personas (ONU, 2023). En este contexto, es crucial incrementar el número de animales de producción con altos rendimientos para asegurar la seguridad alimentaria.

Brasil se distingue como uno de los principales productores y proveedores de alimentos a nivel mundial. Es líder en la exportación de carne vacuna y de pollo, y se sitúa en el cuarto lugar en la exportación de carne porcina (Apex, 2018). Además, Brasil cuenta con el segundo mayor rebaño de ganado vacuno del mundo, después de la India, y es el segundo mayor productor de carne a nivel mundial, solo superado por Estados Unidos. Asimismo, es el principal productor de leche en América Latina (Massot, 2008).

Las biotecnologías reproductivas desempeñan un papel fundamental al acelerar el progreso genético de animales de alto rendimiento. Se ha comprobado a nivel mundial que los sistemas de producción pueden beneficiarse significativamente mediante un uso planificado y adecuado de diversas biotecnologías. Estos beneficios ayudan a mejorar los parámetros productivos, para así mejorar el retorno económico (Morag, 2023).

Además de su aplicación en animales de producción, las biotecnologías reproductivas también han sido utilizadas en especies silvestres o en peligro de extinción, contribuyendo a su conservación y evitando su declive hacia la extinción. Estas tecnologías han proporcionado soluciones alternativas para facilitar la gestión genética de poblaciones en peligro, como el desarrollo de bancos de recursos genéticos. Estos bancos, permiten el almacenamiento de semen,



óvulos, embriones y otros tejidos congelados, lo que garantiza la preservación de la variabilidad genética de una especie de manera casi indefinida (Gomendio et al., 2006).

Entre las ventajas más destacadas de las biotecnologías reproductivas se encuentra la mejora de la producción mediante la reproducción controlada de animales en condiciones óptimas. Estas tecnologías también aumentan la eficiencia reproductiva y mejoran la calidad de los productos finales (Solmeglas, 2018).



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



3. Objetivos

4.1 Objetivos general

Realizar acompañamiento técnico en los procesos de reproducción animal y aplicaciones de biotecnología reproductiva llevadas a cabo en la zona de Minas Gerais, en la Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

4.2 Objetivos específicos

- Adquirir conocimientos teóricos y prácticos de las biotecnologías reproductivas en los animales de interés zootécnico.
- Aplicar las biotecnologías reproductivas en animales de producción, en la zona de Minas Gerais, Brasil.
- Comprender el uso de registros productivos y administrativos para mejorar la calidad genética de las especies de importancia en la producción animal.

4. Marco Teórico

4.1 Examen andrológico.

La evaluación de un reproductor se divide en tres categorías: Anamnesis o historia clínica, examen clínico general y examen del sistema genital. Para la anamnesis, se requiere recopilar información sobre el individuo, como su edad, historia clínica, condiciones de manejo y alimentación. En el examen clínico general, se realiza una evaluación del sistema nervioso, respiratorio, circulatorio, digestivo y locomotor, así como del estado de las extremidades, pezuñas y condición corporal (Fernández, 2008). En caso de haber alguna sospecha de problemas en alguno de estos sistemas, se recomienda realizar un examen más detallado. Por último, en el examen físico de los órganos reproductivos, se realiza una inspección mediante palpación o ultrasonografía para detectar posibles alteraciones en cada una de las partes reproductivas del macho (Rezende, 2008).

A continuación, se describen los criterios que se tienen en cuenta para llevar a cabo el examen físico de los órganos reproductivos según Rezende, 2008.

- **Cordón espermático:** se realiza una palpación para detectar la presencia de quistes, varicocele, inflamación, entre otros, que pueden ser evidentes debido al aumento de volumen.
- **Escroto:** se observan las condiciones de la piel, presencia de verrugas, abscesos, movilidad y sensibilidad.
- **Testículos:** se palpan individualmente, considerando que su posición varía según la especie. La sensibilidad no debe manifestar signos de dolor al tacto, y los testículos deben ser móviles en todas las direcciones. Se evalúa el tamaño y la biometría, siendo un mayor tamaño testicular indicativo de un mejor reproductor, aunque este criterio varía según la especie.
- **Epidídimo:** se compone de cabeza, cuerpo y cola, y se evalúa su forma, tamaño y posición, características propias de cada especie.

- Prepucio: se examina un lado del animal, teniendo en cuenta la piel y el tejido subcutáneo, asegurándose de que el ostium prepucial permita el libre paso del pene y examinando cuidadosamente la mucosa.

- Pene: se evalúa tanto en reposo como expuesto (tras la excitación sexual), considerando tamaño, movilidad, estado de las mucosas, secreciones y presencia de anomalías.

4.2 Colecta seminal y congelación de semen.

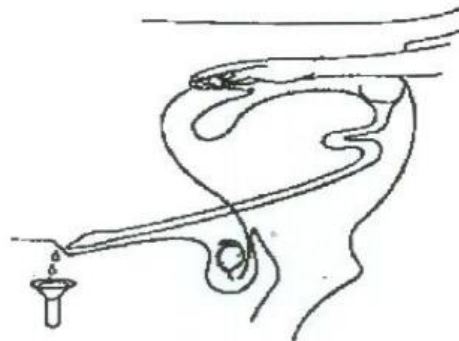
La obtención de semen mediante diversas técnicas posibilita la preservación de un gran número de pajillas para su uso inmediato o para su criopreservación, puesto que, los métodos de recolección de semen varían según la especie, el más frecuentemente utilizado es el empleo de vagina artificial (Ávalos, 2018).

Posteriormente, se describen los métodos utilizados para la recolección de semen en distintas especies de interés zootécnico:

Bovinos: estos incluyen el masaje rectal, la utilización de una vagina artificial y la técnica de electroeyaculación. El masaje rectal implica la introducción del brazo en el recto del toro para estimular las vesículas seminales mediante movimientos de masaje desde la parte frontal hacia la posterior (Imagen 1). En el caso de la vagina artificial, se regula cuidadosamente la temperatura del agua (entre 42°C y 45°C) y se aplican estímulos de calor y presión para simular las condiciones internas de la vagina de la hembra (Brejov, 2014). Por último, la electroeyaculación se basa en la aplicación de estímulos eléctricos controlados, con el fin de activar los centros nerviosos responsables tanto de la erección como de la eyaculación en el toro (López, 2021).

Imagen 1

Masaje transrectal en bovinos.



Nota. Fuente: (Arieta, 2014).

Equinos: En caballos, la recolección de semen se realiza mediante una vagina artificial, siguiendo un proceso similar al empleado en bovinos. La principal diferencia radica en el tamaño de la vagina artificial, que es mayor para esta especie equina (López, 2021).

Caprinos y ovinos: la recolección de semen se lleva a cabo tanto a través de la vagina como por medio de la electroeyaculación, siendo ambos métodos similares a los utilizados en bovinos. En estas especies, es difícil lograr la recolección sin un período de adaptación previo. Una diferencia notable es el tamaño más pequeño de la vagina, mientras que la temperatura puede ser ligeramente inferior, alcanzando los 37°C. Durante el proceso de electroeyaculación, el animal debe ser colocado en el suelo, ya que el estímulo eléctrico provoca una fuerte extensión muscular de las extremidades, la cabeza y el cuello, seguida de una exhalación intensa y taquicardias pronunciadas (López, 2021).

Porcinos: el método más eficaz utilizado para la recolección de semen es a través de una vagina artificial, que se utiliza junto con un maniquí impregnado de secreciones vaginales de una hembra. El propósito principal de esta vagina artificial es recrear un entorno con temperatura y presión similar al tracto genital de la hembra, lo que genera estímulos adecuados en el macho para

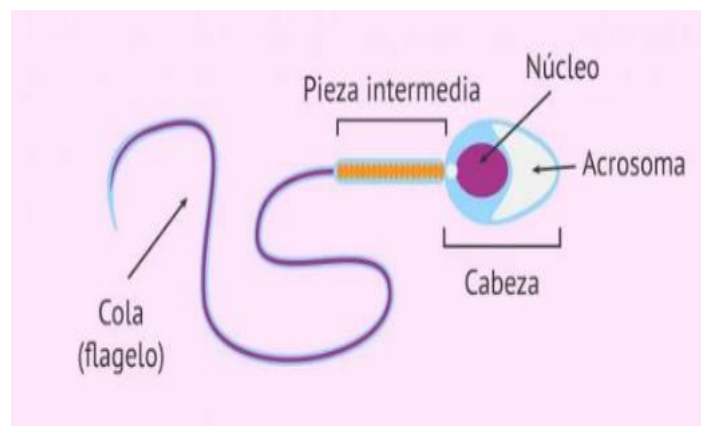
inducir la eyaculación (Izquierdo, 2015). Un método adicional es el manual, que implica esperar a que el pene del verraco se extienda del prepucio y luego aplicar presión sobre él hasta inducir la eyaculación. Es importante continuar aplicando presión en la extremidad del pene de manera intermitente para estimular al verraco adecuadamente (Lecoz, 2006).

4.3 Análisis morfológico.

El hecho de examinar la morfología espermática, logra ser útil para determinar la proporción de espermatozoides con anomalías en su forma y el tipo específico de alteraciones presentes. Un espermatozoide normal exhibe las siguientes características: la cabeza debe ser ovalada, con un borde regular, mientras que el acrosoma debe cubrir entre el 40% y el 70% del área de la cabeza. La pieza intermedia debe ser delgada y uniforme en su estructura, con una longitud similar a la de la cabeza espermática. Es esencial que, la pieza intermedia se extienda desde el centro de la cabeza sin desplazamientos (Zermiani, 2021). Por otro lado, el flagelo o cola debe tener un grosor uniforme, siendo más delgado que la pieza intermedia, su longitud óptima es de aproximadamente 45 micrómetros, sin evidencia de rupturas (Imagen 2) (Azaña, 2022).

Imagen 2

Espermatozoide normal.



Nota. Fuente: (Azaña, 2022).

En caso que, los espermatozoides que muestren irregularidades morfológicas pueden exhibir defectos en una o varias de sus componentes (Imagen 3), siendo categorizados como defectos mayores y menores, los cuales difieren según la especie (Tabla 1) (Cequeira, 1998).

Imagen 3

Defectos de los espermatozoides.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1

Porcentaje de aceptación de defectos en los espermatozoides.

Especie	Defectos totales	Defectos mayores
Bovino	30%	20%
Equinos	40%	20%
Caprinos	20%	10 %
Ovinos	20%	10%
Porcinos	20%	-----

Nota. Fuente: (Cequeira, 1998).

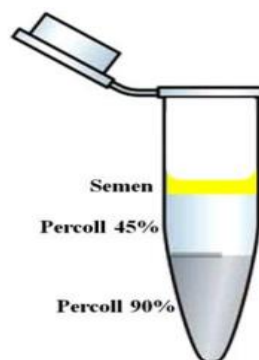
4.4 Capacitación espermática.

Este procedimiento ayuda a los espermatozoides a desarrollar la habilidad de llevar a cabo la reacción acrosómica, la cual les ayuda a penetrar la zona pelúcida. Durante esta reacción, las enzimas contenidas en el acrosoma del espermatozoide son liberadas, permitiendo así su paso a través de la zona pelúcida (Rodrigo, 2024).

