



Evaluación de la incidencia de variables como edad, raza, condición corporal y estado de preñez en la producción de ovocitos en bovinos

Trabajo de grado para optar por el título de Zootecnista

Luisa Fernanda Builes Higueta

Asesor

Marilza Piedad Ruiz

Unilasallista Corporación Universitaria

Facultad Ciencias Agropecuarias

Programa Zootecnia

Caldas, Antioquia

2025

Agradecimiento

Deseo expresar agradecimiento a la Corporación Universitaria Lasallista, institución que no solo me brindo la formación académica necesaria, sino también un ambiente humano, profesional e inspirador. A lo largo de este proceso, tuve la fortuna de contar con profesores comprometidos. Cada uno de ellos, desde su experiencia y pasión por la enseñanza, aportó significativamente a mi crecimiento académico y personal, fomentando en mí el pensamiento crítico y la perseverancia que fueron indispensables para enfrentar los retos propios de este trabajo de grado.

Extiendo un agradecimiento a Vitrolab S.A.S ®, cuyos aportes fueron determinantes para el desarrollo práctico y técnico de este proyecto. Su disposición para abrirme las puertas de sus instalaciones y facilitar los recursos necesarios para garantizar la calidad y rigurosidad del trabajo. Al Dr. Daniel Londoño Cartagena, agradezco su guía, paciencia y atención brindada durante cada sesión de trabajo. Su experiencia y colaboración hicieron posible llevar esta investigación a un nivel superior, permitiéndome integrar la teoría con la práctica en un contexto real y enriquecedor.

Finalmente, quiero reconocer el valor de todas las personas, de una u otra forma, hicieron parte de este proceso. Cada aporte, cada consejo y cada momento de apoyo contribuyeron a que esta meta fuera alcanzable. A todos ustedes, gracias por acompañarme, por creer en este proyecto y por aportar de manera significativa a su construcción y culminación.

Dedicatoria

Dedico este trabajo, con todo mi corazón, a mi familia, quien ha sido el pilar fundamental en cada etapa de mi vida y el motor que me impulso a llegar hasta este momento tan significativo.

A mi Papá, que partió hace varios años, sigue presente en cada uno de mis pasos, su ejemplo, su amor y la huella que dejo en mi fueron determinantes para elegir el camino de la zootecnia. El fue, y sigue siendo, una de mis mayores inspiraciones. Este logro también es suyo, porque sus enseñanzas y su recuerdo me acompañaron en los momentos de duda, dándome fuerza para continuar.

A mi Mamá, por su amor inagotable y por estar siempre ahí, en cada dificultad y en cada alegría. Su apoyo constante, su fortaleza y su confianza en mi fueron indispensables para no rendirme cuando el camino se hacía difícil. Gracias por ser mi refugio, mi guía y mi más grande motivación. A mis Hermanos, quienes de diferentes maneras aportaron a este proceso. Cada palabra, cada gesto de acompañamiento y cada muestra de cariño se convirtió en un impulso adicional para seguir adelante. Gracias por siempre estar presentes.

A mis Papitos Paternos, cuyo apoyo incondicional fue una bendición a lo largo de este recorrido. Su cariño, sus consejos y el orgullo con el que siguieron mi formación me dieron fuerzas para continuar aun en los momentos más exigentes.

A mi Mamita Materna, quien, a pesar de las circunstancias y dificultades, nunca dejo de alentarme a seguir adelante. Sus palabras de ánimo, llenas de sabiduría y amor, me dieron fortaleza, recordándome que los sueños se alcanzan con perseverancia y fe. Y, sobre todo, a mi Hija, mi mayor razón para no rendirme jamás. Su existencia transformo mi manera de ver la vida y me dio un propósito aún más grande. Por ella aprendí a ser más fuerte, constante y valiente.

A todos ustedes, gracias por ser mi sostén, mi inspiración y mi mayor fuente de amor.

Resumen

La producción de ovocitos en bovinos constituye un factor determinante para el avance de las biotecnologías reproductivas, especialmente en programas de fecundación in vitro y transferencia de embriones. Este trabajo tiene como propósito evaluar la incidencia de variables fisiológicas como la edad y el estado de preñez sobre la cantidad y calidad de los ovocitos obtenidos en hembras bovinas. Para ello, se revisaron antecedentes científicos y se analizaron resultados experimentales que demuestran cómo estas variables influyen de manera significativa en la eficiencia reproductiva. Los hallazgos indican que la edad establece diferencias en la capacidad ovárica. Asimismo, el estado de preñez modifica la dinámica folicular, limitando la obtención de ovocitos en procedimientos de aspiración folicular. En conclusión, el estudio resalta la importancia de considerar estas variables en el diseño de protocolos reproductivos, ya que su adecuada evaluación permite optimizar el uso de donantes y mejorar la eficiencia de los programas de reproducción asistida en bovinos.

Abstract

Oocyte production in cattle is a determining factor for the advancement of reproductive biotechnologies, especially in in vitro fertilization and embryo transfer programs. This study aims to evaluate the impact of physiological variables such as age and pregnancy status on the quantity and quality of oocytes obtained from female cattle. To this end, scientific literature was reviewed and experimental results were analyzed, demonstrating how these variables significantly influence reproductive efficiency. The findings indicate that age create differences in ovarian capacity. Likewise, pregnancy status alters follicular dynamics, limiting the retrieval of oocytes in follicular aspiration procedures. In conclusion, the study highlights the importance of considering these variables in the design of reproductive protocols, as their proper assessment allows for optimizing the use of donors and improving the efficiency of assisted reproduction programs in cattle.

Tabla de contenido

| | |
|--------------------------------------|----|
| Glosario..... | 9 |
| Introducción | 11 |
| Planteamiento del problema..... | 13 |
| Justificación | 15 |
| Objetivos..... | 16 |
| Objetivo general..... | 16 |
| Objetivos específicos | 16 |
| Alcance y limitaciones..... | 17 |
| Marco referencial..... | 17 |
| Marco teórico | 19 |
| Metodología | 21 |
| Resultados..... | 24 |
| Conclusiones y recomendaciones | 32 |
| Referencias..... | 34 |
| Apéndices..... | 41 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Resumen general de la base de datos (LAB y metadatos) | 24 |
| Tabla 2 Indicadores por donadora (Top 30 por número de aspiraciones)..... | 25 |
| Tabla 3 LAB por grupos de edad | 28 |
| Tabla 4 LAB por estado de preñez consignado | 29 |
| Tabla 5 LAB por lugar de realización..... | 31 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Histograma de ovocitos (LAB) | 27 |
| Figura 2. Relación entre edad y ovocitos con ajuste lineal..... | 28 |
| Figura 3. Promedio de ovocitos por grupo de edad | 29 |
| Figura 4. Distribución de ovocitos por estado de preñez consignado..... | 30 |

Glosario

Aspiración folicular (OPU): Procedimiento mínimamente invasivo, ecoguiado y transvaginal, utilizado para pinchar y aspirar los ovocitos de los folículos ováricos de una donadora viva, con el objetivo de utilizarlos en biotecnologías reproductivas.

Dinámica folicular: El proceso continuo de crecimiento, maduración y atresia (regresión) de los folículos ováricos, que contienen los ovocitos. Este proceso se ve afectado por hormonas, nutrición y estado fisiológico (preñez).

Ovocito: La célula sexual femenina (gameto) inmadura. Es la unidad biológica fundamental que se recupera mediante OPU y que, si es viable, se utiliza en la PIVE para formar un embrión.

Producción *in vitro* de embriones (PIVE o FIV): Proceso de laboratorio en el cual los ovocitos recuperados por OPU se maduran, se fertilizan con semen y se cultivan en condiciones artificiales hasta convertirse en embriones aptos para la transferencia.

Transferencia de embriones (TE): Procedimiento en el que los embriones producidos *in vitro* (PIVE) o *in vivo* son depositados en el útero de una hembra receptora para que complete la gestación.

Biotecnologías reproductivas (BR): Conjunto de técnicas aplicadas en la reproducción animal, como la OPU, la FIV, y la TE, cuyo objetivo es acelerar el mejoramiento genético y aumentar la descendencia de animales superiores.

Raza Gyr: Raza bovina de origen indio (*Bos indicus*), conocida por su rusticidad y adaptación excepcional a los ambientes tropicales cálidos y húmedos. Es utilizada en programas lecheros y de doble propósito, y es la población focal de tu estudio.

