



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL
PROGRAMA UTCGEN EN EL CANTÓN LATACUNGA, 2024”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Médico
Veterinario

Autor:

Tapia Yugsi Mauricio Xavier

Tutor:

Molina Cuasapaz Edie Gabriel

LATACUNGA – ECUADOR

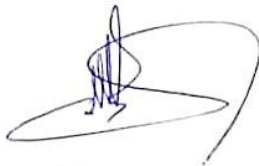
Julio 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Tapia Yugsi Mauricio Xavier, con cédula de ciudadanía No. 0504271123, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL PROGRAMA UTCGEN EN EL CANTÓN LATACUNGA, 2024”, siendo el MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Mtr. Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 23 de julio del 2025



Mauricio Xavier Tapia Yugsi
C.C: 0504271123
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **TAPIA YUGSI MAURICIO XAVIER**, identificado con cédula de ciudadanía **0504271123** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL PROGRAMA UTCGEN EN EL CANTÓN LATACUNGA, 2024”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2025

Tutor: MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Mtr.

Tema: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL PROGRAMA UTCGEN EN EL CANTÓN LATACUNGA, 2024”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que LA CESIONARIA no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido EL CEDENTE declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de LA CESIONARIA el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo EL CEDENTE podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de EL CEDENTE en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 23 días del mes de julio del 2025.



Mauricio Xavier Tapia Yugsi
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL PROGRAMA UTCGEN EN EL CANTÓN LATACUNGA, 2024”, de Tapia Yugsi Mauricio Xavier, de la carrera de Medicina Veterinaria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 23 de julio del 2025



MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Mtr.
C.C: 1722547278
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN


En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Tapia Yugsi Mauricio Xavier, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL PROGRAMA UTCGEN EN EL CANTÓN LATACUNGA, 2024”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 23 de julio del 2025


MVZ. Cristian Arcos Álvarez, Mg.
C.C: 1803675634
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


MVZ. Dina Veloz Veloz, M.Sc.
C.C: 1720299302
LECTOR 2 (MIEMBRO)


MVZ. Cristian Beltrán Romero, Mg.
CC: 0501942940
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar esta etapa de mi formación profesional. A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por proporcionarme el espacio académico para crecer como investigador, y a mis docentes y director de tesis, por su guía constante y valiosos aportes. Extiendo mi gratitud a mi familia, especialmente a mis padres, por su amor incondicional, apoyo y motivación en cada paso de este proceso. A los ganaderos del cantón Latacunga y al equipo técnico del programa, gracias por su colaboración y disposición, sin la cual este trabajo no habría sido posible.

Finalmente, a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al desarrollo de esta investigación, les expreso mi más sincero agradecimiento.

Mauricio Xavier Tapia Yugsi

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a mis padres, Galo y Marina por ser mi guía, mi fortaleza y el pilar fundamental de mi vida; a ellos les debo cada logro alcanzado. A mis hermanos Santiago, Sebastián y Mayra, por su apoyo incondicional y constante aliento en los momentos más desafiantes.

A mis amigos Darwin, Kevin, Daniel, Elías y Lenin, por su amistad sincera, por brindarme su compañía en los momentos más complicados. Gracias a ustedes, este camino fue más ligero y significativo. También dedico esta tesis a los productores y técnicos que, con esfuerzo diario, inspiran el compromiso por el desarrollo del sector agropecuario.

Y a mí mismo, por no rendirme y por creer siempre que todo esfuerzo tiene su recompensa.

Mauricio Xavier Tapia Yugsi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL PROGRAMA UTCGEN EN EL CANTÓN LATACUNGA, 2024”.

Autor:

Tapia Yugsi Mauricio Xavier

RESUMEN

En Latacunga la ganadería presenta limitaciones reproductivas ya que es su mayoría usan la monta directa, existe una falta de selección genética y manejo ineficiente que reducen la productividad, por ello que se realizó la presente investigación pues evaluar el programa de IA de UTCGEN permitirá la identificación factores que influyen en el proceso para garantizar una mejora en la sostenibilidad genética y económica de los productores, el estudio se realizó en las parroquias de Latacunga en los predios de los ganaderos parte del programa, se inseminó a 96 vacas en etapa reproductiva durante un periodo de 6 meses, se estableció una metodología de tipo cuantitativa, correlacional y de campo, ya que se centró en el análisis de datos obtenidos directamente en el entorno considerando factores biológicos, ambientales y aspectos técnicos, además se utilizó la técnica de observación directa para identificar los resultados del programa. Que reflejaron: en el rango de 16 a 20 °C ambiental, se alcanzó la mayor tasa de preñez 20%, la temperatura corporal de 36 °C fue la que presentó la mayor tasa de preñez con un 23%, las vacas con CC 3.0 registraron la mejor tasa de preñez 24%, las mayores tasas de preñez se duraron de 5 minutos y 7 minutos, sugiere que un procedimiento ágil, pero correcto, favorece la eficacia de la inseminación, la pajuela Springfield registró el mayor porcentaje de preñez con un 13%, el 38% de los animales resultaron preñados tras la aplicación de IA, mientras que un 48% quedaron vacíos. Se pudo concluir que factores ambientales como temperatura, humedad y altitud influyen en la eficiencia de la inseminación, a nivel biológico, vacas jóvenes, con buen peso y condición corporal óptima mostraron mayor fertilidad, mientras que aquellas con enfermedades reproductivas presentaron bajos índices de concepción. Además, se evidenció que la ejecución técnica, especialmente la duración del procedimiento y la detección natural del estro, impacta directamente en el éxito del proceso reproductivo dejando en evidencia que la IA no fue eficiente se debe desarrollar un protocolo inseminación más riguroso en el que se trabaje con monitoreo y control de manera conjunta con el dueño del predio.

Palabras clave: Inseminación artificial, Eficiencia, Factores, Concepción, Pajuela.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

**THEME: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN
ARTIFICIAL EN EL PROGRAMA UTCGEN EN EL CANTÓN LATACUNGA, 2024”.**

Author:

Tapia Yugsi Mauricio Xavier

ABSTRACT

In Latacunga, cattle have reproductive limitations since most of them use direct mounting, there is a lack of genetic selection and inefficient management that reduce productivity, which is why this research was carried out because evaluating the UTCGEN AI program will allow the identification of factors that influence the process to guarantee an improvement in the genetic and economic sustainability of producers, the study was carried out in the parishes of Latacunga on the properties of the ranchers part of the program, 96 cows in the reproductive stage were inseminated for a period of 6 months, a quantitative, correlational and field methodology was established, since it focused on the analysis of data obtained directly in the environment considering biological, environmental factors and technical aspects, in addition, the direct observation technique was used to identify the results of the program. Which reflected: in the range of 16 to 20 ° C ambient, the highest pregnancy rate was reached 20%, the body temperature of 36 ° C was the one that presented the highest pregnancy rate with 23%, cows with CC 3.0 registered the best pregnancy rate 24%, the highest pregnancy rates lasted 5 minutes and 7 minutes, suggests that an agile but correct procedure favors the effectiveness of insemination, the Springfield straw registered the highest percentage of pregnancy with 13%, 38% of the animals were pregnant after the application of AI, while 48% were empty. It was concluded that environmental factors such as temperature, humidity, and altitude influence the efficiency of insemination. At the biological level, young cows with good weight and optimal body condition showed greater fertility, while those with reproductive diseases had low conception rates. Furthermore, it was evident that technical execution, especially the duration of the procedure and natural estrus detection, directly impacts the success of the reproductive process. This demonstrates that AI was not efficient, and a more rigorous insemination protocol should be developed, with monitoring and control in conjunction with the farm owner.

Keywords: Artificial insemination, Efficiency, Factors, Conception, Straw.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
.....	16
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1. Directos.....	3
3.2. Beneficiarios indirectos.....	3
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo General	4
6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA	5
INVESTIGACIÓN	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	5
7.1. Fundamentos y Evolución de la Inseminación Artificial en Bovinos.....	5
7.1.2. Detección del Celo	7
7.1.3. Duración del estro.....	8
7.1.4. Desarrollo folicular	8
7.1.5. Ovocito	9

7.2. Anatomía reproductiva.....	9
7.2.1. Factores biológicos	10
7.2.2. Temperatura corporal.....	10
7.2.3. Edad	11
7.2.4. Condición corporal	11
7.2.5. Nutrición	12
7.2.6. Salud general	12
7.3. Condiciones ambientales y su influencia en la concepción	13
7.3.1. Clima.....	13
7.3.2. Temperatura ambiental	14
7.3.3. Estrés térmico	15
7.3.4. Humedad.....	16
7.3.5. Altitud.....	16
7.3.6. Tipo de Suelo.....	16
7.4. Manejo sanitario	17
7.5. Evaluación de la eficiencia reproductiva	17
7.6. Factores que la afectan la tasa de concepción.....	18
7.7. Protocolo de inseminación artificial	18
8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	19
8.1. Pregunta Científica.....	19
9. METODOLOGÍA.....	19
9.1. Duración del proyecto.....	19
9.3. Población de estudio	20
9.4. Criterios de inclusión	20
9.5. Tipo de estudio.....	20
9.6. Variables de estudio	21
9.7. Análisis Estadístico	22
9.8. Técnica de investigación.....	23
9.9. Instrumentos de la investigación.....	23
9.10. Registros individuales	23
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	24
10.1. Temperatura ambiental	24
10.2. Temperatura corporal.....	26
10.3. Humedad relativa	28

