



Evaluación del porcentaje de preñez, tras inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en vacas doble propósito, bajo cuatro sistemas de alimentación, en tres fincas de Maceo, Antioquia

Trabajo de grado para optar por el título de:

Médica Veterinaria

Lupita López Carmona

Asesor

Jessica Uribe Buriticá

Medica Veterinaria.

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de ciencias administrativas y agropecuarias

Medicina Veterinaria

Caldas, Antioquia

2025

Dedicatoria

A mis padres Edwin Alonso López Murillo y Natalia Marcela Carmona Alzate, por ser mi base firme, por sus sacrificios, su amor incondicional y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por creer en mí, incluso cuando yo dudaba, por ser mi ejemplo de fortaleza y constancia.

A mi querida hija Celeste Vélez López, el motor de mi vida, mi razón más profunda para seguir adelante. Este logro es también tuyo, y espero que un día te sientas tan orgullosa de mí como yo lo estaré siempre de ti.

A mi abuela María Josefina Murillo De López, por su sabiduría, sus oraciones y por ser ese pilar de amor incondicional que me sostiene incluso en la distancia; aunque ya no está físicamente, sigue viva en mi corazón. Su amor, sus palabras sabias y su fortaleza me han acompañado siempre.

A mi esposo Fredy Vélez Londoño, compañero de vida y sueños, por su apoyo inquebrantable, paciencia y fe en mí, aún en los momentos más difíciles. Gracias por caminar a mi lado en este proceso.

Este logro es fruto del amor y el respaldo de cada uno de ustedes. A todos, con todo mi corazón, ¡gracias!

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cuatro sistemas de alimentación, sobre el porcentaje de preñez en vacas de doble propósito, sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en tres fincas del municipio de Maceo, Antioquia. La IATF es una técnica que, mediante la utilización de hormonas, permite la manipulación del ciclo estral, con métodos para la sincronización del crecimiento folicular, control de la regresión del cuerpo lúteo y la inducción de la ovulación; lo cual, permite tener mayor número de animales inseminados (Martínez, L.C., 2009).

Se utilizaron cuarenta (40) vacas, las cuales se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos alimenticios: 1. Pasto *Brachiaria brizantha* y sal mineralizada 7.50% de fósforo. 2. Pasto de corte King Grass (*Pennisetum purpureum*), pasto *Brachiaria brizantha* y sal mineralizada 7.50% de fósforo. 3. Pasto *Brachiaria brizantha*, pasto de corte King Grass (*Pennisetum purpureum*), proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo. 4. Pasto *Brachiaria brizantha*, Proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo. Se aplicó un protocolo hormonal estandarizado de IATF y se realizó diagnóstico de gestación por palpación rectal a los 45 días post-inseminación. Los resultados preliminares indican que el mayor porcentaje de preñez se alcanzó en el grupo con suplementación con Pasto *Brachiaria brizantha*, pasto de corte King Grass (*Pennisetum purpureum*), proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo, mientras que el menor porcentaje se observó Pasto *Brachiaria brizantha* y sal mineralizada 7.50% de fósforo. Se concluye que una alimentación balanceada en forma oportuna, mejora significativamente la eficiencia reproductiva en programas de IATF.

Palabras claves: Vacas doble propósito, IATF, hormonas, protocolo de sincronización, sistema de alimentación, porcentaje de preñez.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of four feeding systems on the pregnancy rate in dual-purpose cows subjected to fixed-time artificial insemination (FTAI) in three farms in the municipality of Maceo, Antioquia. It is a technique that, through the use of hormones, allows for the manipulation of the estrous cycle, with methods for synchronizing follicular growth, controlling the regression of the corpus luteum, and inducing ovulation; which makes it possible to have a greater number of inseminated animals (Martínez, L.C., 2009).

The cows were randomly assigned to four feeding treatments: 1. *Brachiaria brizantha* grass and mineral salt with 7.50% phosphorus 2. King Grass (*Pennisetum purpureum*) forage, *Brachiaria brizantha* grass, and mineral salt with 7.50% phosphorus 3. *Brachiaria brizantha* grass, King Grass (*Pennisetum purpureum*) forage, 16% protein, and mineral salt with 7.50% phosphorus. 4. *Brachiaria brizantha* grass, 16% protein and mineral salt 7.50% phosphorus. A standardized hormonal IATF protocol was applied and pregnancy diagnosis was performed at 45 days post insemination. Preliminary results indicate that the highest percentage of pregnancy was reached in the group supplemented with *Brachiaria brizantha* grass, King Grass (*Pennisetum purpureum*), 16% protein, and mineral salt 7.50% phosphorus, while the lowest percentage was observed in *Brachiaria brizantha* grass and mineral salt 7.50% phosphorus. It is concluded that good nutrition and care significantly improve reproductive efficiency in IATF programs.

Keywords: Dual purpose cows, IATF, hormones, synchronization protocol, feeding system, pregnancy percentage.

Table de contenido

Introducción	8
Planteamiento del problema	9
Justificación	10
Objetivos.....	11
Objetivo general	11
Objetivo específico	11
Marco Teórico	12
Anatomía y fisiología reproductiva de la vaca	12
Nutrición y reproducción en bovinos	13
Condición corporal y otros factores que afectan la tasa de concepción	14
Biotecnologías reproductivas en bovinos	16
La IATF como herramienta reproductiva	18
Estudios previos sobre la relación entre nutrición y IATF	19
Metodología	21
Materiales y Métodos	22
Resultados	25
Discusión	30
Conclusión	32
Referencias.....	34

Índice De Tablas

Tabla 1: Hormonas que intervienen en el proceso de sincronización de las fases del celo en bovinos durante la IATF.....	13
Tabla 2: Identificación, Predominio racial, estado corporal y sistema de alimentación.....	25
Tabla 3: Registro de sincronización	26
Tabla 4: Registro del chequeo reproductivo	27

Índice De Figuras

Gráfica 1.....	28
Gráfica 2	29

Índice De Apéndice

Apéndice A	38
------------------	----

Introducción

La eficiencia reproductiva es un factor determinante en la rentabilidad de los sistemas de producción bovina doble propósito, (agronegocios, 2024, 5 de enero) especialmente en regiones tropicales como Maceo, Antioquia. Este sistema, que combina la producción de leche y carne, es fundamental para la sostenibilidad económica de numerosos pequeños y medianos productores en el país.

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se ha convertido en una herramienta clave para mejorar la genética del hato y optimizar el manejo reproductivo, al permitir sincronizar la ovulación sin necesidad de detectar el estro (Bó, Cutaia, Souza & Baruselli, 2009; Espinoza-Villavicencio et al., 2021). No obstante, su eficacia está influenciada por múltiples factores fisiológicos, ambientales y de manejo, siendo la nutrición uno de los más determinantes.

Una alimentación deficiente puede limitar la ciclicidad ovárica, reducir la concentración de hormonas clave y disminuir la tasa de concepción. Por el contrario, la suplementación adecuada con minerales, vitaminas, energía y proteína favorece la actividad reproductiva y la implantación embrionaria (Lucy, 2001; Butler, 2000; NRC, 2000).

Aunque existen estudios controlados sobre la IATF, aún es limitado el conocimiento sobre su desempeño reproductivo bajo distintos esquemas de alimentación en condiciones reales de finca, especialmente en zonas tropicales intermedias.

Este estudio tiene como objetivo evaluar el porcentaje de preñez en vacas doble propósito sometidas a IATF, considerando el efecto de cuatro sistemas de alimentación y suplementación, en tres fincas del municipio de Maceo, Antioquia.