Viabilidad ovocitaria: El potencial de un ovocito (basado en criterios morfológicos como la integridad del citoplasma y el complejo cúmulo) para madurar, ser fertilizado y desarrollarse en un embrión viable.

Introducción

La eficiencia reproductiva en bovinos constituye un componente estratégico para el mejoramiento genético y la sostenibilidad productiva (Nanda, & Otros, 2022, págs. 46-50) En ese marco, el estudio del ovocito como unidad biológica y como insumo de biotecnologías reproductivas adquiere relevancia operativa, pues condiciona la productividad de procesos como la fecundación in vitro, la transferencia de embriones y el cultivo embrionario (Rojas, 2023). En sistemas tropicales, donde el Gyr aporta rusticidad y desempeño en esquemas lecheros y de doble propósito, comprender la variabilidad en la obtención de ovocitos permite optimizar decisiones de selección de donantes y calendarización de procedimientos, con efectos directos sobre costos, tiempos y tasas de aprovechamiento (Alicia, Wilter, Luis, otros, 2020)

El interés analítico se centra en la relación entre ciertos determinantes biológicos y la cantidad de ovocitos recuperados por sesión. Entre estos determinantes se cuentan la edad, la raza, la condición corporal y el estado de preñez, los cuales muestran vínculos plausibles con la dinámica folicular, la competencia ovocitaria y la respuesta a la aspiración. La edad introduce efectos asociados a maduración y senescencia; la raza incorpora diferencias genéticas que se traducen en patrones de respuesta ovárica; la condición corporal refleja el balance energético y su impacto sobre la función reproductiva; el estado de preñez modifica la disponibilidad de folículos aspirables (Corea-Guillén, Alvarado-Panameño, & Leyton-Barrientos, 2008; (IBridge Capital, 2024). El análisis de estas variables, considerado en conjunto, proporciona una base para interpretar la heterogeneidad observada entre donantes y entre sesiones.

A efectos de delimitación conceptual, se entenderá por aspiración folicular u OPU el procedimiento ecoguiado de punción transvaginal para recuperar ovocitos de folículos antrales en hembras vivas, con destino a procesos de producción in vitro de embriones (Bioembrio, 2019). El resultado principal del estudio se define como la cantidad de ovocitos recuperados por aspiración; cuando la información lo permita, se distingue entre ovocitos totales y ovocitos clasificados como viables según criterios morfológicos de laboratorio. Esta definición operativa favorece la

trazabilidad del dato y facilita la comparación entre subgrupos, sin introducir supuestos ajenos a la rutina técnica de campo y laboratorio.

Respecto de las variables explicativas, la edad se abordará como variable mediante rangos. La raza se delimita al contexto del Gyr. El estado de preñez se considerará como variable dicotómica, definida por confirmación clínica o registro en la historia correspondiente a la fecha de aspiración, con énfasis en la implicación que tiene sobre la disponibilidad y el tamaño de ondas foliculares.

La problemática que organiza el estudio es la variabilidad en la producción de ovocitos observada en programas OPU, cuya magnitud puede comprometer metas de laboratorio y planificación de transferencia. Esta variabilidad no es aleatoria, parte de ella responde a condiciones fisiológicas de las donantes y a su manejo, razón por la cual cuantificar la incidencia de edad, condición corporal y preñez aporta información para decisiones de selección, frecuencia de aspiración y expectativas de rendimiento. Adicionalmente, la delimitación al Gyr en contextos tropicales permite formular orientaciones específicas para hatos que utilizan esta raza como base genética, evitando generalizaciones no sustentadas hacia otras poblaciones.

El estudio adopta un enfoque aplicado, derivado de un escenario de práctica empresarial donde se registran aspiraciones sucesivas en donantes bajo condiciones de trabajo reales. Esta característica favorece la pertinencia externa de los hallazgos, a la vez que exige explicitar los límites del estudio, donde la disponibilidad de variables puede depender de la calidad del registro, la distribución muestral por rangos de edad es desigual y la clasificación de viabilidad ovocitaria puede presentar variaciones operativas entre sesiones. Con estos elementos en consideración, el análisis prioriza medidas descriptivas.

El objetivo general fue evaluar la incidencia de la edad y el estado de preñez sobre la producción de ovocitos recuperados mediante OPU en donantes bovinas Gyr. En particular, se busca identificar el efecto de la edad sobre el conteo por aspiración y estimar la diferencia asociada al estado de preñez en el resultado inmediato del procedimiento. Estos objetivos se articulan con la necesidad de generar criterios prácticos de manejo y con la expectativa de mejorar la eficiencia de los ciclos OPU–IVP en sistemas tropicales.

Planteamiento del problema

La eficiencia reproductiva constituye uno de los pilares fundamentales en los sistemas de producción bovina, especialmente en aquellos enfocados en mejorar el rendimiento genético y la productividad animal (IBridge Capital, 2024). En las últimas décadas, la adopción de biotecnologías reproductivas como la aspiración folicular guiada por ultrasonido (OPU) y la producción in vitro de embriones (PIVE) ha ampliado significativamente las posibilidades de acelerar el progreso genético en diferentes razas bovinas, permitiendo obtener un mayor número de descendientes de hembras donadoras con características sobresalientes (Instituto de Genética Veterinaria (IGEVET), 2004). Sin embargo, la eficacia de estas tecnologías depende en gran medida de variables fisiológicas y productivas que influyen directamente en la cantidad y calidad de los ovocitos recuperados.

Diversos estudios han sugerido que factores como la edad, la raza, la condición corporal y el estado de preñez pueden modificar la dinámica folicular, la función ovárica y la respuesta a los procedimientos de recuperación ovocitaria (Corea-Guillén, Alvarado-Panameño, & Leyton-Barrientos, 2008), 2020). La edad, por ejemplo, se ha asociado con cambios en la reserva folicular y con una disminución gradual en la competencia ovocitaria (Corea-Guillén, Alvarado-Panameño, & Leyton-Barrientos, 2008); la raza determina particularidades fisiológicas que pueden manifestarse en variaciones en la tasa de recuperación ovocitaria (Ledic, 2025) la condición corporal, reflejo del estado nutricional del animal, influye en la actividad endocrina y, por ende, en el desarrollo folicular (Agnelli) y el estado de preñez genera cambios hormonales que pueden alterar la actividad ovárica y la disponibilidad de ovocitos (Bioembrio, 2019)

A pesar de estos avances, la literatura muestra resultados heterogéneos y en algunos casos contradictorios, lo que evidencia que la comprensión del impacto real de estas variables aún es incompleta y depende de factores como la población estudiada, el biotipo racial, las condiciones de manejo y las características propias del sistema productivo (Corea-Guillén & otros, 2008).

El aporte de los estudios que analicen la influencia de la edad y el estado de preñez sobre la producción de ovocitos puede mejorar la toma de decisiones técnicas, disminuir costos,

ayudando a la mejora de la eficiencia reproductiva y la eficacia de los programas de mejoramiento genético (Blog, Ruminants, 2025). Esta problemática se vuelve especialmente relevante en sistemas de producción donde la reproducción asistida constituye una herramienta clave para la competitividad y el avance genético.

Este trabajo de grado, por tanto, busca mejorar los criterios de selección de donadoras y fortalecer los programas de biotecnología reproductiva, contribuyendo al avance genético y productivo del sector bovino con la raza Gyr.

Justificación

Impacto Tecnológico:

La transferencia de embriones y las nuevas tecnologías reproductivas se presentan como una estrategia de primera mano para el productor pecuario. En este sentido, la evaluación de las variables asociadas a la fisiología y las características de las donadoras y su efecto sobre la producción de ovocitos permite identificar las condiciones fisiológicas más favorables para la obtención de ovocitos de alta calidad, contribuyendo al desarrollo eficiente de los procesos reproductivos y de mejoramiento genético, favoreciendo a su vez la sostenibilidad de los sistemas de producción bovina.

Impacto Social Y Económico:

El desarrollo de esta práctica empresarial se presenta como una oportunidad de formación para el futuro profesional de la Zootecnia, contribuye al fortalecimiento de la producción ganadera mediante la aplicación de la técnica OPU (Ovum Pick-Up), ayudando a los productores a mejorar la genética de sus animales.

