



ANÁLISIS DE FACTORES ASOCIADOS A LA CANTIDAD Y VIABILIDAD DE OVOCITOS EN LA TÉCNICA DE ASPIRACIÓN FOLICULAR EN BOVINOS BRAHMAN GRIS Y ROJO EN APIAY Y PUERTO LÓPEZ DURANTE LAS ÉPOCAS DE LLUVIA Y SEQUÍA

ANALYSIS OF FACTORS ASSOCIATED WITH THE QUANTITY AND VIABILITY OF OOCYTES IN THE FOLLICULAR ASPIRATION TECHNIQUE IN GRAY AND RED BRAHMAN CATTLE IN APIAY AND PUERTO LOPEZ DURING THE RAINY AND DRY SEASONS.

LUIS FERNANDO MÉNDEZ CARDONA

Trabajo de grado opción Pasantía

Presentado como requisito parcial para optar al título de
ZOOTECNISTA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA

Fusagasugá, 25 de noviembre de 2024

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza y el enfoque necesarios para completar esta etapa de mi vida académica.

A mi familia, que siempre ha sido mi base y mi mayor apoyo. A mis padres, por su dedicación y enseñanzas que me impulsaron a esforzarme y dar lo mejor de mí, y a mis hermanos, por estar a mi lado en cada paso de este camino. Este logro es también de ustedes.

A mis amigos, por su compañía y apoyo constante. Gracias por compartir este proceso, por las palabras de aliento y por estar presentes tanto en los momentos de desafío como en los de celebración.

A mi tutora, Karen Patricia Montoya Andrade, por su guía, paciencia y experiencia, que fueron esenciales para la realización de este proyecto. Su compromiso y aportes han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A todos los gestores del conocimiento que han contribuido a mi formación, quienes con sus conocimientos y enseñanzas me han preparado para enfrentar los retos profesionales. Gracias por su dedicación y por el impacto que han dejado en mi camino académico.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una u otra manera, aportaron a este logro y fueron parte de este proceso.

Tabla de Contenido

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS SÍMBOLOS Y UNIDADES	6
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	7
LISTA DE GRAFICAS	8
LISTA DE TABLAS.....	9
LISTA DE ANEXOS	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
DEFINICIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
JUSTIFICACIÓN	16
OBJETIVOS.....	18
<i>OBJETIVO GENERAL.....</i>	<i>18</i>
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</i>	<i>18</i>
ESTADO DEL ARTE.....	19
1. <i>Reproducción Bovina: Métodos Naturales y Asistidos.....</i>	<i>19</i>
2. <i>Proceso de Aspiración Folicular en Bovinos.....</i>	<i>21</i>
3. <i>Origen y Evolución de la Técnica de Aspiración Folicular</i>	<i>22</i>
3.1. <i>Ventajas de la Técnica de Aspiración Folicular</i>	<i>22</i>
3.2. <i>Desventajas de la Técnica de Aspiración Folicular.....</i>	<i>23</i>
4. <i>Descripción de la Raza Brahman: Brahman Gris y Brahman Rojo.....</i>	<i>24</i>
4.1. <i>Características Físicas y Adaptativas de la Raza Brahman</i>	<i>24</i>
4.2. <i>Diferencias Entre Brahman Gris y Brahman Rojo</i>	<i>25</i>
4.2.1. <i>Brahman Gris</i>	<i>25</i>
4.2.2. <i>Brahman Rojo</i>	<i>25</i>
4.3. <i>Adaptabilidad a Climas Tropicales.....</i>	<i>25</i>
4.4. <i>Comportamiento Reproductivo del Brahman en Climas Tropicales.....</i>	<i>26</i>
4.5. <i>Importancia del Brahman en la Industria Ganadera y su Papel en Programas de Reproducción Asistida.....</i>	<i>27</i>
4.6. <i>Consideraciones para el Manejo del Brahman en Programas de Reproducción Asistida.....</i>	<i>27</i>
5. <i>Factores Intrínsecos de la Donante: Raza, Edad y Estado Fisiológico.....</i>	<i>28</i>

5.1.	Raza	28
5.2.	Edad	28
5.3.	Condición Corporal y Ciclo Reproductivo.....	29
6.	<i>Influencia de las Condiciones Ambientales y Clima Estacional</i>	29
6.1.	Época de Lluvias	29
6.2.	Época de Sequía	29
7.	<i>Estrategias de Manejo Nutricional para Optimizar la Viabilidad Ovocitaria en Épocas de Sequía</i>	30
8.	<i>Efecto de la Calidad del Agua en la Respuesta Reproductiva en Épocas de Sequía</i>	30
9.	<i>Comparación de la Eficiencia de la Aspiración Folicular entre Diferentes Razas de Bovinos</i>	31
10.	<i>Impacto del Estrés Calórico en la Viabilidad Ovocitaria en Épocas de Sequía</i>	31
11.	<i>Parámetros Reproductivos Clave en la Técnica de OPU</i>	31
	Parámetros productivos clave.....	32
12.	<i>Comparación con Métodos Tradicionales de Reproducción</i>	32
13.	<i>Tecnologías Complementarias y su Impacto en la Eficiencia de la OPU</i>	33
13.1.	Medios de Cultivo Mejorados.....	33
13.2.	Criopreservación	33
14.	<i>Uso de Biotecnologías Emergentes para Aumentar la Tasa de Viabilidad Ovocitaria</i> ...	33
15.	<i>Comparación de la Respuesta Reproductiva en Diferentes Prácticas de Manejo</i>	34
16.	<i>Evaluación de los Costos de Implementación de la OPU en Diferentes Condiciones Ambientales</i>	35
17.	<i>Rol del Bienestar Animal en la Calidad y Viabilidad de Ovocitos</i>	35
18.	<i>Dinámica de Recolección de Ovocitos en Ciclos Repetitivos y su Impacto en la Salud de las Donantes</i>	35
METODOLOGÍA		36
1.	<i>Caracterización De La Población Bovina</i>	37
1.1.	Especie y Raza	37
1.1.1.	Datos Demográficos y Genéticos.....	39
1.1.2.	Características Productivas.....	39
1.1.3.	Estado de Salud Reproductiva	39
1.2.	Caracterización Agroclimatológica	40
1.2.1.	Ubicación Geográfica	40
1.2.2.	Clima	40
1.2.3.	Recursos Hídricos	41
1.2.4.	Suelos y Vegetación.....	42
1.3.	Selección de la Población	42
1.3.1.	Criterios de Inclusión.....	43
1.3.2.	Tamaño de la Muestra	43
1.4.	Recolección de Datos	44
1.5.	Análisis de Datos	45

1.5.1.	Análisis Estadístico.....	45
1.5.2.	Prueba de Kruskal-Wallis:.....	46
1.5.3.	Hipótesis del Kruskal-Wallis:.....	46
1.6.	Establecimiento de Parámetros Metodológicos y Logísticos	48
	Parámetros Metodológicos.....	49
	Definición del Protocolo	50
1.7.	Parámetros Logísticos	52
2.	<i>Implementación de la Técnica de Aspiración Folicular</i>	54
2.1.	Implementación de Protocolo.....	54
2.2.	Registro de Datos:.....	54
2.3.	Evaluación y Análisis de Datos	55
2.4.	Análisis de los Datos Reproductivos.....	57
3.	<i>Análisis Estadístico</i>	58
RESULTADOS	.....	61
DISCUSIÓN	.....	67
CONCLUSIONES	.....	70
BIBLIOGRAFÍA	.....	71
ANEXOS	.....	80



LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS SÍMBOLOS Y UNIDADES

OPU	Ovum Pick-Up (Aspiración Folicular)
IVC	Índice de Viabilidad de Ovocitos.
FIV	Fertilización In Vitro.
TE	Transferencia de Embriones
pH	Potencial de Hidrógeno (medida de acidez o alcalinidad).
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario.
FEDEGAN	Federación Colombiana de Ganaderos.
%IVC	Porcentaje de Viabilidad de Ovocitos (proporción entre ovocitos viables y totales).
IQR	Rango Intercuartílico (medida estadística de dispersión).
CRISPR	Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas.
ICSI	Inyección Intracitoplasmática de Espermatozoides (técnica de microfertilización).



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

TRABAJO DE GRADO OPCIÓN PASANTÍA

7

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ganado Brahman Gris, Ganadería de Apiay	38
Ilustración 2. Ganado Brahman Rojo, Ganadería de Puerto López.....	38



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

TRABAJO DE GRADO OPCIÓN PASANTÍA

8

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía

LISTA DE GRAFICAS

- Gráfica 1. Gráfico de Box Plot distribución del IVC según época del año por finca y subraza ..63
Gráfica 2. Gráfico de Box Plot distribución del IVC según época del año por donadora.....65



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Registro de Datos de Donadoras y Viabilidad de Ovocitos.....	45
Tabla 2. Análisis de Kruskal-Wallis en relación Fincas-Épocas).....	61
Tabla 3. Análisis de Kruskal-Wallis en relación Subrazas-Época.....	62



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Rendimiento de las Donantes en Época de Inverno y Verano, Ganadería de Apiay, Meta.....	80
Anexo 2. Rendimiento de las Donantes en Época de Inverno y Verano, Ganadería de Puerto López, Meta	81

RESUMEN

La técnica de aspiración folicular (OPU) es una herramienta fundamental en la reproducción asistida para la mejora genética en ganado bovino. Este estudio evaluó los factores ambientales y de manejo que influyen en la cantidad y viabilidad de ovocitos obtenidos de hembras Brahman gris y rojo durante las épocas de lluvia y sequía, en fincas de Apiay y Puerto López, Meta

Con una muestra de 20 hembras donantes, el análisis estadístico no paramétrico no evidenció diferencias significativas en la cantidad ni en la viabilidad de los ovocitos entre las subrazas, ni entre las épocas de lluvia y sequía. Sin embargo, los resultados reflejan la influencia del manejo y las condiciones ambientales sobre parámetros específicos, como la estabilidad de la condición corporal de las donantes y la eficiencia general del proceso.

A pesar de la ausencia de significancia estadística, el estudio resalta la importancia de adaptar protocolos reproductivos y prácticas de manejo a las características específicas de cada finca y época del año. Esto permite optimizar el uso de la técnica OPU, especialmente en condiciones tropicales como las de la región del Meta, donde factores externos pueden afectar indirectamente los resultados reproductivos.

Estos hallazgos contribuyen al entendimiento de la dinámica entre clima, manejo y reproducción en sistemas ganaderos, ofreciendo lineamientos para el diseño de estrategias más sostenibles y adaptativas que beneficien tanto la eficiencia productiva como el bienestar animal.

ABSTRACT

The follicular aspiration technique (OPU) is a fundamental tool in assisted reproduction for genetic improvement in cattle. This study evaluated the environmental and management factors that influence the quantity and viability of oocytes obtained from gray and red Brahman females during the rainy and dry seasons on farms in Apiay and Puerto Lopez, Meta.

With a sample of 20 donor females, the non-parametric statistical analysis did not show significant differences in the quantity and viability of oocytes between sub-breeds, nor between rainy and dry seasons. However, the results reflect the influence of management and environmental conditions on specific parameters, such as the stability of donor body condition and the overall efficiency of the process.

Despite the absence of statistical significance, the study highlights the importance of adapting reproductive protocols and management practices to the specific characteristics of each farm and time of year. This allows optimizing the use of the OPU technique, especially in tropical conditions such as those of the Meta region, where external factors can indirectly affect reproductive results.

These findings contribute to the understanding of the dynamics between climate, management and reproduction in livestock systems, offering guidelines for the design of more sustainable and adaptive strategies that benefit both productive efficiency and animal welfare.

INTRODUCCIÓN

Según el (ICA, 2024), la población bovina en el país está distribuida en 638.941 predios y totaliza 29.194.104, lo cual representa una reducción del 1,5%, respecto a 2023, el ganado bovino se concentra principalmente en los departamentos de Antioquia (11%), Meta (8%), Casanare (8%), Córdoba (8%), Caquetá (7%), Bolívar (6%), Cesar (6%), Magdalena (5%), Santander (5%) y Cundinamarca (5%) los cuales representan el 75% del total de la población.

La reproducción como elemento fundamental en el Sistema de Producción Animal, juega un papel decisivo para alcanzar los mejores y más altos parámetros productivos y reproductivos, En Colombia, los índices de producción y reproducción son realmente bajos, pues según (FEDEGAN, 2024), la producción promedio de leche oscila entre 10 y 15 litros diarios, la eficiencia de conversión de alimento varía entre 1.5 y 2.5 kg de alimento por kg de leche, con variaciones según la región y el sistema de producción; el peso promedio al destete varía entre 150 y 200 kg, la ganancia de peso diaria varía entre 400 y 800 gramos por día y presenta un rendimiento de canal promedio para ganado bovino del 50% al 55%. Respecto a los parámetros reproductivos: la tasa de natalidad en el sector bovino se encuentra alrededor del 60%, el intervalo entre partos oscila entre los 420 días, la tasa de preñez varía entre el 70% y el 80% y una tasa de concepción que se encuentra entre el 50-60%.

Métodos tradicionales como la monta natural y la inseminación artificial (IA) presentan limitaciones significativas en términos de control genético y éxito reproductivo. En este contexto, la técnica de aspiración folicular, también conocida como Ovum PickUp (OPU), ha emergido como una alternativa prometedora (Vásquez-Loaiza & Molina-Coto, 2021). Este procedimiento permite la recolección de ovocitos directamente de los folículos ováricos mediante ultrasonido transvaginal, seguida de la fertilización in vitro y la transferencia de embriones a hembras receptoras, ya sea en fresco o congelados.

Según (Alvarez, Urbán, Estrada, Villaseñor, & Velasquez, 2023), la aspiración folicular ofrece ventajas significativas, incluyendo la capacidad de recolectar múltiples ovocitos en un solo procedimiento, acelerando así la mejora genética. Además, facilita la criopreservación de embriones, optimizando la planificación y manejo de programas de reproducción. No obstante, su implementación enfrenta desafíos, como la variabilidad en la recuperación y calidad de los ovocitos, y los costos asociados a la tecnología y capacitación especializada.

Desde una perspectiva ética, es fundamental considerar el bienestar animal durante la aplicación de la técnica de aspiración folicular. Es crucial implementar protocolos hormonales y técnicos cuidadosamente diseñados para minimizar el estrés y maximizar la seguridad de los animales. Estos protocolos pueden influir significativamente en el número de ovocitos recuperados, un aspecto central en el objetivo de este estudio, que busca analizar los factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en bovinos Brahman. Al analizar estos protocolos, se espera contribuir a mejorar la eficiencia de los programas de reproducción asistida en estas razas.

DEFINICIÓN O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La técnica de aspiración folicular se ha posicionado como una herramienta fundamental en la producción de embriones bovinos, permitiendo mejorar la eficiencia reproductiva y la genética de los hatos ganaderos. Sin embargo, la eficacia de esta técnica puede verse influenciada por diversos factores, entre ellos las condiciones ambientales. En el caso de los bovinos Brahman, una raza adaptada a climas tropicales, la variabilidad en las condiciones climáticas entre la época seca y la lluviosa podría impactar significativamente en la respuesta ovárica y, por ende, en el número de ovocitos recuperados mediante aspiración folicular.