Planteamiento del problema

A pesar de la creciente implementación de biotecnologías reproductivas como la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), muchas fincas de sistema doble propósito en el municipio de Maceo (Antioquia) continúan reportando porcentajes de preñez inferiores a lo esperado, con cifras cercanas al 55% en algunas unidades productivas (Finca La Soñadora, comunicación personal, 2024).

Una de las principales causas asociadas a este bajo desempeño reproductivo es la deficiencia nutricional, que afecta directamente la ciclicidad ovárica, la expresión del estro y la tasa de concepción, tanto en monta natural como en protocolos de inseminación artificial.

En zonas de trópico bajo como Maceo, el pastoreo extensivo, sin estrategias de suplementación adecuadas, puede resultar insuficiente para cubrir los requerimientos energéticos, proteicos y minerales de las vacas en edad reproductiva, afectando negativamente su condición corporal y eficiencia reproductiva.

Ante esta problemática, se hace necesario evaluar de manera sistemática el efecto de distintos sistemas de alimentación y suplementación sobre el porcentaje de preñez en vacas doble propósito sometidas a IATF, en condiciones reales de finca.

Justificación

En muchas zonas rurales como Maceo, Antioquia, los sistemas de producción bovina doble propósito enfrentan retos importantes para acceder de manera oportuna y constante a tecnologías reproductivas como la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Esto se debe, en parte, a factores logísticos, costos elevados o falta de personal capacitado en las fincas.

Aun así, la IATF sigue siendo una herramienta con alto potencial para mejorar la genética del hato y, con ello, incrementar la productividad por unidad de área. Sin embargo, en la práctica, su éxito no depende solo del protocolo utilizado, sino también de otros factores que suelen pasarse por alto, como el estado nutricional de las vacas.

En el trabajo de campo, es común encontrar que el pastoreo sin suplementación no logra cubrir las necesidades básicas de los animales, lo que impacta directamente en su condición corporal y, por tanto, en la tasa de preñez. Por eso, surge la necesidad de evaluar de forma sistemática cómo diferentes esquemas de alimentación y suplementación influyen en la respuesta reproductiva a la IATF, especialmente en condiciones reales de finca.

Este estudio busca generar información práctica y aplicable para los productores y técnicos que trabajan en contextos similares, y que necesitan tomar decisiones más acertadas sobre el manejo nutricional para obtener mejores resultados reproductivos sin depender exclusivamente de tecnologías costosas o fuera de su alcance.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el porcentaje de preñez en vacas doble propósito sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), considerando el efecto de cuatro sistemas de alimentación y suplementación, en tres fincas del municipio de Maceo, Antioquia..

Objetivos específicos

1. Seleccionar y clasificar, mediante palpación rectal, cuarenta hembras bovinas doble propósito, aptas sanitaria y reproductivamente.
2. Caracterizar los sistemas de alimentación implementados en tres fincas, identificando las diferencias entre la composición nutricional y su impacto sobre la condición corporal de los bovinos doble propósito.
3. Evaluar la tasa de preñez obtenida mediante inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en función del sistema de alimentación, analizando su relación con la condición corporal, la eficiencia reproductiva y la categoría fisiológica de los bovinos doble propósito.

Marco Teórico

Anatomía y fisiología reproductiva de la vaca

La comprensión básica de la anatomía y fisiología del aparato reproductor de la vaca es fundamental para el uso eficiente de biotecnologías como la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Desde la práctica veterinaria y en campo, conocer en detalle la estructura y funcionamiento del sistema reproductivo de la hembra bovina permite tomar decisiones más acertadas durante la aplicación del protocolo, optimizar las probabilidades de preñez y minimizar errores técnicos.

El aparato reproductor de la hembra bovina está conformado por estructuras externas e internas que trabajan de manera coordinada. La vulva representa la parte externa y visible, con funciones tanto reproductivas como urinarias, y da paso al vestíbulo y a la vagina, donde en monta natural se deposita el semen. Más adelante, el cérvix, una estructura de tejido denso con pliegues internos, cumple el papel de barrera protectora frente a agentes externos y es el punto clave que se debe atravesar cuidadosamente durante la inseminación artificial. Justo después, se encuentra el cuerpo uterino, que conecta los cuernos uterinos, sitio donde se aloja el embrión tras la fecundación.

En el extremo superior del sistema están los oviductos, también conocidos como trompas de Falopio, que actúan como el escenario donde ocurre la fecundación. Finalmente, los ovarios, órganos clave en el ciclo estral, son los responsables de liberar los óvulos y producir las principales hormonas sexuales: estrógeno y progesterona (Senger, 2005; Hafez & Hafez, 2000).

El ciclo estral en bovinos tiene una duración promedio de 21 días y se divide en cuatro fases: estro, Metaestro, diestro y Proestro. Durante el estro (celo), la vaca presenta receptividad al macho, se incrementa la secreción de estrógenos y se observa una descarga mucosa clara. Esta

etapa culmina con la ovulación, aproximadamente 10 a 15 horas después de finalizado el celo. En las siguientes fases, se forma y mantiene el cuerpo lúteo, que produce progesterona si ocurre gestación, o se regresa a la fase folicular si no hay concepción. Para una mejor comprensión de las hormonas que regulan cada una de estas fases y los eventos clave asociados, se presenta a continuación la tabla 1, que resume esta interacción hormonal dentro del ciclo estral en bovinos (Wiltbank & Kasson, 1965; Noakes, Parkinson & England, 2009).

Tabla 1: Hormonas que intervienen en el proceso de sincronización de las fases del celo en bovinos durante la IATF

Fase	Hormona principal	Evento destacado
Estro	Estrógenos	Conducta de celo y ovulación
Metaestro	Inicio de progesterona	Formación del cuerpo lúteo
Diestro	Progesterona	Dominio del cuerpo lúteo
Proestro	Estrógenos suben	Preparación para nuevo estro

Fuente: Elaboración propia 2025

La IATF aprovecha este conocimiento fisiológico para sincronizar artificialmente estas fases a través del uso controlado de hormonas, permitiendo inseminar a un grupo de vacas en un mismo momento, sin necesidad de detectar el celo. Por tanto, entender el funcionamiento cíclico del aparato reproductor no solo es necesario para aplicar la técnica, sino también para interpretar los resultados reproductivos de manera más completa.

Nutrición y reproducción en bovinos

La nutrición cumple un papel esencial en la eficiencia reproductiva de las vacas doble propósito, especialmente en sistemas donde la disponibilidad y calidad del forraje son limitadas o irregulares (Butler, 2000; Diskin & Kenny, 2016).

La glucosa y su disponibilidad metabólica son fundamentales para el desarrollo folicular, la ovulación y la expresión del celo. La vaca depende de una producción constante de glucosa a partir de fuentes como ácidos propiónicos derivados de la fermentación ruminal. Cuando existe un déficit energético, reflejado en niveles bajos de glucosa, disminuye la secreción de hormonas

reproductivas, se reduce la tasa de ovulación y se prolonga el anestro posparto. Para prevenir esta situación, es necesario asegurar una dieta que incluya forrajes de buena calidad, granos y suplementos que favorezcan una adecuada producción de glucosa a nivel hepático (Montiel & Ahuja, 2005; NRC, 2000).

La proteína también resulta clave, ya que interviene en la síntesis hormonal y en el mantenimiento del tracto reproductivo. Sin embargo, su exceso puede elevar los niveles de urea en sangre, lo cual genera un ambiente uterino desfavorable para la concepción (Butler, 2000; Lucy, 2001).

Por su parte, los minerales como el fósforo, calcio, magnesio, zinc, cobre y selenio desempeñan funciones específicas en el ciclo estral, la ovulación y el soporte del embrión. Por ejemplo, la deficiencia de fósforo puede causar anestro, mientras que el zinc favorece la síntesis de ADN, y el selenio junto con la vitamina E actúan como antioxidantes, protegiendo la viabilidad embrionaria (Suttle, 2010; NRC, 2000).