10.4. Altitud	30
10.5. Edad	32
10.6. Peso	34
10.7. Condición corporal.....	36
10.8. Preñez y celo	38
10.9. Duración de la Inseminación	39
10.10. Pajuela con Mayor Tasa de concepción.....	41
10.11. Tasa de concepción	43
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	45
12. Presupuesto	47
13. CONCLUSIONES	48
14. RECOMENDACIONES	49
15. BIBLIOGRAFÍA	50
16. ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Influencia del Clima en la Reproducción Bovina	15
Tabla 2	Relación entre Temperatura Ambiental y Eficiencia de IA	16
Tabla 3	Operacionalización de Variables	23
Tabla 4	Instrumentos de la Investigación	25
Tabla 5	Contingencia Temperatura ambiental	26
Tabla 6	Contingencia Temperatura corporal	28
Tabla 7	Contingencia Humedad relativa	30
Tabla 8	Contingencia de Altitud	31
Tabla 10	Contingencia de Edad	33
Tabla 11	Contingencia de peso	35
Tabla 12	Contingencia Condición corporal	37
Tabla 13	Contingencia Preñez y celo	39
Tabla 14	Contingencia de Pajuela con Mayor Tasa de concepcion	43
Tabla 15	Indice de eficiencia	45
Tabla 16	Artículos de oficina	49
Tabla 17	Costos Fijos	49
Tabla 18	Costos en materiales e insumos para la experimentacion	50
Tabla 19	Presupuesto total	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Intensidad y duración del celo bovino	8
Gráfico 2 Temperatura ambiental	26
Gráfico 3 Temperatura corporal	28
Gráfico 4 Humedad relativa	30
Gráfico 5 Altitud	32
Gráfico 7 Edad	34
Gráfico 8 Peso	36
Gráfico 9 Condición corporal	38
Gráfico 10 Contingencia Preñez y celo.....	39
Gráfico 11 Duracion de la IA	41

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL PROGRAMA UTCGEN EN EL CANTÓN LATACUNGA, 2024”.

Fecha de inicio: febrero 2025

Fecha de finalización: agosto 2025

Lugar de ejecución: Latacunga- Cotopaxi

Facultad que auspicia: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia: Medicina Veterinaria

Proyecto de investigación vinculado: Recursos Zoogénicos Locales, conservación y desarrollo sostenible.

Equipo de trabajo:

Mauricio Xavier Tapia Yugsi (Anexo 1)

MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Mtr. (Anexo 2)

Área de Conocimiento: Agricultura.

Sub área: Veterinaria.

Línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

Sublínea de investigación de la Carrera: Microbiología, Parasitología, Inmunología y Sanidad Animal.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La provincia de Cotopaxi, y en particular el cantón Latacunga, cuenta con una importante producción ganadera como principal fuente de ingresos de pequeños y medianos productores, sin embargo, ellos enfrentan problemas propios del sector como la baja calidad genética en sus hatos que limita tanto la reproducción como el potencial productivo (1). Las prácticas que se realizan de manera tradicional como la monta natural que carece de criterios técnicos han generado una dificultad para el mejoramiento genético, lo que es necesario para tener un desarrollo eficiente de ganadería (2).

En este contexto, la implementación de tecnologías reproductivas, como la inseminación artificial, se presenta como una estrategia para mejorar la eficiencia productiva y genética del hato bovino, la inseminación artificial permite la utilización de material genético de alta calidad, y optimiza los intervalos entre partos, lo que puede traducirse en un aumento en la rentabilidad de los productores (3).

El programa UTCGEN ha promovido la adopción de la IA en el cantón Latacunga, buscando mejorar la productividad y sostenibilidad de la ganadería en el cantón, sin embargo, para maximizar los beneficios de esta tecnología, es fundamental evaluar su eficiencia en el contexto específico de la región, considerando variables como la condición corporal de las vacas, el momento de la inseminación, la genética del toro y las prácticas de manejo.

La presente investigación es fundamental debido a la necesidad de evaluar la eficiencia de la inseminación artificial en el programa UTCGEN dentro del cantón Latacunga, donde la actividad ganadera constituye una fuente clave de sustento económico para pequeños y medianos productores, representa una herramienta para el mejoramiento genético, y aumento de la productividad; sin embargo, su efectividad depende de variables técnicas y biológicas que deben ser estudiadas en condiciones locales al evaluar estos factores permitirá proponer mejoras en los protocolos reproductivos y fortalecer las capacidades de los actores involucrados, generando beneficios técnicos, económicos y sociales para el sector productivo.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Directos

- Los investigadores del proyecto
- Habitantes de las parroquias ubicadas en el cantón Latacunga
- Comunidades y sectores de la provincia de Cotopaxi que participan en el programa de mejoramiento genético sostenible en ganado bovino.
- Productores ganaderos de la provincia de Cotopaxi.

3.2. Beneficiarios indirectos

- Pequeños y medianos productores de leche de la Provincia de Cotopaxi.
- Estudiantes de la carrera de Medicina Veterinaria. • Lectores del proyecto

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ganadería bovina de leche en el Ecuador es un pilar de la seguridad alimentaria y del desarrollo rural, pero enfrenta muchas limitaciones cuando se refiere al mejoramiento genético (4) como la dependencia de la monta directa limita el progreso genético, mantiene elevadas tasas de enfermedades reproductivas y reduce la productividad del sector.

En Cotopaxi, estas deficiencias son aún más evidentes, pues en las parroquias queda en mucha evidencia una falta de criterios técnicos para tener una selección de reproductores, ciclos reproductivos poco aprovechados y ningún control en factores que influyen en la concepción (5), por lo que se reduce la viabilidad de los proyectos ganaderos dadas dichas características es una ventana de oportunidad para poder generar un aporte desde la academia a los ganaderos para poder trabajar en conjunto por un mejoramiento genético (6).

Los ganaderos de las parroquias occidentales de Latacunga enfrentan retos adicionales como : la carencia de selección de reproductores con rasgos fenotípicos deseables y ciclos reproductivos prolongados lo que se traduce en un aumento de los días abiertos, costos de alimentación por animal, bajando la rentabilidad de fincas que ya lidian con la variabilidad climática (7).

Frente a este panorama, resulta necesario evaluar la eficiencia de la inseminación artificial aplicada por el programa UTCGEN en Latacunga durante el periodo de implementación además de llevar a cabo un análisis de los factores biológicos, técnicos y de manejo como la condición corporal, la calidad seminal, la sincronización del celo y las medidas de bioseguridad permitirá identificar las principales limitantes reproductivas y diseñar protocolos que mejoren la sostenibilidad genética y económica de los pequeños y medianos productores de Latacunga (8).

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de la inseminación artificial en el marco del Programa UTCGEN aplicado en bovinos de leche del cantón Latacunga durante el año 2024.

5.2. Objetivos Específicos

- Relacionar el desarrollo de la inseminación artificial con factores ambientales y su influencia en el éxito de esta.
- Analizar la relación entre los factores biológicos del animal y el éxito reproductivo.
- Determinar la influencia de la ejecución de la técnica de IA en la tasa de concepción.

6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Tabla 1. Actividades relacionadas a los objetivos planteados en la investigación.

OBJETIVO	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Relacionar el desarrollo de la inseminación artificial con factores ambientales y su influencia en el éxito de esta.	Identificar los factores ambientales que se relacionan con la IA, para realizar su correlación.	A través de la técnica de la observación participativa, y haciendo uso de instrumentos que permitan la recolección y registro de las actividades se desarrolló la experimentación desarrollando la IA y midiendo los factores ambientales en cada procedimiento con las vacas.	Se logró la obtención de la la base de datos del impacto de los factores ambientales como : el clima, la temperatura, etc.
Analizar la relación entre los factores biológicos del animal y el éxito reproductivo.	Identificar qué factores propios del animal intervienen en le IA, para correlacionarlos con el éxito de esta.	Mediante la técnica de la observación participativa se utilizaron instrumentos para el análisis del bovino mediante la valoración directa del investigador mientras realizaba el proceso de IA.	Obtención de la base de datos con factores como : la edad, temperatura corporal y demás sobre el bovino y su biología.
Determinar la influencia de la ejecución de la técnica de IA en la tasa de concepción.	Desarrollo y registro de la actividad de la inseminación artificial para cada bovino.	A través de la técnica de la observación participativa después de desarrollar el proceso de IA se procede al registro y tratamiento de la intervención.	Resultados del desarrollo de la IA con los sujetos de estudio (Bovinos)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. Fundamentos y Evolución de la Inseminación Artificial en Bovinos

La inseminación artificial en bovinos es una biotecnología reproductiva que consiste en la deposición de semen en el tracto reproductivo de la hembra mediante métodos no naturales, con el objetivo de lograr la fertilización del óvulo (9), esta técnica permite mejorar la eficiencia

reproductiva y genética del hato, facilitando el acceso a material genético de alta calidad sin la necesidad de mantener toros en el lugar en el que se desarrolla el ganado (10).