La identificación de los factores que influyen en la eficiencia de esta técnica durante las diferentes épocas del año es de suma importancia para optimizar su aplicación en sistemas de producción bovina bajo condiciones tropicales. Comprender cómo factores como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de recursos influyen en la calidad y cantidad de los ovocitos recuperados permitirá desarrollar protocolos de aspiración folicular más eficientes y adaptados a las características particulares de cada periodo. Esto, a su vez, contribuirá a mejorar la productividad de los sistemas de producción bovina y a garantizar la sostenibilidad de la actividad ganadera.

¿Cuáles son los factores que influyen en la eficiencia de la técnica de aspiración folicular y en la variabilidad de la cantidad de ovocitos recuperados en bovinos Brahman gris y rojo durante las estaciones seca y lluviosa?

JUSTIFICACIÓN

La utilización de la técnica de aspiración folicular optimiza los parámetros reproductivos en la especie bovina es un objetivo fundamental para la industria ganadera, la cual enfrenta desafíos constantes relacionados con la eficiencia reproductiva y la mejora genética del ganado. Según (Ongaratto, 2013), la implementación de métodos avanzados, como la técnica de aspiración folicular, representa una oportunidad significativa para superar las limitaciones inherentes a los métodos tradicionales de reproducción, tales como la inseminación artificial y la monta natural. Las anteriores consideraciones determinan la necesidad de plantear la relevancia y el potencial impacto de investigar y optimizar la técnica de aspiración folicular en bovinos.

En primer lugar, la reproducción eficiente es esencial para la productividad y sostenibilidad de las explotaciones ganaderas. Los métodos tradicionales presentan varias limitaciones, incluyendo variabilidad en las tasas de éxito de fertilización y gestación, control limitado sobre la calidad genética de los embriones, y dependencia de factores externos como la salud y condición de los animales. La técnica de aspiración folicular ofrece una solución innovadora que permite un mayor control sobre el proceso reproductivo, al extraer ovocitos directamente de los folículos ováricos para su posterior fertilización in vitro. Este nivel de control puede resultar en una mejora significativa en la eficiencia reproductiva y en la calidad genética del ganado, beneficiando así a la industria en su conjunto (Rosete, y otros, 2021).

La aspiración folicular también permite la multiplicación de genética superior a un ritmo más acelerado. Según (Beltran , Gomez, & Marulanda , 2023), al recuperar múltiples ovocitos de hembras de alta calidad genética y fertilizarlos in vitro, se pueden producir más embriones de alto valor genético en un período de tiempo más corto. Esto es especialmente importante en programas de mejora genética, donde la selección de rasgos deseables puede llevar a una



progresión más rápida y efectiva de las características del rebaño. Además, la técnica permite la preservación de genética valiosa mediante la criopreservación de embriones, lo que asegura la disponibilidad de material genético de alta calidad para futuras generaciones.

Sin embargo, para maximizar los beneficios de la aspiración folicular, es crucial abordar varios desafíos técnicos y biológicos. La variabilidad en la cantidad y calidad de los ovocitos recuperados, junto con las tasas de fertilización y gestación, requiere una evaluación exhaustiva para identificar los factores que influyen en estos resultados. Investigaciones previas han demostrado que la eficacia de la aspiración folicular puede variar dependiendo de la raza, la edad y el estado fisiológico de las vacas, así como de las condiciones de manejo y el equipo utilizado. Por lo tanto, desarrollar protocolos específicos y estandarizados adaptados a las diferentes razas y condiciones de manejo es esencial para optimizar la técnica (Mogollón & Burla, 2013).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia de factores ambientales y de manejo en la cantidad y viabilidad de ovocitos recuperados mediante la técnica de aspiración folicular en hembras bovinas Brahman gris y rojo durante las épocas de lluvia y sequía en las regiones de Apiay y Puerto López.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la cantidad de ovocitos recuperados mediante la técnica de aspiración folicular en hembras Brahman gris y rojo durante las épocas de lluvia y sequía en las fincas de Apiay y Puerto López.
2. Determinar las tasas de viabilidad de los ovocitos recuperados en hembras Brahman gris y rojo, comparando los resultados obtenidos en las épocas de lluvia y sequía en las regiones de Apiay y Puerto López.
3. Identificar la influencia de las condiciones ambientales y de manejo específicas de las épocas de lluvia y sequía sobre la cantidad y viabilidad de los ovocitos recuperados en las hembras bovinas Brahman gris y rojo.

ESTADO DEL ARTE

1. Reproducción Bovina: Métodos Naturales y Asistidos

Según (Macuacé, 2021), la reproducción bovina es un componente esencial para la sostenibilidad y rentabilidad de la industria ganadera. Los avances en biotecnología reproductiva han permitido el desarrollo de técnicas que optimizan los parámetros reproductivos, entre ellas, la aspiración folicular.

La reproducción natural y asistida en bovinos comprende métodos tradicionales como la monta directa y la inseminación artificial (IA). La reproducción natural implica la monta entre el toro y la vaca, un método que, aunque tradicional, presenta limitaciones en el control genético y en la eficiencia reproductiva. Por otro lado, según (Bastidas & Hoyos, 2017), la IA permite la inseminación sin necesidad de monta, facilitando el control genético y la sincronización de la ovulación. Sin embargo, su éxito depende de múltiples factores, incluyendo la calidad del semen y el momento de la inseminación.

En las últimas décadas, las técnicas avanzadas de reproducción han ganado relevancia. La transferencia de embriones (TE) involucra la fertilización in vivo o in vitro y la posterior transferencia de embriones a hembras receptoras (Mata & Vazquez, 2018). Este método mejora la diseminación de genética superior, pero requiere una sincronización precisa y un manejo especializado. Dentro de estas técnicas avanzadas, la aspiración folicular ha emergido como una solución innovadora con un alto potencial de optimización de la reproducción bovina.

Según (Nava & Hernandez, S.f), la aspiración folicular, también conocida como OPU (Ovum PickUp), es una técnica de recolección de ovocitos mediante la aspiración de folículos en los ovarios de vacas donantes. Utiliza un equipo de ultrasonido transvaginal acoplado a una aguja de aspiración. Los ovocitos recuperados son fertilizados in vitro y los embriones resultantes se transfieren a hembras receptoras. Esta técnica permite una recolección eficiente



de ovocitos y un control preciso sobre la fertilización, mejorando significativamente las tasas de éxito en comparación con los métodos tradicionales.

Uno de los principales beneficios de la aspiración folicular es la mejora genética. La técnica permite la recolección de múltiples ovocitos de vacas de alta calidad genética en un solo procedimiento, acelerando la mejora genética del rebaño. Además, facilita la obtención y criopreservación de embriones de alta calidad, asegurando la disponibilidad de material genético valioso para futuras generaciones. Esta capacidad de multiplicar genética superior en un corto período de tiempo representa una ventaja competitiva importante para los ganaderos (Cabrera & Fernandez, 2006).

Para optimizar los parámetros reproductivos, es crucial abordar la calidad y cantidad de ovocitos. Factores como la raza, la edad y el estado fisiológico de la vaca, así como las condiciones de manejo, influyen en la calidad de los ovocitos. Según (Rodriguez, 2013), desarrollar protocolos específicos que maximicen la recuperación y calidad de los ovocitos, considerando la variabilidad entre diferentes grupos de animales, es esencial. Además, es necesario evaluar cómo la aspiración folicular impacta las tasas de fertilización y gestación en comparación con la IA y TE tradicionales, y ajustar las condiciones de cultivo in vitro y las técnicas de sincronización hormonal para mejorar los resultados reproductivos.

Sin embargo, la implementación efectiva de la aspiración folicular enfrenta desafíos técnicos y biológicos; ya que la técnica puede inducir estrés en los animales, lo que requiere manejos cuidadosos y técnicas menos invasivas. Además, los costos asociados a la tecnología y la necesidad de personal capacitado pueden ser barreras para su adopción. Una evaluación exhaustiva que incluya análisis de costo-beneficio, impacto en el bienestar animal y viabilidad comercial es crucial para la adopción generalizada de esta técnica (Aldana & Pinilla, 2021).

La optimización de la técnica de aspiración folicular tiene el potencial de transformar la práctica ganadera moderna. Según (Marizancen & Artunduaga, 2017), al proporcionar un control preciso y eficiente del proceso reproductivo, esta técnica puede mejorar significativamente la productividad y calidad genética del ganado. A pesar de los costos iniciales, los beneficios a largo plazo en términos de mejora genética y productividad pueden justificar la inversión. Además, al acelerar la mejora genética, se reduce el tiempo necesario para obtener generaciones con características deseables, contribuyendo a una ganadería más eficiente y sostenible.

2. Proceso de Aspiración Folicular en Bovinos

Según (Minitube, S.f), la técnica de aspiración folicular en bovinos, también conocida como Ovum pickup (OPU), es un procedimiento de reproducción asistida que permite recuperar ovocitos directamente de los folículos ováricos de manera menos invasiva y más eficiente que los métodos tradicionales. El proceso comienza con la selección de vacas donantes con buenos antecedentes genéticos y de salud reproductiva, seguidas de tratamientos hormonales para estimular el desarrollo de múltiples folículos. A continuación, se sincroniza el ciclo estral de las vacas para asegurar que los folículos estén en una fase adecuada para la aspiración. Según (Barron, Aviles, Fraga, & Bautista, 2023), los ovocitos viables se clasifican y preparan para su uso en fertilización in vitro (FIV). Posteriormente, las vacas donantes son monitoreadas para asegurar su recuperación y bienestar. Los ovocitos recuperados se fertilizan in vitro con semen de toros seleccionados y los embriones resultantes se cultivan en condiciones controladas hasta alcanzar un desarrollo adecuado para la transferencia. Los embriones de alta calidad se transfieren a vacas receptoras sincronizadas o se congelan para su uso futuro. Durante todo el proceso, se mantiene la esterilidad para evitar infecciones y maximizar la viabilidad de los ovocitos. Esta técnica no solo mejora la eficiencia reproductiva y la genética en

la ganadería bovina, sino que también asegura el mínimo estrés y dolor para las vacas, contribuyendo al bienestar animal.

3. Origen y Evolución de la Técnica de Aspiración Folicular

La técnica de aspiración folicular, conocida como Ovum Pick-Up (OPU), surgió como una alternativa innovadora ante los métodos de reproducción tradicionales que requerían intervenciones quirúrgicas y presentaban altos riesgos (Álvarez, Urbán, Estrada, Villaseñor, & Velázquez, 2023). Inicialmente, los métodos de extracción de ovocitos en bovinos implicaban laparotomía y otros procedimientos invasivos que ponían en riesgo la salud y el bienestar de los animales. Sin embargo, el desarrollo de la tecnología de ultrasonido transvaginal permitió que el procedimiento se volviera mínimamente invasivo. Actualmente, los sistemas de ultrasonido de alta resolución, junto con el desarrollo de técnicas de aspiración controlada, han mejorado notablemente la precisión, permitiendo una visualización detallada de los folículos y optimizando la cantidad y viabilidad de los ovocitos recuperados. La evolución de la OPU ha permitido su integración en programas de mejoramiento genético, conservación de líneas de alto valor genético y maximización de la producción de embriones en razas específicas. A lo largo de las últimas décadas, la técnica ha sido refinada y optimizada, ganando aceptación como un método confiable y eficaz en la biotecnología reproductiva bovina.

3.1. *Ventajas de la Técnica de Aspiración Folicular*

Según (Georgiou, Melo, Cheong, & Granne, 2022), a continuación, se presentan algunas de las ventajas de la utilización de la técnica de aspiración folicular:

- **Eficiencia Reproductiva:** Permite la recuperación de un gran número de ovocitos viables en cada procedimiento, aumentando las oportunidades de éxito en la fertilización in vitro.



- **Flexibilidad en la Programación:** La OPU puede realizarse en intervalos más frecuentes en comparación con los métodos tradicionales de superovulación, permitiendo una mayor flexibilidad en la programación de los ciclos reproductivos.
- **Mejora Genética:** Facilita la selección de material genético de alta calidad, permitiendo una rápida mejora genética del rebaño.
- **Menor Impacto en la Salud de la Vaca:** La técnica es menos invasiva que otros métodos y puede repetirse sin afectar significativamente la salud y productividad de las vacas donantes.

3.2. Desventajas de la Técnica de Aspiración Folicular

Según (Puerta, 2006), a continuación, se presentan algunas de las desventajas de la utilización de la técnica de aspiración folicular:

- Los equipos y la infraestructura necesarios para realizar la OPU son costosos, lo que puede limitar su accesibilidad para pequeños y medianos ganaderos.
- Requiere Personal Capacitado: La técnica demanda un alto nivel de habilidad y formación del personal que realiza los procedimientos, lo que puede representar un desafío en términos de capacitación y disponibilidad de profesionales cualificados.
- Riesgo de Estrés y Complicaciones: Aunque la técnica es menos invasiva, aún existe un riesgo de estrés para los animales y posibles complicaciones como infecciones o lesiones en los órganos reproductivos.
- Consideraciones Éticas: La manipulación intensiva de los animales plantea preocupaciones éticas relacionadas con el bienestar animal, que deben ser cuidadosamente gestionadas.
- Disminución de Variabilidad Genética: El uso intensivo de la técnica puede llevar a una dependencia excesiva de un número limitado de donantes con características deseadas, reduciendo la diversidad genética en las poblaciones bovinas y aumentando el riesgo de problemas asociados



con la endogamia.

4. Descripción de la Raza Brahman: Brahman Gris y Brahman Rojo

La raza Brahman es una de las razas de ganado bovino más reconocidas en el mundo, especialmente en áreas tropicales y subtropicales debido a su adaptabilidad a climas cálidos y húmedos. Originaria de los Estados Unidos a partir de cruces de ganado cebú (*Bos indicus*), la raza Brahman ha ganado popularidad en regiones como América Latina, el sudeste asiático y África, donde las condiciones climáticas pueden ser adversas para razas europeas (*Bos taurus*). Dentro de esta raza, existen dos variedades principales diferenciadas por su color: el Brahman Gris y el Brahman Rojo. Ambas subrazas presentan características físicas y fisiológicas similares, pero con algunas diferencias que pueden influir en su manejo y productividad en programas de reproducción asistida (ASOCEBU, 2022).

4.1. Características Físicas y Adaptativas de la Raza Brahman

La raza Brahman es reconocida por su gran resistencia al calor, humedad y parásitos, lo cual la hace ideal para climas tropicales y subtropicales. Este ganado presenta una piel gruesa y suelta, con glándulas sudoríparas activas que facilitan la termorregulación, permitiéndoles soportar temperaturas elevadas sin reducir significativamente su rendimiento productivo. Además, su pelaje corto y denso, junto con una mayor cantidad de melanina en la piel, proporciona protección contra los rayos UV y ayuda a prevenir enfermedades dérmicas relacionadas con la exposición solar (Gómez et al., 2024).

El Brahman posee una característica "joroba" en la zona de la cruz (también llamada giba), típica del ganado cebú. Esta joroba es una reserva de grasa que se cree contribuye a su resistencia a condiciones adversas al funcionar como reserva energética en tiempos de escasez. La morfología del Brahman incluye también orejas largas y caídas, lo cual favorece la disipación del calor (ASOCEBU, 2022).