Las vitaminas, en especial la A y las del complejo B, son indispensables para la producción hormonal, el metabolismo energético y la salud uterina. Su deficiencia puede afectar la fertilidad, aun cuando la condición corporal aparente ser normal (Diskin & Kenny, 2016; Lucy, 2001).

Finalmente, es importante tener en cuenta que la tasa de concepción está influenciada por múltiples factores además de la nutrición, como la raza, el tipo de servicio (natural o artificial), el manejo reproductivo, la condición sanitaria del animal y la precisión en la aplicación de técnicas como la IATF

Condición corporal y otros factores que afectan la tasa de concepción

La tasa de concepción en bovinos sometidos a técnicas de biotecnología reproductiva, como la IATF, está influenciada por múltiples factores fisiológicos, sanitarios, técnicos y ambientales (Diskin & Kenny, 2016; Lucy, 2001). No de los más relevantes en campo es la condición corporal (CC), un método práctico de evaluación del estado nutricional de la vaca, que no requiere equipamiento especializado y resulta más representativo que el peso corporal, al ser independiente del tamaño del animal (Lowman et al., 1976; Van Niekerk & Louw, 1980).

La CC se evalúa a través de la observación y palpación de ciertas regiones anatómicas para determinar el nivel de cobertura grasa. El sistema más utilizado en bovinos de cría es la escala de 1 a 5 puntos, propuesta por Lowman, Scott y Somerville (1976) y Van Niekerk y Louw (1980), donde un valor de 1 representa un animal excesivamente delgado, y 5, uno con sobrepeso extremo. Se considera que el rango óptimo para la reproducción se encuentra entre 2.5 y 3.5. Valores inferiores a 2 suelen estar asociados a baja actividad ovárica, menor expresión del celo y mayor número de días abiertos; mientras que puntuaciones superiores a 4 pueden estar relacionadas con distocias, alteraciones metabólicas y menor eficiencia reproductiva.

Otro factor crítico es el momento de la inseminación. Si la inseminación no se realiza cerca del pico de ovulación, las probabilidades de fecundación disminuyen considerablemente. La IATF busca precisamente evitar esta variabilidad, sincronizando el celo mediante hormonas. Además, errores comunes como una detección deficiente del celo o una manipulación inadecuada del semen (exposición a la luz solar, descongelación incorrecta o niveles bajos de nitrógeno en los tanques) pueden afectar negativamente la tasa de preñez (Graves & Smith, 2010; Peters, Somers & Zimmermann, 1984).

La calidad seminal es otro elemento decisivo. Para ser considerado viable, el semen debe presentar un volumen adecuado (entre 3 y 15 ml), concentración espermática de al menos 500 a

1500 millones por dosis, motilidad superior al 70 %, morfología normal mayor al 80 %, y una coloración característica marfil opaco. Estos parámetros son fundamentales para garantizar una adecuada capacidad fecundante (Senger, 2005; Hafez & Hafez, 2000).

La salud uterina también juega un papel determinante. Patologías como la endometritis o la metritis, así como infecciones subclínicas, alteran el ambiente intrauterino y reducen la viabilidad embrionaria (Zemjamis, 1990; Noakes et al., 2009). En contextos de IATF, la presencia de estas afecciones puede anular por completo los beneficios del protocolo hormonal aplicado.

Biotechnologías reproductivas en bovinos

La biotecnología reproductiva ha permitido avances significativos en la productividad y el mejoramiento genético de los sistemas de producción bovina (Bó, Baruselli & Mapletoft, 2013). En especial, ha abierto nuevas posibilidades para pequeños y medianos productores que, de otra forma, tendrían acceso limitado a genética de alta calidad o a prácticas reproductivas más eficientes. Aunque existen múltiples técnicas disponibles, no todas tienen el mismo nivel de aplicabilidad o frecuencia de uso en contextos reales de finca. A continuación, se describen las principales, priorizando aquellas con mayor relevancia para los sistemas doble propósito.

La inseminación artificial (IA) es la técnica base sobre la cual se han desarrollado muchas de las biotecnologías reproductivas actuales. Su uso permite aprovechar la genética de toros de alto valor en múltiples hembras, sin necesidad de tenerlos físicamente en el hato, lo que también reduce el riesgo de transmisión de enfermedades venéreas (Palomares, de Ondiz & Sandoval, 2009). Además, facilita la planificación del calendario reproductivo, al permitir una mayor organización en los servicios. Aunque los resultados pueden variar según el manejo, la nutrición y

el estado general de los animales, la IA ha sido clave en la modernización de distintos sistemas de producción bovina.

Una variante más avanzada y ampliamente utilizada en zonas tropicales es la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Esta técnica utiliza hormonas para sincronizar la ovulación de un grupo de vacas, permitiendo su inseminación sin necesidad de observar signos de celo (Bo et al., 1994; Espinoza-Villavicencio et al., 2021). De esta manera, se optimiza el uso del personal, se mejora la tasa de concepción grupal y se facilita la planificación de las actividades ganaderas. Por su aplicabilidad práctica, la IATF es el eje central del presente estudio.

La transferencia de embriones (TE) es una técnica que consiste en extraer embriones de una vaca donadora de alto valor genético e implantarlos en vacas receptoras. Esto permite que una sola hembra produzca múltiples crías en un año (López-Gatius, 2012). Aunque su uso está más asociado a ganaderías especializadas, representa una opción para mejorar la genética en rebaños de élite.

La fertilización in vitro (FIV) permite obtener embriones a partir de ovocitos fertilizados fuera del cuerpo de la hembra. Esta técnica es útil en animales con problemas uterinos o que no pueden gestar de manera natural, aunque su costo y complejidad técnica han limitado su uso a programas reproductivos más sofisticados (Cutaia, 2006; Bó et al., 2009).

El sexado de semen es otra herramienta de gran interés, especialmente en ganaderías lecheras. Esta técnica permite seleccionar el sexo de la cría antes de la inseminación, lo cual resulta valioso en programas de reemplazo donde se desea obtener mayor proporción de hembras productoras (Madero et al., 2012).

Otras tecnologías como la clonación y la genómica basada en biomarcadores tienen aplicaciones más recientes y aún limitadas a nivel comercial. La clonación permite la producción de animales genéticamente idénticos a partir de células somáticas, y aunque es costosa y presenta desafíos bioéticos, ha demostrado utilidad en la conservación genética y en el desarrollo de líneas élite (Rian et al., 2025). Por su parte, la genómica permite seleccionar animales con mejores características productivas, sanitarias o reproductivas a través del análisis del ADN, lo cual es cada vez más común en programas de mejoramiento genético estructurado (Agronegocios, 2024).

En conclusión, si bien todas estas herramientas representan oportunidades para fortalecer la eficiencia reproductiva del hato, el enfoque del presente estudio recae en la aplicación de la IATF, por ser una técnica accesible, replicable en campo y directamente influenciada por factores como la nutrición, la condición corporal y el manejo reproductivo.

La IATF como herramienta reproductiva

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es una de las biotecnologías reproductivas más aplicadas en bovinos, especialmente en regiones donde la detección visual del celo representa un desafío por razones climáticas, de manejo o comportamiento animal. Esta técnica permite sincronizar de manera controlada el ciclo estral de las hembras, de modo que todas puedan ser inseminadas en un momento previamente definido, sin necesidad de identificar el celo de forma individual (Bó, Cutaia, Souza & Baruselli, 2009; Espinoza-Villavicencio et al., 2021).