Para este procedimiento, es necesario identificar el espermatozoide con capacidad de fertilización mediante el uso de percoll en concentraciones del 45% y 90% (Imagen 4). Esta mezcla se combina con el semen en un tubo Eppendorf y se centrifuga a 700 G durante 30 minutos, según la especie. En otro tubo Eppendorf, se prepara un medio de FIV al que se añade el semen viable obtenido del proceso anterior. Posteriormente, esta muestra se centrifuga durante 10 minutos a una fuerza de 100 G. Finalmente, la muestra se coloca en una cámara de Neubauer para su evaluación (Filho, 2015).

Imagen 4

Utilización de percoll para la selección de espermatozoides.



Nota. Fuente: (Filho, 2015).

4.5 Aspiración folicular.

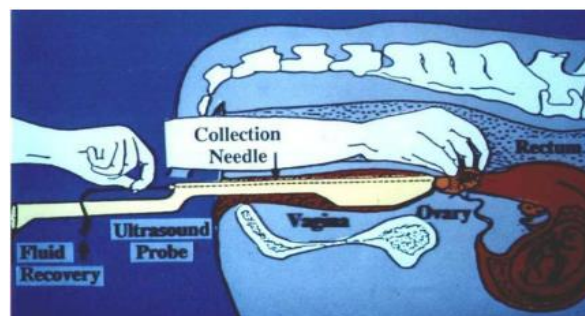
La técnica de punción folicular en vivo, conocida como Ovum Pickup (OPU), es una técnica en la que se recolectan oocitos inmaduros de los folículos en los ovarios de una vaca viva

mediante aspiración guiada por ultrasonografía a través de la pared vaginal. Estos oocitos son luego fertilizados en un laboratorio (in vitro) y posteriormente implantados en una hembra receptora que actúa como madre sustituta durante la gestación (Mejía, 2009). Para llevar a cabo la OPU, es esencial contar con tres elementos clave: un equipo de ultrasonido con su respectivo transductor, una bomba de aspiración y un sistema de guía de aguja conectado a un tubo colector (Vilchis, 2011).

Antes de iniciar la punción, se administra anestesia epidural para insensibilizar el área genital y reducir los movimientos peristálticos del recto, lo que facilita la manipulación. Luego, se procede a limpiar y secar la vulva y la región perineal con agua y papel higiénico. A continuación, se posiciona la aguja en la guía del transductor y se inserta a través de la vagina, mientras se introduce la mano por el recto para fijar el ovario contra la cabeza del transductor, permitiendo su visualización en el ecógrafo. Una vez localizado el folículo a aspirar, se avanza la aguja suavemente para penetrar la pared vaginal y luego la folicular. Una vez hecho esto, la bomba de vacío aspira el contenido, depositándolo en el filtro de embriones o en un recipiente designado para este propósito. Posteriormente, los ovocitos son procesados de la misma manera que para la fertilización in vitro (Imagen 5) (Vilchis, 2011).

Imagen 5

Técnica de aspiración folicular en hembra bovina.



Nota. Fuente: (Vilchis, 2011).

4.6 Diagnóstico de gestación (DG).

La palpación rectal es el método más utilizado para diagnosticar la gestación en comparación con las mediciones hormonales o la ecografía. Esta técnica implica la detección de la presencia o ausencia de un feto en el sistema reproductivo de la vaca. Para llevar a cabo esta práctica de manera efectiva, es crucial tener un conocimiento profundo de la anatomía del sistema reproductivo para identificar y localizar correctamente las estructuras al insertar la mano por el recto. El desconocimiento de los órganos presentes en la cavidad abdominal puede resultar en errores y confusiones en el diagnóstico, especialmente cuando órganos como el rumen interfieren en la exploración (Quintero et al., 2019).

Para realizar esta práctica, se debe utilizar una manga de palpación debidamente lubricada con aceite mineral, vaselina o carboximetilcelulosa (CMC), evitando el uso de lubricantes que puedan irritar las mucosas, como el jabón, por consideraciones éticas. Después de lubricar la manga, se introduce la mano por el recto, uniendo las puntas de los dedos para formar un cono y reducir al máximo el diámetro del puño. Se realizan movimientos rotatorios mientras se remueven las heces del recto para localizar el cierre de este, que es causado por el primer movimiento peristáltico (Barajas, 2019). La remoción de las heces puede provocar la entrada de aire en el recto (neumorecto), lo que distiende el órgano. En este caso, se recomienda avanzar más adentro en busca de un nuevo anillo peristáltico y realizar una lenta tracción hacia afuera para eliminar el aire. Se aconseja no retirar la mano de la cavidad hasta haber realizado un diagnóstico adecuado (Quintero et al., 2019).

De acuerdo con (Quintero et al., 2019). Sugiere seguir un procedimiento paso a paso para establecer un diagnóstico de gestación en vacas.

El punto de referencia principal en este proceso es el cérvix, cuya localización facilita la identificación de otras estructuras del sistema reproductivo. El cérvix puede ser manipulado suavemente dentro de la cavidad pélvica e incluso retraído para permitir la visualización de otros órganos como el útero y ovarios. Existen diferentes tipos de cérvix, que varían en tamaño, forma, consistencia y diámetro, dependiendo de la etapa fisiológica, la edad, el historial reproductivo y la raza del animal, entre otros factores.

El útero proporciona al tocólogo cuatro características básicas que son fácilmente evaluables: abarcamiento, fluctuación, simetría de los cuernos y tono, de igual manera allí se nota la presencia del feto.

La palpación de los ovarios es útil para determinar inicialmente si los animales están en ciclo estral o no, y en ocasiones puede ayudar a predecir los eventos próximos en el ciclo estral.

A continuación, en la tabla 2, se presentan los eventos cronológicos más relevantes de la gestación de una hembra bovina.

Tabla 2

Eventos cronológicos en gestación de una hembra bovina.

Día	Eventos
30	• Retracción del cérvix positiva (continua en cavidad pelviana) • Vesícula amniótica esférica 2-3cms. • Deslizamiento de membranas positivo • Leve asimetría del cuerno grávido • Presencia de vesícula amniótica. • Deslizamiento de membranas positivo.
45	• Asimetría del cuerno grávido. • Fluctuación positiva, el cuerno gestante gira cerca de 180 grados sobre su eje, colocándose sobre el no grávido.
60	• El feto se palpa fácilmente (10-12cm)

- Diámetro de los placentomas 0.5 a 1,0 cm.
- El útero completo está en cavidad pelviana.
- Aumento del diámetro de la arteria uterina ipsilateral al cuerno grávido.
- Tamaño de los placentomas 1.0 a 2.0 cm
- Curvatura mayor del cuerno grávido a ras con el borde anterior del pubis, cérvix no retraíble, por el contrapeso del contenido de la preñez.
- 90
 - Los cuernos siguen siendo abarcables, puede percibirse el feto como un cuerpo duro que flota en el líquido.
 - Hipertrofia arteria uterina ipsilateral al cuerno grávido.
 - Empieza el descenso, fondo del cuerno grávido sobre pasa el borde anterior del pubis.
- 120
 - En ocasiones se percibe el frémito de la arteria uterina
 - Diámetro de los placentomas 2.0 a 3.0 cm.
 - El feto mide de 24 a 30 cm de largo
 - El cérvix no es retraíble y presenta forma aplanada (colocado en tensión con el borde del pubis)
 - Útero cae a la cavidad abdominal siendo difícil de encontrar el feto (se logran palpar algunas
 - 150 estructuras justamente por debajo del borde del pubis, en dirección a la ubre).
 - Arteria uterina con frémito evidente (aprox. 1.0 cm de diámetro)
 - Diámetro de los placentomas de 3.0 a 4.0 cm.
 - El útero está completamente descendido.
- 180
 - Diámetro de los placentomas de 4.0 a 5.0 cm.
 - En ocasiones logra palparse parte de la cabeza del feto.
 - Diámetro de la arteria uterina con frémito evidente (aprox. 1.5 cm).
 - Diámetro de los placentomas de 5.0 a 6.0 cm.
- 210
 - Diámetro de la arteria uterina 1.5 a 2.0 cm
 - El feto comienza el ascenso, permitiendo que se palpe fácilmente y en ocasiones mostrando movimientos espontáneos.
 - Diámetro de los placentomas de 6.0 a 7.0 cm.
 - Diámetro de la arteria uterina 2.0 a 2.5 cm.
- 240
 - El feto suele colocar la cabeza sobre el piso de la cavidad pélvica, generalmente se encuentran con facilidad las extremidades anteriores y la cabeza impidiendo el paso hacia el resto de la cavidad.
 - Movimiento fetal muy fácil de percibir.

270

- Diámetro de los placentomas de 7.0 a 8.0 cm.
- La arteria uterina media mide 2.5cms de diámetro y el frémito se siente fácilmente en las paredes y techo de la cavidad.
- El feto invade totalmente la cavidad y no se deja empujar hacia atrás con facilidad, generalmente se palpan las extremidades al entrar al recto.
- Movimiento fetal evidentísimo

Nota. Fuente: (Quintero et al., 2019).

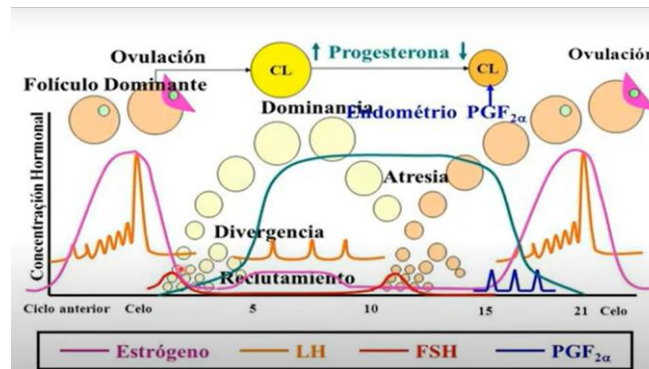
La ultrasonografía es una herramienta indispensable en el diagnóstico, utilizando ondas sonoras para generar imágenes de tejidos blandos y órganos internos, las cuales se visualizan en la pantalla del ecógrafo. Este examen se realiza por vía transrectal con una sonda lineal de 7.5 MHz, tras evacuar previamente la materia fecal y realizar una palpación rectal para una identificación más precisa de las estructuras del sistema reproductivo (Torres, 2012). Al introducir la sonda en la cavidad pelviana, se utiliza la vejiga como referencia anatómica, apareciendo como una imagen anecogénica con bordes bien definidos. Luego, se identifica el útero, evaluando su contextura que varía según la fase del ciclo estral y las concentraciones hormonales. Durante la fase folicular, con niveles elevados de estrógeno (E2), se observa edema y acumulación de líquido intrauterino, reflejado en una disminución de la ecogenicidad de las paredes uterinas y un contenido anecogénico en su luz. Después de evaluar el útero, se identifican los ovarios, distinguiendo las estructuras funcionales, folículos y cuerpo lúteo (Quintero et al., 2019).