4.2. Diferencias Entre Brahman Gris y Brahman Rojo

4.2.1. Brahman Gris

El Brahman Gris es la variedad más común de la raza. Su coloración varía entre el gris claro y el oscuro, con algunos ejemplares que presentan tonalidades más oscuras en la cabeza, cuello y extremidades. Esta variedad es particularmente apreciada en sistemas de producción de carne, ya que presenta una buena conversión alimenticia y una capacidad de adaptación sobresaliente a condiciones climáticas extremas (ASOCEBU, 2022). Los estudios indican que el Brahman Gris tiende a tener una estructura ósea más robusta, lo que contribuye a su capacidad de soportar largas caminatas en busca de alimento y agua, una característica valiosa en regiones de pastoreo extensivo.

4.2.2. Brahman Rojo

El Brahman Rojo, aunque menos común que el gris, es muy valorado en ciertos mercados debido a su color distintivo, que va desde el rojo claro hasta el caoba oscuro. Esta variedad es particularmente resistente a las infestaciones parasitarias y enfermedades transmitidas por vectores debido a su pelaje oscuro, que ayuda a reducir la proliferación de ectoparásitos en climas húmedos (ASOCEBU, 2022). El Brahman Rojo también es conocido por su temperamento más dócil en comparación con el gris, lo que facilita su manejo en sistemas de producción intensiva y extensiva.

4.3. Adaptabilidad a Climas Tropicales

Según (Haynes, 2012), ambas variedades de Brahman son conocidas por su excepcional adaptabilidad a climas tropicales, donde las temperaturas y la humedad son altas, y las estaciones secas son intensas. Su resistencia al calor y la capacidad para mantener la condición corporal en épocas de restricción alimenticia son características claves en la rentabilidad de los sistemas de producción en áreas de clima cálido.

El sistema inmunológico del Brahman es fuerte y está mejor preparado para enfrentar infecciones bacterianas y virales, además de resistir parásitos externos como garrapatas. La piel gruesa y densa proporciona una barrera adicional frente a infecciones e infestaciones que afectan con mayor facilidad a razas no adaptadas a estos climas.

4.4. Comportamiento Reproductivo del Brahman en Climas Tropicales

La raza Brahman ha demostrado ser eficiente en reproducción bajo condiciones de estrés térmico y nutricional, aunque presenta algunas particularidades reproductivas que pueden afectar su rendimiento en comparación con razas europeas. El Brahman suele alcanzar la pubertad a una edad más tardía y, en condiciones adversas, su ciclo reproductivo puede ser menos regular. Sin embargo, con el manejo adecuado y la implementación de técnicas de reproducción asistida como la aspiración folicular y la fertilización in vitro, es posible optimizar la eficiencia reproductiva de esta raza en entornos tropicales (ASOCEBU, 2022).

En el contexto de la aspiración folicular (OPU), el Brahman Gris y el Brahman Rojo presentan características que pueden influir en la cantidad y viabilidad de los ovocitos recuperados. La resistencia natural del Brahman al estrés ambiental reduce el impacto de las fluctuaciones climáticas en la calidad de los ovocitos, permitiendo una recuperación de ovocitos de alta viabilidad incluso en condiciones de calor extremo o restricción alimentaria. No obstante, el Brahman también presenta una mayor variabilidad en la respuesta a tratamientos hormonales debido a su fisiología particular, lo cual requiere ajustes específicos en los protocolos de sincronización y estimulación folicular (Villamil, 2019).



4.5. Importancia del Brahman en la Industria Ganadera y su Papel en Programas de Reproducción Asistida

El Brahman es una raza de gran importancia en la industria ganadera debido a su capacidad para adaptarse y prosperar en condiciones que serían desafiantes para otras razas. Su valor económico en países de clima tropical y subtropical es significativo, ya que su adaptabilidad contribuye a una reducción de costos en manejo de salud animal, y su capacidad para sobrevivir en sistemas de pastoreo extensivo disminuye la dependencia de suplementación costosa en épocas críticas (Cruz et al., 2024).

En los programas de reproducción asistida, el Brahman se ha posicionado como una raza clave en la mejora genética de rebaños tropicales, ya que su genética adaptativa permite cruces con otras razas para obtener descendencia con mejor resistencia y productividad en ambientes adversos. La aspiración folicular en Brahman Gris y Rojo facilita la obtención de ovocitos de alta calidad, lo cual es vital para los programas de fertilización in vitro en sistemas de ganadería tropical. Además, la criopreservación de embriones provenientes de estas subrazas permite su uso en programas de mejora genética a nivel global, promoviendo la transferencia de genética adaptada a ambientes extremos (Gómez et al., 2010).

4.6. Consideraciones para el Manejo del Brahman en Programas de Reproducción Asistida

Debido a las particularidades fisiológicas del Brahman, el manejo de esta raza en programas de reproducción asistida requiere un enfoque especializado. Las características hormonales de la raza pueden afectar su respuesta a la sincronización y la estimulación ovárica, y su resistencia al estrés hace que la recuperación de ovocitos en condiciones de campo sea relativamente efectiva (Cruz et al., 2024). Sin embargo, se requiere personal

capacitado para manejar adecuadamente las diferencias individuales en la respuesta reproductiva entre Brahman Gris y Rojo.

5. Factores Intrínsecos de la Donante: Raza, Edad y Estado Fisiológico

Los factores intrínsecos de la vaca donante, como su raza, edad y estado fisiológico, son determinantes en el éxito de la OPU y la calidad de los ovocitos recuperados:

5.1. Raza

Según (Verdoljak et al., 2018), las razas bovinas presentan diferencias significativas en su fisiología reproductiva, y esto puede influir en la respuesta a la OPU. Por ejemplo, razas adaptadas a climas tropicales pueden presentar mayor resistencia a factores ambientales adversos y una estructura ovárica adaptada, lo cual puede permitir una mejor recuperación de ovocitos viables en comparación con razas de climas templados. Las razas cebuinas, como el Brahman, pueden presentar folículos más resistentes a variaciones climáticas y de manejo, mientras que razas europeas pueden responder de forma diferente a los mismos estímulos hormonales (Sara, 2019).

5.2. Edad

La edad de la vaca influye directamente en la calidad y cantidad de ovocitos. Según (Hernández, 2016), las vacas jóvenes presentan una mayor actividad folicular, proporcionando ovocitos de mayor calidad y viabilidad. A medida que el animal envejece, la calidad de los ovocitos disminuye, y el tejido ovárico puede presentar cambios estructurales que afectan la respuesta reproductiva y la cantidad de folículos disponibles. La selección de donantes jóvenes es una estrategia común en los programas de FIV para maximizar la cantidad y calidad de los ovocitos obtenidos.

5.3. Condición Corporal y Ciclo Reproductivo

Según (López, 2006), La condición corporal y la fase del ciclo estral son determinantes en la eficiencia de la OPU. Las vacas en buen estado corporal y en una fase reproductiva favorable tienden a responder mejor a los tratamientos hormonales y tienen una mayor probabilidad de producir ovocitos de alta calidad. El ciclo estral influye en el desarrollo y maduración de los folículos, por lo que la sincronización precisa es esencial para maximizar la recuperación de ovocitos viables.

6. Influencia de las Condiciones Ambientales y Clima Estacional

Las condiciones climáticas y la variabilidad estacional tienen un impacto directo en la reproducción bovina, especialmente en regiones con estaciones de lluvias y sequías bien definidas.

6.1. Época de Lluvias

Durante la temporada de lluvias, la disponibilidad de recursos como pasto y agua de calidad es abundante, lo cual mejora la condición corporal de los bovinos y optimiza el funcionamiento de su sistema reproductivo. La buena nutrición y la hidratación adecuada favorecen la actividad folicular y permiten una mayor cantidad de ovocitos viables. Además, durante esta época, los animales pueden mantener un balance energético positivo, lo que contribuye a la estabilidad hormonal y a la maduración óptima de los ovocitos (Arias et al., 2008).

6.2. Época de Sequía

En períodos de sequía, la limitación de alimento y agua puede llevar a una disminución de la condición corporal, estrés nutricional y metabólico. Estos factores afectan la viabilidad ovocitaria, ya que los animales en estado de desnutrición presentan un balance energético negativo que puede comprometer la producción de hormonas necesarias para el desarrollo

folicular. Las condiciones secas también incrementan la susceptibilidad al estrés calórico y reducen la eficiencia reproductiva. Adaptar los protocolos de manejo reproductivo a las condiciones estacionales es esencial para maximizar los resultados de la OPU (Arias et al., 2008).

7. Estrategias de Manejo Nutricional para Optimizar la Viabilidad Ovocitaria en Épocas de Sequía

Según (Granja et al., 2012), la nutrición es un factor determinante en la reproducción asistida, y su manejo adecuado es fundamental en épocas de escasez de recursos. Durante la sequía, las vacas enfrentan restricciones alimentarias que pueden comprometer la producción de ovocitos viables. La suplementación nutricional es esencial para mantener el estado corporal y la capacidad reproductiva de las vacas donantes. En estas épocas, se recomienda la inclusión de suplementos proteicos, energéticos y vitamínicos específicos para mantener la condición corporal en niveles óptimos. La proteína es esencial para el desarrollo folicular, mientras que la energía es necesaria para evitar el balance energético negativo, que puede afectar el sistema reproductivo. Los estudios indican que las prácticas de manejo nutricional adaptadas a las condiciones de sequía mejoran la calidad y viabilidad de los ovocitos recuperados.

8. Efecto de la Calidad del Agua en la Respuesta Reproductiva en Épocas de Sequía

El acceso a agua de calidad es crítico para la salud y reproducción bovina. Durante la sequía, el acceso a agua limpia puede ser limitado, y los bovinos pueden experimentar estrés hídrico, lo que impacta el balance hormonal y reduce la capacidad reproductiva. La falta de agua adecuada afecta el ambiente folicular y la maduración de los ovocitos, disminuyendo su viabilidad. El agua también influye en la termorregulación, lo cual es crucial en épocas de calor. Mantener una hidratación adecuada asegura un ambiente folicular óptimo, favoreciendo la

maduración y viabilidad de los ovocitos y aumentando la eficiencia de los programas de OPU en condiciones de sequía.

9. Comparación de la Eficiencia de la Aspiración Folicular entre Diferentes Razas de Bovinos

Según (Narváez, 2020), la OPU puede mostrar una variabilidad considerable entre diferentes razas bovinas debido a las diferencias en fisiología reproductiva y adaptabilidad. Por ejemplo, las razas adaptadas a climas tropicales, como las razas cebuinas, presentan características específicas que pueden hacerlas más eficientes en la OPU bajo condiciones de estrés calórico. La comparación de razas permite identificar aquellas que responden mejor a los protocolos de OPU en diferentes entornos, optimizando así la selección de animales para programas de FIV en condiciones climáticas adversas. Este conocimiento permite también ajustar los protocolos para maximizar la producción y calidad de los ovocitos según la raza.

10. Impacto del Estrés Calórico en la Viabilidad Ovocitaria en Épocas de Sequía

Según (Castaño et al., 2015), el estrés calórico afecta negativamente la reproducción bovina, especialmente en regiones de climas cálidos donde las altas temperaturas y la radiación solar directa pueden provocar estrés térmico en los animales. Este estrés afecta la actividad metabólica y el equilibrio hormonal, reduciendo la calidad y viabilidad de los ovocitos. La exposición a altas temperaturas provoca una redistribución de la energía para la termorregulación en lugar de para la función reproductiva, lo cual altera la producción de hormonas esenciales y disminuye la eficiencia de la OPU.

11. Parámetros Reproductivos Clave en la Técnica de OPU

Los parámetros reproductivos clave en la OPU son la cantidad de ovocitos recuperados y su viabilidad. La cantidad de ovocitos refleja la eficiencia de la técnica, mientras que la viabilidad es crítica para el éxito de la FIV, ya que solo los ovocitos de alta calidad tienen el

potencial de desarrollo embrionario (Held, 2021). Estos parámetros son influenciados por factores como la edad de la donante, el manejo hormonal y las condiciones ambientales. El monitoreo de estos indicadores permite optimizar los protocolos de OPU, ajustando las prácticas de manejo y selección de donantes para maximizar la eficiencia de los programas de reproducción asistida (González, 2013).

Parámetros productivos clave

La caracterización de parámetros reproductivos específicos es fundamental para evaluar la efectividad de la técnica de aspiración folicular. Entre estos parámetros se incluyen la cantidad y calidad de los ovocitos recuperados, las tasas de fertilización y el desarrollo embrionario (Ledur, 2013). Factores como la edad, raza y estado reproductivo de las vacas donantes influyen significativamente en estos parámetros. Investigaciones han mostrado que vacas más jóvenes tienden a producir ovocitos de mayor calidad, mientras que la respuesta superovulatorio puede variar entre diferentes razas. Además, el estado reproductivo, como la fase del ciclo estral y la salud reproductiva general, también impacta en la calidad y viabilidad de los ovocitos recuperados (Oyuela & Jimenez, 2010).

12. Comparación con Métodos Tradicionales de Reproducción

Según (Fernández et al., 2021), la OPU presenta importantes ventajas frente a métodos tradicionales como la inseminación artificial y la superovulación. A diferencia de la superovulación, la OPU permite la recuperación de ovocitos en ciclos repetidos sin comprometer la salud del animal, y es eficaz en vacas que no responden a la superovulación. La OPU permite programar ciclos de recolección flexibles, lo cual es beneficioso para los programas de FIV de alto rendimiento. Además, la técnica permite la recolección de ovocitos en diferentes fases del ciclo reproductivo, incrementando las oportunidades de reproducción asistida sin necesidad de intervención quirúrgica.

13. Tecnologías Complementarias y su Impacto en la Eficiencia de la OPU

Según (Barron, Aviles, Fraga, & Bautista, 2023), en los últimos años, se han desarrollado tecnologías complementarias que han potenciado los resultados de la aspiración folicular. La criopreservación de ovocitos y embriones ha permitido la conservación y transporte de material genético de alta calidad, facilitando la distribución de genética superior a nivel global. Asimismo, la mejora en los medios de cultivo y las técnicas de micro manipulación embrionaria, como la inyección intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI), han incrementado las tasas de desarrollo embrionario y gestación. Investigaciones recientes han explorado la integración de la aspiración folicular con la edición genética mediante tecnologías CRISPR/Cas9, abriendo nuevas posibilidades para la mejora genética en la ganadería y la corrección de defectos genéticos (Salamone, y otros, 2013).

La OPU ha sido complementada con tecnologías avanzadas como:

13.1. Medios de Cultivo Mejorados

Los avances en los medios de cultivo han optimizado las condiciones en las que los ovocitos se procesan después de la recolección, incrementando las tasas de desarrollo embrionario y gestación (Salgado & Lopera, 2020).

13.2. Criopreservación

La criopreservación permite almacenar ovocitos y embriones para su uso futuro, mejorando la planificación de los programas de reproducción y facilitando la conservación genética. Esto es especialmente útil para distribuir genética de alta calidad a otras regiones (Cabrera & Fernández, 2006).