La mejora en la obtención de ovocitos y, por ende, la eficiencia de la fertilización in vitro puede incidir positivamente en la rentabilidad de los sistemas de producción bovina, al mejorar la eficiencia reproductiva y reducir los costos asociados a programas de reproducción asistida.

Al poder identificar las variables que influyen significativamente en la calidad y cantidad de ovocitos, los productores pueden tomar decisiones sobre la selección de donadoras, manejo nutricional y planificación reproductiva. Esto se traduce en una mayor producción de embriones viables, acelerando el progreso genético y aumentando el valor económico de los animales. Además, se tiene una mayor eficiencia reproductiva reduciendo el intervalo entre generaciones, teniendo un efecto directo sobre la productividad y competitividad del sector ganadero.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la incidencia de variables fisiológicas y morfológicas como la edad y el estado de preñez sobre la producción de ovocitos en bovinos, con el fin de identificar cuáles de estos factores influyen significativamente en la calidad y cantidad de ovocitos obtenidos.

Objetivos específicos

1. Identificar el efecto de la edad sobre la producción de ovocitos en hembras bovinas.
2. Determinar la incidencia del estado de preñez en la cantidad de ovocitos recuperados.

Alcance y limitaciones

El presente estudio tiene como finalidad evaluar la incidencia de variables fisiológicas y productivas la edad y el estado de preñez sobre la producción de ovocitos en hembras bovinas sometidas a procedimientos de aspiración folicular (OPU) en un contexto productivo definido.

En primer lugar, el alcance temático del estudio se restringe exclusivamente al análisis de las variables mencionadas.

En cuanto al alcance poblacional, la investigación se limita a un grupo específico de hembras bovinas seleccionadas como donadoras dentro de un sistema productivo concreto, perteneciente a una unidad ganadera o laboratorio que implementa programas de OPU. La población objeto no pretende ser representativa de todas las razas ni de todos los tipos de sistemas productivos existentes en el país o en la región; por el contrario, se enfoca en un entorno particular que permitirá evaluar las variables bajo condiciones homogéneas de manejo. La intención es observar cómo estas variables interactúan en un espacio físico real, sin pretender generalizar los resultados a todas las poblaciones bovinas, aunque los hallazgos puedan generar hipótesis útiles para estudios futuros en otros escenarios.

Por otra parte, el estudio incluye un análisis descriptivo que permitirá determinar la relación entre las variables seleccionadas y la producción de ovocitos.

En síntesis, este estudio se concentra en evaluar la incidencia de edad y el estado de preñez en la producción de ovocitos, dentro de un contexto productivo específico.

Marco referencial

El marco referencial contextualiza la investigación en el ámbito de los estudios previos y teorías que han abordado la producción de ovocitos en bovinos, particularmente en razas cebuinas como el Gyr (Alicia, Wilter, Luis, otros, 2020).

Diversos autores han señalado que la biotecnología reproductiva en bovinos depende de la calidad y cantidad de ovocitos obtenidos mediante técnicas como la aspiración folicular (OPU) y la fertilización in vitro (FIV). En este sentido, la literatura enfatiza que factores como edad, condición corporal y estado fisiológico inciden significativamente en la eficiencia del proceso (Luis Ayala, Tito Palacios, Yury Murillo & otros , 2019).

En cuanto a la condición corporal (BCS), investigaciones demuestran que vacas con valores óptimos de 3–3.5 en la escala de 1 a 5 muestran mayor tasa de recuperación y viabilidad ovocitaria, mientras que animales con bajo o alto BCS presentan deficiencias en la calidad ovocitaria (Hernan Baldassarre, Vilceu Bordignon, 2018).

Por otro lado, el estado reproductivo influye en la dinámica folicular. Se ha documentado que vacas gestantes presentan limitaciones en la obtención de ovocitos viables debido a la inhibición de la actividad ovárica, lo que disminuye el rendimiento de OPU y FIV (Luis Ayala, Tito Palacios, Yury Murillo & otros , 2019).

Respecto a la particularidad racial del Gyr, estudios recientes han evidenciado que, aunque los bovinos cebuinos suelen producir un menor número de ovocitos en comparación con razas taurinas, poseen una ventaja adaptativa a condiciones de estrés calórico, manteniendo una eficiencia reproductiva aceptable en ambientes tropicales (João Henrique Moreira, Bruna Martins, Ricardo de Albuquerque, Lucas Rodrigues, 2024). Esta capacidad de adaptación convierte al Gyr en un recurso estratégico para programas de mejoramiento genético y producción lechera en regiones tropicales.

Marco teórico

Edad

La edad de las hembras bovinas es uno de los factores determinantes en la producción de ovocitos. En las etapas juveniles, las vacas suelen presentar una mayor reserva folicular y, por lo tanto, una mejor respuesta a los procesos de aspiración folicular y fecundación in vitro. Sin embargo, a medida que aumenta la edad, se produce un desgaste fisiológico en los ovarios, lo cual se traduce en una disminución tanto de la cantidad como de la calidad de los ovocitos. Estudios en razas cebuinas, incluyendo el Gyr, han demostrado que las vacas jóvenes presentan ovocitos con mayor capacidad de maduración y desarrollo embrionario en comparación con hembras de avanzada edad. Según (Butkiewicz, Amaral, Cerveira-Pinto, Kordowitzki, 2024), la edad de la hembra bovina es determinante en la competencia del ovocito, ya que a mayor edad se observa una reducción en la calidad y el potencial de desarrollo. De forma similar, (Viana, Figueiredo, Gonçalves, Siqueira, 2018), reportan que incluso antes de la pubertad los ovocitos presentan limitaciones en su capacidad de maduración, lo que evidencia la influencia de la edad en la eficiencia reproductiva.

Raza

Las diferencias raciales también juegan un papel importante en la capacidad reproductiva de los bovinos. El Gyr, raza cebuina adaptada a condiciones tropicales, ha mostrado particularidades en su dinámica folicular y en la producción de ovocitos, lo que lo convierte en un modelo de estudio relevante para regiones cálidas y húmedas. La raza influye directamente en la cantidad de folículos antrales disponibles y en la tasa de éxito de las biotecnologías reproductivas. En comparación con razas europeas, la raza Gyr tiende a presentar una respuesta reproductiva distinta, adaptada a su fisiología y resistencia a factores ambientales adversos. (Narváez, 2020) destacan que el grupo racial influye en el desempeño reproductivo in vitro, lo que confirma que el componente genético es clave en la calidad y número de ovocitos. Asimismo, (Machado, Rocha & otros, 2024) demostraron que en la raza Gyr existen parámetros genéticos asociados a la producción de ovocitos y embriones, además de vínculos con características del tipo corporal.

Condición corporal

La condición corporal refleja el estado nutricional y energético de las hembras bovinas, y está estrechamente ligada al desempeño reproductivo. Un adecuado balance nutricional favorece la producción de hormonas reproductivas y la calidad de los ovocitos, mientras que estados de desnutrición o sobrepeso generan desequilibrios metabólicos que afectan la viabilidad ovárica. En bovinos Gyr, mantener una condición corporal óptima es fundamental para garantizar la eficiencia en programas de aspiración folicular y fecundación in vitro. Una condición corporal baja puede reducir la respuesta ovárica, mientras que una excesiva puede alterar la dinámica hormonal, disminuyendo la eficiencia reproductiva.

La condición corporal se relaciona estrechamente con la calidad de los ovocitos; (Bezdiček, Nesvadbová & otros, 2020) señalaron que tanto el déficit como el exceso energético afectan la respuesta en programas de producción in vitro. En Gyr, (Viana, Silva, Moura & otros, 2024) observaron que vacas con condición corporal media a alta presentaron diferencias en la dinámica folicular y en la calidad de los ovocitos. Adicionalmente, (Velazquez, 2023) destacan que estrategias nutricionales específicas pueden mejorar la competencia ovocitaria y optimizar la eficiencia de biotecnologías reproductivas.

Estado de preñez

El estado de preñez representa una variable clave en la evaluación de la producción de ovocitos. Durante la gestación, la actividad ovárica se encuentra limitada debido a la acción de hormonas como la progesterona, que inhibe el desarrollo folicular. Esto reduce de manera considerable la disponibilidad de ovocitos viables en hembras preñadas, dificultando su uso como donantes en programas de reproducción asistida. En bovinos Gyr, esta condición adquiere especial relevancia, ya que la sincronización de programas de aspiración folicular debe planificarse considerando el estado reproductivo de las donantes (Viana, Silva, Moura & otros, 2024)

Metodología

1. Tipo de estudio

El presente estudio se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo, de carácter observacional y con un diseño no experimental, transversal y analítico. Este enfoque permite evaluar la incidencia de variables fisiológicas edad y estado de preñez sobre la producción de ovocitos en bovinos en un momento específico, sin intervenir directamente en las condiciones naturales de los animales.