4.7 Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

Antes de iniciar un protocolo de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF), es esencial comprender la fisiología reproductiva de las hembras, lo cual se refiere al ciclo estral, compuesto por cuatro fases consecutivas: proestro, estro, metaestro y diestro (Imagen 6). Durante estas etapas, se producen cambios en las estructuras ováricas y en las concentraciones hormonales que interactúan para permitir el ciclo reproductivo de la vaca (Guáqueta, 2019).

Imagen 6

Ciclo estral de la hembra bovina.



Nota. Fuente: (Moreno, 2023).

Durante el proestro, la actividad ovárica comienza con la degeneración del cuerpo lúteo (CL) del ciclo estral anterior, mientras que los niveles de progesterona disminuyen y simultáneamente se desarrolla un folículo preovulatorio. En el estro, la continua producción de estrógenos por el folículo en desarrollo desencadena un aumento significativo en la liberación de hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH) por parte de la glándula pituitaria. Esto estimula la máxima producción de estrógenos por el folículo, lo que provoca los comportamientos y signos característicos del celo, aumentando las contracciones del tracto reproductivo femenino para facilitar la fertilización del óvulo por el espermatozoide (Callejas, 2015). El periodo de tres a cuatro días después del celo se conoce como metaestro y está regulado por una serie de eventos hormonales que controlan la actividad ovárica durante este tiempo. El pico de LH y FSH que se produce durante el estro induce la ruptura del folículo aproximadamente 30 horas después del inicio de la "monta estática", o alrededor de 10 a 14 horas después de finalizar el estro, lo que resulta en la liberación del óvulo en un proceso llamado ovulación. Y el diestro, la fase más prolongada del ciclo estral, está principalmente regulado por la presencia de progesterona y la acción del cuerpo lúteo (Guáqueta, 2019).

Además, es crucial comprender el papel y la acción de las hormonas presentes para poder realizar una Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) de manera efectiva, como se detalla en la tabla 3.

Tabla 3

Hormonas de la reproducción.

Hormonas del eje hipotalámico-hipofisiario-gonadal-uterino.	Hormona	Funciones fisiológicas
Hormonas hipotalámicas	Oxitocina	Contracción de la musculatura uterina y modificación de los umbrales de excitabilidad del miometrio en el útero. También provoca un incremento en la frecuencia de contracciones del oviducto y, de esta manera, interviene en el transporte, tanto de los gametos femeninos como de los masculinos en el oviducto.
	Hormona liberadora de las gonadotrofinas (GNRH)	Induce la liberación tanto de la hormona luteinizante (LH) como de la hormona folículo estimulante (FSH) a partir de la hipófisis
Hormonas hipofisiarias gonadotróficas: Secreta 3 hormonas.	Hormona foliculoestimulante (FSH)	Estimula el crecimiento de los folículos en el ovario y participa, junto con la LH, estimulando la síntesis de estradiol en los folículos en desarrollo.
	Hormona luteinizante (LH)	Induce una cadena de reacciones enzimáticas que terminará con la ruptura de la pared folicular y la ovulación.
Hormonas gonadales	Prolactina	Es una proteína que interviene en la lactancia y aparentemente actúa a nivel del sistema nervioso central e induce el comportamiento materno.
	Relaxina	Es secretada por el CL del ovario durante la preñez. La principal acción biológica de la relaxina es la dilatación del cérvix y la vagina antes del parto

Inhibina	Inhiben la secreción de FSH de la hipófisis, sin alterar la liberación de LH
Estrógenos	El principal estrógeno que se secreta en el ovario es el estradiol 17β . La producción de estradiol por parte del folículo es un proceso en el que intervienen las células de la teca y de la granulosa con el aporte de la LH y FSH.
Progestágenos	La función de la progesterona es preparar al útero para la implantación y el mantenimiento de la preñez mediante el aumento de las glándulas secretoras del endometrio y la inhibición de su motilidad.
Hormonas uterinas	La PGF2 α estimula las contracciones uterinas y desempeña una función en el transporte de los espermatozoides

Nota. Fuente: (Cabrera, 2017).

La Tecnología de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) utiliza métodos para controlar el ciclo de ovulación de los animales, lo que facilita la inseminación en un horario preestablecido sin requerir la detección del celo, permitiendo así la inseminación de un gran número de animales diariamente (Menchac et al., 2013).

4.8 Transferencia de embriones.

La transferencia de embriones implica recolectar los embriones de una hembra donante y luego implantarlos en el útero de otras hembras receptoras para que completen la gestación. Esta técnica se utiliza para intensificar la selección en programas de mejora genética, ya que permite obtener un gran número de descendientes de hembras con un alto potencial genético en un período de tiempo relativamente corto (Herradón & Arias, 2014).

Por otra parte, existe la posibilidad de trabajar con embriones congelados, lo que requiere un protocolo preciso para el manejo reproductivo de las hembras receptoras. Es crucial que estas hembras no solo se ajusten al protocolo de sincronización, sino que también exhiban un ciclo estral

de alta calidad, con estructuras ováricas saludables que garanticen un resultado exitoso en términos de preñez (Lira, 2018).

5. Marco legal

Es fundamental considerar las regulaciones actuales de cada país en relación con las biotecnologías reproductivas; por lo tanto, se detallan las normativas establecidas por las entidades regulatorias de Colombia.

- Resolución ICA 02820 del 11 de octubre de 2001: Por la cual se dictan disposiciones para el control técnico de la producción, importación, y comercialización del material seminal y embriones (ICA, 2001).
- Resolución ICA 01426 del 24 de junio de 2002: Por la cual se establecen requisitos para el registro de Unidades Técnicas para realizar la Verificación de la calidad de material seminal y auditoría a los centros de producción de Material Seminal y embriones y Laboratorios de procesamiento de material seminal (ICA, 2002).
- Resolución ICA 00001577 del 09 de febrero de 2022: Por la cual se establecen los requisitos sanitarios y de bioseguridad para el registro de empresas como centrales de recolección y procesamiento, unidades de procesamiento, unidades de recolección e importadores de material genético de especies de interés zootécnico (ICA, 2022).

De igual manera, Brasil cuenta con normativas que deben cumplirse en todas las biotecnologías reproductivas, según lo descrito por el Ministério da Agricultura e Pecuária en 2021.

- Instrução Normativa N° 48, de 17 de junho de 2003, que regulamenta os requisitos sanitários mínimos para a produção e comercialização de sêmen bovino e bubalino no país.

- Instrução Normativa N° 53, de 27 de setembro de 2006, que aprova o regulamento para registro e fiscalização de centro de coleta e processamento de sêmen (CCPS) bovino, bubalino, caprino e ovino.

6. Metodología

7.1 Sitio de pasantía

Município de Viçosa, ubicada en el sureste de Brasil en el estado de Minas Gerais, se encuentra a una latitud de 20°45'14" sur y longitud de 42°52' 55" oeste, con una altitud de 649 metros de altura sobre el nivel del mar. En esta ciudad, destaca la Universidad Federal de Viçosa (Imagen 8), reconocida como una de las instituciones académicas más destacadas del país, tanto por su excelencia investigativa como por la calidad de su cuerpo docente. (DRI, 2020).

Por otro lado, el departamento de Medicina Veterinaria (DTV) de la Universidad Federal de Viçosa (Imagen 7), cuenta con dos hospitales veterinarios, uno especializado en grandes especies y otro en pequeñas especies. Asimismo, dispone de laboratorios dedicados a distintas áreas de estudio, corrales para el tratamiento de animales, y áreas destinadas a cada uno de los sistemas de producción. Además, la interacción con los estudiantes se facilita gracias a la proximidad de varias fincas cercanas (DVT, 2020).

Imagen 7

Universidad federal de Viçosa



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 8

Departamento de Medicina Veterinaria.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

7.2 Actividades realizadas

En este segmento se detallan las labores llevadas a cabo a lo largo de las 16 semanas de las prácticas profesionales.

7.2.1 Identificación de las instalaciones.

En esta actividad se recorrieron las instalaciones del Departamento de Medicina Veterinaria, incluyendo sus laboratorios como el de Andrología y Producción *In Vitro* (Imagen 9 y 10), respectivamente. De igual forma, se observaron los materiales disponibles para la reproducción animal y se conocieron los proyectos de investigación dirigidos por el Dr. José Domingos Guimarães, a los cuales se les realizó acompañamiento.

Imagen 10

Laboratorio de Andrología.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 9

Laboratorio de producción InVitro.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Biotechnologías reproductivas en bovinos

➤ Examen andrológico.

En este estudio se realizaron exámenes andrológicos en bovinos de las razas Holstein y Nelore. Se comenzó registrando la identificación de cada animal, seguido de un examen clínico general y de los órganos reproductivos. Para este propósito, se utilizó un guante lubricado que se

introdujo por el recto para estimular al animal y así observar el pene y detectar posibles anomalías. También se evaluó si los testículos presentaban dolor al tacto y si tenían buena movilidad. Se empleó una cinta métrica para medir la circunferencia escrotal y un paquímetro para medir la biometría testicular (Imagen 11).

Imagen 11

Biometría testicular y circunferencia escrotal.



Nota. (A) Utilización de paquímetro para medir la biometría testicular, (B) cinta métrica para medir la circunferencia escrotal del testículo de un bovino Holstein. Fuente: Elaboración propia.

➤ Colecta seminal y congelación de semen.

Se obtuvo semen de bovinos mediante el método de electroeyaculación, que consistió en la inserción de una bala rectal para generar impulsos eléctricos. Paralelamente, se colocó un cono con un tubo a nivel del pene para recolectar el semen. Una vez colectado, el semen se mezcló con un diluyente (Botubov) en una proporción de 1:1 y se llevó al laboratorio para su análisis correspondiente.

Para la congelación de semen, inicialmente se calcularon los datos utilizando la fórmula descrita por Cequeira en 1998, que se utiliza para las diferentes especies. Una vez calculados, el semen se depositó en una pajilla, en este caso de 0,25 ml, aunque también es posible utilizar pajillas de 0,50 ml, las cuales se sellaron con polvo de Alcohol polivinílico-IMV. Luego, las pajillas fueron

llevadas a una máquina de congelación de semen (Crygen HSE), durante 3 horas a una temperatura de refrigeración a 5°C. Es importante mencionar que las condiciones de congelación pueden variar según la especie animal. Finalmente, las pajillas con el semen congelado se transfirieron a un termo que contiene nitrógeno a -196°C para su almacenamiento.

Fórmula para determinar la cantidad de pajillas (Cequeira, 1998).

$$\frac{A}{\frac{1}{B} \times \frac{N}{25} \times \frac{1}{10}} = N^{\circ} \text{ espermatozoides/mm}^3$$

A: Número de espermatozoides contados

B: Factor de dilución

N: Número de cuadrados contados

1/10: Altura de la Cámara

➤ Capacitación espermática.