La IATF se basa en la aplicación de protocolos hormonales que regulan la dinámica folicular y la ovulación. Estos protocolos combinan el uso de progestágenos (implantes intravaginales), prostaglandinas y gonadotropinas como la GnRH, con el fin de inducir una ovulación sincronizada. De esta manera, se puede programar con antelación el momento exacto de

la inseminación, lo que permite intervenir sobre un grupo de animales de forma simultánea y organizada (Bo, Adams, Pierson, Tribulo, Caccia & Mapletoft, 1994).

Entre sus principales ventajas se destacan la eliminación de la detección del celo, la optimización del uso de semen de alto valor genético y la mejora en la planificación del calendario reproductivo del hato. Además, se ha observado que la IATF puede aumentar la tasa de preñez en comparación con la inseminación convencional, especialmente en animales con baja expresión del celo o manejados en sistemas extensivos (Madero, De Dominicis, Cantalops, Uslenghi & Callejas, 2012). Esto la convierte en una herramienta estratégica para ganaderías doble propósito, donde las limitaciones de tiempo, personal o infraestructura hacen difícil la observación continua de las hembras.

No obstante, su eficacia está estrechamente relacionada con factores como el estado nutricional, la condición corporal, la salud uterina, la calidad del semen y la precisión en la aplicación del protocolo. Una correcta implementación exige capacitación técnica, cumplimiento riguroso de los tiempos y manejo adecuado de los animales durante todo el proceso.

En el contexto del presente estudio, la IATF representa no solo una técnica reproductiva, sino también una estrategia de intervención que permite evaluar de forma más controlada el impacto de distintos sistemas de alimentación sobre la tasa de concepción. Al estandarizar el momento de la inseminación, se reduce la variabilidad asociada al celo natural y se facilita la comparación entre tratamientos, fortaleciendo así la validez de los resultados obtenidos.

Estudios previos sobre la relación entre nutrición e IATF

En Colombia, se ha reportado que la implementación de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en sistemas doble propósito puede alcanzar tasas de preñez cercanas

al 66 %, como lo señalan Otero, Avilez y Garay (2015) en condiciones de finca. De manera complementaria, Vélez y Uribe (2021) documentaron resultados superiores en un estudio realizado entre 2019 y 2021, con tasas de preñez del 77 % y 67 % respectivamente. Estas cifras resaltan que, bajo condiciones adecuadas de manejo técnico y seguimiento nutricional, es posible optimizar el desempeño reproductivo más allá de lo registrado en trabajos previos.

En un estudio realizado con vacas cruzadas (*Bos indicus* × *Bos taurus*) en condiciones tropicales, se evaluaron tres protocolos hormonales de sincronización aplicados para inseminación artificial a tiempo fijo. Los resultados mostraron tasas de preñez del 39,1 % en dos de los tratamientos y del 21,7 % en el tercero. Además, se observó que la presencia de moco cristalino en el momento de la inseminación tuvo una asociación significativa con la probabilidad de preñez, destacando su utilidad como indicador complementario (Quevedo et al., 2023).

Además, un metaanálisis internacional demostró que los protocolos de inseminación al estilo IATF incrementan significativamente las tasas de preñez, gracias a su control hormonal, mejor coordinación del ciclo y eficiencia reproductiva (Rian et al., 2025).

Estos estudios muestran que, si bien la IATF tiene un gran potencial reproductivo, su eficacia está altamente dependiente del soporte nutricional y las condiciones de manejo. Por ello, el presente trabajo adquiere relevancia al evaluar las estrategias alimentarias específicas en vacas doble propósito, en un contexto real de finca, y cómo estas influyen directamente en el éxito de la IATF.

Metodología

- **Lugar.** Tres fincas ganaderas de Maceo, Antioquia.
- **Animales.** Vacas doble propósito, sanas, con condición corporal entre 3.5 y 4.5.
- **Diseño.** Cuatro tratamientos alimentación:
 - T1: Pasto Brachiaria brizantha y sal mineralizada 7.50% de fósforo
 - T2: Pasto de corte King Grass (Pennisetum purpureum), pasto Brachiaria brizantha y sal mineralizada 7.50% de fósforo
 - T3: Pasto Brachiaria brizantha, pasto de corte King Grass (Pennisetum purpureum), proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo
 - T4: Pasto Brachiaria brizantha, Proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo
- **Protocolo IATF.**
 - Día 0: aplicación de dispositivo intravaginal más benzoato de estradiol
 - Día 8: retiro de dispositivo aplicación de prostaglandina f2 alfa
 - Día 9: benzoato de estradiol 24 horas
 - Día 10: inseminación a tiempo fijo más GnRH 54 horas
- **Diagnóstico de preñez.** Por palpación a los 45 días de inseminación

Materiales y Métodos

Instrumental Para Inseminación Artificial A Tiempo Fijo

Equipo de inseminación artificial

La pistola de inseminar. es un tubo metálico o de acero inoxidable, en cuyo interior se coloca una pajilla de semen (una pequeña cápsula de plástico que contiene el semen congelado). La pistola está diseñada para guiar el semen hasta el útero de la vaca de forma precisa y controlada, asegurando que llegue al lugar ideal para la fecundación.

Fundas plásticas. Es una cubierta delgada, larga y desechable hecha de plástico flexible, que se coloca sobre la pistola de inseminación antes de introducirla en el aparato reproductor de la vaca. Su función principal es proteger el semen de contaminantes y garantizar condiciones higiénicas y sanitarias durante la inseminación. Se utiliza una por animal y algunas vienen con una tapa plástica protectora en la punta.

Pajillas plásticas. son contenedores de plástico estériles y desechables diseñados para conservar el semen bovino en nitrógeno líquido (-196 °C). Están selladas en ambos extremos y contienen una pequeña cantidad de semen junto con un medio crioprotector, con una capacidad 0.25 ml (mini) o 0.5 ml (estándar).

Corta pajillas. es una herramienta veterinaria pequeña pero esencial utilizada durante el proceso de inseminación artificial en bovinos. Su función principal es cortar limpiamente el extremo sellado de la pajilla plástica que contiene el semen, justo antes de cargarla en la pistola de inseminación.

Termómetro para descongelar semen. es un instrumento esencial en la inseminación artificial, ya que permite controlar con precisión la temperatura del agua durante el proceso de descongelación de las pajillas de semen bovino, La temperatura ideal para descongelar semen es de 35 °C a 37 °C, y mantener ese rango es crítico para preservar la viabilidad del esperma. Si el agua está demasiado fría o caliente, los espermatozoides pueden morir o perder movilidad, reduciendo las probabilidades de preñez.

Termo descongelador. Es un vaso o recipiente, generalmente con control de temperatura, donde se coloca agua a la temperatura ideal y se sumergen las pajillas para descongelarlas suavemente y mantenerlas calientes hasta la inseminación.

El termo criogénico portátil (también conocido como termo de nitrógeno líquido).es un equipo fundamental en la inseminación artificial y conservación de semen bovino, ya que permite almacenar las pajillas de semen congelado a temperaturas ultra bajas (-196 °C) usando nitrógeno líquido.

Toallas de papel. Esta se utiliza para secar la pajilla de semen después de descongelarla, antes de cargarla en la pistola, Limpiar la vulva de la vaca para eliminar suciedad, moco o residuos antes de introducir la pistola, Limpiar instrumentos (superficialmente) como el corta pajillas o el termo descongelado.

Guantes plásticos de palpación. Son un insumo esencial en la práctica veterinaria, especialmente durante procedimientos como la inseminación artificial (IA), la palpación rectal y el diagnóstico de gestación en bovinos.

Lubricante (Aceite Mineral). Es un producto ampliamente utilizado en la inseminación artificial, el examen rectal, y otras prácticas veterinarias que requieren introducir la mano o instrumentos en el tracto reproductivo o digestivo de animales como bovinos.