2. Lugar de estudio

La investigación se llevó a cabo en diferentes unidades reproductivas (fincas) de distintos propietarios, que actúan como el entorno natural de las donadoras. El procedimiento completo de OPU, búsqueda y selección (clasificación/conteo) de los ovocitos, se realizó en las fincas bajo condiciones de temperatura, higiene y asepsia requerida para el procedimiento.

3. Población y muestra

3.1 Población

La población de estudio estuvo conformada por hembras bovinas (vacas y/o novillas) registradas y utilizadas activamente como donadoras en programas de OPU-TE. Estas hebras pertenecen a distintos propietarios.

3.2 Selección de la muestra

La muestra obedece a los datos disponibles, considera entonces como no probabilística y por conveniencia, dada la disponibilidad y el ingreso de las donadoras al programa de OPU del laboratorio durante el periodo de estudio.

3.3 Criterios de inclusión

- Hembras bovinas con registro en la asociación de criadores de cebú (Asocebú), utilizadas en programas activos de transferencia de embriones (TE).
- Animales aptos para procedimiento OPU según criterio del veterinario operador.
- Hembras con registros básicos de edad, raza Gyr y estado reproductivo disponibles.

3.4 Criterios de exclusión

- Hembras con patologías reproductivas severas documentadas
- Animales con historial de enfermedades sistémicas que puedan alterar la función ovárica
- Donadoras con preñeces muy avanzadas

4. Variables del estudio

4.1 Variables independientes

Edad: registrada en años, agrupadas en categorías según rangos definidos.

Estado de preñez: categoría como preñada/no preñada.

4.2 Variables dependientes

Producción de ovocitos: cantidad total de ovocitos recuperados por sesión OPU, clasificados según estándares morfológicos.

5. Procedimiento para la recolección de datos

5.1 Evaluación inicial de las donadoras

- Identificación individual de cada animal
- Registro de raza y edad mediante documentación de la finca
- Determinación del estado de preñez mediante ecografía o registros previos.

Toda esta información fue suministrada por la finca.

5.2 Procedimiento de aspiración folicular (OPU)

- Restricción y preparación del animal
- Analgesia en la zona lumbar de 3ml de lidocaína
- Colocación de guante y aseo perineal
- Inserción de la sonda transvaginal guiada por ultrasonido
- Identificación y punción de los folículos visibles
- Aspiración del contenido folicular utilizando un sistema de vacío controlado
- Recolección del líquido folicular en tubos precalentados para mantener viabilidad

5.3 Procesamiento de ovocitos

- El líquido folicular es filtrado y depositado en placas de Petri
- Los ovocitos se buscarán bajo estereomicroscopio
- Se realiza el conteo total de ovocitos recuperados

- Se clasificará su calidad morfológica según criterios establecidos (GI, GII, GIII, Irregulares o desnudos)

6. Análisis de datos

Estadística descriptiva: medias, desviaciones estándar y porcentajes.

Comparación entre grupos para evaluar la incidencia de cada variable independiente en la producción ovocitaria.

7. Consideraciones éticas y de bienestar animal

El manejo de animales cumplió con las normas de bienestar animal y bioética aplicadas en procedimientos de reproducción bovina. Se veló por:

- Evitar el sufrimiento innecesario
- Aplicar higiene estricta durante el procedimiento
- Minimizar la duración de la manipulación

8. Recursos y materiales

- Ecógrafo con sonda transvaginal
- Sistema de aspiración folicular
- Estereomicroscopio para manejo de ovocitos
- Personal profesional capacitado en OPU y procesamiento de ovocitos

9. Cronograma

1. Revisiones bibliográficas y diseño metodológico
2. Selección y caracterización de donadoras
3. Realización de procedimiento OPU
4. Procesamiento y registro de datos
5. Análisis estadístico descriptivo
6. Redacción del informe final

Resultados

Este capítulo presenta los hallazgos obtenidos en el contexto de aspiración folicular transvaginal (OPU) en donadoras bovinas Gyr, desarrollados durante la práctica empresarial. Se parte del registro primario de cada sesión, incluyendo edad de la donadora, lugar de realización, observaciones clínicas y el conteo de ovocitos recuperados por evento (LAB).

En concordancia con la literatura, la OPU es una técnica mínimamente invasiva que permite la recuperación repetida de ovocitos en hembras con distintos estados fisiológicos (Viana, 2018).

La tabla 1, presenta los datos asociados a las hembras y los procedimientos reproductivos. El conjunto analizado comprende 199 donadoras y 235 procedimientos, con 5934 ovocitos recuperados. El promedio por aspiración fue 25.25 ovocitos (DE=15.37), con un rango 2–78.

Tabla 1. Resumen general de la base de datos (LAB y metadatos)

| Indicador | Valor |
|-------------------------------|--------------|
| Donadoras únicas | 199 |
| Aspiraciones registradas | 235 |
| Total de ovocitos (LAB) | 5934 |
| Promedio por aspiración (LAB) | 25.25 |
| Desviación estándar (LAB) | 15.37 |
| Mínimo (LAB) | 2 |
| Máximo (LAB) | 78 |
| Primera fecha de aspiración | 2025-06-3 |
| Última fecha de aspiración | 2025-08-6 |

Nota. Elaboración propia a partir del registro interno.

Estos indicadores describen la magnitud de la cohorte y sirven de línea base para las comparaciones por edad, estado de preñez y lugar. En la literatura, los rendimientos varían según raza, manejo y antrales disponibles, con programas comerciales que reportan altos volúmenes de

ovocitos y prenecesidad de controles de calidad en cada etapa (J.H.F. Pontes, K.C.F. Silva, A.C. Basso & otros, 2010).

Producción global de ovocitos por donadora.

La tabla 2, presentan los resultados obtenidos de ovocitos por donadora reportando solo el top 30 por número de aspiraciones.

Tabla 2. Indicadores por donadora

| Donadora | Aspiraciones | Promedio | Desv_Est | Min | Max |
|-------------------|---------------------|-----------------|-----------------|------------|------------|
| 258/1 Grecia | 3 | 15.33 | 6.81 | 10 | 23 |
| 071/2 Anemona | 2 | 17.5 | 10.61 | 10 | 25 |
| 250-0 | 2 | 34.0 | 18.38 | 21 | 47 |
| 813/1 Belen | 2 | 17.0 | 4.24 | 14 | 20 |
| 065/2 Odha | 2 | 8.0 | 7.07 | 3 | 13 |
| 068/2 Amapola | 2 | 24.5 | 2.12 | 23 | 26 |
| 440/0 Joao | 2 | 24.0 | 14.14 | 14 | 34 |
| 58-9 | 2 | 29.0 | 9.9 | 22 | 36 |
| 074/2 Clavel | 2 | 39.0 | 5.66 | 35 | 43 |
| 075/2 Madre Selva | 2 | 44.0 | 7.07 | 39 | 49 |
| 082 | 2 | 42.5 | 3.54 | 40 | 45 |
| 48-8 | 2 | 18.0 | 7.07 | 13 | 23 |
| 056/2 Keila | 2 | 36.5 | 14.85 | 26 | 47 |
| 090/8 Malaga | 2 | 9.5 | 2.12 | 8 | 11 |
| 092/2 Galatea | 2 | 27.5 | 3.54 | 25 | 30 |
| 1020/9 Primavera | 2 | 12.5 | 0.71 | 12 | 13 |
| 183-17 | 2 | 26.5 | 17.68 | 14 | 39 |
| 657/220 Tulipan | 2 | 27.5 | 0.71 | 27 | 28 |
| 155/9 Terra | 2 | 26.0 | 1.41 | 25 | 27 |
| 542-19 | 2 | 41.5 | 4.95 | 38 | 45 |

| | | | | | |
|-----------------|---|------|-------|----|----|
| 612/0 Florida | 2 | 45.5 | 17.68 | 33 | 58 |
| 151/9 Ibiza | 2 | 10.5 | 0.71 | 10 | 11 |
| 058/2 Cleopatra | 2 | 9.5 | 3.54 | 7 | 12 |
| 137/31 Ganadora | 2 | 7.0 | 4.24 | 4 | 10 |
| 007/1 Artemisa | 2 | 9.5 | 7.78 | 4 | 15 |
| 002/1 Rosario | 2 | 60.0 | 8.49 | 54 | 66 |
| 003/1 Nadia | 2 | 6.5 | 0.71 | 6 | 7 |
| 984-4 | 2 | 22.0 | 15.56 | 11 | 33 |
| 004/1 Celeste | 2 | 21.0 | 4.24 | 18 | 24 |
| 039 | 2 | 44.0 | 2.83 | 42 | 46 |