14. Uso de Biotecnologías Emergentes para Aumentar la Tasa de Viabilidad Ovocitaria

Según (Gómez, 2022), las biotecnologías emergentes han permitido seleccionar ovocitos de alta calidad antes de la FIV, mejorando la tasa de viabilidad y el éxito de los embriones. La

selección mediante marcadores de calidad ayuda a identificar ovocitos con mayor potencial de desarrollo. Además, la criopreservación avanzada permite almacenar ovocitos recolectados en épocas favorables y equilibrar su disponibilidad a lo largo del año, optimizando los recursos reproductivos en el sistema.

La implementación de la técnica de aspiración folicular ha tenido un impacto significativo en la industria ganadera. Permite a los ganaderos maximizar el potencial reproductivo de sus mejores vacas y toros, acelerando el mejoramiento genético y aumentando la productividad del rebaño. Además, la posibilidad de obtener múltiples ovocitos de una sola vaca en un ciclo reproductivo ha reducido los costos asociados con los programas de mejoramiento genético y ha aumentado la accesibilidad de estas tecnologías para pequeños y medianos ganaderos. La OPU ha facilitado la creación de bancos de ovocitos y embriones, permitiendo la preservación de líneas genéticas valiosas y la planificación de programas de reproducción a largo plazo (Marizancen & Artunduaga, 2017).

15. Comparación de la Respuesta Reproductiva en Diferentes Prácticas de Manejo

Las prácticas de manejo reproductivo varían entre fincas y regiones, influyendo en la respuesta de los bovinos a la OPU. Comparar estas prácticas permite identificar las más efectivas, optimizando la técnica de acuerdo con las necesidades específicas de cada sistema productivo. Estas comparaciones permiten también ajustar protocolos de manejo nutricional, hormonal y de bienestar para maximizar la eficiencia de la OPU en distintos entornos (Bustillo & Melo, 2020).

16. Evaluación de los Costos de Implementación de la OPU en Diferentes

Condiciones Ambientales

La implementación de la OPU requiere una inversión considerable en infraestructura, equipo especializado y capacitación del personal. Los costos operativos pueden variar según la época, especialmente en épocas de sequía, donde los costos de mantener la condición corporal de las vacas aumentan. Evaluar la rentabilidad de la técnica en diferentes estaciones permite optimizar la inversión y mejorar la sostenibilidad de los programas de reproducción asistida en entornos de alta variabilidad climática (Beltrán et al., 2023).

17. Rol del Bienestar Animal en la Calidad y Viabilidad de Ovocitos

Según (Marín & Uribe, 2010), el bienestar animal es fundamental en la OPU, ya que el estrés afecta la calidad de los ovocitos. La manipulación repetida puede inducir estrés, y es esencial que la técnica se realice con prácticas de manejo que minimicen el impacto en el bienestar. La reducción del estrés durante los procedimientos aumenta la eficiencia reproductiva y la viabilidad ovocitaria, garantizando una técnica sostenible a largo plazo y un manejo ético en la reproducción asistida.

18. Dinámica de Recolección de Ovocitos en Ciclos Repetitivos y su Impacto en la Salud de las Donantes

La OPU permite ciclos de recolección repetitivos en una misma vaca, lo que incrementa la disponibilidad de material genético. Sin embargo, los efectos acumulativos pueden impactar la salud reproductiva y general de la vaca. Evaluar la frecuencia y los efectos a largo plazo es clave para establecer límites seguros, optimizando la productividad de las donantes y manteniendo su bienestar y capacidad reproductiva a lo largo del tiempo (Guanga et al., 2020).

METODOLOGÍA

En el desarrollo de este estudio, se implementaron diversas etapas metodológicas que permitieron abordar los objetivos de investigación de manera rigurosa y estructurada. Para analizar los factores que influyen en la cantidad y viabilidad de ovocitos obtenidos mediante la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman Gris y Rojo, ubicados en Apiay y Puerto López, Meta, se comenzó con una Caracterización de la Población Bovina. En esta etapa, se utilizaron criterios específicos de inclusión como edad, raza y estado reproductivo, permitiendo una selección representativa de la muestra y una descripción detallada del historial reproductivo de cada vaca.

Asimismo, se definieron parámetros metodológicos y logísticos que incluyeron un protocolo detallado para la aspiración folicular, abarcando la preparación de las vacas donadoras, los equipos necesarios, y el manejo de los ovocitos recolectados. También se establecieron los recursos humanos, materiales e instalaciones, junto con las consideraciones éticas para la correcta ejecución del estudio.

La Implementación de la técnica de aspiración folicular se realizó siguiendo el protocolo establecido, asegurando un registro preciso de cada procedimiento, desde la identificación de las vacas hasta el número y características de los folículos y ovocitos recuperados. Finalmente, en la evaluación y análisis de datos, se enfocó exclusivamente en la cantidad y viabilidad de los ovocitos, lo que permitió identificar patrones y correlaciones relevantes sobre la efectividad de la técnica en condiciones tropicales.

1. Caracterización De La Población Bovina

La caracterización de la población bovina en este estudio implicó la recopilación y análisis detallado de datos demográficos, genéticos, productivos y reproductivos de un grupo específico de vacas Brahman Gris y Rojo seleccionadas en los municipios de Apiay y Puerto López, Meta. Este proceso se centró en la identificación de parámetros clave como edad, raza, origen, características genéticas, rendimiento productivo y estado de salud reproductiva, asegurando una comprensión integral de cada individuo en términos de su potencial para la técnica de aspiración folicular.

1.1. Especie y Raza

La población seleccionada pertenece a la especie *Bos indicus*, específicamente de la raza Brahman, una de las razas más valoradas en la ganadería tropical debido a su adaptabilidad, resistencia a enfermedades y capacidad para prosperar en pastoreo extensivo. Se trabajó con dos subrazas de esta especie: Brahman Gris en Apiay y Brahman Rojo en Puerto López, Meta, diferenciadas tanto por su color como por adaptaciones genéticas específicas que influyen en su resistencia a condiciones ambientales adversas y en su eficiencia reproductiva.

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía



Ilustración 1. Ganado Brahman Gris, Ganadería de Apiay



Ilustración 2. Ganado Brahman Rojo, Ganadería de Puerto López

1.1.1. Datos Demográficos y Genéticos

Se recopiló información detallada sobre la edad de cada vaca, estableciendo un rango de 4 a 7 años, una etapa de madurez reproductiva óptima para procedimientos de reproducción asistida. Adicionalmente, se registró la raza y subraza (Brahman Gris en Apiay y Brahman Rojo en Puerto López), cada una seleccionada con base en sus adaptaciones particulares a las condiciones del clima tropical y su rendimiento productivo. Las características genéticas se analizaron para confirmar la pureza racial y evaluar rasgos específicos que pudieran influir en la calidad y viabilidad de los ovocitos recolectados, lo cual es fundamental en la aspiración folicular.

1.1.2. Características Productivas

El análisis productivo incluyó la revisión del rendimiento en sistemas de pastoreo rotacional, donde ambas subrazas demostraron una capacidad destacada para mantener una condición corporal adecuada en condiciones de clima cálido y variabilidad de recursos, especialmente en épocas de sequía y abundancia. Estas características productivas fueron evaluadas para garantizar que las vacas estuvieran en condiciones óptimas que no comprometieran el proceso de aspiración ni la calidad de los ovocitos obtenidos. La adaptabilidad y eficiencia de estas subrazas en la conversión de forraje en energía aseguraron que las donantes pudieran mantener una condición fisiológica estable durante todo el estudio.

1.1.3. Estado de Salud Reproductiva

Se realizó una evaluación minuciosa del estado de salud reproductiva de cada vaca, incluyendo su historial reproductivo, el número de partos previos, los intervalos entre partos y cualquier problema reproductivo anterior. Este análisis fue fundamental para asegurar que las

donantes estuvieran en condiciones óptimas para la técnica de aspiración folicular y para garantizar la calidad de los ovocitos recolectados. Los criterios de inclusión en este aspecto fueron estrictos, seleccionando únicamente animales sin antecedentes de problemas reproductivos que pudieran comprometer la recuperación folicular o la calidad ovocitaria.

1.2. Caracterización Agroclimatológica

1.2.1. Ubicación Geográfica

La caracterización agroclimatológica se centra en dos municipios del departamento del Meta, situados en la región de la Orinoquía colombiana: Apiay, específicamente en la Vereda La Llanerita, y Puerto López. Ambos municipios forman parte de los Llanos Orientales, una región de llanura tropical ideal para la ganadería extensiva, donde predominan los pastizales naturales y la adaptabilidad a climas cálidos y húmedos. La Vereda La Llanerita en Apiay alberga una población de ganado Brahman Gris, mientras que en Puerto López se encuentra ganado Brahman Rojo.

1.2.2. Clima

La región presenta un clima tropical de sabana, caracterizado por una marcada variación estacional. Ambos municipios experimentan dos temporadas diferenciadas:

- **Temporada de Lluvias (abril a noviembre):** Durante esta temporada, tanto en Apiay como en Puerto López, se registra una alta precipitación anual que oscila entre 2,500 y 3,200 mm. La abundante lluvia en esta época promueve el crecimiento de pastizales, mejorando la disponibilidad y calidad del forraje natural para el ganado. La humedad relativa se mantiene elevada, entre el 70% y 85%, generando un ambiente húmedo que, aunque beneficioso para la disponibilidad de pasto, incrementa la proliferación de ectoparásitos, como las garrapatas. Esta época es favorable para el ganado Brahman



Gris en La Llanerita y el Brahman Rojo en Puerto López, ya que la abundancia de recursos permite mantener una condición corporal óptima, esencial para la reproducción y, específicamente, para la recuperación de ovocitos viables mediante la técnica de aspiración folicular.

- **Temporada Seca (diciembre a marzo):** La temporada seca en ambos municipios se caracteriza por una drástica disminución de las lluvias, lo que ocasiona una reducción en la disponibilidad de pasto y agua. Las temperaturas aumentan, alcanzando máximas de hasta 36°C, lo cual genera condiciones de estrés térmico. En este período, la falta de humedad afecta tanto la calidad del suelo como el crecimiento de los pastizales, por lo que se requiere suplementación alimentaria para mantener el estado nutricional del ganado. La escasez de recursos hídricos también se convierte en un desafío, y es necesario implementar sistemas de almacenamiento y distribución de agua para asegurar el acceso constante al recurso. Para ambas subrazas, Brahman Gris en La Llanerita y Brahman Rojo en Puerto López, estas condiciones climáticas representan un desafío, ya que el déficit nutricional y de agua puede afectar la viabilidad ovocitaria, haciendo que la planificación y manejo nutricional sean esenciales.

1.2.3. Recursos Hídricos

En ambas localidades, el agua es un recurso vital para la ganadería. Durante la temporada de lluvias, tanto en Apiay como en Puerto López, los cuerpos de agua, incluyendo afluentes de ríos locales, proporcionan una fuente constante de agua para el ganado. Sin embargo, en la temporada seca, el caudal de estos cuerpos de agua disminuye considerablemente, por lo cual se implementan sistemas de almacenamiento en estanques y pozos para garantizar el suministro de agua potable. La disponibilidad de agua de calidad es

especialmente importante para la salud reproductiva del ganado y para maximizar la eficiencia de la aspiración folicular, ya que una adecuada hidratación contribuye al equilibrio hormonal y la calidad de los ovocitos.

1.2.4. Suelos y Vegetación

Los suelos en Apiay (La Llanerita) y Puerto López son de origen aluvial, con un pH ligeramente ácido a neutro. Estos suelos son ricos en materia orgánica y minerales durante la temporada de lluvias, lo que permite el crecimiento de pastos como *Brachiaria* y *Panicum*, de alta calidad nutricional, que sirven como base alimenticia para el ganado Brahman Gris y Rojo. Durante la temporada seca, la composición del suelo se ve afectada por la falta de agua, limitando la disponibilidad de pasto fresco y afectando la calidad del forraje. En respuesta, tanto en La Llanerita como en Puerto López, se implementan prácticas de rotación de praderas y suplementación forrajera para sostener la condición corporal de las vacas donantes, especialmente durante el proceso de aspiración folicular.

1.3. Selección de la Población

La Selección de la Población en este estudio se realizó con base en criterios específicos de inclusión que aseguraron una representación adecuada y homogénea del grupo de vacas donantes. Se seleccionaron bovinos de raza Brahman, en sus subrazas Gris y Rojo, con un rango de edad de 4 a 7 años, etapa óptima de madurez reproductiva. Se tomó en cuenta el historial reproductivo de cada vaca, excluyendo aquellas con antecedentes de problemas reproductivos que pudieran afectar la calidad ovocitaria. La selección fue aleatoria dentro de estos criterios, lo que permitió garantizar la representatividad de la muestra y la validez de los resultados obtenidos.

1.3.1. Criterios de Inclusión:

Los criterios de inclusión para la selección de la población bovina en este estudio contemplaron tres aspectos clave: edad, raza y estado reproductivo. Se incluyeron únicamente vacas con un rango de edad entre 4 y 7 años, etapa considerada óptima para la madurez reproductiva y una adecuada respuesta a los tratamientos hormonales previos a la aspiración folicular. En cuanto a la raza, se trabajó exclusivamente con bovinos Brahman, diferenciados en dos subrazas según su ubicación: en Apiay, Meta, se seleccionaron vacas de la subraza Brahman Gris, reconocida por su adaptabilidad al clima cálido y su resistencia a parásitos; y en Puerto López, Meta, se eligieron vacas de la subraza Brahman Rojo, valorada por su resistencia a ectoparásitos y su temperamento dócil, facilitando el manejo en los procedimientos. Finalmente, se evaluó el estado reproductivo de cada vaca, seleccionando únicamente aquellas con un historial reproductivo favorable y sin antecedentes de problemas de fertilidad, partos complicados o enfermedades reproductivas, garantizando así que todas estuvieran en condiciones óptimas para la técnica de aspiración folicular. Estos criterios aseguraron una muestra homogénea y representativa, permitiendo obtener datos de alta calidad y resultados confiables en el contexto de reproducción asistida.

1.3.2. Tamaño de la Muestra:

El tamaño de la muestra se determinó con el objetivo de representar adecuadamente la variabilidad de la población objetivo en términos de características reproductivas y genéticas. Para este estudio, se seleccionaron un total de 20 vacas donantes de raza Brahman, distribuidas equitativamente en dos subgrupos: 10 vacas de la subraza Brahman Gris en Apiay, Meta, y 10 vacas de la subraza Brahman Rojo en Puerto López, Meta. Este tamaño de muestra fue establecido para asegurar una representación suficiente de cada subraza y facilitar el

análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de los ovocitos obtenidos mediante la técnica de aspiración folicular en condiciones tropicales.

1.4. Recolección de Datos

En el contexto de este proyecto, la recolección de datos consistió en la obtención sistemática de información relevante sobre la población de vacas donantes de raza Brahman Gris y Rojo en los municipios de Apiay y Puerto López, Meta, enfocándose en la cantidad y viabilidad de los ovocitos obtenidos mediante la técnica de aspiración folicular. Este proceso se estructuró siguiendo los principios descritos por (Espinoza, S.f), donde se establecieron fuentes de datos confiables y se diseñaron instrumentos específicos para medir y registrar los parámetros de interés. Aunque otros factores reproductivos también se consideraron relevantes para el análisis general, la precisión y la integridad de los datos recolectados sobre la cantidad y viabilidad de los ovocitos permitieron una base sólida para evaluar la efectividad de la técnica en condiciones tropicales.