Para preparar la muestra de semen bovino para la capacitación espermática, se procedió de la siguiente manera: se añadieron 250 µl de percoll al 90% en un tubo, seguido de la misma cantidad de percoll al 45%, luego se añadió 100 µl de semen. La mezcla se centrifugó a 700 G durante 7 minutos. Después, el semen se retiró y se colocó en otro tubo al que se le agregaron 400 µl de medio FIV. Este segundo tubo se centrifugó a 700 G durante 5 minutos. Finalmente, la muestra se colocó en la cámara de Neubauer para su evaluación.

➤ Aspiración folicular.

Se llevó a cabo la aspiración de los ovarios de vacas del matadero. Se adecuó el espacio para su manipulación, seguidamente se aspiraron todos los folículos utilizando una aguja de calibre 21. Una vez obtenido el líquido, se colocó en una caja de Petri para su posterior análisis en el laboratorio.

➤ Diagnóstico de gestación (DG).

Se llevaron a cabo visitas a diversas fincas en el estado de Minas Gerais, incluyendo Cachoeirinha, Santa Clara, Boa Vista, Sao Geraldo, entre otras. Durante estas visitas, se realizó un diagnóstico de gestación mediante palpación rectal y ultrasonografía (Imagen 12).

Imagen 12

Diagnóstico de gestación en la finca Cachoeirinha.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

➤ Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

Hay una variedad de protocolos de inseminación, y la elección de uno depende de la especie animal, del productor y del profesional. Por esta razón, se implementaron protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) en las fincas del estado de Minas Gerais, como Cachoeirinha, Boa Vista, Vitoria, entre otras. A continuación, en la tabla 4 se detallan los protocolos utilizados.

Tabla 4

Protocolos de inseminación en hembras bovinas.

Protocolo	1			2			3		
Día	0	7	9	0	8	10	0	8	10
Aplicación o retiro	2 ml BE D.I P4	-P4 2ml Pf2∞ 1ml ECP	IATF	2ml BE D.I P4	-P4 2ml Pf2∞ 1.5ml eCG 1ml ECP	IA TF	2ml BE D.I P4	-P4 2ml Pf2∞ 1ml ECP	IATF

Nota. BE: benzoato de estradiol, P4: progesterona (dispositivo intravaginal), Pf2∞: Prostaglandina, ECP: Cipionato de estradiol, eCG: Gonadotrofina coriónica equina. Fuente: (Guimarães, 2024).

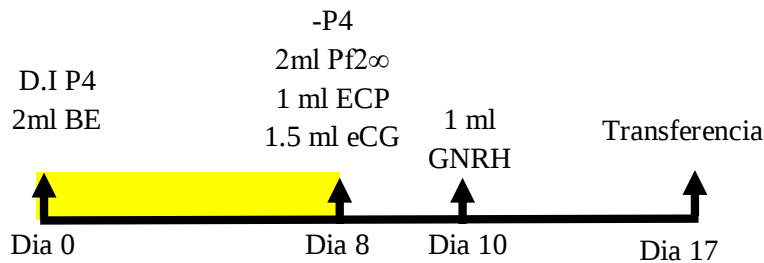
Según lo mencionado anteriormente, el protocolo 1 se implementó en fincas que estaban empezando el servicio de novillas. La principal distinción es que el retiro de la P4 se realiza el séptimo día, dado que las novillas presentan una mayor fertilidad, lo que conduce a tener buenos resultados. Los protocolos 2 y 3 están diseñados para las vacas de ambos grupos raciales en bovinos, y una diferencia importante es la elección entre ECP o BE al día 8. La principal diferencia radica en el momento de la inseminación: con ECP, se realiza 48 horas después, mientras que con BE se realiza a las 36 horas. En este caso se aplicó en todas las vacas ECP día 8. Otra diferencia relevante surge si el productor opta por administrar eCG, que es una hormona más costosa en el mercado. Esto implica un aumento en el costo del protocolo. Sin embargo, la eCG contribuye a mejorar la tasa de fertilidad; su aplicación aumenta esta tasa, mientras que no aplicarla disminuirá el porcentaje de fertilidad.

➤ Transferencia de embriones.

A continuación, en la (Imagen 13) se evidencia el protocolo seguido en las vacas receptoras para la transferencia de embriones congelados, en las diferentes fincas.

Imagen 13

Protocolo en vacas receptoras para transferencia de embriones.



Nota. Fuente: (Guimarães,2024).

El protocolo anterior, se empleó en tres fincas que albergan vacas Holstein como receptoras. En un principio, se les realizó un diagnóstico de gestación (DG), para asegurarse de que no estuvieran en gestación y también para descartar cualquier patología.

El día 17 del protocolo para las vacas receptoras, se realizó una inspección de los ovarios utilizando un ecógrafo. Esto permitió confirmar que la vaca había respondido adecuadamente al protocolo y observar la presencia de un cuerpo lúteo (CL), lo cual indica que la vaca ovuló y está apta para la transferencia del embrión. El embrión se depositó en el mismo cuerno uterino donde se encuentra el cuerpo lúteo (Rodríguez, 2017).

Por otro lado, se prosiguió un protocolo de descongelamiento de embriones (Guimarães, 2024).

1. Identificar el lote y el embrión a transferir.
2. Sacar la pajilla del termo con nitrógeno y dejarla 10 segundos al aire.
3. Sumergir en agua en un termo descongelador a 35°C, durante 30 segundos.
4. Secar la pajilla.
5. Cortar el borde externo de la pajilla.
6. Montar la pajilla
7. Transferir a la receptora.

Biotechnologías reproductivas en caprinos

➤ Examen andrológico.

Se realizó una evaluación andrológica en cabros de las razas Saanen y Alpina de la UFV. En esta evaluación, se registró la identificación de cada animal y se realizó un examen visual de cada reproductor. Además, se utilizó una cinta métrica para medir la circunferencia escrotal y un paquímetro para medir la biometría testicular (Valencia, 2018).

➤ Colecta seminal y congelación de semen.

Se llevaron a cabo colectas a cabros en la granja de la UFV, donde las razas que se tienen son la Alpina y la Saanen. La colecta se realizó a ejemplares de cada raza, esto con el fin de poder obtener un mejoramiento genético. Para estas colectas, se empleó una vagina artificial, manteniendo una temperatura de 38°C y aplicando presión sobre la misma. Además, se utilizó un macho como maniquí durante el proceso (Imagen 14), La vagina artificial cuenta con un tubo de recolección graduado que indica la cantidad de esperma recolectada y permite agregar el diluyente en una proporción de 1:1. El diluyente utilizado fue Botubov, diseñado para proteger y preservar el esperma (Peres et al., 2014).

Imagen 14

Colecta seminal en macho Saanen.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente se colectaron dos cabros, ya que en los resultados del análisis morfológico, se detectó una menor cantidad de espermatozoides anormales. Después de la colecta, se aplicó una fórmula para determinar la cantidad de pajillas que podrían obtenerse para la inseminación artificial. Posteriormente, estas pajillas fueron congeladas utilizando la máquina (Crygen HSE), durante 3 horas a una temperatura de refrigeración a 5°C.

➤ Análisis morfológico.

Para el análisis morfológico de las muestras de semen de los cabros, se siguieron varios pasos. Primero, el semen fue tratado con una solución de formol salino al 10% para inmovilizar las células y permitir un conteo preciso, seguidamente se depositó (2 µl) en un porta objetos. Luego, se colocó un cubreobjetos sobre él, y se aplicó una ligera presión con una servilleta para eliminar el aire y evitar la aglomeración de la muestra. Posteriormente, la lámina preparada se examinó bajo un microscopio, utilizando un aumento de 100x. Se añadió una gota de aceite de inmersión antes de la observación para mejorar su visualización. Finalmente, fueron contados 200 espermatozoides, lo cual su morfología fue comparada con el Atlas de Células de Andrología (Imagen 3), para así, identificar posibles anomalías y evaluar la calidad del semen (Kvist, 2002).

➤ Diagnóstico de gestación (DG).

Asimismo, se realizaron ecografías a las cabras del proyecto caprino de la UFV, para las cuales fue necesario contar un ecógrafo, gel (carboximetilcelulosa), fundas, y un tubo (Imagen 15). Para comenzar, el transductor se colocó en un tubo donde fue asegurado, luego se colocó una funda y se le aplicó gel para evitar lesiones en la mucosa rectal de las cabra. Posteriormente, se introdujo el transductor por el recto de cada cabra para tomar imágenes y verificar los resultados de las ecografías.

Imagen 15

Ecografías en Cabras.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

➤ Inseminación artificial (IA).

Se realizó inseminación artificial en cabras a celo detectado, donde se utilizó el semen de los mismos cabros de la UFV. Para comenzar, se introdujo un vaginoscopio con gel por la vagina de la cabra hasta llegar a la punta del cérvix. Paralelamente, se preparó la pajilla de inseminación con el semen a 38°C. Luego, el aplicador se pasó a través del cérvix hasta llegar al útero, donde se depositó el semen (Imagen 16).

Imagen 16

Inseminación a celo detectado en Cabras.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Biotecnologías reproductivas en porcinos

➤ Capacitación espermática.

Para la capacitación espermática en semen porcino. Se tomaron 100 μ l de semen y se centrifugó durante 10 minutos a una fuerza de 100 G para dejar solo el semen. Luego, se preparó una solución combinando 200 μ l de percoll al 90% y 200 μ l de percoll al 45% en un tubo de Eppendorf. Con cuidado, se añadió la muestra de semen a esta mezcla y se centrifugó durante 30 minutos a 700 G para formar una capa donde los espermatozoides viables se asentarán en la parte inferior y los no viables en la parte superior (Duarte, 2020).

En otro tubo de Eppendorf se dispusieron 400 μ l de medio de FIV, al cual se agregó el semen viable. Luego, se centrifugó durante 10 minutos a una fuerza de 100 G. Posteriormente, se extrajo el semen y se añadió a otro tubo de Eppendorf con 400 μ l de medio de FIV. Finalmente, la muestra se colocó en la cámara de Neubauer para su evaluación (Duarte, 2020).

➤ Aspiración folicular.

Para iniciar el proceso de aspiración se utilizaron ovarios de cerdas obtenidos del matadero. Se comenzó por preparar el área de trabajo y tomar medidas preventivas como el uso de tapabocas, guantes y desinfectante de manos. Se procedió a pesar cada ovario y contar los folículos pequeños, medianos y grandes para recopilar datos relevantes para la posterior fertilización. Los folículos pequeños, con un diámetro inferior a 2 mm, no se aspiraron debido a su lenta maduración, al igual que los folículos grandes, con un diámetro superior a 6 mm, que tampoco fueron aspirados debido a su rápida maduración. Además, los cuerpos lúteos (Imagen 18) tampoco fueron aspirados. Estos criterios se establecieron para optimizar el proceso de recolección de ovocitos. Para la aspiración, se empleó una jeringa de 5 mL y una aguja de calibre 19, introduciendo la aguja en los folículos

medianos para extraer su contenido (Imagen 17). Finalmente, los ovocitos aspirados fueron trasladados al laboratorio de producción in vitro para su seguimiento y tratamiento subsiguiente.