Primero se identifica las hembras en condiciones óptimas para inseminar (salud, edad, estado reproductivo), el protocolo que se utilizó para el programa de inseminación artificial a tiempo fijo en el municipio de Maceo, consiste en el uso de Pluselar (dispositivo intravaginal) que contiene 0,6 g de progesterona micronizada, la cual es la hormona controladora del ciclo estral en el bovino ; este dispositivo se implanta en la vagina de la vaca el día cero (0) por un lapso de ocho (8) días, periodo durante el cual se libera la progesterona. Al producirse esta hormona, hace que se bloquee el ciclo y en el momento en que se retira el dispositivo se reanuda el ciclo y provoca la ovulación de las vacas. Además, del dispositivo, se aplican vía intramuscular dos (2) cm benzoato de estradiol; al día 8, se retiran los dispositivos y se aplican vía intramuscular dos (2) cm de D (+) Cloprostenol 0.0075 g; al día 9 se aplica vía intramuscular un (1) cm de Benzoato de estradiol y al día diez (10) se realiza la inseminación a tiempo fijo a las cincuenta y dos (52) a cincuenta y cuatro (54) horas luego de retirado el dispositivo; el semen que se utilizó fue del ejemplar Naipe - Girolando 5/8

Este protocolo se realizó en el año 2025, en tres (3) predios del municipio de Maceo-Antioquia , seleccionando cuarenta (40) vacas, caracterizadas genéticamente como ejemplares mestizos (*Bos taurus* x *Bos indicus*), con una condición corporal (cc) entre 3.5 a 4.5 (en una escala de 1 a 5 donde 1: es muy flaca y 5: muy gorda); además, por registros se verificó que estaban entre 1 a 4 partos.

Este grupo de vacas fue subdividido en cuatro (4) lotes de diez (10) ejemplares cada uno, sometendolos a los siguientes planes de alimentación: T1: Pasto *Brachiaria brizantha* y sal

mineralizada 7.50% de fósforo, T2: Pasto de corte King Grass (*Pennisetum purpureum*), pasto *Brachiaria brizantha* y sal mineralizada 7.50% de fósforo, T3: Pasto *Brachiaria brizantha*, pasto de corte King Grass (*Pennisetum purpureum*), proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo T4: Pasto *Brachiaria brizantha*, Proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo.

Resultados

De acuerdo con el inicio del proyecto de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en vacas doble propósito sometidas a cuatro sistemas de alimentación, en tres fincas de Maceo, Antioquia, se obtuvo los siguientes resultados:

Sistema de alimentación (T1: Pasto *Brachiaria brizantha* y sal mineralizada 7.50% de fósforo, T2: Pasto de corte King Grass (*Pennisetum purpureum*), pasto *Brachiaria brizantha* y sal mineralizada 7.50% de fósforo, T3: Pasto *Brachiaria brizantha*, pasto de corte King Grass (*Pennisetum purpureum*), proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo T4: Pasto *Brachiaria brizantha*, Proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo).

Evaluación del porcentaje de preñez, como resultado de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en vacas doble propósito sometidas a cuatro sistemas de alimentación, en tres fincas de Maceo, Antioquia						
Identificación, predominio racial, estado corporal, sistema de alimentación y número de partos						
Predio	Consecutivo	Identificación	Condición corporal (1/5)	Nº de partos	Predominio racial	Sistema de alimentación
La Sonadora	1	Dazter	3.5/5	1	Girolando	4
La Sonadora	2	Cenicenta	4.5/5	1	Jersey	4
La Sonadora	3	Turróna	4/5	2	Girolando	4
La Sonadora	4	Tunga	4/5	2	Simmental	2
La Sonadora	5	Rubí	3.5/5	2	Jersey	2
La Sonadora	6	Campera	3.5/5	2	Simmental	2
La Sonadora	7	Astrid	3.5/5	2	Simmental	2
La Sonadora	8	Serapia	4.5/5	2	Girolando	2
La Sonadora	9	Diablita	4/5	3	Girolando	2
La Sonadora	10	Ruca	4/5	3	Pardo suizo	2
La Sonadora	11	Valentina	4/5	3	Ayrshire	4
La Sonadora	12	Bertha	3.5/5	4	Simmental	4
La Sonadora	13	Christina	4.5/5	8	Pardo suizo	2
La Sonadora	14	Luci	4/5	2	Simmental	4
La Sonadora	15	Carisucia	4/5	4	Girolando	2
La Sonadora	16	Clavellina	4/5	2	Simmental	2
La Sonadora	17	Eva	3.5/5	4	Jersey	4
La Sonadora	18	Medusa	4/5	3	Girolando	4
La Sonadora	19	Sara	3.5/5	1	Simmental	4
La Sonadora	20	Ratona	4/5	1	Simmental	4
Villa Miruza	21	La chilindrina	4/5	2	Simmental	3
Villa Miruza	22	China	3/5	2	Simmental	3
Villa Miruza	23	Cuatro ojos	3.5/5	4	Jersey	3
Villa Miruza	24	La Sonsa	3.5/5	2	Girolando	3
Villa Miruza	25	Mantequilla	3.5/5	4	Girolando	3
Villa Miruza	26	La 55	4/5	1	Jersey	3
Villa Miruza	27	Dority	4/5	2	Girolando	3
Villa Miruza	28	Carmen	3.5/5	1	Simmental	3
Villa Miruza	29	Mila	4/5	1	Girolando	3
Villa Miruza	30	Lupita	3.5/5	1	Simmental	3
Las Agüitas	31	Mona	4/5	3	Girolando	1
Las Agüitas	32	Careta	4/5	1	Simmental	1
Las Agüitas	33	Lucero	4/5	4	Simmental	1
Las Agüitas	34	Sardina	3.5/5	3	Girolando	1
Las Agüitas	35	Princesa	4.5/5	4	Simmental	1
Las Agüitas	36	Raya	4/5	1	Girolando	1
Las Agüitas	37	Panchita	3.5/5	8	Jersey	1
Las Agüitas	38	Nutria	4/5	3	Girolando	1
Las Agüitas	39	La bandera	4/5	8	Girolando	1
Las Agüitas	40	Luna	3.5/5	3	Girolando	1

Tabla 2: Fuente: Elaboración propia 2025

Durante el proyecto se inició con el registro de sincronización con el predio la sonadora, considerando por que era el predio mas grande y con dos sistemas de alimentación diferente (T2-T4), pasando a villa miruza el cual maneja el sistema de alimentación T3 y por último el predio de las agüitas el cual utiliza el sistema de alimentación T1.