La historia de la IA se remonta a finales del siglo XIX, cuando el científico ruso Ilya Ivánovich Ivanov realizó las primeras experiencias exitosas en animales domésticos (11), desde entonces, la técnica ha evolucionado significativamente, incorporando avances como la crio preservación del semen, el uso de diluyentes especiales y la implementación de protocolos de sincronización del esto (12).

Actualmente, es una herramienta muy popular en programas de mejoramiento genético, permitiendo la difusión de características deseables como mayor producción de leche, mejor conformación corporal y resistencia a enfermedades, además, contribuye al control de enfermedades venéreas al reducir el contacto directo entre animales durante la reproducción (13).

7.1.1. Técnica de inseminación artificial.

La técnica de inseminación artificial no solo implica depositar el semen en el tracto reproductivo de la hembra, sino que requiere el cumplimiento de una serie de pasos técnicos y protocolos específicos que garanticen su eficacia estos pasos incluyen (14):

- Correcta detección del celo
- Momento de la inseminación
- Manejo del semen (descongelación, temperatura, tiempo de exposición), y □ Habilidad del inseminador.

El momento de la inseminación respecto al inicio del celo es crucial: inseminar entre 12 y 18 horas después de la detección del celo maximiza la probabilidad de fecundación el manejo del semen también es clave; el nitrógeno líquido debe mantenerse por debajo de -196°C , y el semen debe descongelarse en agua a 37°C durante 30 segundos antes de su aplicación, fallos en este manejo pueden comprometer la viabilidad espermática (15).

El inseminado debe contar con entrenamiento técnico, ya que errores en la ubicación del semen: por ejemplo, en el cérvix en vez del cuerpo del útero, pueden reducir significativamente la tasa de concepción se ha observado que, incluso con el mismo semen y vacas en celo, la tasa de concepción puede variar hasta en un 20% dependiendo de la pericia del operador (14).

7.1.2. Detección del Celos

El ciclo estral en vacas lecheras es un proceso fisiológico que se repite aproximadamente cada 21 días y consta de cuatro fases: proestro, estro, metaestro y diestro, durante el estro, también conocido como celo, la vaca muestra receptividad sexual y es el momento óptimo para la inseminación artificial (17).

La detección precisa del celo es crucial para el éxito de los programas de IA, los signos más confiables incluyen el comportamiento de permitir la monta por otros animales, inquietud, vocalizaciones frecuentes, hinchazón y enrojecimiento de la vulva, y presencia de moco claro en la vulva (18).

La observación regular y sistemática del ganado, al menos dos veces al día, mejora la detección del celo y, por ende, las tasas de concepción, además, el uso de tecnologías auxiliares como podómetros, detectores de actividad y dispositivos de monitoreo puede aumentar la precisión en la identificación del celo por lo que a continuación se presenta los factores intervinientes (19):

- **Proestro:** Inicia con el desarrollo de los folículos ováricos. Aquí comienza el aumento en la producción de estrógenos, lo que genera cambios en el comportamiento del animal.
- **Estro:** También conocido como celo, es la fase de máxima receptividad sexual. Dura entre 12 y 18 horas. Es el momento óptimo para realizar la inseminación artificial. Los signos incluyen monta activa y pasiva, descarga mucosa clara, inquietud y vocalizaciones.
- **Metaestro:** Inmediatamente después del estro, donde ocurre la ovulación y comienza la formación del cuerpo lúteo.
- **Diestro:** Etapa de actividad máxima del cuerpo lúteo, con producción de progesterona, que prepara al útero para una posible gestación.

La detección del celo es uno de los factores más determinantes para el éxito de la IA (20), Según investigaciones de la FAO y el INIAP, hasta el 60% de las fallas reproductivas en los sistemas intensivos de producción lechera se deben a una detección inadecuada del estro (21), el uso de tecnologías como collares de monitoreo, parches de actividad o sistemas de video vigilancia, puede mejorar significativamente la precisión de la detección del celo para ello se presenta la siguiente imagen para ilustrar la intensidad y duración del celo.

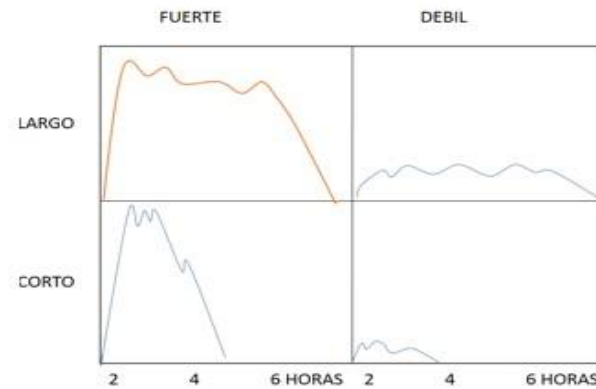


Gráfico 1. Intensidad y duración del celo bovino

Nota: Cuadro comparativo, tomado de (Gómez, 2025)

7.1.3. Duración del estro

La duración del estro o celo en bovinos suele durar entre 12 y 18 horas, aunque este período puede acortarse significativamente por factores como estrés, enfermedades o nutrición inadecuada, un estro corto o silente impide la correcta sincronización de la inseminación artificial con la ovulación, reduciendo las probabilidades de fertilización (48).

La expresión del celo se manifiesta mediante signos comportamentales como la inquietud, el aumento del mugido, el intento de montar y el permanecer quieta cuando otra vaca la monta, la observación cuidadosa y frecuente al menos dos veces al día es necesaria para identificar estos signos y programar la inseminación en el momento más fértil, que suele ser de 12 a 18 horas después del inicio del celo (49).

Tecnologías complementarias como los detectores de actividad, collares electrónicos y dispositivos de monitoreo hormonal permiten mejorar la precisión en la detección del celo, además, los protocolos hormonales de sincronización del estro son herramientas útiles para uniformar el momento de la ovulación y optimizar la eficiencia reproductiva en hatos grandes.

7.1.4. Desarrollo folicular

El desarrollo folicular es un proceso dinámico que ocurre en los ovarios de la hembra bovina y culmina con la ovulación del folículo dominante, este folículo contiene el ovocito que será fecundado durante la inseminación, el crecimiento folicular es regulado por hormonas como la FS. (hormona folículo estimulante) y la LH (hormona luteinizante); cualquier alteración en este proceso, ya sea por estrés, malnutrición o desequilibrios hormonales, puede comprometer la calidad del ovocito y reducir las tasas de concepción (50).

En un ciclo estral normal, se desarrollan varios folículos en "olas", pero solo uno alcanza la ovulación, la detección y sincronización del folículo dominante es fundamental para el éxito de la inseminación, los protocolos hormonales actuales, como el uso de Rh y prostaglandinas, permiten inducir la ovulación de manera controlada, mejorando la precisión (51).

El monitoreo ecográfico del desarrollo folicular también es una herramienta valiosa en programas de reproducción asistida permite evaluar el estado de los ovarios, detectar anomalías como quistes o folículos persistentes, y ajustar los tratamientos hormonales según las necesidades individuales de cada vaca (52).

7.1.5. Ovocito

El ovocito es la célula germinal femenina que, al ser fecundada por un espermatozoide, da origen al embrión su calidad es esencial para el éxito de la reproducción, ya que determina la viabilidad del embrión y su capacidad para implantarse en el útero los ovocitos inmaduros o deteriorados por problemas metabólicos o estrés ambiental tienen menor potencial para desarrollarse tras la fecundación (52).

La maduración del ovocito ocurre durante el desarrollo folicular, y está influida por factores endocrinos, nutricionales y ambientales una deficiencia en minerales como el selenio, zinc o vitaminas A y E puede afectar la integridad celular del ovocito y su capacidad para completar la meiosis, el proceso que prepara al ovocito para la fecundación (53).

Además, la edad del animal, la salud reproductiva y el manejo hormonal tienen un impacto directo en la calidad del ovocito en inseminación transferencia de embriones, se busca optimizar las condiciones de maduración y sincronizarla con la ovulación del ovocito en su estado más fértil para asegurar el éxito de la concepción (54).

7.2. Anatomía reproductiva

La fisiología reproductiva de la hembra bovina es un proceso complejo que involucra la interacción de diversos órganos y sistemas hormonales (14) el aparato reproductor femenino está compuesto por los ovarios, oviductos, útero, cérvix, vagina y vulva, los ovarios son responsables de la producción de ovocitos y hormonas sexuales como el estrógeno y la progesterona (15).

El control hormonal del ciclo reproductivo está regulado por el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, el hipotálamo secreta la hormona liberadora de gonadotropinas, que estimula a la hipófisis

anterior para liberar la hormona foliculoestimulante y la hormona luteinizante, estas hormonas actúan sobre los ovarios, promoviendo el desarrollo folicular, la ovulación y la formación del cuerpo lúteo (16).

Comprender la fisiología reproductiva es fundamental para la implementación efectiva de la inseminación artificial, ya que permite determinar los momentos óptimos para la inseminación para así mejorar las tasas de concepción.

7.2.1. Factores biológicos

La eficiencia reproductiva del ganado lechero está estrechamente relacionada con una serie de factores biológicos que inciden directamente en los resultados de la inseminación artificial, uno de los aspectos más relevantes es la edad del animal; las vaquillas jóvenes presentan una mayor tasa de fertilidad, aunque también una mayor susceptibilidad a errores técnicos durante el proceso de inseminación (22) además, el estado nutricional y el índice de condición corporal desempeñan un papel fundamental en la concepción; se recomienda que el ICC esté entre 2.5 y 3.5 en una escala de 1 a 5, ya que valores por debajo o por encima de este rango afectan la ciclicidad ovárica y la calidad del embrión (23).