En el marco de la investigación, los datos fueron recolectados y organizados en una tabla que registra información clave sobre el rendimiento de las vacas donantes durante las sesiones de aspiración folicular (OPU). Esta tabla incluye los siguientes parámetros:

1. **Donadora:** Identificación específica de cada vaca donante.
2. **Ovocitos:** Número total de ovocitos recolectados durante la aspiración folicular.
3. **Número de ovocitos viables (#IVC):** Cantidad de ovocitos considerados viables para procedimientos reproductivos posteriores.
4. **Porcentaje de ovocitos viables (%IVC):** Relación porcentual entre los ovocitos viables y el total recolectado.

Como se observa en la siguiente tabla, esta estructura facilita el análisis y comparación del rendimiento individual de cada donadora, contribuyendo a la evaluación de la técnica en condiciones específicas de la región.

DONADORA	OVOCITOS	# IVC	% IVC

Tabla 1. Registro de Datos de Donadoras y Viabilidad de Ovocitos

1.5. Análisis de Datos

El Análisis de Datos en este proyecto se enfocó en examinar y procesar la información recolectada sobre la cantidad y viabilidad de ovocitos obtenidos mediante la técnica de aspiración folicular en vacas Brahman Gris y Rojo, con el fin de extraer conclusiones significativas. Según (Peña, 2017), el análisis de datos consiste en aplicar métodos estadísticos y técnicas analíticas para identificar patrones, tendencias y relaciones dentro de los datos, permitiendo tomar decisiones informadas y generar conocimientos útiles para el estudio. En este contexto, se utilizó un enfoque estadístico para describir las principales características de los datos, seguido de pruebas que permitieron evaluar la significancia de las relaciones observadas. Este proceso facilitó la identificación de patrones relevantes y correlaciones entre los factores ambientales y reproductivos, proporcionando una comprensión profunda de la efectividad de la técnica de aspiración folicular en condiciones tropicales y permitiendo hacer comparaciones entre subrazas y condiciones climáticas en Apiay y Puerto López.

1.5.1. Análisis Estadístico:

Para analizar los datos recolectados sobre la cantidad y viabilidad de los ovocitos obtenidos mediante la técnica de aspiración folicular, se optó por realizar un análisis estadístico

no paramétrico debido a que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad requeridos para pruebas paramétricas.

Se utilizó el software InfoStat para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos. Este programa permitió realizar la prueba de Kruskal-Wallis y generar los gráficos de cajas (box Plot) para visualizar la distribución del Índice de Viabilidad de Ovocitos (IVC), asegurando un procesamiento eficiente y preciso de los datos bajo una metodología estadística no paramétrica.

El procedimiento incluyó las siguientes etapas:

1.5.2. Prueba de Kruskal-Wallis:

Esta prueba se empleó para comparar las medianas de las distribuciones de los datos en diferentes grupos. Se evaluaron dos factores principales:

- **Subraza:** Comparación entre los ovocitos obtenidos de vacas Brahman Gris y Brahman Rojo.
- **Época del año:** Comparación de los datos entre las temporadas de lluvia y sequía.

1.5.3. Hipótesis del Kruskal-Wallis:

- **H₀:** No hay diferencias significativas en la mediana del IVC entre los grupos (época, finca y subraza).
- **H_a:** Al menos un grupo tiene una mediana significativamente diferente.
- **Factores considerados:**
 - **Época:** Lluvia/Sequia.
 - **Finca:** Apiay/Puerto López.



➤ **Análisis por partición:**

- El análisis se realizó comparando primero las épocas dentro de cada finca.
- Posteriormente, se evaluaron las diferencias globales considerando tanto la época, la finca como la subraza.

El Kruskal-Wallis permitió determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en la cantidad y viabilidad de los ovocitos entre los grupos, sin asumir la normalidad de las distribuciones de los datos.

Se utilizó un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, lo que significa que las diferencias detectadas tienen menos del 5% de probabilidad de ser atribuibles al azar.

De igual manera, se realizaron gráficos de cajas (box Plot) para analizar la distribución del Índice de Viabilidad de Ovocitos (IVC) como variable dependiente, clasificando los datos según la época (invierno y verano), las fincas de producción (Apiay y Puerto López) y la raza (Brahman Gris y Brahman Rojo); posteriormente se realizó el mismo gráfico para las donadoras donde el criterio de clasificación fue la época. Los datos se agruparon en ocho combinaciones resultantes de estas particiones, permitiendo visualizar la mediana, el rango intercuartílico (IQR), los valores extremos y posibles atípicos del IVC en cada grupo. Los gráficos permitieron comparar la distribución del IVC entre las épocas, fincas y razas, identificando diferencias potenciales en la viabilidad de los ovocitos.

➤ **Interpretación de Resultados:**

Los resultados de las pruebas se interpretaron en términos de diferencias relevantes para la cantidad total de ovocitos recolectados y la proporción de ovocitos viables. Esto permitió identificar patrones asociados a las condiciones ambientales y las características genéticas de las subrazas estudiadas.

Esta metodología proporcionó una base sólida para analizar las variables de interés en condiciones tropicales, garantizando la robustez y confiabilidad de los resultados en escenarios donde los datos no se ajustan a distribuciones normales.

1.6. Establecimiento de Parámetros Metodológicos y Logísticos

En el contexto de este estudio, fue esencial para definir las estrategias y recursos necesarios para llevar a cabo el proceso de aspiración folicular en vacas Brahman Gris y Rojo, asegurando una ejecución eficiente y alineada con los objetivos propuestos. Según (Narvaez, 2009), este proceso incluyó la selección de métodos de investigación, el diseño de procedimientos específicos, y la planificación de los recursos humanos, materiales y temporales requeridos.

Se desarrolló un protocolo detallado para la técnica de aspiración folicular, que abarcó desde la preparación de las vacas donantes hasta el manejo de los ovocitos recolectados. La preparación de las donantes incluyó prácticas específicas de bienestar animal y sincronización hormonal para optimizar la cantidad y viabilidad de los ovocitos. Además, se definieron los recursos humanos necesarios, incluyendo veterinarios, técnicos y personal de apoyo, quienes fueron capacitados para cumplir con sus roles asignados de manera efectiva.

En cuanto a los recursos materiales, se planificó y aseguró la disponibilidad de equipos y materiales especializados, tales como equipos de ultrasonido, agujas de aspiración, medios de cultivo y suministros de laboratorio, necesarios para realizar la técnica de aspiración en condiciones controladas. También se acondicionaron las instalaciones para el procedimiento, incluyendo áreas de trabajo, laboratorios y espacios para el manejo animal, asegurando un entorno adecuado para minimizar el estrés en las vacas.

Por último, se tomaron en cuenta los aspectos éticos, obteniendo las aprobaciones necesarias para la investigación con animales y aplicando prácticas que garantizaran el bienestar de las donantes en todo el proceso. Este enfoque integral en el establecimiento de parámetros metodológicos y logísticos garantizó una planificación coherente y una ejecución eficiente, alineada con los objetivos del estudio.

Parámetros Metodológicos

Los Parámetros Metodológicos establecidos en este proyecto sirvieron como directrices esenciales para guiar cada etapa del proceso de investigación, asegurando una ejecución rigurosa, coherente y replicable, como indican (Ramos, Cabrera, Urgiles, & Jara, 2018). Estos parámetros incluyeron la selección de métodos de investigación, el diseño experimental, los criterios de muestreo, los instrumentos de recolección de datos y los procedimientos de análisis, todos adaptados a los objetivos específicos del estudio de aspiración folicular en las subrazas Brahman Gris y Rojo.

La selección de métodos de investigación se basó en enfoques cuantitativos, permitiendo una evaluación precisa de la cantidad y viabilidad de los ovocitos para realizar comparaciones entre subrazas y épocas del año (lluvias y sequía). El diseño experimental se estructuró de manera controlada para minimizar el efecto de variables externas, asegurando que los resultados obtenidos reflejaran principalmente la influencia de factores genéticos y ambientales. Los criterios de muestreo incluyeron la selección de vacas en un rango etario específico, de buena salud reproductiva y pertenecientes a las subrazas de interés, garantizando la representatividad de la muestra.

Los instrumentos de recolección de datos fueron diseñados para capturar información detallada sobre cada procedimiento de aspiración, incluyendo la cantidad y calidad de los

ovocitos obtenidos, lo que permitió una recopilación precisa y exhaustiva de datos. Finalmente, se definieron procedimientos de análisis estadísticos que permitieron interpretar los datos con rigor, identificando patrones y relaciones significativas. Estos parámetros metodológicos proporcionaron una estructura sólida para alcanzar los objetivos del estudio y facilitar la replicabilidad en futuras investigaciones en condiciones similares.

Definición del Protocolo:

La definición del protocolo fue fundamental para estructurar cada fase del procedimiento de aspiración folicular en vacas Brahman Gris y Rojo, asegurando una ejecución estandarizada y controlada que permitiera obtener datos precisos y comparables. Este protocolo incluyó aspectos esenciales que abarcaron desde la preparación de las vacas hasta la evaluación de la cantidad y viabilidad ovocitaria, como se describe a continuación:

1. **Preparación de las Vacas:** Para optimizar los resultados del procedimiento, las vacas donantes fueron preparadas mediante un manejo adecuado del bienestar y la reducción de estrés antes de la aspiración folicular. Se implementó un protocolo de sincronización hormonal específico para cada subraza (Brahman Gris y Brahman Rojo) con el objetivo de estimular el desarrollo de múltiples folículos. La administración de gonadotropinas y otros reguladores reproductivos fue programada cuidadosamente para maximizar la respuesta folicular y estandarizar la maduración de los ovocitos en todas las donantes, minimizando variabilidad en la respuesta.
2. **Equipamiento y Materiales Necesarios:** Se utilizó un conjunto de equipos y materiales especializados para asegurar la precisión y seguridad del procedimiento de aspiración folicular. Esto incluyó un equipo de ultrasonido transvaginal de alta resolución, fundamental para la visualización y localización precisa de los folículos en tiempo real, y una aguja de aspiración diseñada para minimizar el trauma ovárico.



Se dispusieron sistemas de recolección de ovocitos, medios de cultivo específicos y materiales auxiliares, como guantes y sistemas de desinfección, para mantener un ambiente estéril y optimizar la viabilidad de los ovocitos durante el proceso.

3. **Procedimiento de Aspiración Folicular:** Este proceso se realizó de manera estandarizada y fue ejecutado por personal capacitado en técnicas de reproducción asistida. Una vez que las vacas estuvieron listas y en condiciones adecuadas de contención, el ultrasonido transvaginal se utilizó para guiar la aguja de aspiración hacia cada folículo ovárico y extraer el contenido folicular de forma precisa. El estado de cada vaca fue monitoreado durante el procedimiento para minimizar el estrés, y cada sesión fue documentada en detalle, registrando la cantidad de folículos aspirados y cualquier observación relevante, asegurando una base sólida para el análisis posterior.
4. **Manejo de los Folículos Aspirados:** Tras la aspiración, los folículos recolectados fueron manejados en condiciones controladas para preservar la calidad y viabilidad de los ovocitos. Los ovocitos recuperados se transfirieron de inmediato a medios de cultivo específicos que mantuvieron una temperatura constante (entre 37-39°C) y un pH adecuado, en un entorno estéril para evitar contaminación y daños. Las muestras fueron etiquetadas cuidadosamente, con detalles del origen y características del procedimiento, lo cual facilitó la trazabilidad. Durante el transporte a las áreas de evaluación, se utilizaron contenedores térmicos para garantizar que las condiciones físicas y químicas permanecieran estables, maximizando así la viabilidad de los ovocitos.
5. **Evaluación de la Cantidad y Viabilidad Ovocitaria:** Una vez recolectados los ovocitos, se procedió a su evaluación en términos de cantidad y viabilidad. La

cantidad se registró como el número total de ovocitos obtenidos en cada procedimiento, permitiendo un análisis cuantitativo entre los diferentes grupos de vacas y épocas del año. La viabilidad se evaluó mediante un análisis detallado de la morfología de cada ovocito, observando indicadores clave de calidad celular como la integridad de la membrana, homogeneidad del citoplasma y estado de la zona pelúcida. La viabilidad se expresó en porcentaje, calculando la proporción de ovocitos viables en relación con el total recolectado, lo que facilitó un análisis comparativo claro y objetivo de la efectividad de la técnica en función de la subraza y la época del año.

Este protocolo integral y detallado permitió una ejecución uniforme y controlada del procedimiento de aspiración folicular, optimizando la recuperación de ovocitos y proporcionando una base sólida para el análisis comparativo del estudio. La planificación cuidadosa de cada etapa y la estandarización de los métodos contribuyeron a obtener datos confiables y replicables, esenciales para futuras investigaciones en reproducción asistida en condiciones tropicales.

1.7. *Parámetros Logísticos*

Estos parámetros fueron esenciales para coordinar de manera eficiente todos los aspectos prácticos y organizativos involucrados en la ejecución de la técnica de aspiración folicular en vacas Brahman Gris y Rojo. Según (Editorial ECOE, 2010), estos parámetros abarcaron la planificación y gestión de recursos como tiempo, presupuesto, personal, equipos y materiales, asegurando que cada actividad se llevara a cabo de manera efectiva y dentro de los plazos establecidos.

La planificación de tiempo fue crucial, definiendo un cronograma que coordinara cada etapa del estudio, desde la preparación de las vacas y los tratamientos hormonales, hasta la aspiración folicular y el análisis de los resultados. Este cronograma fue diseñado para ajustarse a las dos épocas del año (temporada de lluvias y temporada seca), optimizando así la recolección de datos en diferentes condiciones climáticas.

En términos de presupuesto, se gestionaron los fondos necesarios con cada ganadería para cubrir todos los insumos requeridos, como materiales de laboratorio, medios de cultivo y suministros de higiene. La asignación presupuestaria también incluyó el transporte de los materiales y el mantenimiento de las instalaciones.

El personal involucrado fue seleccionado y capacitado específicamente para las tareas del estudio, incluyendo veterinarios, técnicos especializados en reproducción asistida y personal de apoyo, quienes desempeñaron roles específicos en la preparación de las vacas, manejo de equipos y recolección de datos, asegurando la calidad y consistencia en cada procedimiento.

En cuanto a los equipos y materiales, se realizó una planificación exhaustiva para asegurar su disponibilidad y correcto funcionamiento durante todas las sesiones de aspiración folicular. Esto incluyó el mantenimiento de equipos de ultrasonido y la preparación de materiales estériles, además de la organización de un sistema de almacenamiento adecuado para preservar la calidad de los ovocitos recolectados.

Finalmente, se estableció la coordinación de actividades de transporte y almacenamiento para el traslado seguro de los ovocitos y materiales de laboratorio entre las instalaciones de campo y las áreas de análisis. Este aspecto logístico aseguró que las muestras fueran

mantenidas en condiciones óptimas de temperatura y esterilidad, facilitando el análisis posterior sin comprometer la viabilidad ovocitaria.