Imagen 18

Cuerpos lúteos en ovarios de cerdas



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 17

Aspiración de folículos medianos.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

8. Resultados

8.1 Identificación de las instalaciones.

El departamento de Medicina Veterinaria dispone de equipos para respaldar diversas actividades diarias, entre los más destacados se encuentran: microscopios, balanzas, cajas de Petri, vaginas artificiales, ecógrafos, portaobjetos, cubreobjetos, termos, pipetas, centrifugadoras, máquina de congelación de semen, entre otros. Estos equipos fueron de gran utilidad para llevar a cabo las prácticas con éxito y así mismo enriquecer el aprendizaje.

Biotechnologías reproductivas en bovinos

➤ Examen andrológico.

Con relación al examen andrológico en bovinos, el reconocimiento de anamnesis, no se lograron recopilar los datos necesarios debido a la falta de información proporcionada por los productores. En cuanto al examen general, se llevó a cabo una observación minuciosa de cada reproductor, centrándose especialmente en las pezuñas, dado su papel crucial en la locomoción.

Además, durante el examen físico de los órganos reproductivos, se procedió a palpar

cuidadosamente cada testículo en busca de posibles síntomas evidentes. Asimismo, se realizó una inspección visual del pene con el fin de detectar y prevenir enfermedades venéreas.

Para el examen andrológico en bovinos se tuvieron los siguientes resultados, presentados en la tabla 5.

Tabla 5

Examen andrológico en bovinos.

Nº animal	Raza	Circunferencia escrotal (cm)	Testículo izquierdo (cm)	Testículo derecho (cm)
08	Holstein	39,8 cm	13,2/7,1	13,3/7,4
127	Nelore	40,2 cm	14,2/7,8	14,3/7,5
34	Nelore	41,3 cm	15,3/8,0	15,3/7,9
21	Holstein	41 cm	14,2/7,2	14/7,3
73	Nelore	42,2 cm	16,1/7,7	15,9/7,6
71	Nelore	41,1 cm	14,6/7,5	14,4/7,3
05	Nelore	38,5 cm	12,9/6,8	13,0/6,9
2020	Holstein	34,3 cm	9,2/5,8	9,3/5,4
2006	Holstein	40,2 cm	13,5/7,5	13,4/7,5

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Según (López et al., 2016) en bovinos mayores de 23 meses de edad, el diámetro de la circunferencia escrotal debe superar los 28 cm, siendo este un indicador de la fertilidad en los machos.

Durante la evaluación física de los órganos reproductivos, se detectó que el bovino N°21 de la raza Holstein presentaba síntomas incipientes de papiloma en el pene (Imagen 19). Dado que esta enfermedad es venérea, se decidió descartar.

Imagen 19

Pene de bovino con indicio de Papiloma.



Nota. Fuente: Elaboración Propia.

➤ Colecta seminal y congelación de semen.

Para las colectas de semen de bovinos se empleó la técnica de electroeyaculación. Los resultados de estas colectas se presentan en la tabla 6.

Tabla 6

Colecta seminal en bovinos.

Nº animal	Volumen del eyaculado (ml)	Motilidad (%)	Vigor	$\bar{X}$ espermatozoides	Cantidad de pajillas	Cantidad de diluyente requerido	Motilidad post congelamiento
08	9 ml	90%	4	183	123	21,75 ml	95%
127	8 ml	85%	3	203	115	20,75 ml	75%
34	10 ml	70%	3	195	113	18,25 ml	60%
73	8 ml	95%	4	157	99	16,75 ml	90%
71	9 ml	80%	3	212	127	22,75 ml	80%
05	6 ml	80%	3.5	179	71	11,75 ml	75%
2020	5 ml	75%	4	215	67	11,75 ml	65%
2006	9 ml	90%	4	193	130	23,5 ml	75%

Nota. Fuente: Elaboración Propia

Seguidamente, se llevaron a cabo los cálculos correspondientes para determinar la cantidad de pajillas de semen de cada uno de los reproductores. De igual manera, se proporciona un ejemplo

con los datos del bovino N° 08 para ilustrar el proceso, que se aplicó de manera similar a los demás ejemplares.

$$\frac{183 \text{ espermatozoides}}{1\ 100 \times 15 \times 1\ 10} = 915.000 \text{ mm}^3$$

$$915.000 \text{ mm}^3 \times \frac{1.000 \text{ ml}}{1 \text{ mm}^3} = 915 \times 10^6 \text{ ml}$$

$$915 \times 10^6 \text{ ml} \times 9 \text{ ml} = 8,24 \times 10^9$$

$$8,23 \times 10^9 \times 0,9 = 7,411 \times 10^9 \text{ espermatozoides viables}$$

$$\frac{7,411 \times 10^9 \text{ espermatozoides viables}}{60 \times 10^6 \text{ ml}} : 123,5 \approx \mathbf{123 \text{ pajillas}}$$

$$123 \text{ pajillas} \times 0,25 \text{ ml} = 30,75 \text{ ml volumen total}$$

$$30,75 \text{ ml} - 9 \text{ ml} = \mathbf{21,75 \text{ ml volumen adicional}}$$

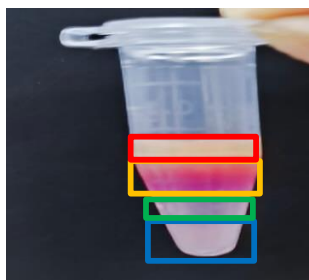
Las pajillas fueron exitosas en el proceso de congelación, evaluando la motilidad del semen para asegurar su calidad. Según (Catena, 1999), la motilidad ideal post-congelación debe ser superior al 50%, lo que indica que el semen de los bovinos congelados superó este estándar.

➤ Capacitación espermática.

En las capacitaciones espermáticas, del semen bovino. Se obtuvieron resultados excelentes al verificar la calidad por medio de un microscopio, analizando su motilidad y vigor, para posteriormente, ser llevado el semen al laboratorio de producción In vitro, para su fertilización. En la Imagen 20 se muestran los resultados después de la centrifugación utilizando los dos tipos de percoll.

Imagen 20

Resultado de las centrifugaciones de semen de bovino



Nota. Cuadro azul indica la cantidad de semen viable, mientras que los demás cuadros muestran espermatozoides sobrenadantes. El cuadro verde representa percoll al 90%, el amarillo percoll al 45%, y el rojo los espermatozoides muertos y con patologías. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7, se observan los datos de la motilidad y vigor después de realizar las capacitaciones al semen de porcino y bovino.

Tabla 7

Motilidad y vigor post capacitación espermática.

Nº Capacitaciones	Semen bovino	
	Motilidad	Vigor
1	65%	3
2	75%	3,5
3	75%	4
4	80%	3
5	75%	3

Nota. Fuente: Elaboración propia.

➤ Aspiración folicular.

En los ovarios de vacas de matadero (Imagen 21), no se consideraron mediciones de peso ni diámetro de los folículos. La única restricción fue evitar la aspiración de los cuerpos lúteos y cuerpos hemorrágicos (Imagen 22).

Imagen 21

Ovario de Vaca con presencia de folículos.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

➤ Diagnóstico de gestación (DG).

En la Tabla 8 se presentan los resultados del diagnóstico de gestación en vacas de distintas fincas del estado de Minas Gerais.

Tabla 8

Diagnóstico de gestación en vacas.

Fazenda	Nº Vacas	Gestantes	No gestantes				Total, no Gestantes	% Preñez
			Infección Uterina	Anestro	Freemartin	Quiste lúteo		
Cachoerinha	50	25	7	8	0	0	25	50%
UFV	17	5	6	1	0	1	12	29,41%
Santa Clara	216	141	0	4	0	0	75	65,27%
São Geraldo	307	219	0	1	0	0	88	71,33%
Boa Vista	32	26	0	2	1	0	6	81,25%
Vitoria	54	43	0	0	0	0	11	79,62%
São Sebastiao	174	122	0	1	0	0	52	70,11%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 22

Cuerpo lúteo y cuerpo albicans en ovario de vaca.



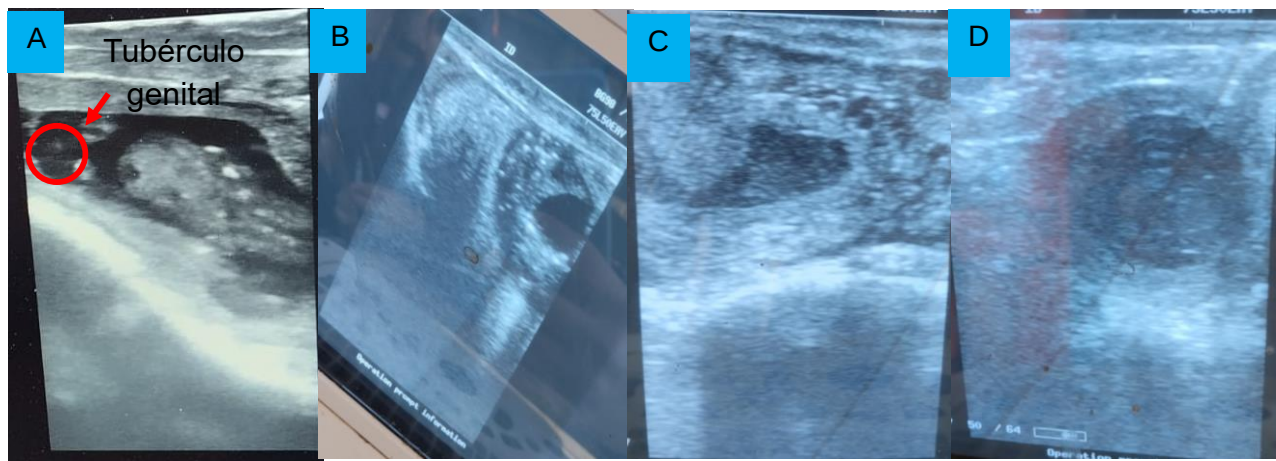
Nota. Línea roja presencia de cuerpo lúteo y línea azul cuerpo albicans.

Fuente: Elaboración propia.

La Imagen 23 muestra algunas ecografías realizadas en vacas, en las fincas mencionadas de la tabla 8.

Imagen 23

Ultrasonografía en vacas.



Nota. (A) se observa un feto femenino de 57 días; (B) se visualiza un ovario con un cuerpo lúteo presente; (C) se detecta una infección uterina debido a la presencia de puntos hiperecoicos en el útero; (D) Quiste lúteo. Fuente: Elaboración propia.

La detección temprana de gestación en vacas es una herramienta esencial que facilita la rápida toma de decisiones para disminuir los días abiertos, lo cual ayuda a reducir las pérdidas económicas en explotaciones bovinas. Además, el diagnóstico de gestación es crucial en los programas de salud reproductiva del rebaño y también contribuye al control de inventarios en cada finca cuando se realiza de manera sistemática y técnica (González T. et al., 2017).

➤ Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

La inseminación artificial de novillas y vacas se llevó a cabo a tiempo fijo. En las fincas con animales de carne (Nelore y Senepol). El día de la inseminación se realizó una medición del folículo dominante utilizando un ecógrafo para determinar si la novilla o vaca estaba apta para la inseminación. Se considera ideal que el folículo dominante tenga un diámetro de al menos 12 mm

en vacas y de al menos 10 mm en novillas. La tabla 9 presenta las haciendas donde se trabajó y el protocolo que se siguió.