Por otro lado, enfermedades reproductivas como la endometritis, metritis o presencia de quistes ováricos alteran la funcionalidad del aparato reproductor, disminuyendo las posibilidades de una concepción exitosa (24).

A ello se suma la necesidad de que el animal tenga ciclos reproductivos regulares, cuando se presentan irregularidades en el estro o anestro postparto prolongado, es común la aplicación de protocolos hormonales para inducir y sincronizar el celo (25), estudios realizados a nivel internacional por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias indican que la intervención adecuada sobre estos factores puede mejorar la tasa de concepción en un 30%, destacando la importancia de una correcta evaluación biológica antes de cada procedimiento de inseminación (26).

7.2.2. Temperatura corporal

La temperatura corporal es un indicador vital de la salud y el bienestar del ganado bovino en condiciones normales, las vacas adultas presentan una temperatura rectal que oscila entre 38.0 °C y 39.3 °C, variaciones fuera de este rango pueden ser señales de fiebre, infecciones o estrés térmico es fundamental monitorear regularmente la temperatura corporal para detectar a tiempo posibles problemas de salud que puedan afectar la reproducción (27).

El estrés térmico, especialmente en climas cálidos, puede provocar un aumento de la temperatura corporal, lo que afecta negativamente la reproducción (28); las altas temperaturas pueden reducir la calidad del semen en los machos y afectar la ovulación y la calidad del ovocito en las hembras, además, el estrés térmico puede disminuir la expresión del celo, dificultando la detección del estro y reduciendo las tasas de concepción (29).

Para mitigar los efectos del estrés térmico, es importante implementar estrategias de manejo como proporcionar sombra, ventilación adecuada y acceso constante a agua fresca estas medidas ayudan a mantener la temperatura corporal dentro de los rangos normales, favoreciendo la salud y la eficiencia reproductiva del ganado (30).

7.2.3. Edad

La edad del animal es un factor determinante en su capacidad reproductiva, las vaquillas alcanzan la pubertad entre los 12 y 21 meses, dependiendo de factores como la raza, la nutrición y el manejo, se recomienda que el primer servicio se realice entre los 15 y 20 meses de edad, y que el primer parto ocurra entre los 2.5 y 3 años, un manejo adecuado de la edad al primer servicio y al primer parto es esencial para maximizar la productividad del hato (31).

La pubertad es el proceso mediante el cual los animales adquieren la capacidad reproductiva, en las hembras, se manifiesta con la aparición del primer estro acompañado de ovulación, en los machos, se considera que han alcanzado la pubertad cuando el eyaculado contiene suficientes espermatozoides viables para inducir la gestación en una vaca, la edad de la pubertad varía según la raza y el manejo nutricional (32).

Es importante monitorear el desarrollo de los animales jóvenes y proporcionarles una nutrición adecuada para asegurar que alcancen la pubertad en el momento óptimo; un inicio temprano de la vida reproductiva contribuye a una mayor eficiencia y rentabilidad en la producción ganadera (33).

7.2.4. Condición corporal

La condición corporal es una medida visual y táctil que evalúa las reservas energéticas del animal, utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 indica un animal extremadamente delgado y 5 uno obeso, una condición adecuada es crucial para la eficiencia reproductiva, por ejemplo, vacas con entre 3.0 y 3.5 al momento del parto tienen mayores probabilidades de concebir en el primer servicio posparto; por el contrario, una condición baja puede prolongar el anestro posparto y reducir la tasa de concepción (34).

La evaluación debe realizarse en momentos clave del ciclo productivo y reproductivo, como el parto, la inseminación artificial y el final de la lactancia, durante el parto, de 3 a 3.5 es ideal, ya que proporciona las reservas necesarias para el inicio de la lactación en cambio durante la lactancia, debe mantenerse por encima de 2.5 para asegurar un adecuado consumo de energía, por otro lado en el periodo seco, debe encontrarse entre 3.0 y 3.5 para minimizar riesgos de problemas metabólicos y reproductivos (35).

Una condición inadecuada puede afectar negativamente la producción de leche, el peso al destete, el funcionamiento del sistema inmune y la fertilidad, por lo tanto, es esencial monitorear y ajustar la alimentación del ganado para mantener una óptima en todas las etapas del ciclo productivo (36).

7.2.5. Nutrición

La nutrición es un pilar fundamental en la reproducción bovina, una dieta equilibrada que proporcione los nutrientes necesarios es esencial para mantener la función hormonal y la producción de gametos tanto la desnutrición como la sobrealimentación pueden ser perjudiciales la desnutrición puede llevar a un balance energético negativo, afectando la ovulación y la concepción, mientras que la sobrealimentación puede causar trastornos metabólicos como cetosis y problemas en el parto (40). Durante el periodo de transición, que abarca las semanas previas y posteriores al parto, las vacas experimentan cambios fisiológicos significativos que aumentan sus requerimientos nutricionales, una alimentación adecuada en esta etapa es crucial para evitar problemas como la cetosis y la hipocalcemia, que pueden afectar la salud y la reproducción (41).

7.2.6. Salud general

La salud general del animal es un determinante directo en su capacidad reproductiva, animales sanos presentan un mejor desempeño en términos de fertilidad, tasa de concepción y duración del ciclo estral; las enfermedades, ya sean infecciosas o metabólicas, pueden alterar el equilibrio hormonal, inhibir la ovulación y afectar la calidad del embrión: por ejemplo, infecciones uterinas como la endometritis pueden provocar infertilidad temporal o permanente si no se tratan adecuadamente (42). El monitoreo de la salud general incluye evaluaciones clínicas periódicas, registros sanitarios detallados y exámenes reproductivos es esencial identificar signos de enfermedad como fiebre, secreciones anormales, pérdida de apetito o cambios de comportamiento una rápida intervención veterinaria mejora el pronóstico reproductivo y

disminuye el número de días abiertos, lo que impacta positivamente en la rentabilidad del sistema de producción (43).

Además, la salud general también se ve influida por factores ambientales y de manejo como el alojamiento, la higiene, la densidad animal y la calidad del agua pues un entorno limpio, con buena ventilación y libre de contaminantes, reduce el riesgo de brotes infecciosos, disminuye el estrés y favorece la expresión normal del estro, elementos importantes en la inseminación artificial (44).

7.3. Condiciones ambientales y su influencia en la concepción

El entorno físico y climático donde se realiza la inseminación artificial también representa un factor determinante en los resultados del proceso reproductivo, condiciones como la temperatura ambiental, la humedad relativa y la altitud pueden influir negativamente en la fisiología reproductiva del animal, el estrés térmico, generado por temperaturas superiores a 29°C, provoca una reducción en la producción de hormonas reproductivas, alteraciones en el ciclo estral y disminución en la calidad del ovocito, lo que conlleva a tasas de fertilización más bajas, este fenómeno es especialmente relevante en zonas tropicales o en altitudes medias donde los efectos térmicos pueden ser más intensos durante ciertas épocas del año (56).

En el caso de la Sierra, donde se encuentra el cantón Latacunga cuya altitud corresponde a más de 2.700 msnm, sus variaciones micro climáticas también influyen en la expresión del celo y el metabolismo basal de los animales, según datos en una investigación realizada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (8), un manejo deficiente del confort animal, como el hacinamiento, la falta de sombra, agua o ventilación adecuada, incrementa el estrés y reduce la probabilidad de éxito de la inseminación por ello, es fundamental ajustar el protocolo reproductivo a las condiciones agroecológicas de cada parroquia, implementando medidas de mitigación ambiental que optimicen el bienestar del animal antes, durante y después del procedimiento (57).

7.3.1. Clima

El clima es un componente fundamental dentro de los factores ambientales que influye directamente en la productividad y eficiencia reproductiva del ganado bovino, el clima incide en la fisiología animal, particularmente en el comportamiento reproductivo, ya que condiciones adversas pueden alterar el ciclo estral, reducir el apetito y afectar el metabolismo hormonal, en

zonas andinas como el cantón de estudio, el clima presenta características de variabilidad térmica diaria, lo cual puede generar estrés en los animales, comprometiendo la fertilidad (58).

Además, el clima determina la disponibilidad de pasto y agua, así como la prevalencia de enfermedades y parásitos la adaptación del ganado a las condiciones climáticas locales es clave para el éxito de tecnologías como la inseminación, pues animales sometidos a estrés ambiental tienen menos probabilidad de presentar estro de manera efectiva (59).

Tabla 1 Influencia del Clima en la Reproducción Bovina

Componente Climático	Efecto en la IA	Implicaciones Productivas	Recomendaciones Técnicas
Variabilidad térmica diaria	Alteración del ciclo estral	Menor tasa de detección de celo	Programar IA en horarios estables (mañana/tarde)
Precipitación excesiva	Aumento de enfermedades infecciosas	Incremento en abortos y mortalidad embrionaria	Mejorar drenajes y uso de refugios
Estaciones secas prolongadas	Disminución del forraje disponible	Malnutrición y reducción de tasas de concepción	Suplementación nutricional estratégica
Radiación solar intensa	Estrés térmico	Disminución de la actividad reproductiva	Uso de sombra natural o artificial

Fuente: Adaptado de Salinas et al., 2020; Vallejo et al., 2021.