2. Implementación de la Técnica de Aspiración Folicular

La implementación de la técnica de aspiración siguió el protocolo detallado para asegurar la eficiencia y precisión en la extracción de ovocitos en vacas Brahman Gris y Rojo. Según (Alvarez, Urbán, Estrada, Villaseñor, & Velasquez, 2023), la técnica de aspiración folicular es un procedimiento mínimamente invasivo que permite extraer ovocitos de los folículos ováricos mediante la combinación de ultrasonido y aspiración controlada. Este proceso incluyó la preparación cuidadosa de cada vaca y el uso de equipos especializados, como un aspirador y una aguja guiada por ultrasonido, para asegurar una recolección precisa y reducir al mínimo el impacto en el animal.

2.1. Implementación de Protocolo:

El protocolo establecido fue seguido de manera estricta en cada sesión de aspiración, asegurando una ejecución controlada y homogénea del procedimiento. Este incluyó los pasos de preparación, el ajuste de los equipos de ultrasonido y la aguja de aspiración, y la técnica específica de extracción para optimizar la recuperación de ovocitos y minimizar el riesgo de complicaciones.

2.2. Registro de Datos:

Durante cada sesión de aspiración, se realizó un registro completo y detallado de los datos clave del procedimiento, lo que facilitó un análisis exhaustivo de los resultados. Los datos registrados incluyeron:

- **Fecha de la aspiración:** La primera sesión se realizó en la época de sequía, con fechas específicas el 16 de enero de 2024 en Apiay y el 11 de enero de 2024 en Puerto López. La segunda sesión se llevó a cabo durante la época de lluvias, el 4 de octubre



de 2024 en Apiay y el 12 de octubre de 2024 en Puerto López. Estas fechas permitieron evaluar los resultados bajo diferentes condiciones climáticas.

- **Identificación de la vaca:** Cada vaca participante fue identificada para la trazabilidad del procedimiento, aunque los datos específicos de identificación no se incluyen en este documento debido a políticas de privacidad de la empresa. Esta identificación interna fue fundamental para asegurar la correcta vinculación de los datos de cada animal y realizar análisis específicos entre subgrupos.
- **Número de folículos aspirados:** En cada sesión se registró el número de folículos aspirados en cada vaca, proporcionando un parámetro cuantitativo clave para evaluar la eficiencia del procedimiento en función de la época y la subraza.
- **Características de los folículos aspirados:** Se documentaron las características observadas en los folículos aspirados, incluyendo tamaño y apariencia, lo cual fue relevante para evaluar la calidad potencial de los ovocitos y su viabilidad para fertilización in vitro. Estos datos permitieron un análisis detallado de la relación entre las condiciones de aspiración y las características de los folículos.

2.3. Evaluación y Análisis de Datos

La evaluación y análisis, fue un proceso integral que permitió revisar y procesar la información recolectada sobre la cantidad y viabilidad de ovocitos obtenidos mediante la técnica de aspiración folicular en vacas Brahman Gris y Rojo, tanto en época de lluvias como de sequía. Según (Yanes, Sepulveda, & Diaz, 2019), este proceso tiene como objetivo extraer conclusiones significativas a partir de la información recopilada, utilizando un enfoque riguroso para asegurar la fiabilidad de los resultados y su aplicabilidad en futuras intervenciones y estudios.

Para comenzar, se realizó una verificación de la calidad y completitud de los datos recolectados durante las sesiones de aspiración. Esta etapa incluyó una revisión exhaustiva para asegurar que no existieran datos faltantes ni inconsistencias, garantizando que los registros fueran completos y precisos. La calidad de los datos fue esencial para evitar sesgos y asegurar que cada dato pudiera ser utilizado en los análisis estadísticos sin necesidad de correcciones o suposiciones adicionales.

A continuación, se aplicaron técnicas estadísticas y analíticas específicas para identificar patrones, tendencias y posibles relaciones entre las variables estudiadas, tales como la cantidad y viabilidad de los ovocitos en función de la subraza y la época del año. Los métodos estadísticos seleccionados permitieron realizar un análisis profundo y detallado, evaluando si existían diferencias significativas en los resultados obtenidos para cada grupo de estudio. Se analizaron tanto la distribución de la cantidad de ovocitos como la proporción de ovocitos viables, con el fin de interpretar si ciertos factores genéticos y ambientales tenían un impacto claro en el éxito de la técnica de aspiración folicular.

Además de las pruebas de significancia y las comparaciones entre grupos, se implementaron pruebas de confiabilidad para evaluar la consistencia interna de los datos, asegurando que los resultados fueran representativos y reproducibles. Esta fase permitió determinar la robustez de los hallazgos y minimizar la influencia de posibles variaciones aleatorias o factores externos no controlados.

La interpretación de los resultados fue la última etapa de este proceso y se enfocó en contextualizar los hallazgos en términos de su aplicabilidad práctica y su contribución al conocimiento sobre reproducción asistida en bovinos Brahman en condiciones tropicales. Los datos obtenidos proporcionaron información valiosa sobre la efectividad de la técnica de

aspiración en diferentes contextos climáticos y genéticos, permitiendo formular recomendaciones específicas para optimizar la técnica en futuras aplicaciones. A partir de esta interpretación, se generaron informes detallados que sirvieron como base para identificar áreas de mejora, adaptar protocolos y definir estrategias que maximicen la eficiencia reproductiva en sistemas de producción bovina.

En conjunto, la evaluación y análisis de datos proporcionaron una comprensión profunda de los factores que afectan la cantidad y viabilidad de los ovocitos en el contexto de este estudio, facilitando la toma de decisiones informadas y la planificación de estudios posteriores en reproducción asistida en ganado Brahman.

2.4. Análisis de los Datos Reproductivos

En el contexto de este estudio, el análisis de los datos reproductivos se centró en examinar la información recolectada sobre los parámetros específicos de la técnica de aspiración folicular, en lugar de datos de reproducción natural, como tasas de concepción o intervalos entre partos, ya que el enfoque fue evaluar la cantidad y viabilidad de los ovocitos obtenidos en vacas Brahman Gris y Rojo en dos épocas distintas del año (lluvias y sequía). Según (Jurado, 2020), el análisis de datos reproductivos generalmente incluye el uso de métodos estadísticos para identificar tendencias y factores que pueden influir en la eficiencia reproductiva; en este caso, se aplicaron tales métodos para analizar la respuesta reproductiva en términos de cantidad y calidad ovocitaria, dada la técnica de aspiración folicular.

Este análisis incluyó la evaluación de la cantidad de ovocitos obtenidos por aspiración en cada sesión, lo que permitió comparar los resultados entre los grupos de subraza y entre las épocas del año. La aplicación de pruebas estadísticas permitió identificar tendencias en la

producción ovocitaria en función de factores como las condiciones climáticas y las características genéticas de las vacas, lo cual facilitó la interpretación de los datos en términos de patrones reproductivos específicos a la técnica.

Además, el análisis se extendió a la viabilidad de los ovocitos, evaluada mediante criterios de calidad morfológica y expresada en porcentaje. Este enfoque permitió identificar si había variaciones significativas en la viabilidad entre las subrazas y las estaciones, información clave para entender la efectividad y consistencia de la técnica de aspiración en función de factores ambientales y genéticos.

En conjunto, el análisis de los datos reproductivos en este proyecto proporcionó una visión integral de los factores que afectan la eficiencia y el rendimiento de la técnica de aspiración folicular. Los hallazgos obtenidos facilitaron la formulación de recomendaciones para optimizar la recolección y viabilidad de los ovocitos en condiciones tropicales, lo cual contribuye a la mejora de la gestión y rendimiento reproductivo del ganado Brahman en sistemas de reproducción asistida.

3. Análisis Estadístico

El análisis estadístico en este proyecto se centró en examinar los datos recolectados sobre la cantidad y viabilidad de ovocitos obtenidos mediante la técnica de aspiración folicular en vacas Brahman Gris y Rojo, siguiendo los principios descritos por (Hernandez, S.f), que destacan el uso de métodos cuantitativos para identificar patrones y relaciones significativas. La aplicación de técnicas estadísticas adecuadas permitió interpretar los resultados de manera objetiva y obtener conclusiones válidas que respaldan la toma de decisiones informadas sobre la efectividad de la técnica en condiciones tropicales.

En primer lugar, se emplearon pruebas estadísticas no paramétricas para evaluar si existían diferencias significativas en la cantidad y viabilidad de los ovocitos entre las subrazas Brahman Gris y Brahman Rojo, así como entre las épocas del año (lluvias y sequía). La prueba de Kruskal-Wallis fue utilizada para contrastar los resultados observados en los diferentes grupos, permitiendo identificar patrones relevantes y factores que podrían estar influyendo en la efectividad del procedimiento.

Este enfoque estadístico no paramétrico resultó adecuado debido a la falta de normalidad en la distribución de los datos, proporcionando resultados confiables para evaluar diferencias significativas. Se aplicó un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, lo que permitió determinar si las diferencias observadas entre los grupos eran atribuibles a factores genéticos, ambientales o una interacción entre ambos.

La interpretación de los resultados se centró en identificar tendencias y variaciones en la cantidad total de ovocitos recuperados y la proporción de ovocitos viables, considerando las características particulares de cada subraza y las condiciones estacionales.

Este análisis estadístico permitió extraer información útil y precisa sobre los factores que afectan la cantidad y viabilidad de los ovocitos recolectados, respaldando así recomendaciones para optimizar la técnica en diferentes contextos ambientales y genéticos. La aplicación de estas técnicas contribuyó a obtener conclusiones objetivas que no solo cumplen con los objetivos del estudio, sino que también facilitan la planificación de futuras estrategias en reproducción asistida en ganado Brahman bajo condiciones tropicales.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de cantidad y viabilidad de ovocitos mediante la técnica de aspiración folicular en vacas Brahman Gris y Rojo. Estos



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

TRABAJO DE GRADO OPCIÓN PASANTÍA

60

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía

resultados reflejan la efectividad del procedimiento en diferentes épocas del año (lluvias y sequía) y permiten una comprensión detallada de los factores que influyen en el rendimiento reproductivo en condiciones tropicales.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los hallazgos obtenidos tras la implementación de la técnica de aspiración folicular en vacas Brahman Gris y Rojo. Este análisis abarca tanto la cantidad como la viabilidad de los ovocitos recolectados en dos épocas del año (temporada de lluvias y temporada seca), permitiendo una evaluación comparativa entre subrazas y condiciones climáticas. Los resultados reflejan el impacto de factores genéticos y ambientales en la eficiencia de la técnica y aportan información relevante para optimizar el rendimiento reproductivo en sistemas de producción bovina bajo condiciones tropicales. Cada subsección desglosa los datos específicos, proporcionando una base sólida para la interpretación y formulación de estrategias en reproducción asistida.

El análisis realizado permitió evaluar el efecto combinado de la época del año y la zona de producción sobre la viabilidad de los ovocitos, utilizando una metodología basada en estadística no paramétrica, que no requiere supuestos estrictos de normalidad o varianzas homogéneas. Los resultados indicaron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las medianas del Índice de Viabilidad de Ovocitos (IVC) entre las épocas o las zonas de producción, lo que sugiere que estos factores no tienen un impacto detectable sobre la viabilidad ovocitaria en este estudio. Esto destaca la importancia de considerar otros posibles factores asociados o variaciones individuales que pudieran influir en los resultados obtenidos.

Época	Variable	Finca	N	Media	D.E	Mediana	H	p
Lluvia	IVC	Apiay	10	43.00	17.52	43.00	0.28	0.5956
		Puerto López	10	45.10	13.15	43.50		
Sequia		Apiay	10	37.90	15.21	35.00	1.37	0.2403
		Puerto López	10	41.00	11.75	42.50		

Tabla 2. Análisis de Kruskal-Wallis en relación Fincas-Épocas)

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía

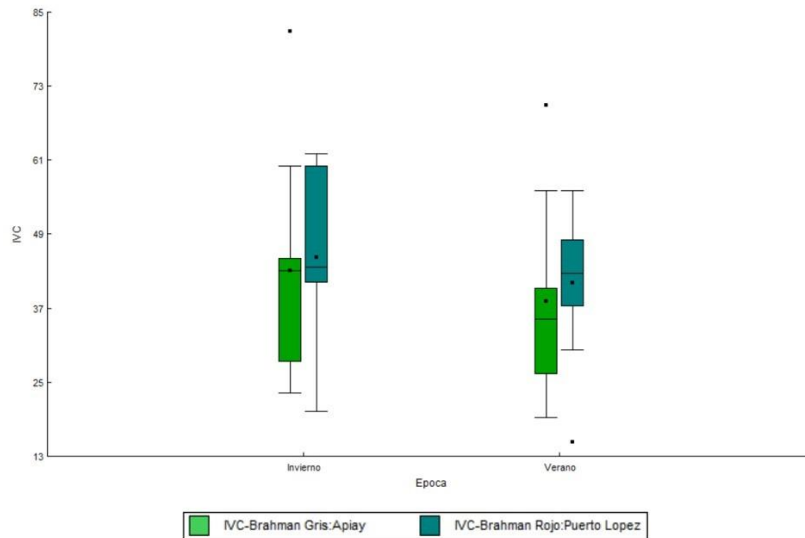
La tabla muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas en el Índice de Viabilidad de Ovocitos (IVC) entre las fincas Apiay y Puerto López, ni en época de lluvia ($H = 0.28, p = 0.5956$) ni en sequía ($H = 1.37, p = 0.2403$). Aunque Puerto López presenta medias y medianas ligeramente superiores en ambas épocas, estas diferencias no son significativas. Además, Apiay muestra mayor variabilidad en los datos, reflejada en una desviación estándar más alta. Estos resultados sugieren que las condiciones ambientales y de manejo en ambas fincas no tienen un impacto estadísticamente relevante sobre la viabilidad ovocitaria, destacando la estabilidad reproductiva de las subrazas analizadas bajo condiciones tropicales.

Subraza	Variable	Época	N	Media	D.E	Mediana	H	p
Brahman Gris	IVC	Lluvia	10	43.00	17.52	43.00	0.89	0.34.27
		Sequia	10	37.90	15.21	35.00		
Brahman Rojo		Lluvia	10	45.10	13.15	43.50	0.37	0.5437
		Sequia	10	41.00	11.75	42.50		

Tabla 3. Análisis de Kruskal-Wallis en relación Subrazas-Época

La tabla presenta los resultados del análisis del Índice de Viabilidad de Ovocitos (IVC) mediante la prueba de Kruskal-Wallis, clasificados por subraza (Brahman Gris y Brahman Rojo) y época (lluvia y sequía). Los valores H y p en todas las comparaciones ($p > 0.05$) indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas del IVC para las subrazas ni entre las épocas evaluadas. Aunque se observan ligeras diferencias en las medianas, como una mayor mediana en invierno para ambas subrazas en comparación con verano, estas diferencias no son significativas desde un punto de vista estadístico. Además, la mayor variabilidad en el Brahman Gris, reflejada en una desviación estándar más alta, podría deberse a factores individuales o de manejo. En general, estos resultados sugieren que las subrazas y las épocas no influyen significativamente en la viabilidad ovocitaria en las condiciones analizadas.

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía



Gráfica 1. Gráfico de Box Plot distribución del IVC según época del año por finca y subraza

La gráfica 1 de cajas (Box Plot) permite visualizar el Índice de Viabilidad de Ovocitos (IVC) como variable dependiente, clasificado por época del año (lluvia y sequía) y particionado por finca (Apiay y Puerto López) y subraza (Brahman Gris y Brahman Rojo).