Tabla 9

IATF en vacas.

Haciendas	Nº Animales Inicial	Nº animales Inseminados	Propósito	Protocolo empleado
Cachoerinha	10	10	Leche	3
Boa vista	23	23	Leche	1
Vitoria	38	35	Carne	2
São sebastiao	44	43	Carne	2
Nyagara	81	72	Carne	3

Nota. El protocolo empleado está vinculado con la tabla 4. Fuente: Elaboración propia.

Según (Cutaia & Córdoba, 2005), el porcentaje de preñez en vacas dentro de un programa de IATF debe alcanzar el 70%.

➤ Transferencia de embriones.

Para la transferencia de embriones en vacas, se consideró la presencia de un cuerpo lúteo (CL), ya que este produce progesterona, esencial para mantener la gestación. En la tabla 10, se muestra el tamaño del CL junto con las fincas donde se realizó la biotecnología.

Tabla 10

Transferencia de embriones en vacas.

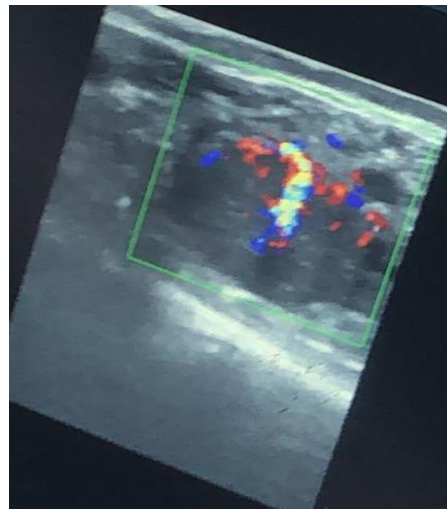
Finca	Nº Animales	Tamaño del CL
UFV	5	OI: 23.7 mm, OI: 24.9 mm, OI: 29.5 mm, OD: 25.2 mm, OI: 27.3 mm.
São miguel	21	OD: 30.2 mm, OD: 25.3 mm, OI: 29.5 mm, OI: 23.9 mm, OD: 26.3 mm, OI: 24.3 mm, OI: 30.1 mm, OD: 23.4 mm, OI: 29.4 mm, OI: 24.3 mm, OI: 25.6 mm, OD: 27.5 mm, OI: 28.5 mm, OI: 30.3 mm, OD: 24.9 mm, OI: 28.0 mm, OI: 31.3 mm, OI: 24.3 mm, OI: 23.6 mm, OD: 29.8 mm, OD: 27.3 mm.

Paraguaia	18	OI: 22.4 mm, OI: 30.4 mm, OI: 27.7 mm, OD: 26.8 mm, OD: 23.5 mm, OI: 29.5 mm, OD: 30.1 mm, OI: 26.6 mm, OI: 24.6 mm, OI: 24.3 mm, OD: 24.9 mm, OI: 27.9 mm, OI: 29.3 mm, OD: 25.5 mm, OD: 28.4 mm, OI: 24.3 mm, OD: 26.7 mm, OI: 30.5 mm.
-----------	----	--

Nota. OI: Ovario izquierdo, OD: Ovario derecho; indica la localización del CI en el ovario. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 24

Cuerpo lúteo para transferencia de embriones.



Nota. Presencia de un cuerpo lúteo con buena vascularización para la realización de transferencia de embriones, observada mediante un ecógrafo Doppler. Fuente: Elaboración propia.

Según (Rodríguez M et al., 2007), para el reconocimiento materno embrionario, es crucial que el embrión encuentre un ambiente uterino adecuado, el cual está influenciado por la progesterona y esta hormona es producida por el cuerpo lúteo.

Biotechnologías reproductivas en caprinos

➤ Examen andrológico.

En el examen andrológico de los caprinos, solo se disponía del número de identificación del animal, sin información específica de cada uno. En el examen general, se analizó de manera

detallada a cada reproductor. Además, durante la revisión física de los órganos reproductivos, se palpó cuidadosamente cada testículo para identificar posibles síntomas visibles. También se realizó una inspección visual del pene para detectar y prevenir enfermedades venéreas.

En la tabla 11 se presentan los resultados obtenidos durante el examen andrológico de los machos caprinos.

Tabla 11

Examen andrológico en caprinos.

Nº animal	Raza	Circunferencia escrotal (cm)	Testículo izquierdo (cm)	Testículo derecho (cm)
97	Alpina	26,4	9,3/5,2	9,2/5,4
90	Alpina	28,2	10,1/6,1	10,0/6,0
101	Saanen	24,1	8,7/4,9	8,9/5,1
89	Saanen	26,9	9,2/5,4	9,4/5,2
99	Saanen	29,1	10,3/6,4	10,5/6,2
96	Saanen	31,3	10,6/6,3	10,4/6,0
87	Alpina	30,1	10,2/5,8	10,1/5,6
100	Alpina	29,7	9,7/5,5	9,8/5,7

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Según (Morales, 2022), la circunferencia escrotal para caprinos debe ser de 22 cm, por los cual, los cabros evaluados cumplen con esta característica.

- Colecta seminal y congelación de semen.

Para las colectas de caprinos se utilizó una vagina artificial y los resultados de estas colectas se presentan en la tabla 12.

Tabla 12

Colecta seminal en bovinos.

N° animal	Volumen del eyaculado (ml)	Motilidad (%)	Vigor	$\bar{X}$ espermatozoides	Cantidad de pajillas	Cantidad de diluyente requerido	Motilidad post congelamiento
08	9 ml	90%	4	183	123	21,75 ml	95%
127	8 ml	85%	3	203	115	20,75 ml	75%
34	10 ml	70%	3	195	113	18,25 ml	60%
73	8 ml	95%	4	157	99	16,75 ml	90%
71	9 ml	80%	3	212	127	22,75 ml	80%
05	6 ml	80%	3.5	179	71	11,75 ml	75%
2020	5 ml	75%	4	215	67	11,75 ml	65%
2006	9 ml	90%	4	193	130	23,5 ml	75%

Nota. Fuente: Elaboración Propia

La primera colecta de semen de los ocho cabros fue llevada a cabo con el propósito de examinar su estructura morfológica, y los resultados fueron registrados en la tabla 13.

Tabla 13

Semen de caprino, para análisis morfológico.

N° animal	Volumen del eyaculado (ml)	Motilidad (%)	Vigor
97	1.5 ml	70%	3
90	1 ml	85%	3
101	0.5 ml	75%	4
89	1,5 ml	85%	3
99	2 ml	90%	3.5
96	1.5 ml	90%	4
87	1 ml	75%	3
100	1.5 ml	95%	4

Nota. Fuente: Elaboración Propia

La tabla 14, muestra los datos de las colectas de semen de los cabros, indicando que solo se congeló el semen de dos de ellos debido a sus superiores características morfológicas, así como

su destacado fenotipo y genotipo. Es importante destacar que el semen de los demás cabros se utilizó en un proyecto de investigación.

Tabla 14

Colecta seminal en cabros.

Nº animal	Volumen del eyaculado (ml)	Motilidad (%)	Vigor	$\bar{X}$ espermatozoides	Cantidad de pajillas	Cantidad de diluyente requerido	Motilidad post congelamiento
97	1 ml	80%	3	----	----	----	----
90	0.5 ml	90%	4	----	----	----	----
101	1.5 ml	75%	3.5	----	----	----	----
89	2 ml	80%	3	----	----	----	----
99	1.5 ml	95%	3	175	62	14 ml	80%
96	1.5 ml	90%	4	----	----	----	----
87	1 ml	90%	4	----	----	----	----
100	1 ml	85%	3	212	45	10,25 ml	70%

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se detalla el procedimiento necesario para calcular la cantidad de pajillas y la cantidad de diluyente que se necesita agregar. Este ejemplo específico se basa en el semen del caprino 99 de la raza Saanen. Por lo tanto, se llevó a cabo el mismo procedimiento con el caprino N° 100 de la raza Alpina.

$$\frac{175 \text{ espermatozoides}}{1\,200 \times 15 \times 1\,10} = 1,75 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$1,75 \times 10^6 \text{ mm}^3 \times \frac{1.000 \text{ ml}}{1 \text{ mm}^3} = 1,75 \times 10^9 \text{ ml}$$

$$1,75 \times 10^9 \text{ ml} \times 1,5 \text{ ml} = 2,625 \times 10^9$$

$$2,625 \times 10^9 \times 0,95 = 2,493 \times 10^9 \text{ espermatozoides viables}$$

$$\frac{2,493 \times 10^9 \text{ espermatozoides viables}}{40 \times 10^6 \text{ ml}} = 62,325 \text{ pajillas} \approx \mathbf{62 \text{ pajillas}}$$

$$62 \times 0,25 \text{ ml} = 15,5 \text{ ml volumen total}$$

$$15,5 \text{ ml} - 1,5 \text{ ml} = \mathbf{14 \text{ volumen adicional}}$$

Del mismo modo, la congelación de los cabros arrojó resultados favorables, los cuales se evaluaron a través de la motilidad donde se aprecia en la tabla 14.

➤ **Análisis morfológico.**

Esta actividad se llevó a cabo utilizando las 8 colectas iniciales de los cabros, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados, en la tabla 15.

Tabla 15

Análisis morfológico en semen de cabros.

N° Cabro	Defectos mayores	Defectos menores	Observación
97 Alpina	Cola doblada con gota: 2 = 1% Cabeza piriforme: 1 = 0.5% Cola fuertemente doblada: 15 = 7.5%	-----	
90 Alpina	Cola fuertemente doblada: 29=14.5% Oblicuo: 1 = 0.5%	-----	
101 Saanen	Cola fuertemente doblada: 39=19.5% Acrosoma: 1 = 0.5% Cola fuertemente doblada: 32=16%	-----	El semen de los cabros 97, 90, 101 y 89 no fue sometido a la congelación debido a la presencia del defecto cola fuertemente doblada.
89 Saanen	Cabeza piriforme: 1 = 0.5% Abaxial: 1=0.5% Knobbed sperm: 1=0.5% Oblicuo: 1=0.5% Vacuola: 1=0.5%	Cabeza aislada normal: 1= 0.5%	
99 Saanen	Cabeza fuertemente doblada: 6=3% Coloración anormal: 1=0.5%	Cabeza angosta: 1=0.5%	
96 Saanen	Knobbed sperm: 1=0.5% Coloración anormal: 1=0.5% Cratera: 1=0.5%	-----	Es apto para congelar el semen, ya que tiene pocos defectos. Presencia de cola fuertemente doblada, lo cual no es apto el semen.