7.3.2. Temperatura ambiental

La temperatura ambiental influye directamente sobre la eficiencia reproductiva del ganado, especialmente en la expresión del estro y en la tasa de concepción, las temperaturas extremas superiores a 27 °C o inferiores a 10 °C pueden provocar estrés térmico en los animales, disminuyendo la secreción de hormonas reproductivas y la calidad del ovocito, este tipo de estrés compromete la correcta sincronización entre la ovulación y la inseminación, reduciendo significativamente los resultados reproductivos (60).

En zonas como Cotopaxi, donde las variaciones térmicas son frecuentes entre el día y la noche, se deben establecer medidas de mitigación como sombra, ventilación y horarios adecuados para la inseminación, preferentemente durante las horas más frescas del día, el estrés térmico también puede provocar reabsorción embrionaria y fallas en la implantación, afectando la eficiencia general del programa (61).

Tabla 2 Relación entre Temperatura Ambiental y Eficiencia de IA

Rango de Temperatura (°C)	Condición Reproductiva Esperada	Riesgos para la IA	Medidas Preventivas
<10 °C	Disminución de actividad ovárica	Celo silente	Uso de protocolos hormonales sincronizados
10–25 °C	Óptimo para reproducción	Alta tasa de concepción	Programar IA en este rango térmico
26–30 °C	Inicio de estrés térmico	Baja tasa de fertilización	Implementar sistemas de enfriamiento
>30 °C	Estrés calórico severo	Falta de celo, fallas de ovulación	Suspender IA o utilizar protocolos de emergencia

Fuente: Roth, 2020; López-Gatius, 2018.

7.3.3. Estrés térmico

El estrés calórico ocurre cuando los animales están expuestos a temperaturas elevadas y no pueden disipar eficientemente el calor corporal, este fenómeno afecta negativamente la fertilidad, especialmente en zonas tropicales o de altitud media como es el caso de la zona de estudio Latacunga, el estrés térmico interfiere con la liberación de hormonas reproductivas, inhibe la ovulación y puede llevar a la reabsorción embrionaria en etapas tempranas de la gestación (45).

En condiciones de estrés térmico, los signos de celo son menos evidentes y más cortos, dificultando la correcta detección del estro, lo cual es muy importante para el éxito de la inseminación estudios han demostrado que las tasas de concepción pueden reducirse hasta en un 30% en vacas expuestas a temperaturas superiores a los 27 °C con alta humedad relativa, debido a una disminución en la calidad del ovocito y la viabilidad espermática (46) .

Para mitigar los efectos del estrés calórico, es recomendable implementar estrategias como ventiladores, nebulizadores, sombra natural o artificial y ajustar el manejo nutricional durante los meses cálidos. Además, programar la inseminación en horas frescas del día y utilizar semen de toros adaptados a climas cálidos puede mejorar las tasas de éxito (47).

7.3.4. Humedad

La humedad relativa elevada, en conjunto con la temperatura, contribuye significativamente al estrés calórico, una humedad superior al 75% puede dificultar la disipación de calor por evaporación, lo cual incrementa la carga térmica en los animales esta condición disminuye la detección del celo y afecta la fertilidad (62).

En el cantón Latacunga, la humedad relativa varía según la temporada, pero puede alcanzar valores significativos durante el invierno es por ello que la debe planificarse en períodos donde el confort térmico animal esté asegurado, evaluando el índice de temperatura-humedad como un indicador clave, además, la humedad también puede influir en la calidad del forraje y, por tanto, en la nutrición, que está estrechamente vinculada a la eficiencia reproductiva (63).

7.3.5. Altitud

La altitud afecta la fisiología animal a través de cambios en la presión atmosférica, niveles de oxígeno y temperatura en regiones como Cotopaxi, donde los sistemas de producción se encuentran a más de 2.500 m.s.n.m., los animales experimentan una menor presión parcial de oxígeno, lo cual puede afectar su metabolismo basal y la función hormonal reproductiva estos cambios pueden alterar la duración del astro, la ovulación y la implantación del embrión (64).

En zonas elevadas suele darse condiciones como la hipoxia la cual se caracteriza por generar menos oxigenación sanguínea, que a su vez puede generar un impacto negativo en el metabolismo y función endocrina, de manera concreta en la función endocrina de manera particular en la liberación de progesterona y estrógeno, lo que se puede traducir como un cambio en la duración del Astro, que se disminuya la ovulación por ende afectaría la tasa de concepción general

7.3.6. Tipo de Suelo

El tipo de suelo no solo influye en la disponibilidad y calidad del pasto, sino también en la sanidad animal y el confort suelos arcillosos con mal drenaje, por ejemplo, favorecen la proliferación de microorganismos que causan enfermedades podales o infecciones reproductivas, el suelo impacta de forma indirecta en la eficiencia reproductiva, al afectar el bienestar y la nutrición del animal (65).

Además, un suelo de mala calidad impide el acceso a forraje nutritivo, disminuyendo el aporte de energía y proteína necesarias para sostener los ciclos reproductivos la compactación del suelo

también puede generar lesiones en las extremidades del ganado, limitando su movilidad y reduciendo la expresión de comportamientos de celo como la monta esto interfiere directamente con la detección del estro, afectando el momento oportuno para desarrollar el proceso (66).

Los bovinos criados a gran altitud suelen adaptarse a estas condiciones, pero la introducción de tecnologías como la requiere considerar estas variables para seleccionar adecuadamente los toros donantes adaptados genéticamente y ajustar los protocolos hormonales, por ejemplo, se ha observado una menor respuesta a prostaglandinas en animales a altitudes elevadas, lo que puede requerir ajustes en las dosis (67).

7.4. Manejo sanitario

Un manejo sanitario adecuado es esencial para prevenir enfermedades que puedan afectar la reproducción, lo que incluye la implementación de programas de vacunación, desparasitación y control de enfermedades infecciosas por ejemplo, la enfermedad respiratoria bovina, común en terneros, puede tener un impacto negativo en el desarrollo y la futura capacidad reproductiva del animal además, prácticas de bioseguridad y manejo adecuado del estrés son fundamentales para mantener la salud del hato (37).

La vacunación es una herramienta clave en el manejo sanitario un protocolo vacunal bien planificado y ejecutado reduce la carga infecciosa en el ambiente, disminuye la incidencia de enfermedades y mejora el rendimiento de los animales es importante conservar las vacunas a temperaturas adecuadas, utilizar equipos en buen estado y vacunar solo a animales saludables para garantizar una respuesta inmune efectiva (38).

Además de la vacunación, el control de parásitos es fundamental la desparasitación regular y el uso de productos eficaces contra garrapatas y otros ectoparásitos previenen pérdidas económicas y problemas de salud en el ganado, un manejo sanitario integral contribuye significativamente a la eficiencia reproductiva y al bienestar general del hato (39).

7.5. Evaluación de la eficiencia reproductiva

La eficiencia reproductiva es un indicador clave en cualquier programa de mejoramiento genético, ya que condiciona la sostenibilidad técnica y económica de la actividad ganadera en el contexto de los sistemas lecheros de Cotopaxi, medir la eficiencia implica observar variables como la tasa de concepción, intervalo entre partos, días abiertos, número de servicios por concepción y porcentaje de preñez (73).

La eficiencia reproductiva se convierte en un criterio esencial para validar la aplicación de tecnologías como la inseminación, según estudios de la FAO, las tasas óptimas de concepción en ganado bovino deben superar el 50% en condiciones bien manejadas, pero en muchos casos en Latinoamérica, estas cifras apenas alcanzan entre el 30% y 40%, debido a errores técnicos, factores biológicos y deficiencias ambientales (74).

La recopilación y análisis de estos indicadores permite establecer patrones y ajustar protocolos reproductivos, asimismo, permite determinar la viabilidad del programa en términos de retorno económico, especialmente cuando se compara con la reproducción natural en este sentido, también permite el diseño de estrategias de mejora continua, alineadas con los objetivos del desarrollo ganadero sostenible (75).

7.6. Factores que la afectan la tasa de concepción

La tasa de concepción es uno de los indicadores reproductivos más importantes para evaluar la eficiencia de un programa de inseminación artificial se define como el porcentaje de vacas que quedan preñadas tras ser inseminadas en un determinado periodo, su cálculo permite valorar la efectividad del manejo reproductivo y la calidad del semen utilizado, así como del procedimiento técnico aplicado (76).

Diversos factores influyen sobre esta tasa: la correcta detección del celo, el momento de la inseminación, el estado fisiológico del animal, la habilidad del inseminador, y las condiciones ambientales, una tasa de concepción considerada aceptable en sistemas bien manejados oscila entre el 40% y 60%, aunque en predios con deficiente manejo puede bajar incluso al 25% (77).

En el caso específico de la provincia de Cotopaxi, factores como la falta de monitoreo regular, enfermedades subclínicas y condiciones climáticas variables pueden comprometer este indicador una baja tasa de concepción incrementa los días abiertos, lo que reduce la rentabilidad del predio debido al retraso en la producción de leche y al aumento de costos de alimentación y servicios veterinarios (78).