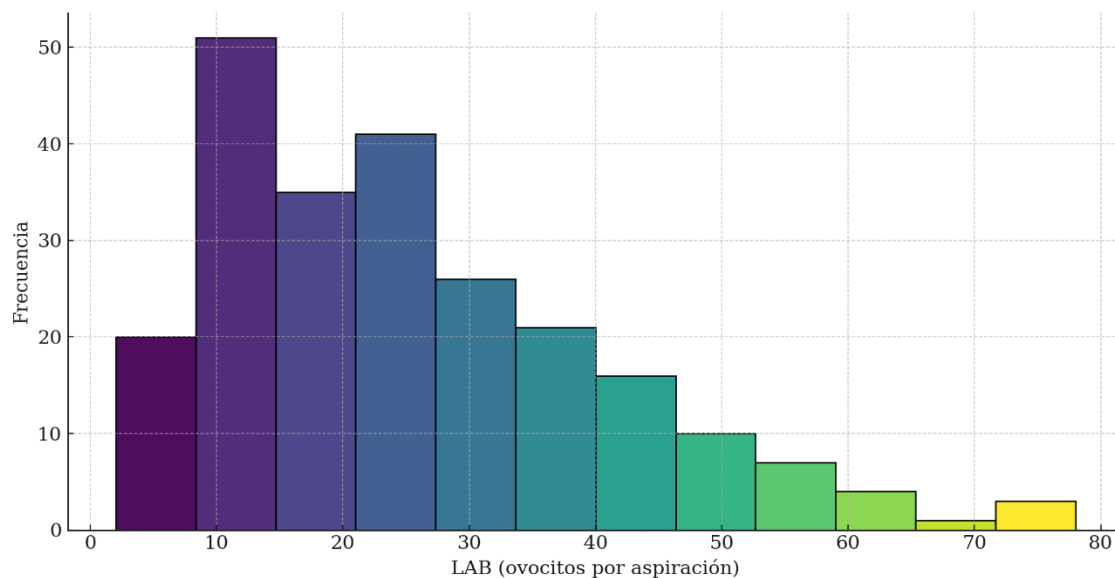
Nota. Elaboración propia a partir del registro interno de práctica empresarial.

El desempeño por donadora fue heterogéneo, con promedios que oscilaron entre 6,5 y 60,0 ovocitos por aspiración y tamaños muestrales mayoritariamente de 2 sesiones (única excepción: 258/1 Grecia, n=3). Se identificaron rendimientos altos en 002/1 Rosario (60,0; DE=8,49; 54–66), 612/0 Florida (45,5; DE=17,68; 33–58), 075/2 Madre Selva (44,0; DE=7,07; 39–49), 039 (44,0; DE=2,83; 42–46), 082 (42,5; DE=3,54; 40–45) y 542-19 (41,5; DE=4,95; 38–45). En contraste, se observaron promedios bajos en 003/1 Nadia (6,5; DE=0,71; 6–7), 137/31 Ganadora (7,0; DE=4,24; 4–10), 065/2 Odha (8,0; DE=7,07; 3–13) y 151/9 Ibiza (10,5; DE=0,71; 10–11). La dispersión fue marcada en 250-0 (DE=18,38; 21–47) y 183-17 (DE=17,68; 14–39), mientras que la estabilidad relativa destacó en 1020/9 Primavera y 657/220 Tulipán (ambas DE=0,71). En conjunto, el patrón sugiere diferencias intrínsecas de respuesta entre donadoras. La variación entre donadoras sugiere diferencias intrínsecas de competencia ovocitaria y/o de conteo de folículos antrales, lo que es consistente con la influencia del recuento antral como predictor de respuesta en OPU y IVP (Silva-Santos, Ferreira, Santos & otros, 2014).

La figura 1 presenta la distribución del Diagrama de frecuencia del número de ovocitos obtenidos por aspiración. Tal como se describió anteriormente, en la cohorte se registraron 235 aspiraciones de 199 donadoras, con 5.934 ovocitos recuperados; el rendimiento medio fue $25,25 \pm 15,37$ ovocitos por aspiración, con mediana 22, rango 2–78 e intervalo intercuartílico 13–

34, lo que evidencia distribución asimétrica a la derecha con mayor frecuencia entre 10 y 35 ovocitos recuperados.

Figura 1. Histograma de ovocitos (LAB)



Nota. Elaboración propia; distribución de LAB en la cohorte.

Efecto de la edad sobre la producción de ovocitos.

La tabla 3, presenta los resultados promedio de ovocitos recuperados y el número de aspiraciones agrupadas por edad. Así es que, con respecto a la edad, se observó tendencia decreciente del promedio: 1-<3 años 28,70 (n=63), 3-<5 años 26,36 (n=75), 5-<7 años 24,56 (n=54), 7-<10 años 19,78 (n=27) y ≥ 10 años 18,06 (n=16). Por lugar, el mayor volumen provino de Amalfi (n=84; 21,24) y Cimitarra (n=65; 27,03), con rendimientos elevados pero menor tamaño muestral en Mariquita/Tolima (n=22; 35,59) y Puerto Nare (n=9; 48,67).

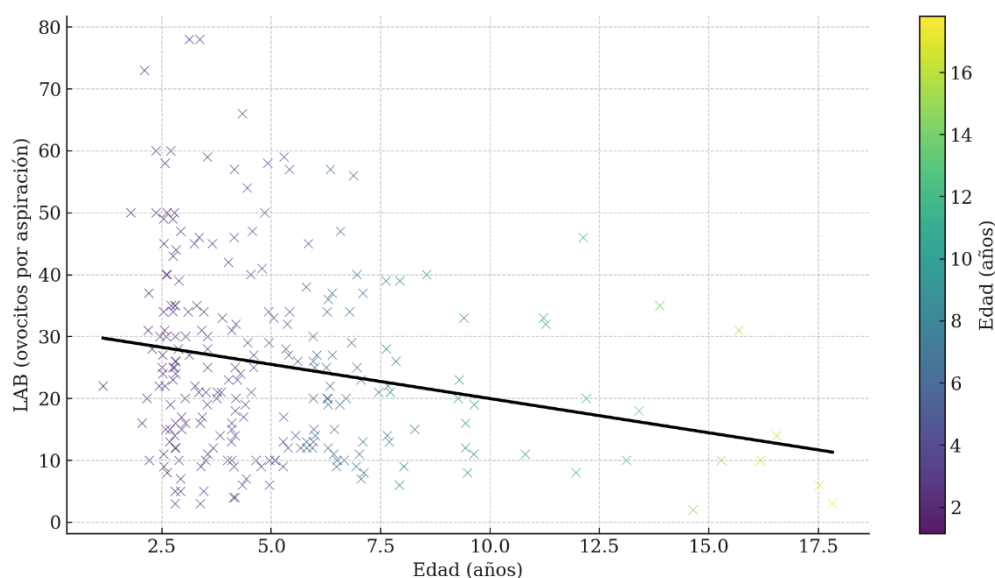
Tabla 3. Producción de ovocitos por grupos de edad

| GrupoEdad | Aspiraciones | Promedio | Mediana | Desv_Est | Min | Max |
|-----------|--------------|----------|---------|----------|-----|-----|
| 1-<3 | 63 | 28.7 | 26.0 | 15.89 | 3 | 73 |
| 3-<5 | 75 | 26.36 | 22.0 | 17.12 | 3 | 78 |
| 5-<7 | 54 | 24.56 | 21.0 | 13.7 | 9 | 59 |
| 7-<10 | 27 | 19.78 | 19.0 | 10.52 | 6 | 40 |
| ≥10 | 16 | 18.06 | 12.5 | 13.29 | 2 | 46 |

Nota. Elaboración propia a partir del registro interno de práctica empresarial.