Evaluación del porcentaje de preñez, como resultado de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en vacas doble propósito sometidas a cuatro sistemas de alimentación, en tres fincas de Maceo, Antioquia							
Registro de sincronizacion							
Predio	Consecutivo	Identificación	Predominio racial	Día 0	Día 8	Día 9	Día 10 (IATF)
La Sonadora	1	Dazter	Girolando	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	2	Cenicienta	Jersey	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	3	Turrona	Girolando	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	4	Tunga	Simmental	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	5	Rubí	Jersey	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	6	Campera	Simmental	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	7	Astrid	Simmental	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	8	Serapia	Girolando	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	9	Diablita	Girolando	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	10	Ruca	Pardo suizo	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	11	Valentina	Ayrshire	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	12	Bertha	Simmental	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	13	Christina	Pardo suizo	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	14	Luci	Simmental	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	15	Carisucia	Girolando	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	16	Clavellina	Simmental	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	17	Eva	Jersey	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	18	Medusa	Girolando	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	19	Sara	Simmental	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
La Sonadora	20	Ratona	Simmental	26/03/2025	3/04/2025	4/04/2025	5/04/2025
Villa Miruza	21	La chilindrina	Simmental	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Villa Miruza	22	China	Simmental	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Villa Miruza	23	Cuatro ojos	Jersey	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Villa Miruza	24	La Sonsa	Girolando	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Villa Miruza	25	Mantequilla	Girolando	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Villa Miruza	26	La 55	Jersey	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Villa Miruza	27	Dority	Girolando	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Villa Miruza	28	Carmen	Simmental	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Villa Miruza	29	Mila	Girolando	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Villa Miruza	30	Lupita	Simmental	29/03/2025	6/04/2025	7/04/2025	8/04/2025
Las Agüitas	31	Mona	Girolando	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025
Las Agüitas	32	Careta	Simmental	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025
Las Agüitas	33	Lucero	Simmental	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025
Las Agüitas	34	Sardina	Girolando	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025
Las Agüitas	35	Princesa	Simmental	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025
Las Agüitas	36	Raya	Girolando	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025
Las Agüitas	37	Panchita	Jersey	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025
Las Agüitas	38	Nutria	Girolando	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025
Las Agüitas	39	La bandera	Girolando	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025
Las Agüitas	40	Luna	Girolando	30/03/2025	7/04/2025	8/04/2025	9/04/2025

Tabla 3: Fuente: Elaboración propia 2025

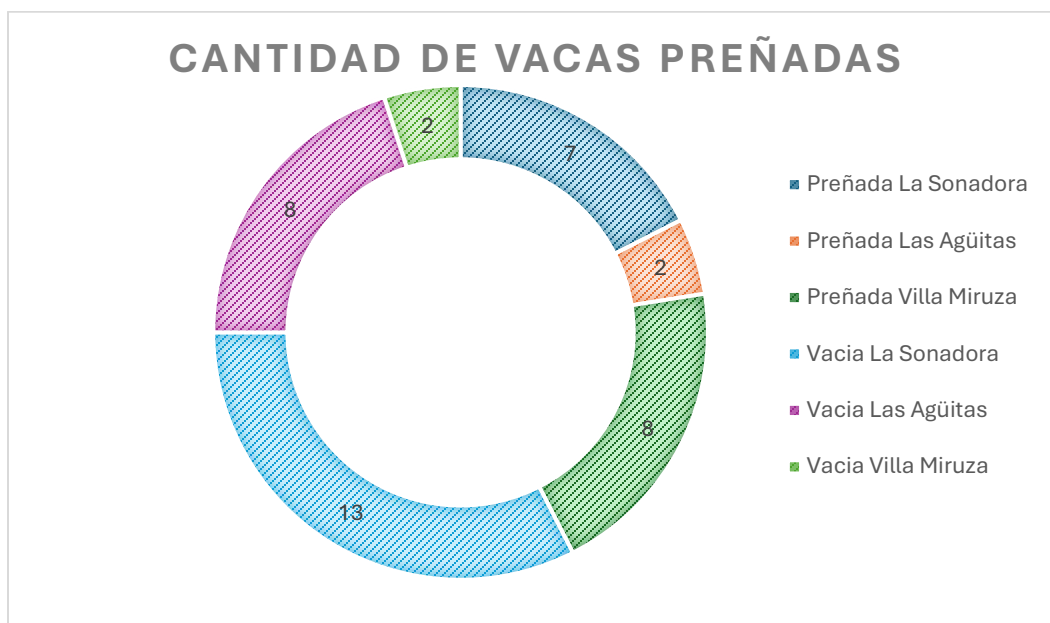
De acuerdo con el protocolo realizado a las cuarenta (40) vacas en los meses de marzo y abril del año 2025 se esperó un periodo de cuarenta y cinco (45) días en el cual los operarios reportaron entre una (1) a dos (2) vacas que repitieron celo.

Evaluación del porcentaje de preñez, como resultado de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en vacas doble propósito sometidas a cuatro sistemas de alimentación, en tres fincas de Maceo, Antioquia							
Identificación, Predominio racial, estado corporal, sistema de alimentación y chequeo reproductivo							
Predio	Consecutivo	Identificación	Condición corporal (1/5)	Nº de partos	Predominio racial	Sistema de alimentación	Chequeo Reproductivo
La Sonadora	1	Dazter	3.5/5	1	Girolando	4	Vacia
La Sonadora	2	Cenicienta	4.5/5	1	Jersey	4	Vacia
La Sonadora	3	Turrona	4/5	2	Girolando	4	Vacia
La Sonadora	4	Tunga	4/5	2	Simmental	2	vacia
La Sonadora	5	Rubí	3.5/5	2	Jersey	2	Preñada
La Sonadora	6	Campera	3.5/5	2	Simmental	2	Vacia
La Sonadora	7	Astrid	3.5/5	2	Simmental	2	Vacia
La Sonadora	8	Serapia	4.5/5	2	Girolando	2	Vacia
La Sonadora	9	Diablita	4/5	3	Girolando	2	Vacia
La Sonadora	10	Ruca	4/5	3	Pardo suizo	2	Vacia
La Sonadora	11	Valentina	4/5	3	Ayrshire	4	Preñada
La Sonadora	12	Bertha	3.5/5	4	Simmental	4	Preñada
La Sonadora	13	Christina	4.5/5	8	Pardo suizo	2	Vacia
La Sonadora	14	Luci	4/5	2	Simmental	4	Vacia
La Sonadora	15	Carisucia	4/5	4	Girolando	2	Preñada
La Sonadora	16	Clavellina	4/5	2	Simmental	2	Preñada
La Sonadora	17	Eva	3.5/5	4	Jersey	4	Preñada
La Sonadora	18	Medusa	4/5	3	Girolando	4	Vacia
La Sonadora	19	Sara	3.5/5	1	Simmental	4	Preñada
La Sonadora	20	Ratona	4/5	1	Simmental	4	Vacia
Villa Miruza	21	La chilindrina	4/5	2	Simmental	3	Vacia
Villa Miruza	22	China	3/5	2	Simmental	3	Preñada
Villa Miruza	23	Cuatro ojos	3.5/5	4	Jersey	3	Preñada
Villa Miruza	24	La Sonsa	3.5/5	2	Girolando	3	Preñada
Villa Miruza	25	Mantequilla	3.5/5	4	Girolando	3	Preñada
Villa Miruza	26	La 55	4/5	1	Jersey	3	Preñada
Villa Miruza	27	Dority	4/5	2	Girolando	3	Preñada
Villa Miruza	28	Carmen	3.5/5	1	Simmental	3	Preñada
Villa Miruza	29	Mila	4/5	1	Girolando	3	Vacia
Villa Miruza	30	Lupita	3.5/5	1	Simmental	3	Preñada
Las Agüitas	31	Mona	4/5	3	Girolando	1	Vacia
Las Agüitas	32	Careta	4/5	1	Simmental	1	Vacia
Las Agüitas	33	Lucero	4/5	4	Simmental	1	Vacia
Las Agüitas	34	Sardina	3.5/5	3	Girolando	1	Vacia
Las Agüitas	35	Princesa	4.5/5	4	Simmental	1	Preñada
Las Agüitas	36	Raya	4/5	1	Girolando	1	Vacia
Las Agüitas	37	Panchita	3.5/5	8	Jersey	1	Vacia
Las Agüitas	38	Nutria	4/5	3	Girolando	1	Vacia
Las Agüitas	39	La bandera	4/5	8	Girolando	1	Preñada
Las Agüitas	40	Luna	3.5/5	3	Girolando	1	Vacia