7.7. Protocolo de inseminación artificial

Un protocolo de inseminación artificial es una herramienta estructurada que detalla los pasos y condiciones óptimas para ejecutar la técnica con éxito, sin embargo, su eficacia depende en gran medida de la adaptación a las condiciones locales: clima, altitud, sistema de manejo, infraestructura, nivel de capacitación de los productores, y características propias del ganado (79).

En regiones como las parroquias occidentales del cantón Latacunga, con altitudes que superan los 2.800 metros sobre el nivel del mar, es necesario considerar cómo la hipoxia leve, el estrés por frío y la variabilidad forrajera afectan los ciclos reproductivos en este contexto, protocolos genéricos pueden no ser suficientes la propuesta de desarrollar un protocolo específico permite incorporar particularidades locales como el tipo de manejo del hato, el nivel de tecnología disponible y la frecuencia de monitoreo del celo (80).

El diseño de un protocolo adaptado también considera aspectos como la frecuencia de inseminación post-parto, los métodos de sincronización hormonal utilizados, y el calendario reproductivo acorde al ciclo productivo de la finca esta estrategia busca reducir los días abiertos, maximizar el uso de semen de alto valor genético, y facilitar la toma de decisiones técnicas por parte del productor (24).

8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1. Pregunta Científica

¿Que factores influyen en la eficiencia de la inseminación artificial desarrollada en el cantón Latacunga en el programa UTCgen?

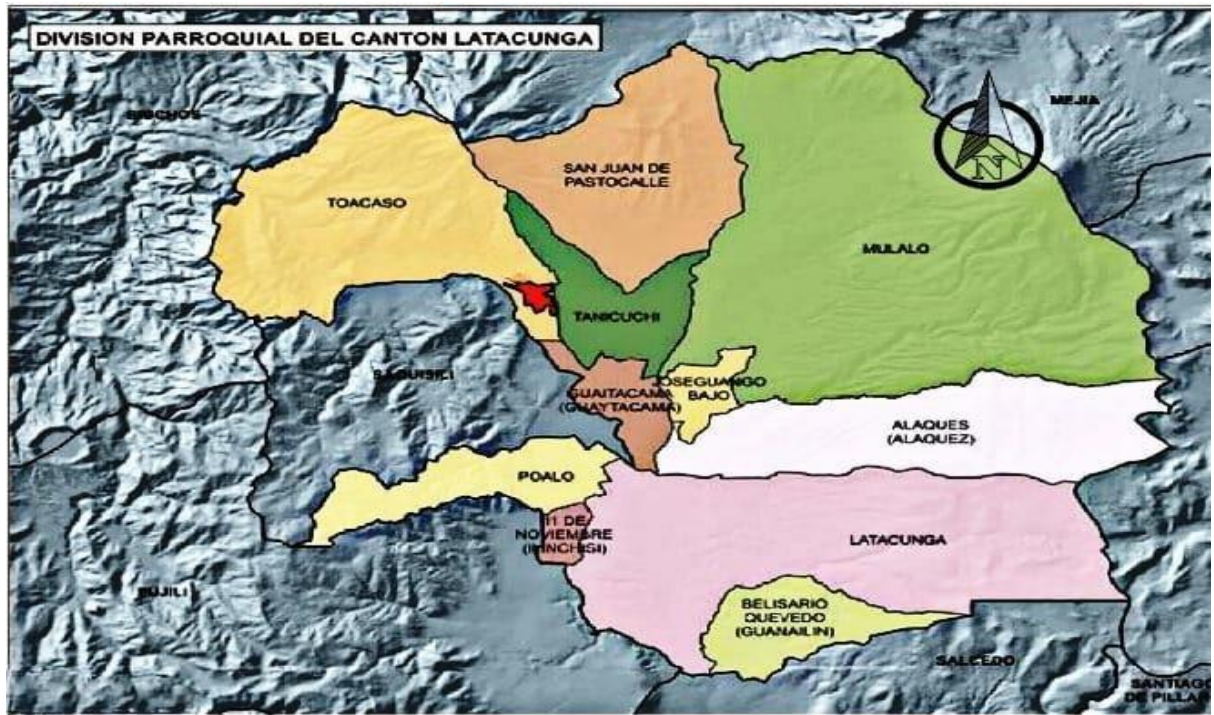
9. METODOLOGÍA

9.1. Duración del proyecto

Para realizar el desarrollo de la práctica de inseminación artificial se dio en un periodo de 6 meses.

9.2. Área de estudio

Ilustración 1 Ubicación del cantón Latacunga con parroquias



Nota: Mapa del cantón Latacunga con parroquias tomado de: (Pollasco, 2018) en base a Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2016-2028 Latacunga.

9.3. Población de estudio

La población de estudio determinada para el desarrollo de la práctica fueron bovinos en etapa reproductiva y con condiciones óptimas de salud, sin tomar en cuenta rasgos particulares o raza, los mismos que se encontraron dentro del programa UTCgen.

9.4. Criterios de inclusión

Para la inclusión de bovinos se tomó en cuenta a todos los bovinos parte del ganado del programa que hayan alcanzado su etapa reproductiva óptima es decir hembras mayores de 18 meses en plena capacidad reproductiva

Se excluyó a todos los bovinos machos y también hembras que no estén aptos para su desarrollo reproductivo es decir menores a 18 meses o que presenten algún tipo de impedimento físico, reproductivo o de salud.

9.5. Tipo de estudio

La presente investigación fue de tipo cuantitativa, correlacional y de campo, ya que se centró en el análisis de datos obtenidos directamente en el entorno real donde se ejecuta el Programa UTCgen, en las unidades ganaderas del cantón Latacunga, esta clasificación responde a la

necesidad de estudiar de manera directa y práctica las condiciones en las que se llevó a cabo la inseminación artificial, considerando factores biológicos del animal, factores ambientales y aspectos técnicos del procedimiento.

Al tratarse de una investigación de campo, se caracteriza por la recopilación de datos en el lugar de los hechos, es decir, en las fincas o predios ganaderos donde se ha aplicado la técnica de inseminación artificial, este tipo de estudio permite observar fenómenos tal como ocurren en su contexto natural, sin manipulación deliberada de las variables, lo que brinda resultados más fieles a la realidad productiva de los pequeños y medianos productores ganaderos del cantón.

El enfoque cuantitativo facilita el análisis estadístico de variables aplicadas durante la inseminación, asimismo, el diseño correlacional busca identificar y medir la fuerza de las relaciones existentes entre dichos factores y la eficiencia reproductiva alcanzada.

9.6. Variables de estudio

Variable independiente

- Inseminación artificial

Variables dependientes

- Factor animal (condiciones corporales del bovino). □ Factores externos (el clima).

Tabla 3 Operacionalización de Variables

<u>CATEGORÍA</u>	<u>VARIABLE</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>MEDICIÓN</u>
------------------	-----------------	-----------------	------------------	-----------------

Independiente	Inseminación artificial	Técnica de reproducción asistida que consiste en depositar el semen (pajuela) en el tracto reproductor de la vaca sin necesidad de monta.	Método de inseminación, momento del ciclo estral, técnica utilizada (recto vaginal, etc.)	Tasa de preñez (%), días abiertos, número de intentos por concepción
Dependiente	Factor animal	Condiciones fisiológicas del bovino que influyen en la concepción, como edad, condición corporal, salud, nutrición y manejo reproductivo.	Edad, condición corporal (CC), historial reproductivo, estado sanitario, suplementación nutricional	Edad en años, CC en escala 1-5, historial de partos, registros clínicos, kg de peso
Dependiente	Factor ambiental	Condiciones externas como temperatura, humedad, altitud, tipo de suelo, radiación solar, que pueden afectar el éxito reproductivo del animal.	Clima local (temperatura, humedad), altitud, tipo de suelo, fotoperiodo, época de inseminación	°C, % de humedad, metros sobre el nivel del mar, tipo de suelo clasificado (arenoso, arcilloso, etc.)

9.7. Análisis Estadístico

En el presente estudio, los datos recolectados fueron organizados en tablas de contingencia con el fin de identificar la relación entre las variables involucradas en la eficiencia del proceso de inseminación artificial comprobado mediante ecografía. Dicha relación se estableció mediante el análisis de Chi cuadrado con un coeficiente de confiabilidad de 0.95.

El análisis se llevó a cabo mediante recopilación de información en Excel, y análisis estadístico en el software estadístico R lo que permitió una interpretación precisa y objetiva de los resultados obtenidos en campo, facilitando así la validación de las hipótesis planteadas.

9.8. Técnica de investigación

La técnica de investigación utilizada en el presente estudio fue la observación directa, debido a que permite la recolección de información precisa y sistemática sobre las condiciones en las que se desarrolla el proceso de inseminación artificial en campo, consiste en observar de manera planificada y bajo criterios previamente establecidos, las variables involucradas en la investigación, como los factores ambientales, las condiciones fisiológicas y corporales de los bovinos, así como los procedimientos técnicos aplicados durante la inseminación.