Se observa una relación negativa entre edad y rendimiento ovocitario: el promedio desciende de 28,7 ovocitos por aspiración en 1-<3 años (n=63) a 18,06 en ≥10 años (n=16), con medianas que disminuyen de 26,0 a 12,5. La mayor dispersión corresponde a 3-<5 años (DE=17,12; rango 3-78) y 1-<3 (DE=15,89; 3-73), mientras que 7-<10 muestra variabilidad menor (DE=10,52; 6-40). En conjunto, el patrón indica mejor desempeño en edades tempranas, un descenso progresivo a partir de 5 años y presencia de valores atípicos altos en 3-<5; en ≥10 años la productividad central es menor y el tamaño muestral reduce la precisión de la estimación.

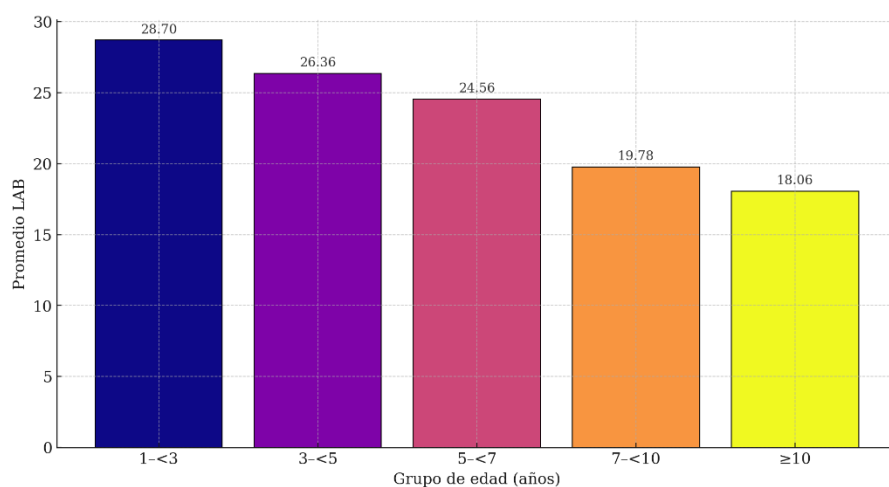
La figura 2 presenta la relación entre edad y el número de ovocitos recuperados. En 235 aspiraciones, el rango observado de edad fue de 1,16 a 17,82 años y de 2 a 78 ovocitos.

Figura 2. Relación entre edad y ovocitos con ajuste lineal

La relación edad–número de ovocitos mostró pendiente $-1,11$ ovocitos/año (intercepto $31,04$; $R^2=0,048$), con asociación negativa de magnitud baja. Esto indica una mayor concentración de ovocitos producidos entre las edades de 2 y 6 años, y rendimientos decrecientes a medida que aumenta la edad.

La figura 3, presenta el promedio de ovocitos por grupo de edad. En el análisis de supuestos, la normalidad global de ovocitos fue compatible con la distribución de un modelo normal (Shapiro–Wilk para LAB: $W=0.934$, $p=0.0000$). En términos de asociación edad–ovocitos, el coeficiente de Spearman indica la dirección y magnitud de la relación monótona (Spearman edad–LAB: $\rho=-0.212$, $p=0.0011$); el ajuste lineal se resume en Regresión lineal ovocitos~Edad: $\beta_0=31.04$, $\beta_1=-1.11$ ovocitos/año, $R^2=0.048$. Estos hallazgos se interpretan a la luz de la literatura que describe cambios etarios en dinámica folicular y competencia del ovocito (Kawamoto et al., 2022; Viana, 2024).

Figura 3. Promedio de ovocitos por grupo de edad



Condición corporal y estado de preñez y su relación con la cantidad de ovocitos.

La tabla 4, presenta los resultados del promedio de ovocitos y el estado de preñez. La figura 4, presenta la distribución de ovocitos por estado de preñez consignado. Por estado de preñez, las sesiones con Preñez positiva (P+) ($n=33$) promediaron $18,85$ ovocitos recuperados frente a $26,30$ ovocitos recuperados en los registros sin preñez ($n=202$). Así, en términos fisiológicos, distintos

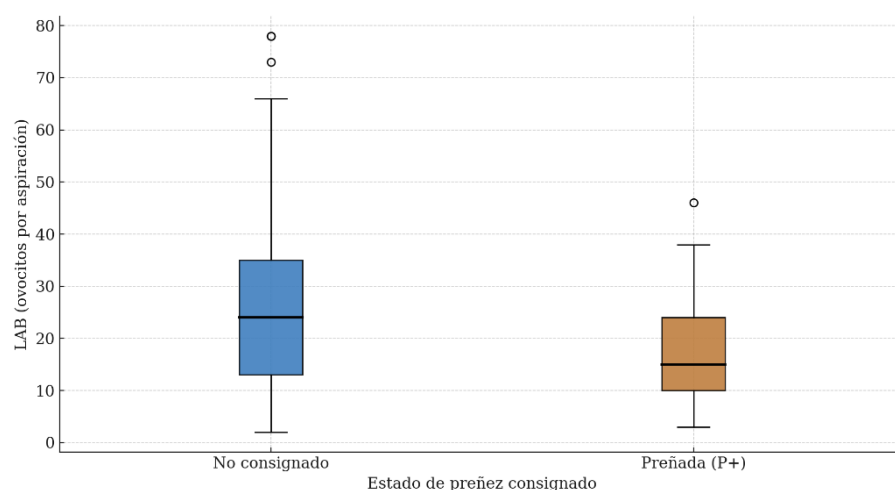
estados gestacionales modifican el patrón de ondas foliculares y disponibilidad de folículos aspirables, con impactos esperables en el conteo de ovocitos (Viana, 2018).

Tabla 4. LAB por estado de preñez consignado

| PREÑADA | Aspiraciones | Promedio | Mediana | Desv_Est | Min | Max |
|------------------|--------------|----------|---------|----------|-----|-----|
| No consignado | 202 | 26.3 | 24.0 | 15.79 | 2 | 78 |
| Preñada (P+) | 33 | 18.85 | 15.0 | 10.61 | 3 | 46 |

Nota. Elaboración propia a partir del registro interno de práctica empresarial.

Figura 4. Distribución de ovocitos por estado de preñez consignado



Nota. Caja y bigotes por estado consignado; la etiqueta 'No consignado' refleja ausencia de registro clínico explícito.

Lugar de realización de la aspiración.

La Tabla 5, presenta el número de ovocitos en función del lugar de la aspiración. Las diferencias por sede pueden reflejar variabilidad logística, microambiente y composición de la cartera de donadoras por zona. Estudios de implementación han subrayado la importancia de estandarizar logística, equipo y protocolos para mitigar variabilidad no biológica (Boler et al., 2024; Animal Reproduction Update, 2022).

Tabla 5. LAB por lugar de realización

| LUGAR | Aspiraciones | Promedio | Mediana | Desv_Est | Min | Max |
|------------------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|------------|
| Amalfi | 84 | 21.24 | 16.0 | 14.06 | 3 | 66 |
| Cimitarra | 65 | 27.03 | 27.0 | 12.04 | 3 | 57 |
| Cisneros | 2 | 25.0 | 25.0 | 4.24 | 22 | 28 |
| Mariquita/Tolima | 22 | 35.59 | 31.5 | 20.01 | 5 | 78 |
| Puerto Berrio | 10 | 17.3 | 12.5 | 13.45 | 2 | 47 |
| Puerto Boyacá | 24 | 21.29 | 20.0 | 13.24 | 6 | 50 |
| Puerto Boyacá | 8 | 20.75 | 18.0 | 10.74 | 10 | 40 |
| Puerto Nare | 9 | 48.67 | 50.0 | 17.37 | 17 | 78 |
| Puerto Nare | 1 | 40.0 | 40.0 | Nan | 40 | 40 |
| San Jose del Nus | 1 | 23.0 | 23.0 | Nan | 23 | 23 |
| San Roque | 9 | 23.22 | 19.0 | 15.94 | 10 | 57 |

Nota. Elaboración propia a partir del registro interno de práctica empresarial.