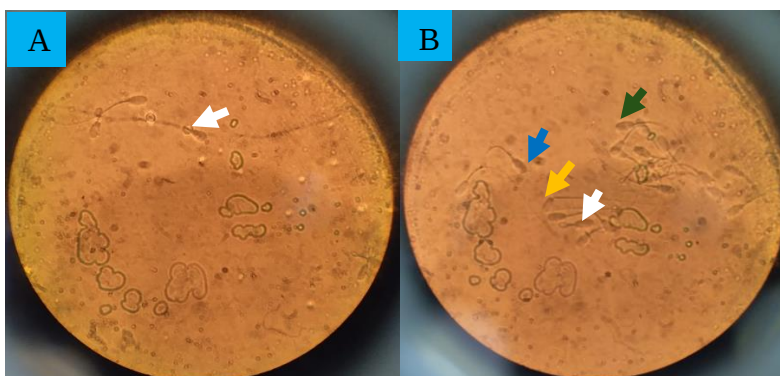
	Cola fuertemente doblada: 22=11%		
87	Oblicuo: 3=1.5%		Presencia de cola fuertemente
Alpina	Cabeza fuertemente doblada: 9=4.5%	-----	doblada, lo cual no es apto el
	Abaxial: 3=1.5%		semen.
100	Vacuola: 2=1%		Este cabro presenta pocos
Alpina	Color anormal: 1=0.5%	-----	defectos, lo que lo hace
	Abaxial: 1=0.5%		adecuado para la congelación
			de su semen.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Imagen 25, se presentan los defectos más representativos en los espermatozoides de los cabros de la UFV.

Imagen 25

Defectos en los espermatozoides de los cabros.



Nota. Imágenes de los espermatozoides en semen de los cabros de la UFV, señalando diferentes defectos. Imagen (A) (línea blanca), se presenta una célula con gota proximal. Imagen (B) (línea azul) se observa un vacuola; (línea blanca) se evidencia un espermatozoide con cola fuertemente doblada; (línea amarilla) se evidencia un abaxial y (línea verde) se presenta un Knobbed sperm.

Fuente: Elaboración propia.

➤ Diagnóstico de gestación (DG).

En la Tabla 16 se observan los resultados de preñez en las cabras de la UFV, obtenidos mediante ecografía transrectal.

Tabla 16

Diagnóstico de gestación en cabras por ultrasonografía.

Nº Animal	Gestante	No gestante	Observación (Días postservicio)
6090		X	30 días
6488		X	32 días
6102	X		28 días
6436	X		32 días
6199	X		28 días (Gemelar)
5888		X	36 días
6277	X		32 días
6487		X	36 días
6192		X	31 días
5823		X	37 días
6491		X	33 días
6553	X		30 días
6526	X		30 días
6521		X	25 días
6495	X		30 días
6549		X	25 días
6466		X	32 días
6566		X	25 días
6548		X	25 días
5932	X		38 días
6178		X	36 días
6092		X	26 días
6225	X		29 días (Gemelar)
6264	X		31 días
5976	X		31 días
6230	X		37 días

6154		X	25 días
6256	X		29 días
6191		X	26 días
6261		X	28 días
5933	X		37 días (Gemelar)
5950	X		37 días
6409	X		31 días
6138	X		33 días
5899	X		37 días
6280	X		25 días
6233	X		32 días
6276	X		32 días
6263		X	32 días
6248	X		37 días (General)
6077		X	26 días
6413	X		29 días
6467	X		36 días (Gemelar)
Total: 43	24	19	% 44,18 gestantes

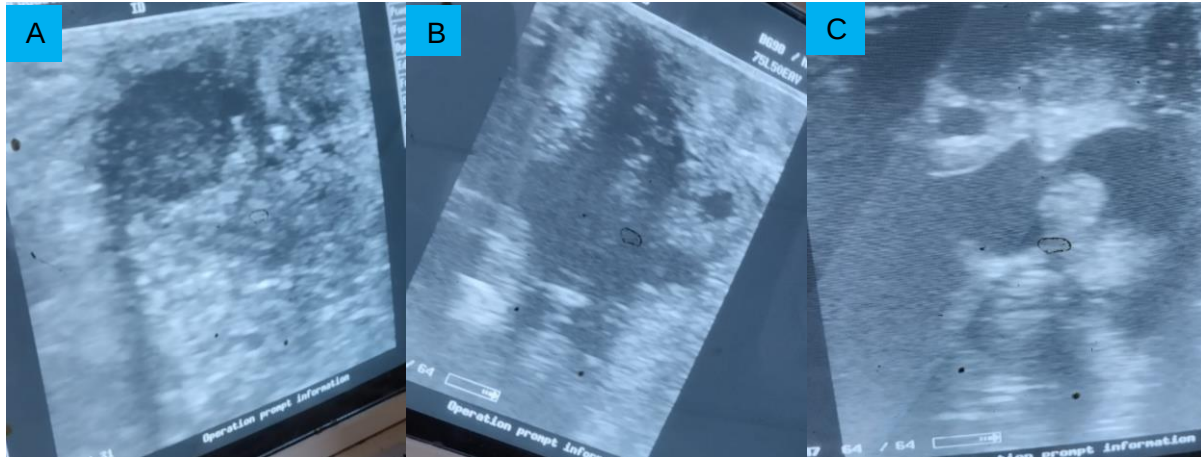
Nota. "Los días postservicio" se refiere al período que ha transcurrido desde la monta hasta el momento en que se realizaron las ecografías. Fuente: Elaboración propia.

Según los datos mencionados anteriormente, se alcanzó un 44,18% de preñez, lo cual es un resultado muy bajo que requiere mejorarse. Por otro lado, en los caprinos, la preñez puede ser detectada a través de ecografía a partir de los 28 días (Hevia, 1997).

En la imagen 26, se muestran imágenes tomadas por medio de un ecógrafo a las cabras de la UFV.

Imagen 26

Ultrasonografía en cabras.



Nota. (A) se observa un ovario; (B) se muestra la gestación de una cabra de 25 días; (C) se presenta una gestación gemelar de 28 días. Fuente: Elaboración propia.

➤ Inseminación artificial (IA).

Por otra parte, la inseminación en cabras se realizó de acuerdo con las pautas de la granja, que indican llevar a cabo la inseminación 12 horas después de que mostraran signos de celo. En total, se realizaron 7 inseminaciones.

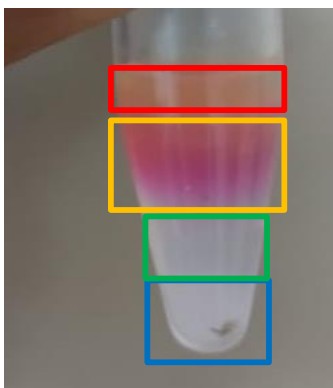
Biotechnologías reproductivas en porcinos

➤ Capacitación espermática.

Durante las capacitaciones espermáticas del semen de cerdo (Imagen 27), se lograron resultados excepcionales al evaluar la calidad mediante un microscopio, analizando su motilidad y vigor. Posteriormente, el semen fue llevado al laboratorio de producción in vitro para su fertilización.

Imagen 27

Resultado de las centrifugaciones de semen de porcino.



Nota. Se aprecia el semen de porcino. El cuadro azul indica la cantidad de semen viable, mientras que los demás cuadros muestran espermatozoides sobrenadantes. El cuadro verde representa percoll al 90%, el amarillo percoll al 45%, y el rojo los espermatozoides muertos y con patologías.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17, se observan los datos de la motilidad y vigor después de realizar las capacitaciones al semen de porcino y bovino.

Tabla 17

Motilidad y vigor post capacitación espermática.

N° Capacitaciones	Semen porcino	
	Motilidad	Vigor
1	75%	3
2	70%	3
3	75%	3
4	80%	3,5

Nota. Fuente: Elaboración propia.

➤ Aspiración folicular.

A continuación, en la tabla 18 se presentan los resultados de la aspiración folicular de los ovarios de cerdas de matadero.

Tabla 18

Aspiración folicular en ovarios de cerdas de matadero.

Aspiración 1				Aspiración 2				Aspiración 3				Aspiración 4			
Peso (gr)	FP	FM	FG	Peso (gr)	FP	FM	FG	Peso (gr)	FP	FM	FG	Peso (gr)	FP	FM	FG
4,6106	4	34		5,0569	23	10		4,3425	27	23		3,4234	21	7	2
6,6900	18	10		4,3217	12	11		6,3421	11	12	2	3,9865	20	31	
6,0950	10	10		6,4321	8	23	3	5,3423	21	42		4,3144	23	21	
6,8803	21	19		3,9923	26	21		6,3213	25	11		5,3421	11	32	
4,3170	36	19		4,3256	24	11		3,9873	11	12		5,3421	41	5	
6,2240	23	14		4,9812	31	31		4,3213	24	32		6,4312	23	7	
4,8854	18	15	2	4,4361	15	14		4,5632	31	32		6,9831	31	7	
4,1304	14	8		5,5439	13	27		4,5632	21	22		6,3244	33	13	
4,2503	18	27	2	6,5430	19	24		4,1324	34	12		3,4567	23	26	
5,9589	21	12		5,5425	21	29	2	5,3224	21	11	8	4,3259	34	14	
5,1930	13	39		5,9808	12	31		5,3342	24	13		4,3456	32	19	
4,3124	44	25		4,3457	28	22		6,3214	12	10		4,5619	17	34	
4,8444	43	32		5,4356	36	9		5,3246	21	10		5,3567	25	21	
4,8457	18	10		6,0986	42	20		4,1343	22	41		5,3451	33	27	
4,6056	34	14	1	3,8965	13	21		5,3490	28	21		6,3903	23	35	
6,1362	14	10		4,3476	19	11		4,3219	30	22		6,2934	32	23	
5,3862	40	35		4,6512	34	15	1	5,3429	31	32		4,5324	45	21	
4,4470	15	17		4,5289	41	23		5,1467	34	11		3,9201	11	35	
4,6310	30	33		5,6356	40	32		4,2314	12	34		3,4313	19	41	
5,3539	27	23		6,4358	9	34		6,4314	18	21		3,4603	21	6	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

9. Conclusiones

En la industria pecuaria de Brasil, se han logrado significativos avances gracias a la utilización de registros productivos y reproductivos como fundamento para la toma de decisiones.

Comprender la fisiología reproductiva nos permite implementar varios protocolos y asegurar una regulación hormonal adecuada en las hembras.

Es crucial considerar diversas áreas y manejos para lograr una reproducción exitosa en los animales. Esto implica tener en cuenta aspectos como la sanidad, la alimentación, el bienestar y otros factores, lo que garantiza resultados óptimos al aplicar biotecnologías reproductivas.

En resumen, resulta evidente que la implementación de las biotecnologías reproductivas genera temor entre los productores al costo inicial asociado. No obstante, su aplicación conlleva una respuesta económica satisfactoria por parte de los sistemas de producción.

10. Recomendaciones

Estructurar una planificación de las actividades mediante un cronograma, para así poder participar de todas ellas de manera eficiente.

Habilitar un espacio para que los practicantes puedan llevar a cabo la biotecnología de fertilización in vitro, dado que el área disponible actualmente está reservada únicamente para estudiantes de maestría y doctorado.