La observación se realizó durante varias fases clave del proceso: antes, durante y después de la inseminación artificial, en la primera etapa, se registraron datos relacionados con la condición corporal, temperatura, edad, historial reproductivo y estado sanitario de los animales, durante la aplicación de la técnica de inseminación, se observaron y anotaron variables como el manejo del semen, condiciones ambientales (temperatura, humedad, altitud) y ejecución del protocolo técnico, posteriormente, se realizó el seguimiento de los animales para identificar los resultados en términos de preñez.

Esta técnica fue seleccionada por su idoneidad para estudios en campo con ganado bovino, ya que permite una recolección de datos detallada en tiempo real, asimismo, la observación estructurada garantiza la objetividad y la estandarización de los registros, lo que contribuye a la validez de los resultados obtenidos.

Al tratarse de una investigación aplicada a condiciones reales de producción, esta técnica se adapta adecuadamente a las necesidades del programa y a las características socio-productivas del cantón.

9.9. Instrumentos de la investigación

Sujetos de estudio: 86 hembras bovinas

9.10. Registros individuales

Tabla 4 Instrumentos de la Investigación

Registro Individual	Inseminación Artificial	Detección de preñez
---------------------	-------------------------	---------------------

Hoja de registro de condición corporal.	Hoja de registro de inseminación. Termómetro digital, gel lubricante, nitrógeno líquido, corta pajuelas, pajuela, espéculo vaginal, guantes, overol, botas.	Hoja de registro de diagnóstico de preñez. Ecógrafo portátil, guantes ginecológicos, gel lubricante.
Cinta bovinométrica, balanza portátil, overol, botas.	Cronómetro (para detección de estro), fichas de manejo reproductivo, recipiente térmico con gradilla, funda de protección, papel absorbente.	Hoja de resultados post-IA. Ficha de control reproductivo y registro digital del ecógrafo.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La inseminación artificial dentro del programa UTCgen, ejecutado en el cantón Latacunga durante el año 2024 se presenta a continuación mediante la información recolectada en campo fue procesada y analizada con base en los indicadores definidos para cada variable de estudio, considerando tanto los factores biológicos del animal como las condiciones ambientales presentes al momento del procedimiento.

Estos resultados permiten establecer relaciones entre los distintos factores analizados y la tasa de preñez lograda, aportando evidencia útil para el desarrollo de estrategias de mejora en la eficiencia reproductiva del sistema.

10.1. Temperatura ambiental

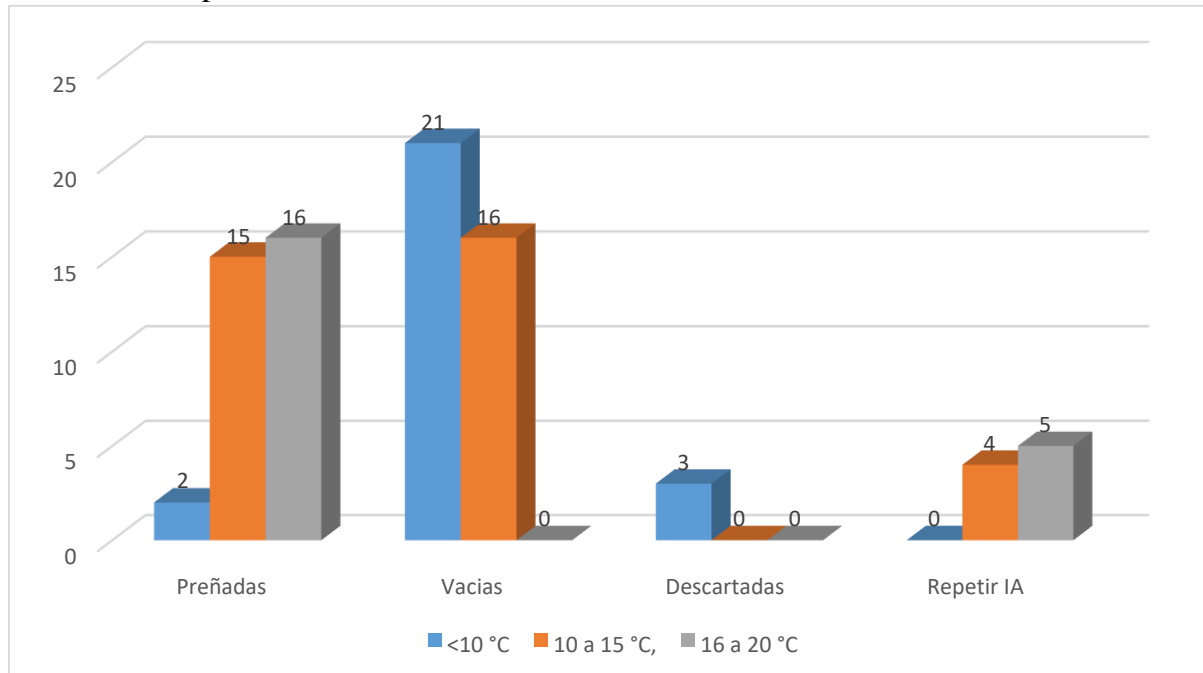
La temperatura ambiental es uno de los factores externos más influyentes en la fisiología reproductiva del ganado bovino, variaciones térmicas no solo afectan el confort animal, sino que también influyen directamente sobre los procesos endocrinos (32), la calidad ovocitaria y la viabilidad espermática posterior a la inseminación (42), en zonas como Latacunga, donde los rangos térmicos fluctúan con intensidad entre horas del día y estaciones, es fundamental entender cómo estas condiciones inciden en la eficiencia de los programas reproductivos.

Tabla 5 Temperatura ambiental

Resultado	Valor Absoluto		
	<10 °C	10 a 15 °C,	16 a 20 °C
Preñadas	2	15	16
Vacías	21	16	0

Descartadas	3	0	0
Repetir IA	0	5	5
Total	26	36	21

Gráfico 2 Temperatura ambiental



Los resultados muestran una clara tendencia positiva entre el incremento de la temperatura ambiental moderada y la eficiencia reproductiva, en el rango de 16 a 20 °C, se alcanzó la mayor tasa de preñez 20%, sin registros de vacas vacías, aunque sí con un 5% de reinseminaciones, lo cual sugiere que este intervalo térmico proporciona condiciones óptimas para la expresión del celo, la receptividad uterina y la viabilidad del semen inseminado, comportamiento que coincide con los hallazgos de Hernández et al, quienes concluyen que las temperaturas templadas 15–22 °C favorecen la actividad ovárica y reducen el estrés térmico, promoviendo mayores tasas de concepción en vacas inseminadas (47).

Por el contrario, en condiciones ambientales por debajo de los 10 °C, la eficiencia reproductiva se vio afectada, se registró únicamente un 2% de preñez, frente a un elevado 28% de vacas vacías y un 3% de descartadas, cifras que reflejan que el frío extremo podría estar interfiriendo con la detección del celo, afectando negativamente el ambiente uterino post-IA. Esta interpretación es respaldada por Pérez & Castro, quienes señalan que temperaturas inferiores a

los 10 °C pueden inducir vasoconstricción uterina, reduciendo la receptividad del endometrio y limitando la implantación del embrión (78).

En el rango medio de 10 a 15 °C, se obtuvo un 16% de preñez, con un 20% de vacías y un 5% de repeticiones, lo que indica una eficiencia intermedia este rango térmico, aún puede producir fluctuaciones térmicas durante el día que afecten el comportamiento del estro o la respuesta hormonal, la necesidad de repetir IA en este grupo refleja probablemente una mala sincronización entre la detección del estro y el momento de inseminación, lo cual también ha sido discutido en estudios como el de Ramos et al, donde se destaca que los cambios bruscos de temperatura interfieren con la liberación de LH, esencial para la ovulación, los datos permiten afirmar que la temperatura ambiental influye en la tasa de concepción, y que condiciones moderadas son más propicias para lograr preñez exitosa (55).

Por el contrario, temperaturas muy bajas están asociadas con altos niveles de infertilidad temporal, además se sugiere que en ambientes más fríos las vacas pueden incluso no llegar a ciclar adecuadamente, o que los signos de estro son tan sutiles que no se detectan a tiempo para una reinseminación.