Tabla 4: Fuente: Elaboración propia 2025

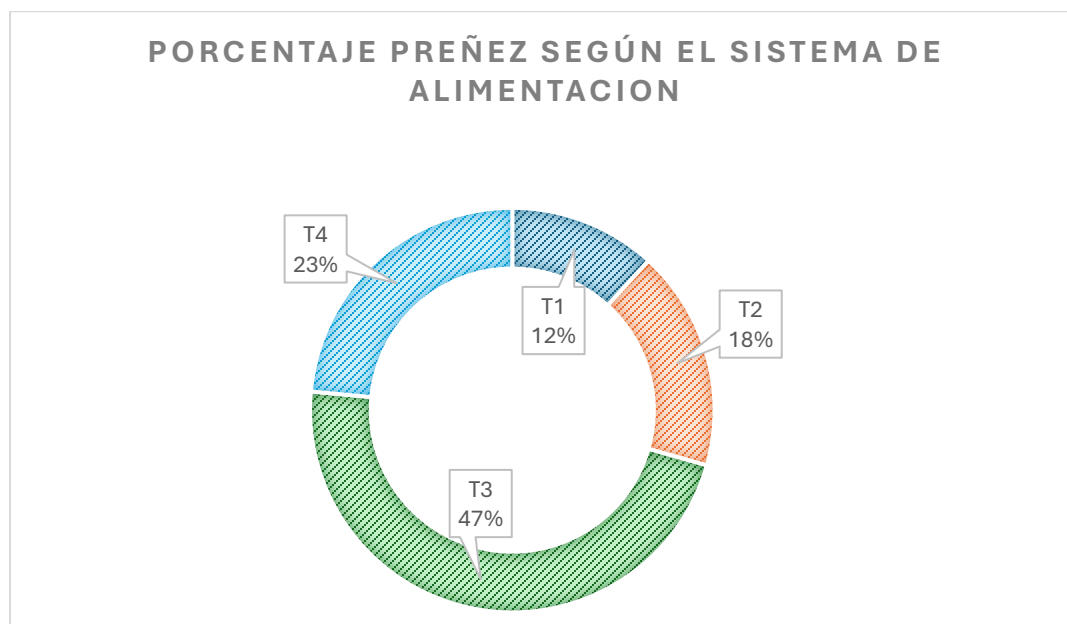
En el predio la sonadora, el 20 mayo de 2025 se realizó chequeo reproductivo mediante palpación rectal, obteniendo como resultado siete (7) hembras preñadas y trece (13) vacías; lo mismo se realizó el día 23 de mayo en el predio villa miruza obteniendo como resultado ocho (8) vacas preñadas y dos (2) vacía y en el predio las agüitas se realizaron el 24 de mayo el resultado obtenido fue dos (2) vacas preñas y ocho (8) vacías.

Grafica 1



Durante el proyecto, los cuatro sistemas de alimentación con un porcentaje de preñez del 100% fueron divididos de la siguiente manera T1: Pasto Brachiaria brizantha y sal mineralizada 7.50% de fósforo **Obtuvo porcentaje de 12%**, T2: Pasto de corte King Grass (Pennisetum purpureum), pasto Brachiaria brizantha y sal mineralizada 7.50% de fósforo el cual **obtuvo un porcentaje de 18%**, T3: Pasto Brachiaria brizantha, pasto de corte King Grass (Pennisetum purpureum), proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo con **un porcentaje de 47%** y T4: Pasto Brachiaria brizantha, Proteína al 16% y sal mineralizada 7.50% de fósforo con **un porcentaje de 23%**. Después de este porcentaje de preñez es un indicador clave en la eficiencia reproductiva del ganado, y está directamente relacionado con el estado nutricional de los animales. La alimentación influye en la condición corporal, en el funcionamiento del aparato reproductor y en la respuesta hormonal.

Grafica 2



Discusión

El presente estudio evaluó el impacto de cuatro sistemas de alimentación sobre el porcentaje de preñez posterior a la aplicación de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas doble propósito. Los resultados evidencian una relación directa entre la calidad de la dieta y la eficiencia reproductiva, expresada en los distintos porcentajes de concepción alcanzados por cada tratamiento.

El tratamiento T3, que combinó pasto *Brachiaria brizantha*, pasto de corte King Grass (*Pennisetum purpureum*), suplemento proteico al 16% y sal mineralizada con 7.5% de fósforo, alcanzó el mayor porcentaje de preñez (47%). Esta combinación representa una dieta más balanceada, tanto en términos de energía como de proteína, lo que favorece una mejor condición corporal, mayor actividad ovárica y una respuesta más eficiente al protocolo hormonal de IATF. Estos resultados concuerdan con estudios de López-Gatius (2012) y Diskin & Kenny (2016), quienes reportaron una asociación positiva entre el suplemento proteico/energético y el éxito reproductivo en vacas bajo IATF.

En contraste, el tratamiento T1, basado únicamente en pasto *Brachiaria brizantha* y sal mineralizada, obtuvo el menor porcentaje de preñez (12%). Este sistema, aunque básico y común en zonas tropicales, probablemente no cubre los requerimientos nutricionales mínimos para restaurar la función reproductiva posparto, lo que puede haber provocado anestro prolongado o deficiente desarrollo folicular.

El tratamiento T2, que introdujo el pasto de corte King Grass al sistema de T1, logró una mejora modesta en el porcentaje de preñez (18%), lo que sugiere que la diversificación del forraje

tuvo cierto efecto positivo, aunque insuficiente sin suplementación proteica adicional. Por otro lado, el tratamiento T4, que incluyó proteína al 16% junto con *Brachiaria* y sal mineralizada, mostró un 23% de preñez, superior al T1 y T2, lo que resalta el impacto directo del aporte proteico, incluso en ausencia del pasto de corte.

La alimentación influye directamente en los mecanismos fisiológicos que controlan la reproducción. Una dieta deficiente puede conducir a un balance energético negativo, comprometiendo la secreción pulsátil de GnRH, LH y FSH, lo que retrasa la reanudación de la ciclicidad posparto y reduce la tasa de ovulación. Adicionalmente, niveles bajos de fósforo y proteína en la dieta afectan el desarrollo folicular y la calidad del cuerpo lúteo, comprometiendo la implantación y mantenimiento de la gestación (Lucy, 2001; NRC, 2001).

El hecho de que ningún tratamiento haya alcanzado porcentajes de preñez superiores al 50% también sugiere posibles factores adicionales limitantes, como el estrés térmico, la condición corporal al inicio del protocolo, o la técnica de inseminación, aunque la variable nutricional aparece como la más determinante en este caso.

Los resultados de este estudio refuerzan la importancia de implementar estrategias de alimentación adaptadas a cada etapa fisiológica del animal, especialmente durante los programas de sincronización e inseminación. La inclusión de suplementación proteica estratégica y forrajes de alta calidad, como se observó en el T3, se asocia con mejoras importantes en la eficiencia reproductiva.

Para los sistemas doble propósito tropicales, donde las condiciones son más limitantes, se recomienda establecer planes de alimentación que garanticen la cobertura de requerimientos

nutricionales mínimos durante el periodo reproductivo activo, con énfasis en proteína, energía y minerales como el fósforo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian de forma clara que la alimentación tiene un efecto determinante en el porcentaje de preñez de vacas doble propósito sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). La comparación entre los cuatro sistemas evaluados permitió identificar que los animales que recibieron una dieta más completa y balanceada, que incluía forrajes de calidad, suplemento proteico al 16% y minerales (T3), alcanzaron el mayor porcentaje de preñez (47%), mientras que aquellos con una dieta más limitada basada únicamente en pasto *Brachiaria brizantha* y sal mineralizada (T1) mostraron una marcada reducción en los niveles de fertilidad (12%).