Dado que el porcentaje de preñez en la finca Cachoeirinha fue muy bajo debido a la presencia de vacas con infecciones uterinas, donde el útero no está en condiciones de mantener una preñez, es fundamental contar con el diagnóstico de un Médico Veterinario para identificar la enfermedad uterina presente y tratarla adecuadamente, con el fin de mejorar los índices reproductivos y productivos.

Para incrementar el porcentaje de preñez en las cabras de la UFV, es aconsejable comprobar si la cabra muestra signos de celo nuevamente después de la primera monta. Ya que la monta inicial se realiza 12 horas después de la aparición del celo y muchas cabras no quedan gestantes, sería ideal efectuar una segunda monta 12 horas después de la primera, permitiendo que aquellas que no quedaron gestantes en el primer intento puedan quedar en el segundo

11. Referencias

- Apex. (2018). Suministro global sostenible. https://www.apexbrasil.com.br/uploads/FS-04-TropicalAgric2_Sept18_SPN.pdf
- Ávalos, A. (2018). Recolección y manipulación seminal. 58.
- Azaña, S. (2022, diciembre 22). Morfología espermática: ¿cuáles son los valores normales? Reproducción Asistida ORG. <https://www.reproduccionasistida.org/analisis-de-la-morfologia-de-los-espermatozoides/>
- Barajas, D. (2019). Diagnóstico de gestación en bovinos. https://www.academia.edu/89987518/Diagn%C3%B3stico_de_gestaci%C3%B3n_en_bovinos
- Brejov, G. (2014). Semiología veterinaria. http://www.fvet.uba.ar/archivos/catedras/semiologia/semiologia_guia_completa.pdf
- Cabrera, F. (2017). Comparación de dos métodos de sincronización de celos con inseminación artificial a tiempo fijo en vaquillonas raza Hereford por Limousin.
- Callejas. (2015). Fisiología reproductiva del bovino. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/71-fisiologia_reproductiva_del_bovino.pdf
- Córdova Izquierdo. (2015). Obtención, evaluación y manipulación del semen de verraco en una unidad de producción mexicana. Revista veterinaria, 26(1), 69-74.
- Cutaia, L. E., & Córdoba, A. (2005). Programas de inseminación artificial a tiempo fijo: Análisis de costos e implementación.
- Departamento de Medicina Veterinaria | DVT. (2020). UFV. <https://dvt.ufv.br/breve-historico/>
- DRI - Diretoria de Relações Internacionais. (2020). UFV. <https://dri.ufv.br/sobre-vicosa/>

- Duarte, U. (2020). Producción in vitro de embriones porcinos con el uso de Percoll en la capacitación espermática. /pdf/rmcp/v11n1/2448-6698-rmcp-11-01-102-es.pdf
- Espejo, D. A. M. (2018). Estado actual, proyecciones y perspectivas de la fertilización in vitro.
- Fernandez, A. (2007, enero). Producción In vitro de Embriones Bovinos.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762007000100006
- Fernández, M. (2008). Toros: Examen sanitario y de aptitud reproductiva.
https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_toros/39-examen.pdf
- Gibbons, A., Bevacqua, R. J., Fernández-Martín, R., Pereyra-Bonnet, F., Cueto, M., Bruno-Galarraga, M., & Salamone, D. (2014). Transgénesis: Una moderna biotecnología reproductiva en animales de interés zootécnico. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 40(2), 141-144.
- Gomendio, M., Roldán, E., Garde, J., & Espeso, G. (2006). El papel de las biotecnologías reproductivas en la conservación animal: Ecosistemas, 15(2), Article 2.
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/185>
- González T., M., Oviedo S, T., & Vergara G, O. (2017). Correlación entre la estimación de la edad de gestación por palpación rectal y la edad de gestación real en la vaca. Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA, 9(1), 89-93. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.n1.2017.503>
- Guáqueta. (2019). Ciclo estral: Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/26847/13621-41296-1-PB.pdf?sequence=1>
- Henry, M., & Cequeira Leite, R. (1998). Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal.

file:///C:/Users/LENOVO/Documents/PRACTICAS%20UFV/ARTICULOS%20BRASIL/LEIDOS/Manual%20de%20Andrologia%20-%20CBRA.pdf

Herradón, P. G., & Arias, L. Q. (2014). La transferencia de embriones en bovinos se utiliza desde hace más de 40 años.

Hevia. (1997). Métodos de diagnóstico de gestación en cabras.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_1997_94_34_40.pdf

Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2001, octubre 11). Resolución 02820.
<https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/04/RESOLUCION-2820-DE-2001-1.pdf>

Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2002, junio 24). Resolución 01426.
<https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/res-1426-de-2002.aspx>

Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2022, febrero 9). Resolución No.00001577. 24.

Kvist. (2002). Manual de análisis básico de semen.
https://www.seqc.es/docs/Comisiones/Andrologia/Manual_de_analisis_basico_de_semen_ESHRE_2002.pdf

Lecoz. (2006, agosto 1). La recolección del semen. https://www.3tres3.com/latam/articulos/la-recoleccion-del-semen_10099/

Lira, R. (2018). Sincronización de celo para transferencia de embriones congelados en vacas receptoras en Magallanes.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4932/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%2082?sequence=1>

- Lopez, J. (2021). Colecta de semen: R.Vet. <https://www.reproduccionveterinaria.com/tecnologias-y-biotecnologias-de-la-reproduccion/colecta-y-criopreservacion-de-semen/colecta-de-semen/>
- Massot Marti, A. (2008). La agricultura de Brasil. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2008/397242/IPOL-AGRI_NT\(2008\)397242_ES.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2008/397242/IPOL-AGRI_NT(2008)397242_ES.pdf)
- Mejía, D. A. M. (2009). Aspiración folicular de oocitos, fertilización in vitro y transferencia de embriones en ganado Brahman blanco.
- Menchac, A., Núñez, R., de Castro, T., García Pintos, C., & Cuadro, F. (2013). Implementación de programas de IATF.
- Morag Elliff, F. G. (2023, octubre 10). Biotecnologías reproductivas. Revista Genética Bovina Colombiana. <https://revistageneticabovina.com/biotecnologia/biotecnologias-reproductivas-2/>
- Morales, J. P. B. (2022). Ingeniera agropecuaria.
- Moreno Ortega, E. R. (Director). (2023). Ciclo estral bovino [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=2H9lQI-2rkQ&t=6s>
- ONU, U. (2023). Población | Naciones Unidas. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Ortuño, A. D. (2009). Manual de inseminación artificial de ganado.
- Oyuela, L. A., & Jiménez, C. (2010). Factores que afectan la tasa de preñez en programas de transferencia de embriones.

Penitente Filho. (2015). Improved in vitro production systems for bovine embryos.

https://www.researchgate.net/publication/285054879_Improved_in_vitro_production_systems_for_bovine_embryos

Quintero Arciniegas, A. D., Mogollón Waltero, E. M., Gómez Sánchez, N., Moreno Jerez, E. R.,

Dubeibe Marín, D. F., & Barajas Pardo, D. P. (2019). Diagnóstico de gestación en bovinos.

<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/6928>

Ramírez-López, C., Rugeles-Pinto, C., Guimaraes, J. D., & Vergara-Garay, O. (2016). Relación

entre biometría testicular y circunferencia escrotal en tores de la raza Nelore en Brasil.

Revista Científica, XXVI(1), 49-54.

Rezende Faria, F. M. (2008). Andrologia e tecnologia de sêmen em bovinos. 85.

Ribeiro-Peres, A., Munita-Barbosa, L., Yumi-Kanazawa, M., Mello-Martins, M. I., & Ferreira de

Souza, F. (2014). Criopreservación de espermatozoides bovinos extraídos de la cola del epidídimo utilizando los métodos convencional y automatizado. Archivos de medicina veterinaria, 46(1), 31-38. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2014000100005>

Rodrigo, A. (2024, febrero 15). ¿En qué consiste el proceso de capacitación de los espermatozoides? Reproducción Asistida ORG.

<https://www.reproduccionasistida.org/capacitacion-espermatoca/>

Rodríguez M, J., Giraldo E, C., Castañeda, S., Ruiz C, T., & Olivera A, M. (2007). Análisis

multifactorial de las tasas de preñez en programas de transferencia de embriones en

Colombia. Revista MVZ Córdoba, 12(2). <https://doi.org/10.21897/rmvz.418>

Rodríguez Rodríguez, S. J. (2017). Influencia del tamaño del cuerpo lúteo sobre la tasa de preñez

en vacas de la raza Brahman, sincronizadas a tiempo fijo, para transferencias de embriones

- producidos In vitro. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94382/TESIS-SRR-0517.pdf;jsessionid=31120626EC11EDC2224DB51E2FA9B346?sequence=1>
- Solmeglas. (2018, septiembre 17). Aplicaciones de la biotecnología reproductiva a la industria de reproducción asistida—Solmeglas SL. <https://solmeglas.com/biotecnologia-reproductiva/>
- Torres, D. M. T. (2012). La ecografía como medio diagnóstico y evaluación de los procesos reproductivos en el bovino. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/36-ecografia_reproduccion.pdf
- UCC. (2012). Manual de evaluación andrológica para los toros. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/18891c7c-be48-4616-ad7c-7498d7316d4b/content>
- UNAM. (2021). 6.4 Factores que afectan los patrones de comportamiento reproductivo | Reproducción de los animales domésticos. <https://reproduccionanimalesdomesticos.fmvz.unam.mx/libro/capitulo6/factores-que-afectan-los-patrones-de-comportamiento-reproductivo.html>
- Valencia Quiceno, M. F. (2018). Relación entre circunferencia escrotal y calidad espermática en Brahman en la hacienda Buenos Aires, Belén de Umbría, Risaralda. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/066b4ffb-d85b-40d1-a274-7c13aaa2e972/content#:~:text=Para%20medir%20la%20CE%20se,punto%20de%20mayor%20di%C3%A1metro%20testicular.>
- Vilchis Ramos, J. L. (2011). Manual de aspiración folicular en bovinos. http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3172/2929_JUAN%20LUIS%20VILCHIS%20RAMOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20aspira



ci%C3%B3n%20Folicular%20en%20bovinos,)%3B%20para%20la%20producci%C3%B3n%20in

Zermiani, M. (2021). Morfología espermática. <https://www.reproduccionasistida.org/analisis-de-la-morfologia-de-los-espermatozoides/>

12. Anexos

Imagen 29

Corte sagital de CL en ovario de vaca.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 28

Proyecto caprino UFV.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 31

Registros de la fazenda Vitoria.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 30

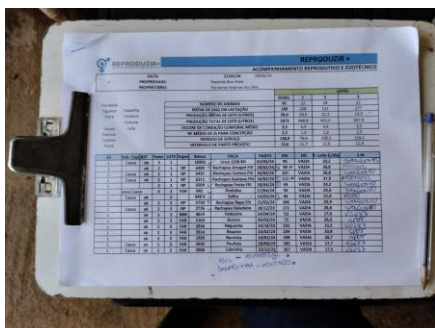
Folículos grandes en ovario de cerda.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 33

Registros reproductivos de la fazenda Boa Vista.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 32

Utensilios para IATF.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 34

Acompañamiento a fazendas lecheras.



Nota. Fuente: Elaboración propia.