En conclusión, la cohorte mostró heterogeneidad inter-donadora y señales de modulación por edad y preñez consignada. El efecto de la raza no se contrasta dentro de la base al tratarse de donadoras Gyr, por lo que la discusión se limita a la consistencia con rangos reportados para *Bos indicus* en programas comerciales. La literatura describe que OPU puede realizarse en distintos estados fisiológicos y edades, con consideraciones operativas para optimizar tasas de recuperación y competencia ovocitaria (J.H.F. Pontes, F.A. Melo Sterza, K.C.P. Rubin & otros, 2011).

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en el escenario de práctica empresarial muestran un rendimiento global de 5.934 ovocitos en 235 aspiraciones de 199 donadoras, con promedio de 25,25 ovocitos por procedimiento, mediana de 22 e intervalo intercuartílico 13–34. La distribución fue asimétrica a la derecha y con heterogeneidad marcada entre donadoras, con promedios individuales entre 6,5 y 60,0 y desviaciones estándar variables. Por edad se observó una tendencia descendente del desempeño: 28,70 ovocitos en 1–<3 años; 26,36 en 3–<5; 24,56 en 5–<7; 19,78 en 7–<10; y 18,06 en ≥ 10 , lo que sugiere mejor respuesta en edades tempranas y reducción progresiva a partir de los cinco años. En los registros con preñez consignada el promedio fue menor que en aquellos sin consignación específica, y por lugar se identificaron diferencias operativas relevantes. Estas evidencias cumplen el objetivo de caracterizar la incidencia de edad y estado fisiológico sobre la recuperación ovocitaria y confirman la variabilidad interindividual como factor crítico de gestión.

La interpretación de hallazgos indica que la edad opera como modulador consistente del rendimiento, con mayor productividad central en el tramo de 1–<5 años y declive gradual posterior. La señal asociada a la preñez consignada apunta a una disminución del conteo, aunque debe leerse con cautela por el sesgo potencial de la categoría “no consignado”. La heterogeneidad por donadora sugiere diferencias intrínsecas y de manejo que conviene monitorizar mediante series individuales y control de proceso. Entre las limitaciones se reconocen tamaños muestrales reducidos en ≥ 10 años, ausencia sistemática de condición corporal en varias fichas y la imposibilidad de contrastar razas al tratarse de una cohorte monorracial Gyr. Pese a ello, la evidencia es suficiente para orientar decisiones de selección de donantes, estandarización de registro y priorización de recursos en ciclos OPU–IVP.

Se recomienda, en el plano operativo, priorizar donantes entre 2 y 5 años y revisar la continuidad de aspiraciones en animales ≥ 7 años cuando el rendimiento caiga de manera sostenida por debajo del cuartil inferior de la cohorte (≈ 13 ovocitos). Conviene incorporar verificación clínica previa de preñez y registrar condición corporal en escala estandarizada en cada sesión, así como consolidar un tablero de control con indicadores clave: promedio y mediana por donadora y por sede. Para mejorar la estabilidad del proceso, se sugiere protocolos de preparación y

posprocedimiento unificados por sede, calibración periódica del ecógrafo y del sistema de succión, y capacitación del personal en criterios morfológicos de clasificación; adicionalmente, planificar la frecuencia de OPU por donadora considerando recuperación folicular y ventana interprocedimiento que evite fatiga ovárica.

En el plano analítico y de mejora continua, se propone fortalecer el registro con campos obligatorios (edad exacta, condición corporal, confirmación de preñez, sede, operador, recuento de folículos antrales cuando esté disponible) y estructurar el análisis con modelos de medidas repetidas por donadora para separar variación entre y dentro de individuos. Resulta pertinente implementar gráficos de control por sede y donadora, auditorías trimestrales de calidad de datos y reportes comparativos entre periodos. Para investigación aplicada, se sugiere ampliar la muestra en extremos etarios, incorporar seguimiento longitudinal de cohortes con igual protocolo y, cuando sea posible, construir comparaciones controladas con otras poblaciones Bos indicus. Estas acciones permitirán consolidar criterios de selección y programación OPU mejor alineados con la productividad observada, optimizando el uso de insumos y elevando la tasa de recuperación de ovocitos en contextos empresariales similares.

Referencias

Nanda, R., Anjali k, Senthamilan S, Gurudutt Doneriya, Meeti Punetha, Singh, G., & Chouhan, V. S. (2021). Ovum Pick-up in Ruminants. *Animal Reproduction Update*, 1(1), 46–50. <https://doi.org/10.48165/aru.2021.1206>

Baldassarre, H., & Bordignon, V. (2018). Laparoscopic ovum pick-up for in vitro embryo production from dairy bovine and buffalo calves. *Animal Reproduction*, 15(3), 191–196. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-ar2018-0057>

Jiří Bezdíček, Nesvadbová, A., Makarevich, A., & Kubovičová, E. (2020). Relationship between the animal body condition and reproduction: the biotechnological aspects. *Archives Animal Breeding/Archiv Für Tierzucht*, 63(1), 203–209. <https://aab.copernicus.org/articles/63/203/2020/>

View of Ovum pick up, in vitro embryo production, and embryo transfer as value-added theriogenology service in miniature Hereford cattle operation | *Clinical Theriogenology*. (2025). [Clinicaltheriogenology.net](https://clinicaltheriogenology.net). <https://clinicaltheriogenology.net/index.php/CT/article/view/10528/17382>

Butkiewicz AF, Amaral A, Cerveira-Pinto M, Kordowitzki P. Assessing the Influence of Maternal Age in Bovine Embryos and Oocytes: A Model for Human Reproductive Aging. *Aging and disease*. 2025;16(2):757. doi: <https://doi.org/10.14336/ad.2024.0305>

Feltes, G. L., Negri, R., Raidan, F. S. S., Feres, L. F. R., Ribeiro, V. M. P., & Cobuci, J. A. (2022). Genetic evaluation of oocyte and embryo production in dairy Gir cattle using repeatability and random regression models. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 51. <https://doi.org/10.37496/rbz5120220017>

Ferré, L. B., Kjelland, M. E., Strøbech, L. B., Hyttel, P., Mermillod, P., & Ross, P. J. (2020). Review: Recent advances in bovine in vitro embryo production: reproductive biotechnology history and methods. *Animal*, 14(5), 991–1004. <https://doi.org/10.1017/s1751731119002775>

Kawamoto, T. S., Viana, J. H. M., Pontelo, T. P., Franco, M. M., de Faria, O. A. C., Fidelis, A. A. G., Vargas, L. N., & Figueiredo, R. A. (2022). Dynamics of the Reproductive Changes and Acquisition of Oocyte Competence in Nelore (*Bos taurus indicus*) Calves during the Early and Intermediate Prepubertal Periods. *Animals*, 12(16), 2137. <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/16/2137>

Kurykin, J., Gustafsson, H., Rodrigues-Martinez, H., & Larsson, B. (n.d.). TRANSVAGINAL ULTRASOUND GUIDED PUNCTURE OF FOLLICLES AND OOCYTES ASPIRATION IN HEIFERS BY A MODIFIED DEVICE. Retrieved December 9, 2025, from https://agrt.emu.ee/pdf/proceedings/toim_1997_3_kurokin1.pdf

Machado, A. F., Renata, Monteiro, R., Fabio, Domingos, José Domingos Guimarães, Gomez-Leon, V. E., & Facioni, S. E. (2024). Genetic parameters for oocytes and embryo

production and their association with linear type traits in dairy Gyr cattle. *Journal of Dairy Science*, 107(11), 9666–9675. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(24\)01037-3/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(24)01037-3/fulltext)

Narváez Bedoya HJ. Efecto del grupo genético de vacas de las razas Gyr y Holstein sobre la técnica de producción in vitro de embriones bovinos. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*. 2020;21(3):1-10. doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1697

Pieterse, M. C., Vos, P. L. A. M., Th.A.M. Kruip, Wurth, Y. A., Th.H. van Beneden, Willemse, A. H., & M.A.M. Taverne. (1991). Transvaginal ultrasound guided follicular aspiration of bovine oocytes. *Theriogenology*, 35(4), 857–862. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(91\)90426-e](https://doi.org/10.1016/0093-691x(91)90426-e)

Pontes, J. H. F., Silva, K. C. F., Basso, A. C., Rigo, A. G., Ferreira, C. R., Santos, G. M. G., Sanches, B. V., J.P.F. Porcionato, Vieira, P. H. S., F.S. Faifer, F.A.M. Sterza, Schenk, J. L., & M.M. Seneda. (2010). Large-scale in vitro embryo production and pregnancy rates from *Bos taurus*, *Bos indicus*, and *indicus-taurus* dairy cows using sexed sperm. *Theriogenology*, 74(8), 1349–1355. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X10003080?via%3Dihub>