Este comportamiento puede explicarse por el hecho de que la nutrición influye directamente en el equilibrio hormonal, la actividad ovárica, la ciclicidad posparto y la calidad del ambiente uterino. En situaciones donde el animal no alcanza un adecuado balance energético y proteico, se presentan alteraciones endocrinas que afectan la liberación de GnRH, FSH y LH, interfiriendo en la ovulación y la capacidad de concepción (Lucy, 2001; Butler, 2000). Además, la disponibilidad de micronutrientes como el fósforo también es clave en la función reproductiva, ya que su deficiencia puede retrasar la aparición del celo y reducir la tasa de concepción (National Research Council [NRC], 2001).

El tratamiento T3, que mostró los mejores resultados, refleja un manejo nutricional más adecuado y adaptado a las demandas reproductivas del animal. Por el contrario, T2 y T4 mostraron porcentajes de preñez intermedios (18% y 23%, respectivamente), lo que indica que la inclusión de proteína o pasto de corte mejora ligeramente los resultados, pero no es suficiente si no se logra un adecuado equilibrio nutricional total. Esto resalta que no basta con incorporar un solo tipo de

mejora, sino que se requiere un sistema de alimentación integral, que contemple cantidad, calidad y disponibilidad constante de nutrientes durante el proceso reproductivo.

En sistemas doble propósito tropicales, donde los recursos pueden ser limitados, estas observaciones resultan especialmente valiosas. La eficiencia reproductiva representa un factor determinante en la rentabilidad del sistema, y la implementación de estrategias nutricionales bien planificadas puede maximizar el retorno de tecnologías reproductivas como la IATF. Así, es fundamental que los programas de mejoramiento genético y reproducción estén alineados con una política de alimentación que garantice la funcionalidad reproductiva de la hembra, particularmente en periodos críticos como el posparto y la sincronización.

Por tanto, se concluye que la alimentación influye significativamente en los resultados reproductivos bajo protocolos de IATF, y que una estrategia de suplementación adecuada puede marcar la diferencia entre el éxito o el fracaso de estos programas. Se recomienda a los productores implementar prácticas nutricionales sostenibles y adaptadas al entorno local, y combinar forrajes de calidad con suplementos estratégicos para lograr mejores índices de fertilidad en ganado doble propósito.

Referencias

- Agronegocios.co. (2024, 5 de enero). Así va el mejoramiento genético de bovinos en Colombia. Recuperado el 27 de agosto de 2025, de <https://www.agronegocios.co/finca/asi-va-el-mejoramiento-genetico-de-bovinos-3996867>
- Bo, G. A., Adams, G. P., Pierson, R. A., Tribulo, H. E., Caccia, M., & Mapletoft, R. J. (1994). Follicular-wave dynamics after estradiol 17 β treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology*, 41, 1555–1569.
- Bó, G. A., Baruselli, P. S., & Mapletoft, R. J. (2013). Synchronisation techniques to increase the utilisation of artificial insemination in beef and dairy cattle. *Animal*, 7(s1), 144–162. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000027>
- Bó, G. A., Cutaia, L. E., Souza, A. H., & Baruselli, P. S. (2009). Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche utilizando dispositivos con progesterona. [Artículo técnico]. *Genética Selecta*.
- Butler, W. R. (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*, 60–61, 449–457. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00076-2)
- Clavel Diaz-Quevedo, C., Ramírez García, A., Torres Bernal, L., Cáceres Coral, J., Ampuero Trigos, G., & Saucedo-Uriarte, J. A. (2023). Effect of different protocols of fixed-time artificial insemination on mucus, ovarian size, and pregnancy of mixed-breed cows in the humid tropics of Peru. *Veterinary Medicine International*, 2023, Article 9942021. <https://doi.org/10.1155/2023/9942021>

- Cutaia, M. V. L. (2006). Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF): una herramienta para el mejoramiento genético. Instituto de Reproducción Animal Córdoba; Syntex SA.
- Diskin, M. G., & Kenny, D. A. (2016). Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal*, 10(2), 1–12. <https://doi.org/10.1017/S175173111500197X>
- Espinoza-Villavicencio, J. L., Palacios-Espinosa, A., Ortega-Pérez, R., Guillén-Trujillo, A., & Manríquez-Hirales, E. (2021). Inseminación artificial a tiempo fijo y reinseminación de vacas para carne tratadas con y sin gonadotropina coriónica equina. *Nova scientia*, 13(27), 00009. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2747>
- Graves, D. L., & Smith, J. A. (2010). Errores comunes en la inseminación artificial bovina. Actualización en manejo técnico para IATF. Referido en “Experiencia del personal inseminador artificial”.
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (2000). *Reproduction in Farm Animals* (7^a ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- López-Gatius, F. (2012). Factors of a successful embryo transfer in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(s4), 104–110. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02050.x>
- Lowman, B. G., Scott, N., & Somerville, S. (1976). Condition scoring of cattle. Edinburgh: East of Scotland College of Agriculture, Bulletin No. 6.

Lucy, M. C. (2001). Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *Journal of Dairy Science*, 84(6), 1277–1293. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0)

Madero, S., De Dominicis, O., Cantallops, F., Uslenghi, G., & Callejas, S. (2012). Efecto de dos dosis de cipionato de estradiol y del rango horario para la IATF sobre la tasa de preñez en vaquillonas. *Revista Veterinaria*, 23(1). http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-68402012000100009

Montiel, F., & Ahuja, C. (2005). Nutricional influencia en el anestro postparto y secreción pulsátil de LH. *Revista Genética Bovina*. hemeroteca.unad.edu.co

Noakes, D. E., Parkinson, T. J., & England, G. C. W. (2009). *Veterinary Reproduction and Obstetrics* (9^a ed.). Saunders Elsevier.

NRC (National Research Council). (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (7^a ed.). National Academies Press.

Otero, R. S., Avilez, M. V., & Garay, O. V. (2015). Impacto de la utilización de inseminación artificial con detección de celo e inseminación artificial a término fijo en vacas mestizas manejadas bajo el sistema doble propósito. *Revista Científica*, 25(1), 57–62. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95934122009.pdf>

Palomares, S. R., de Ondiz, A., & Sandoval, J. (2009). Revisión de los protocolos empleados en la sincronización de celos en bovinos (Trabajo de grado). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA).

- Peters, R. R., Somers, J. C., & Zimmermann, M. F. (1984). Impacto de la habilidad del técnico en la fertilidad bovina. *Revista Genética Bovina*.
- Saldarriaga, E. F. (2009). Análisis comparativo entre inseminación artificial a tiempo fijo e inseminación artificial a celo detectado, con sus variables económicas reproductivas (Tesis de pregrado). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Senger, P. L. (2005). *Pathways to Pregnancy and Parturition* (2^a ed.). Current Conceptions Inc.
- Sisson, S., & Grossman, J. D. (1975). *Anatomy of the Domestic Animals*. Saunders.
- Suttle, N. F. (2010). *The Mineral Nutrition of Livestock* (4^a ed.). CABI Publishing.
- Van Niekerk, C. H., & Louw, D. F. (1980). Condition scoring of beef cattle. *Farming in South Africa*, Department of Agriculture and Fisheries.
- Vélez, C., & Uribe, N. (2015). Evaluación del porcentaje de preñez como resultado de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en vacas doble propósito sometidas a cuatro sistemas de alimentación, en tres fincas de Maceo, Antioquia [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Lasallista].
- Wiltbank, J. N., & Kasson, C. W. (1965). Synchronization of oestrus in cattle with an oral progestational agent and an injection of an estrogen. *Journal of Animal Science*, 24, 990–994.
- Zemjamis, A. (1990). Involución uterina en vacas posparto. *Revista Genética Bovina*.

Apéndice A