Aunque la representación gráfica muestra ciertas tendencias en las medianas y la dispersión de los datos entre los grupos, el análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis determinó que las diferencias observadas no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

En época de lluvia, se observa una aparente menor mediana del IVC en el Brahman Gris (Apiay) en comparación con el Brahman Rojo (Puerto López). Sin embargo, esta diferencia no es significativa y, por lo tanto, no se puede atribuir a un efecto real de las condiciones ambientales o de manejo. Durante la época de sequía, ambas subrazas presentan un incremento visual en el IVC respecto al invierno, pero nuevamente, estas variaciones no son estadísticamente significativas. Esto indica que las diferencias entre épocas y subrazas no tienen un impacto

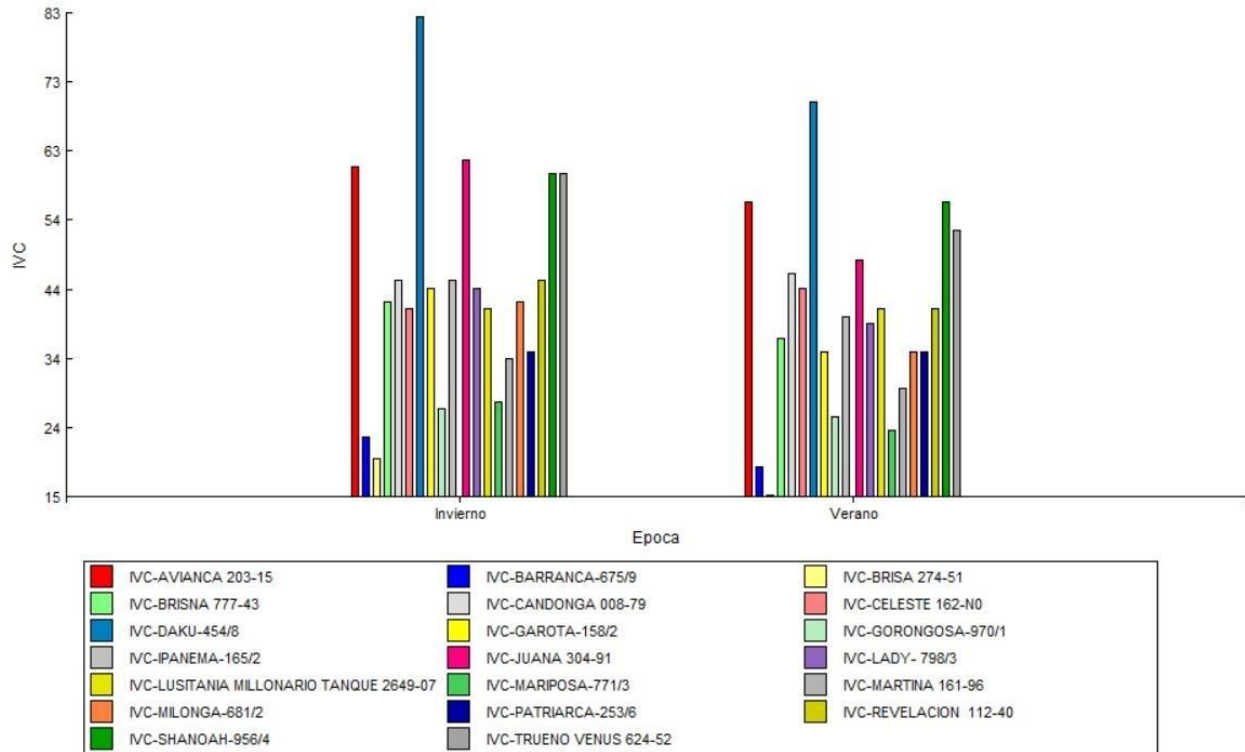
detectable desde el punto de vista estadístico sobre la viabilidad de los ovocitos en este estudio.

La dispersión de los datos también varía entre grupos. En invierno, el Brahman Gris (Apiay) muestra un rango intercuartílico (IQR) más reducido, indicando menor variabilidad en los datos, mientras que el Brahman Rojo (Puerto López) presenta mayor dispersión. En verano, la dispersión parece ser más uniforme entre los grupos. Sin embargo, estas diferencias en la variabilidad tampoco resultaron significativas según el análisis estadístico.

Los valores atípicos presentes en algunos grupos, especialmente hacia valores bajos del IVC, podrían ser resultado de factores individuales, como problemas de salud de las donantes o variaciones en las condiciones de manejo. Sin embargo, debido a la ausencia de significancia estadística general, estos casos no alteran la conclusión principal de que las épocas, las fincas y las subrazas no tienen un impacto estadísticamente detectable en la viabilidad de los ovocitos dentro del marco de este estudio.

Aunque el gráfico de cajas sugiere tendencias visuales entre los grupos, el análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis confirma que no existen diferencias significativas en la viabilidad de los ovocitos según la época del año, la finca o la subraza. Esto indica que los factores analizados no influyen de manera estadísticamente relevante en el IVC

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía



Gráfica 2. Gráfico de Box Plot distribución del IVC según época del año por donadora

El gráfico presenta el Índice de Viabilidad de Ovocitos (IVC) como variable dependiente, clasificado por épocas (lluvia y sequía) y particionado entre 20 vacas donadoras distribuidas en las fincas de Puerto López y Apiay. Los datos reflejan una alta variabilidad en los valores de IVC entre los individuos, lo que sugiere que las características intrínsecas de cada vaca, como el estado fisiológico, la respuesta hormonal y las condiciones de salud, son factores determinantes en la viabilidad ovocitaria. Si bien algunos individuos, como "IVC-Daku 454/8" e "IVC-Lusitania Millonario Tanque 2649-07", exhiben valores consistentemente altos en ambas épocas, otros como "IVC-Avianca 203-15" y "IVC-Brisa 274-51" presentan índices bajos, lo que podría deberse a problemas específicos de fertilidad o diferencias en la capacidad de respuesta a los protocolos reproductivos.

La distribución visual del IVC evidencia que las variaciones observadas son más atribuibles a factores individuales que a las condiciones ambientales o de manejo asociadas a cada finca. Esto pone de manifiesto la importancia de diseñar estrategias reproductivas que integren la evaluación individual de las donantes para maximizar los resultados.

El análisis también resalta la necesidad de explorar en mayor profundidad las posibles causas de la variabilidad entre individuos, como la edad, el estado corporal y la calidad del manejo reproductivo, variables que podrían influir significativamente en la viabilidad ovocitaria. Este enfoque diferenciado permitiría identificar y manejar adecuadamente a las vacas con menor rendimiento reproductivo, optimizando así la eficiencia de los programas de reproducción asistida en el contexto del ganado Brahman. En conjunto, estos resultados subrayan la relevancia de personalizar las intervenciones reproductivas en función de las características individuales de las donantes, más allá de los factores ambientales o las prácticas generales de manejo.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio proporcionan una base para comprender la estabilidad reproductiva del ganado Brahman bajo condiciones tropicales. La ausencia de diferencias estadísticamente significativas en el Índice de Viabilidad de Ovocitos (IVC) entre las épocas del año, las fincas y las subrazas evaluadas ($p > 0.05$) puede explicarse por las características adaptativas del ganado Brahman, ampliamente documentadas en la literatura científica. Según (Osorio et al., 2023) las razas cebuinas, como el Brahman, poseen una alta resistencia al estrés térmico, una capacidad eficiente para metabolizar forrajes de baja calidad y una respuesta inmunitaria robusta frente a enfermedades parasitarias, lo que les permite mantener funciones reproductivas estables en climas cálidos y variables. Este contexto es particularmente relevante en regiones tropicales donde las fluctuaciones estacionales no generan condiciones extremas que puedan comprometer significativamente la viabilidad ovocitaria.

La importancia de los factores individuales en la viabilidad ovocitaria queda evidenciada en la alta variabilidad observada entre los diferentes individuos analizados. Estudios previos, como los realizados por (Ríos, 2023) han señalado que variables como la edad, el estado fisiológico y la calidad del manejo reproductivo tienen un impacto directo en la calidad y cantidad de ovocitos recuperados. En este estudio, individuos como "IVC-Daku 454/8" exhibieron un alto desempeño constante, lo que sugiere una ventaja genética o una mayor sensibilidad a los protocolos hormonales. Por el contrario, individuos con índices bajos, como "IVC-Brisa 274-51", podrían estar influenciados por factores como deficiencias en el manejo, desequilibrios nutricionales o baja capacidad de respuesta a los tratamientos de estimulación folicular. La variabilidad intraindividual en contextos de reproducción asistida también ha sido

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía

descrita por (Horrach et al., 2020), quienes destacaron que la interacción entre genética y manejo es crítica para optimizar los resultados.

El uso de la estadística no paramétrica en este análisis permitió evaluar datos con una distribución potencialmente no normal, asegurando la robustez de los resultados. Sin embargo, el tamaño limitado de la muestra podría haber reducido la capacidad de detectar efectos más sutiles. Según (Bustillo & Melo, 2020) estudios reproductivos con tamaños muestrales pequeños pueden subestimar la influencia de factores interactivos, como las condiciones climáticas y el manejo nutricional. Ampliar el tamaño muestral en futuras investigaciones, junto con el uso de modelos estadísticos avanzados, como los modelos mixtos o multivariados, permitiría explorar con mayor precisión la influencia combinada de factores genéticos, ambientales y de manejo en la viabilidad ovocitaria. Asimismo, la inclusión de mediciones directas de estrés térmico, calidad del forraje y eficiencia hormonal podría proporcionar una visión más integral.

Desde una perspectiva práctica, los resultados subrayan la importancia de personalizar las estrategias de reproducción asistida. Aunque las condiciones generales de manejo parecen ser suficientes para garantizar estabilidad reproductiva en el ganado Brahman, la alta variabilidad entre individuos refuerza la necesidad de un enfoque individualizado. Estudios previos han demostrado que ajustar los protocolos hormonales según la respuesta individual y monitorear variables fisiológicas como el peso, el estado corporal y la salud reproductiva puede mejorar significativamente los resultados (Hernández, 2016) Implementar programas de monitoreo constante y desarrollar bases de datos que permitan rastrear el desempeño individual de las donantes podría ser una herramienta clave para maximizar el uso de los recursos disponibles.

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía

En la reproducción asistida, las características genéticas y adaptativas del ganado Brahman representan una ventaja estratégica en regiones tropicales. No obstante, este estudio pone en evidencia que las interacciones entre ambiente, genética y manejo requieren un análisis más detallado para optimizar los resultados. Estas observaciones refuerzan la necesidad de continuar desarrollando estrategias reproductivas que combinen enfoques genéticos y ambientales, maximizando la eficiencia reproductiva en sistemas productivos complejos y variables como los de las regiones tropicales. La capacidad de personalizar intervenciones, basadas en un conocimiento profundo de las necesidades individuales, será fundamental para consolidar al ganado Brahman como una herramienta clave en la sostenibilidad de los sistemas ganaderos tropicales.



CONCLUSIONES

- La influencia de los factores ambientales y de manejo en la técnica de aspiración folicular es crucial, aunque no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en la cantidad y viabilidad de los ovocitos recuperados según la época climática o la subraza. Estos resultados destacan la importancia de estrategias de manejo eficientes que garanticen la estabilidad fisiológica de las donantes y optimicen el uso de esta técnica en sistemas ganaderos tropicales.
- La cantidad de ovocitos recuperados no varió significativamente entre las épocas de lluvia y sequía, pero las condiciones de mayor disponibilidad de recursos durante la temporada de lluvias favorecieron una mejor estabilidad corporal en las donantes. Esto sugiere que las condiciones ambientales indirectamente afectan la respuesta reproductiva y refuerzan la necesidad de ajustar los protocolos de manejo nutricional y reproductivo a las dinámicas estacionales.
- Las tasas de viabilidad de los ovocitos fueron consistentes en ambas épocas y subrazas, lo que refleja la efectividad del manejo técnico aplicado. Sin embargo, el mantenimiento de estas tasas requiere un control riguroso de factores como la hidratación, el estrés y el bienestar general de las donantes, especialmente en contextos de estrés hídrico y calórico durante la sequía.
- Las condiciones ambientales y de manejo, aunque no determinaron diferencias significativas, impactan en la condición corporal y la estabilidad fisiológica de las donantes, evidenciando la importancia de implementar prácticas adaptativas y sostenibles. Estas prácticas son esenciales para mitigar los efectos adversos de la variabilidad climática y mantener la eficacia de los programas de reproducción asistida.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, B., & Pinilla, L. (2021). TÉCNICAS DE BIOTECNOLOGÍA REPRODUCTIVA PARA OBTENCIÓN DE EMBRIONES BOVINOS. Obtenido de Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Ibagué:
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/718e44ac-dc4b-4ce3-8d0a-ca1de409d4ff/content>
- Álvarez, H., Urbán, D., Estrada, E., Villaseñor, F., & Velásquez, A. (2023). Evolución de la aspiración folicular para producción in vitro de embriones en rumiantes. Obtenido de Abanico Veterinario: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9226996.pdf>
- Arias, R., Mader, T., & Escobar, P. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. In Arch Med Vet (Vol. 40). REVISION BIBLIOGRAFICA.
- ASOCEBU. (2022). Brahman Rojo y Gris. ASOCEBU.
- Barrón, O., Avilés, R., Fraga, E., & Bautista, Y. (2023). Los procesos reproductivos en vacas y el uso de la ultrasonografía. Obtenido de Abanico veterinario:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322023000100607
- Bastidas, Y., & Hoyos, C. (2017). MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELO EN BOVINOS DE LECHE APLICABLES PARA LA MESETA DE POPAYÁN. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA "UNAD":

Análisis de factores asociados a la cantidad y viabilidad de ovocitos en la técnica de aspiración folicular en bovinos Brahman gris y rojo en Apiay y Puerto López durante las épocas de lluvia y sequía

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13891/1061692707.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

Beltrán, D., Gómez, G., & Marulanda, C. (2023). Incidencia de la receptora bovina en los costos de un programa de transferencia de embriones en el triángulo del café en Colombia. Obtenido de Ingeniería y Competitividad Revista Científica y Tecnológica: <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v25n2/2027-8284-inco-25-02-e-21212819.pdf>

Bustillo, J., & Melo, J. (2020). PARÁMETROS Y EFICIENCIA REPRODUCTIVOS EN GANADO BOVINO REPRODUCTIVE PARAMETERS AND REPRODUCTIVE EFFICIENCY IN CATTLE. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/b5334883-6e6a-4364-853a-26ebf486f3ad/content>

Cabrera, P., & Fernández, A. (2006). Criopreservación De Embriones: Una Herramienta Básica en la Reproducción Asistida. Obtenido de Instituto de Reproducción Animal e Inseminación Artificial, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762006000200001

Cabrera, P., & Fernández, A. (2006). CRIOPRESERVACIÓN DE EMBRIONES: UNA HERRAMIENTA BÁSICA en la Reproducción Asistida. In Rev. Fac. Cs. Vets. UCV (Vol. 47, Issue 2).