Pontes JHF, F.A. Melo Sterza, Basso AC, et al. Ovum pick up, in vitro embryo production, and pregnancy rates from a large-scale commercial program using Nelore cattle (*Bos indicus*) donors. *Theriogenology*. 2011;75(9):1640-1646. doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X11000057?via%3Dihub>

Silva-Santos K, Ferreira C, Santos G, et al. MALDI-MS Lipid Profiles of Oocytes Recovered by Ovum Pickup from *Bos indicus* and $1/2$ *indicus* × *taurus* with High vs Low Oocyte Yields. *Reproduction in Domestic Animals*. 2014;49(5):711-718. doi: <https://doi.org/10.1111/rda.12352>

Velazquez MA. Nutritional Strategies to Promote Bovine Oocyte Quality for In Vitro Embryo Production: Do They Really Work? *Veterinary Sciences*. 2023;10(10):604-604. doi: <https://www.mdpi.com/2306-7381/10/10/604>

Viana JHM, Figueiredo ACS, Gonçalves RLR, Siqueira LGB. A historical perspective of embryo-related technologies in South America. *Animal Reproduction*. 2018;15(Suppl. 1):963-970. doi: <https://www.animal-reproduction.org/article/doi/10.21451/1984-3143-AR2018-0016>

Viana JHM, Silva BDM, Moura RM de, Féres LFR, Figueiredo RA. Oocyte developmental potential and embryo production before puberty in cattle. *Animal Reproduction*. 2024;21(3). doi: <https://www.scielo.br/j/ar/a/5dnTj4WWbzNtLfgCMPpyfsn/?lang=en>

Joao, Damiani, B., Martins, R., Rodrigues, F., & Figueiredo, R. A. (2024). Oocyte developmental potential and embryo production before puberty in cattle. *Animal Reproduction*, 21(3), e20240069–e20240069. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-ar2024-0069>

Heifetz Y, Rivlin PK. Beyond the mouse model: Using *Drosophila* as a model for sperm interaction with the female reproductive tract. *Theriogenology*. 2010;73(6):723-739. doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.11.001>

BioEmbrio. Producción In Vitro De Embriones. Bioembrio.com. Published 2019. Accessed December 10, 2025. <https://bioembrio.com/produccion-in-vitro-de-embriones/>

Esther A, Borja F, Santiago L, Zambrano JJ, Marini PR. Desempeño reproductivo de vacas Gyr lechero en un sistema a pastoreo del trópico ecuatoriano. *La Técnica*. 2020;(24):99-106. doi: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8232824.pdf>

iBridge. Estrategias para mejorar la reproducción en ganado bovino - iBridge Capital. iBridge Capital. Published September 13, 2024. Accessed December 9, 2025. <https://ibridgecapital.org/es/estrategias-para-mejorar-reproduccion-ganado-bovino/>

Biología de la reproducción – INSTITUTO DE GENÉTICA VETERINARIA “INGENIERO FERNANDO NOEL DULOUT” (IGEVET). Unlp.edu.ar. Published 2023. Accessed December 10, 2025. <https://igevet.fcv.unlp.edu.ar/biologia-de-la-reproduccion/>

Genética Bovina. El Gyr lechero “Made In Brasil.” *Revista Genética Bovina Colombiana*. Published June 23, 2022. Accessed December 10, 2025. <https://revistageneticabovina.com/ganaderias/gyr-lechero-2/>

Rica Corea-Guillén, C., Alvarado-Panameño, E., Francisco, J., Leyton-Barrientos, & Vladimir, L. (2008). *Agronomía Mesoamericana*. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 251–259. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43711425010.pdf>

Rica Corea-Guillén C, Alvarado-Panameño E, Francisco J, Leyton-Barrientos, Vladimir L. *Agronomía Mesoamericana*. *Agronomía Mesoamericana*. 2008;19(2):251-259. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43711425010.pdf>

Yuponi RG. Producción in vitro de embriones en búfalos y vacas en un establecimiento en la provincia de Corrientes. Unneeduar. Published online 2018. doi: <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/52475>

iBridgE. (2024, September 13). Estrategias para mejorar la reproducción en ganado bovino - iBridgE Capital. IBridgE Capital. <https://ibridgecapital.org/es/estrategias-para-mejorar-reproduccion-ganado-bovino/>

UNCPBA. (s.f.). Relación entre la condición corporal y el porcentaje de preñez en vacas Aberdeen. (Facultad de Ciencias Veterinarias -UNCPBA-, Ed.). <file:///C:/Users/User/Downloads/Comportamiento%20y%20Bienestar%20Animal.pdf>

De García R, Jody P, Castillo R, et al. CLASIFICACIÓN de OOCITOS BOVINOS. 1 criterios de Clasificación Morfológica de Ovocitos Bovinos Provenientes de La Planta de Beneficio.; 2023. Accessed December 9, 2025. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/1a3888b9-907a-4494-866f-f287881bd0ee/content>

Ayala LE, Tito Palacios C, E PN, et al. Capacidad de reinicio de la meiosis de ovocitos provenientes de folículos de varios tamaños obtenidos de ovarios de camal. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2019;30(3):1164-1174. doi: <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.15437>

Apéndices

Apéndice A Registro fotográfico del procedimiento y equipos OPU.

Registro del procedimiento OPU — Imagen 1

| REGISTRO ASPIRACION FOLICULAR | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-----------|------|----------|-----------------------|----------|----------------|-----|------|--------------------------|-----|------|-------------|
| FECHA | | CLIENTE | | | | HACIENDA | | | | TIEMPO ASPIRACION | | | |
| DÍA MES AÑO | | | | | | | | | | HORA INICIO/HORA INICIAL | | | |
| EQUIPO OPU | | TRANSP No | | MEDIO To | | LUGAR | | | | #RECEPTORAS | | | |
| IDENTIFICACION DONANTES | | | | | CLASIFICACIÓN OOCITOS | | | | | | | | OBSERVACIÓN |
| No. | DONADORA | RAZA | TORO | RAZA | GI | GII | GIII | DES | IRRE | TOTAL | LAB | HORA | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | TOTAL | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES GENERALES: | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| RESPONSABLE CLIENTE | | | | | | | RESPONSABLE G3 | | | | | | |
| NOMBRE: | | | | | | | NOMBRE: | | | | | | |
| CEL: | | | | | | | CEL: | | | | | | |

Nota. Elaboración propia

Registro del procedimiento OPU — Imagen 2



Nota. Elaboración propia

Registro del procedimiento OPU — Imagen 3



Nota. Elaboración propia

Registro del procedimiento OPU — Imagen 4



Nota. Elaboración propia

Registro del procedimiento OPU — Imagen 5



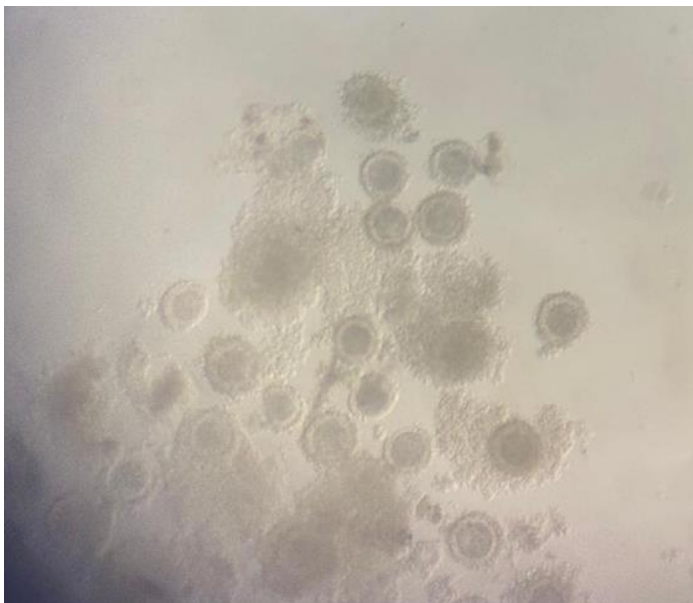
Nota. Elaboración propia

Registro del procedimiento OPU — Imagen 6



Nota. Elaboración propia

Registro del procedimiento OPU — Imagen 7



Nota. Elaboración propia