Castaño, F. A., Rúgeles, C. C., Betancur, C. A., & Ramírez-López, C. J. (2015). IMPACTO DEL ESTRÉS CALÓRICO SOBRE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA EN BOVINOS Y CONSIDERACIONES PARA MITIGAR SUS EFECTOS SOBRE LA REPRODUCCIÓN. Revista Biosalud 13(2): 84-94. Obtenido de <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/biosalud/article/view/4674/4265>

Cruz, L., Sáenz, O., Vallejo, V., & Úsuga, A. (2024). Relación entre la condición corporal de novillas brahmán sometidas a distintas condiciones de manejo y la calidad de ovocitos para procesos de maduración in vitro. Repositorio Universidad CES. Obtenido de <https://repository.ces.edu.co/handle/10946/8763?locale-attribute=es>

Editorial ECOE. (2010). Gestión Logística. Obtenido de

https://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/gestion_logistica.pdf

Espinoza, E. (2013). Métodos y Técnicas de recolección de la información. Obtenido de

<http://www.bvs.hn/Honduras/UICFCM/SaludMental/Metodos.e.instrumentos.de.recoleccion.pdf>

FEDEGAN. (2024). Estadísticas de Producción. Obtenido de

<https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>

Fernández, J. V. R., Gallardo, H. Á., Duarte, D. U., Islas, A. F., Pelayo, M. A. A., Utrera, Á. R.,

Reynoso, S. P., & De La Torre Sánchez, J. F. (2021). Reproductive biotechnologies in beef cattle: Five decades of research in Mexico. In Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias (Vol. 12, pp. 39–78). INIFAP-CENID Parasitología Veterinaria.

<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5918>

Fuentes, S. (2015). INCREMENTO DEL PORCENTAJE DE GESTACIÓN EN LA

TRANSFERENCIA DE EMBRIONES BOVINOS DE APTITUD LÁCTEA MEDIANTE TRATAMIENTOS HORMONALES DE SINCRONIZACIÓN Y POSTTRANSFERENCIA DE LA HEMBRA RECEPTORA. Obtenido de Universidad de León:

<https://buleria.unileon.es/bitstream/10612/5984/1/Tesis%20Santiago%20Fuentes%201b%C3%A1%C3%B1ez.pdf>

Georgiou, E., Melo, P., Cheong, Y., & Granne, I. (2022). Lavado folicular durante la

recuperación de ovocitos en las técnicas de reproducción asistida. Obtenido de

https://www.cochrane.org/es/CD004634/MENSTR_lavado-folicular-durante-la-recuperacion-de-ovocitos-en-las-tecnicas-de-reproduccion-asistida

Gómez, Jiménez, X., & Jiménez, B. (2024). Identificación de las características morfológicas

de la raza bovina brahmán y su adaptabilidad en la zona Mezcalapa, México. Portal



SOAR: Sapienza Open Access Repository, 7(EBOA7), 79–89.

<https://doi.org/10.56183/soar.v7ieboa7.40>

Gómez, M., Pérez, G., Santéliz, P., Cortés, A., & Vilanova, L. (2010). Reproducción de hembras Brahman en dos rebaños pertenecientes a un programa de mejora genética. *Revista Zootecnia Tropical* (Vol. 28, Issue 2). Obtenido de http://homolog-ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000200001

Gómez. (2022). Producción in vitro de embriones bovinos y su aplicación en el mejoramiento genético y en la conservación de especies.

<https://repository.ces.edu.co/bitstream/handle/10946/7473/Producción%20in%20vitro%20de%20embriones%20bovinos%20y%20su%20aplicación%20en%20el%20mejoramiento%20genético%20y%20en%20la%20conservación%20de%20especies.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

González, J. (2013). Análisis de programas y protocolos de preparación de hembras bovinas para realización de OPU en la obtención de ovocitos para FIV. Universidad de Oviedo. Obtenido de

<https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/17747/TFM%20jimena.pdf;jsessionid=A0AAC86DED93BE4E28849F1BF28336BD?sequence=3>

Granja, S., Cerquera, G., & Fernández B. (2012). FACTORES NUTRICIONALES QUE INTERFIEREN EN EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE LA HEMBRA BOVINA. In *Rev. Colombiana cienc. Anim* (Vol. 4, Issue 2).

Guanga, L. A., Campoverde, J. S., Garzón, D. A., Brugal, M. P., Ganchou, F. P., Carpio, E. R., & Escandón, P. N. (2020). The time interval between ovarian stimulation with FSH/LH and ovum-pick up affects the quantity, quality and developmental competence of oocytes retrieved from Ecuadorian creole heifers. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31(1). <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17571>

Haynes, A. (2012). CARACTERES RACIALES Y ADAPTACION AL MEDIO DEL BRAHMAN.

Held, E. (2021). Ovum Pick-Up y Producción In Vitro de embriones bovinos Aumento de la



demanda de Ovum Pick-Up. www.minitube.de

Hernández, J. (2016). Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos.

https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Clinica.pdf

Hernández, Z. (2012). Métodos de Análisis de Datos: Apuntes. Universidad de la Rioja Obtenido

de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/489791.pdf>

Horrach, M., Bertot, J., Vázquez, R., & Garay, M. (2020). Factores que afectan la tasa de concepción en inseminación a tiempo fijo en vacas mestizas.

ICA. (2014). Programa Identifica inicia procesos de trazabilidad en razas bovinas puras en

Nariño. Obtenido de [https://www.ica.gov.co/noticias/pecuaria/2013-\(1\)/programa-identifica-inicia-procesos-de-trazabilidad](https://www.ica.gov.co/noticias/pecuaria/2013-(1)/programa-identifica-inicia-procesos-de-trazabilidad)

ICA. (2024). Censos Pecuarios Nacional. Obtenido de

<https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>

Jurado, N. (2020). Factores determinantes de la eficiencia reproductiva en Bovinos. Obtenido de Universidad Santo Tomas:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/35049/2020N%C3%A9storJurado.pdf?sequence=4>

Ledur, F. (2013). CONTROL DEL DESARROLLO FOLICULAR PARA LA OBTENCIÓN DE

COCS POR ASPIRACIÓN GUIADA POR ULTRASONOGRAFÍA. Obtenido de

Universidad Nacional de Córdoba: [https://iracbiogen.com/wp-](https://iracbiogen.com/wp-content/uploads/2021/06/CONTROL-DEL-DESARROLLO-FOLICULAR-PARA-LA-OBTENCION-DE-COCS-POR-ASPIRACION-GUIADA-POR-ULTRASONOGRAFIA-Felipe-Ledur-Ongaratto.pdf)

[content/uploads/2021/06/CONTROL-DEL-DESARROLLO-FOLICULAR-PARA-LA-OBTENCION-DE-COCS-POR-ASPIRACION-GUIADA-POR-ULTRASONOGRAFIA-Felipe-Ledur-Ongaratto.pdf](https://iracbiogen.com/wp-content/uploads/2021/06/CONTROL-DEL-DESARROLLO-FOLICULAR-PARA-LA-OBTENCION-DE-COCS-POR-ASPIRACION-GUIADA-POR-ULTRASONOGRAFIA-Felipe-Ledur-Ongaratto.pdf)

López, F. J. (2006). RELACIÓN ENTRE CONDICIÓN CORPORAL Y EFICIENCIA

REPRODUCTIVA EN VACAS HOLSTEIN. Universidad del Cauca.

Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117891.pdf>

Macuacé, M. (2021). BIOTECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS EN GANADERÍA DOBLE

PROPOSITO Uso de las biotecnologías reproductivas en ganaderías bovinas doble propósito en pequeños y medianos productores de cuatro municipios en el departamento del Putumayo. Obtenido de Universidad de Pamplona:
http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/886/1/Macuace%20_2021_TG.pdf

Marín, V., & Uribe, L. (2010). ¿CÓMO AFECTA EL ESTRÉS CALÓRICO LA REPRODUCCIÓN?

Marizancen, M., & Artunduaga, L. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. Obtenido de Programa Especialización en Biotecnología Agraria. Programa de Zootecnia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA. Florencia, Caquetá, Colombia.: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6285365.pdf>

Mata, M., & Vázquez, G. (2018). La fecundación in vitro: Louise Brown, a cuatro décadas de su nacimiento. Obtenido de C. Laboratorios de Embriología y Biología Celular y Tisular de la Escuela Militar de Medicina, Centro Militar de Ciencias de la Salud,
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rsm/v72n5-6/0301-696X-rsm-72-5-6-363.pdf>

Mogollón, E., & Burla, A. (2013). Superovulación de hembras bovinas: alternativas para reducir el número de inyecciones de fsh. Obtenido de Laboratorio de Reprodução e Melhoramento Genético Animal, Irmga, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil: file:///D:/Felipe/Downloads/manfred,+07-SpeiDomus_9-18_4.pdf

- Narváez, H. J. (2020). 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*, 21(3). https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL21_NUM3_ART:1697
- Narváez, O. (2009). *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Obtenido de <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25345w/semana3.pdf>
- Nava, H., & Hernández, H. (S.f). Aspiración folicular transvaginal. Obtenido de Programa de Reproducción Bovina - Universidad del Zulia:
http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion8/articulo3-s8.pdf
- Ongaratto, F. (2013). CONTROL DEL DESARROLLO FOLICULAR PARA LA OBTENCIÓN DE COCS POR ASPIRACIÓN GUIADA POR ULTRASONOGRAFÍA. Obtenido de Universidad Nacional de Córdoba: <https://iracbiogen.com/wp-content/uploads/2021/06/CONTROL-DEL-DESARROLLO-FOLICULAR-PARA-LA-OBTENCION-DE-COCS-POR-ASPIRACION-GUIADA-POR-ULTRASONOGRAFIA-Felipe-Ledur-Ongaratto.pdf>
- Osorio, J., Mahecha, L., Moncada, A., & Carmona, J. (2023). Comportamiento y respuesta fisiológica de vacas Brahman de cría en arreglos silvopastoriles. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 34(3).
<https://doi.org/10.15381/rivep.v34i3.22463>
- Oyuela, L., & Jiménez, C. (2010). Factores que afectan la tasa de preñez en programas de transferencia de embriones. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfmvz/v57n3/v57n3a04.pdf>

Peña, S. (2017). Análisis de Datos. Obtenido de CORE:

<https://core.ac.uk/download/pdf/326425169.pdf>

Puerta, L. (2006). APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGIA DE LA ASPIRACION FOLICULAR (OPU) Y FECUNDACION IN VITRO (FIV) COMO HERRAMIENTA PARA UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE LAS HEMBRAS CEBUINAS DENTRO DEL PLAN DE MODERNIZACION DEL HATO GANADERO COLOMBIANO. Obtenido de Universidad de la Salle:

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1134&context=zootecnia>

Ramos, R., Cabrera, G., Urgiles, C., & Jara, F. (2018). Aspectos metodológicos de la investigación. Obtenido de

<https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/111/226>

Ríos, M. (2023). FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE HEMBRAS BOVINAS (BOS TAURUS INDICUS) COMO RECEPTORAS DE EMBRIONES.

Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/0223801d-4487-4b1c-a3b6-0b7b27d88d92/content>

Rodríguez, L. (2013). Optimización del método de recuperación de ovocitos para la fecundación in vitro. Obtenido de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=110700>

Rosete, J., Álvarez, H., Urban, D., Fragoso, A., Aspron, M., Rios, A., . . . De la Torre, J. (2021). Biotecnologías reproductivas en el ganado bovino: cinco décadas de investigación en México. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v12s3/2448-6698-rmcp-12-s3-39.pdf>

Salamone, D., Bevacqua, R., Gambini, A., Hiriart, M., Moro, L., & Canel, N. (2013). NUEVAS TÉCNICAS DE MICROMANIPULACION EMBRIONARIA EN REPRODUCCIÓN ANIMAL. Obtenido de

<https://redbioargentina.org.ar/simposio2013/pdf/conferencistas/Salamone.pdf>

Salgado, E., & Lopera, R. (2020). Essential aspects of in vitro fertilization techniques in cattle.

In Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú (Vol. 31, Issue 3). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V31I13.17138>

Sara, M. (2019). EFECTO DEL ESTRÉS CALORICO EN LA REPRODUCCION BOVINA.

<https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/1d9403bf-74d2-43de-9890-45ebff640563/content>

Vásquez, M., & Molina, R. (2020). Caracterización de la población bovina cebú con certificado de registro genealógico en Costa Rica. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/journal/437/43764233012/html/>

Vásquez-Loaiza, M., & Molina-Coto, R. (2021). Métodos de reproducción y parámetros reproductivos de cebuínos con registro genealógico en Costa Rica. Obtenido de Universidad de Costa Rica - Agronomía Mesoamericana, vol. 32, núm. 1:

<https://www.redalyc.org/journal/437/43765068002/43765068002.pdf>

Verdoljak, J., Pereira, M., Gándara, L., Acosta, F., Fernández, C., & Martínez, J. (2018).

Reproducción y mortalidad de razas bovinas en clima subtropical de Argentina. Abanico Veterinario, 8(1). <https://doi.org/10.21929/abavet2018.81.2>

Villamil, E. (2019). TASA DE CLIVAJE CON SEMEN CONGELADO DE TOROS BRAHMAN EN FERTILIZACIÓN IN VITRO DURANTE ABRIL A SEPTIEMBRE DEL 2018. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Facultad de Ciencias Pecuarias. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/41fc4f1f-2b1e-4930-8f0a-1300d56e33be/content>

Yanes, J., Sepúlveda, R., & Diaz, H. (2019). La evaluación de la calidad de datos: una aproximación criptográfica. Obtenido de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-55462019000200557

ACUERDO 027 DEL 16 DEL 16 DE DICIEMBRE DE 2021
ARTÍCULO 46.- OPCIONES DE TRABAJO DE GRADO
OPCIÓN MONOGRAFÍA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Programa de Zootecnia (Acreditado Alta Calidad Res. MEN 009412 de 2022)

Evidencia anti-plagio - *Turnitin*

ARTÍCULO 61.- DEBERES	ARTÍCULO 62.- FALTAS
13. No cometer fraude académico o plagio en las pruebas de evaluación, exámenes o trabajos escritos presentados en desarrollo del proceso de aprendizaje y formación, así como el respeto a la propiedad intelectual.	1. El fraude: c. Utilizar citas o referencias falsas o registrar indebidamente referencias que no coincidan con las citas. d. Presentar como de su propia autoría la totalidad o parte de una obra, trabajo, documento o invención realizados por otra persona; incorporar un trabajo ajeno en el propio de tal forma que induzca a error al observador o lector en cuanto a la autoría de este.

Inserte una evidencia¹ del índice de similitud (%) arrojado por la herramienta *Turnitin* ↓



¹ Procedimiento: tome pantallazo del reporte de originalidad → Guarde el pantallazo como imagen (jpg/jpeg/png) en el PC → seleccione el recuadro o posicione el cursor dentro del recuadro (cuando el texto ya haya sido borrado) → Vaya a la barra de herramientas de Word - pestaña "Insertar" → función "Imágenes" → "Insertar imágenes desde este dispositivo" → seleccione el pantallazo (imagen jpg/jpeg/png) desde la ubicación de guardado en el PC → pique "Insertar".

0% - 25%

Permitido

El documento se puede entregar y radicar como propuesta (anteproyecto).

>25%

No permitido

El documento no se puede entregar ni radicar como propuesta (anteproyecto). Se hace obligatoria la revisión exhaustiva de este por parte del estudiante y el director para hacer los ajustes pertinentes.