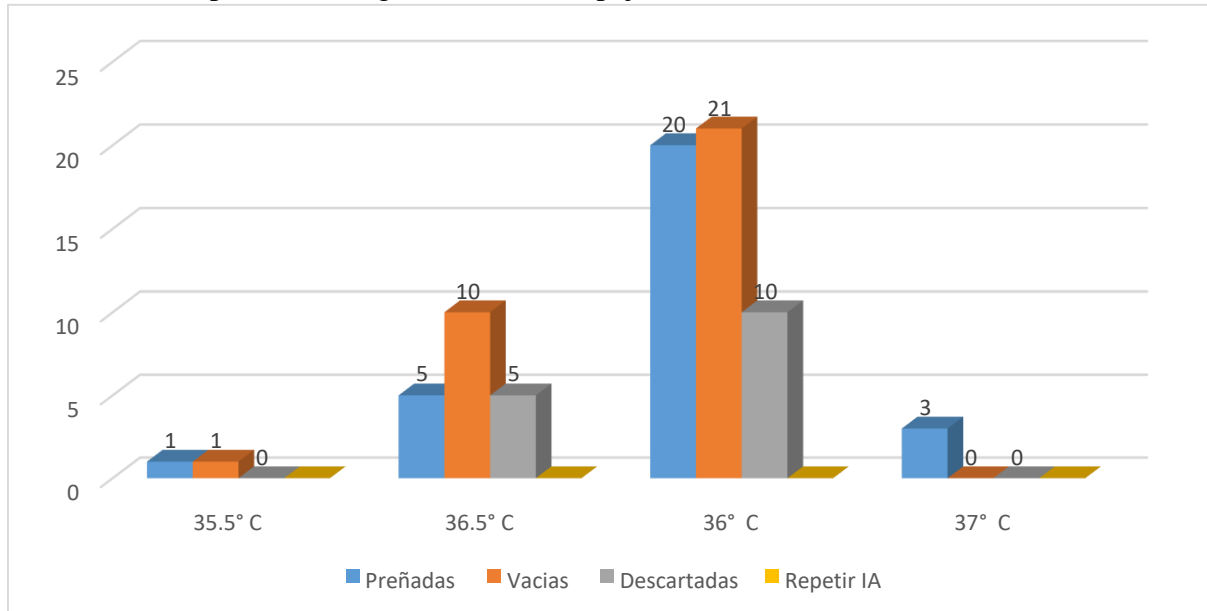
10.2. Temperatura corporal

La temperatura corporal es un indicador fisiológico que puede influir de forma directa en la eficiencia reproductiva del ganado bovino, la temperatura del animal debe mantenerse dentro de un rango homeostático para asegurar una correcta funcionalidad de los órganos reproductivos, especialmente del útero, los ovarios y el proceso ovulatorio sin embargo, en prácticas de campo y en zonas de altitud como el cantón Latacunga, las variaciones térmicas incluso moderadas pueden reflejar estados de estrés, enfermedad subclínica, alteraciones metabólicas o una respuesta fisiológica al ambiente. En el presente estudio se analizaron los resultados reproductivos en animales con diferentes rangos de temperatura, para evaluar si existe correlación entre este parámetro y los resultados obtenidos tras la inseminación. **Tabla 6** Tiempo de descongelamiento de la pajuela

Resultado	Porcentaje			
	35.5° C	36.5° C	36° C	37° C
Preñadas	2	21	6	4
Vacías	0	10	24	7
Descartadas	3	0	0	0

Repetir IA	0	9	0	0
Total	5	40	30	11

Gráfico 3 Tiempo de descongelamiento de la pajuela



Los resultados indican que la temperatura corporal de 36 °C fue la que presentó la mayor tasa de preñez con un 23%, además de la menor proporción relativa de vacas descartadas 12% en comparación con otros rangos, aunque ligeramente inferior al rango fisiológico ideal, parece reflejar un estado homeostático estable en los animales del estudio, lo cual favoreció la implantación embrionaria tras la IA, en contraste, las vacas con temperaturas de 35.5 °C y 37°C mostraron tasas de preñez muy bajas 1% y 3%, respectivamente, y un aumento en los porcentajes de vacías o descartadas, en el caso de los 35.5 °C, diferencias sugieren que incluso pequeñas desviaciones térmicas pueden reflejar condiciones que interfieren en la eficiencia reproductiva. El grupo con 36.5 °C, a pesar de encontrarse en un rango intermedio, presentó una tasa de preñez baja 6% y una mayor proporción de vacas vacías 12% y descartadas 6%, lo que podría indicar un estado transitorio de desequilibrio térmico, tal vez asociado con factores externos como cambios de clima o manejo, coincide con lo reportado por Flores et al, quienes señalaron que variaciones en la temperatura corporal, incluso de medio grado, pueden alterar los mecanismos hormonales que regulan la ovulación y el transporte de gametos en vacas.

Asimismo, investigaciones como la de Cárdenas & Silva han vinculado temperaturas corporales atípicas con una menor viabilidad espermática pos-inseminación, debido a alteraciones en el pH vaginal y el microambiente uterino (8). En términos de eficiencia reproductiva, la

temperatura de 36 °C no solo obtuvo el mayor número de preñeces, sino que también presentó la menor incidencia de vacas descartadas y ninguna necesidad de repetir la IA, lo que sugiere que esta condición fisiológica favorece el entorno uterino necesario para la fecundación y el desarrollo embrionario temprano, por otro lado, los animales con temperatura de 35.5 °C tuvieron el menor rendimiento reproductivo en general, lo cual puede estar relacionado con respuestas metabólicas subóptimas, las cuales han sido asociadas con estados de inmunosupresión y bajo desempeño reproductivo en estudios como el de Montenegro et al (21).

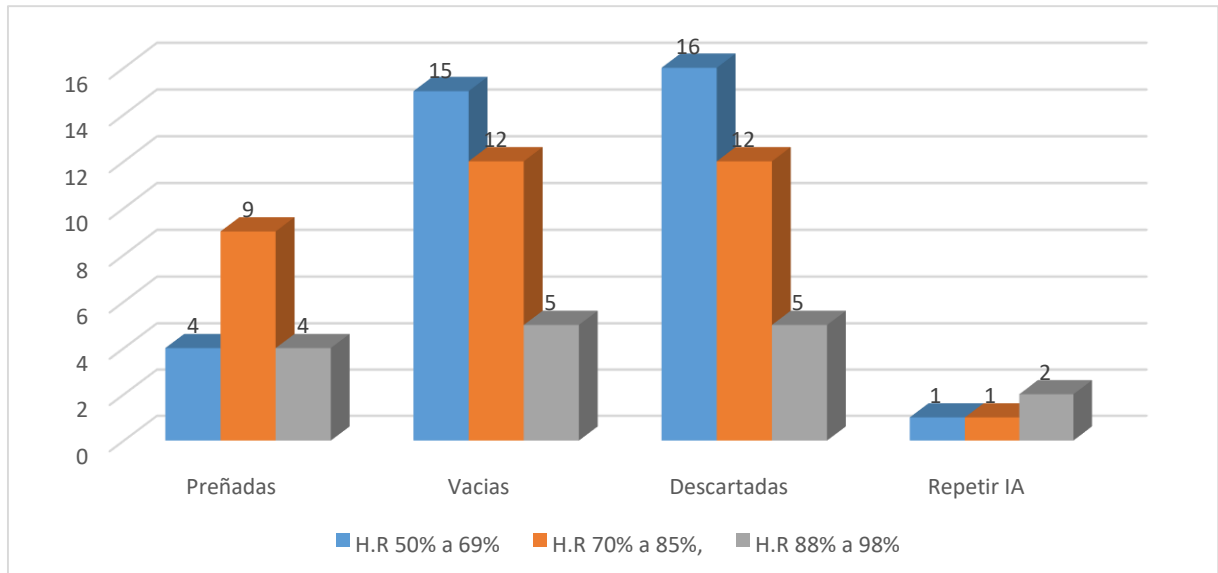
10.3. Humedad relativa

La humedad del ambiente es un factor climático que puede afectar la eficiencia reproductiva del ganado, este parámetro influye sobre el confort térmico, el comportamiento del celo, y la calidad del microambiente donde se realiza el procedimiento, si bien la humedad extrema puede generar condiciones de estrés o propiciar enfermedades, ciertos niveles de humedad moderada pueden beneficiar la homeostasis del animal, facilitando una respuesta fisiológica reproductiva más favorable.

Tabla 7 Humedad relativa

	Preñadas	Vacías	Descartadas	Repetir IA
H.R 50% a 69%	4	15	16	1
H.R 70% a 85%,	9	12	12	1
H.R 88% a 98%	4	5	5	2
Total	17	32	33	4

Gráfico 4 Humedad relativa



Los datos reflejan que la mayor tasa de preñez 8% se obtuvo en el rango de H.R. 70% a 85%, acompañado por valores moderados de vacías 10% y descartadas 10%, lo que sugiere que este intervalo de humedad es el más favorable para la eficiencia reproductiva bajo en combinación con una temperatura ambiente templada, probablemente favoreció el equilibrio fisiológico del animal, una correcta expresión del estro y una óptima respuesta uterina, investigaciones como la de Ramírez & Toledo han señalado que humedades entre 65% y 80% proporcionan un entorno térmico adecuado que reduce el estrés calórico e incrementa la tasa de fertilidad en bovinos, especialmente en zonas de altura (78).

En contraste, el rango de H.R. 50% a 69% mostró una baja tasa de preñez 2%, y los valores más altos tanto en vacías 15% como en descartadas 16%. Esta baja eficiencia reproductiva podría estar asociada a condiciones de sequedad ambiental que afectan negativamente la salud mucosal del tracto reproductivo, disminuyen la lubricación natural y dificultan la expresión del celo, según Moreno et al, una humedad relativa baja puede generar un ambiente árido que favorece el estrés oxidativo, reduciendo la calidad ovocitaria y alterando la receptividad uterina, lo cual explicaría los bajos índices de concepción observados en este grupo (24).

Por otro lado, el grupo con humedad relativa más alta 88% a 98% presentó una tasa de preñez de 3% y cero registros de vacías o descartadas, lo cual es llamativo si bien estas condiciones no fueron las óptimas para lograr una tasa de preñez alta, la ausencia de vacías y descartes sugiere un control adecuado del ambiente o una mayor adaptabilidad de estos animales. No obstante, estudios como el de Pérez & Figueroa advierten que altas humedades >90%, especialmente en combinación con temperaturas elevadas, pueden propiciar enfermedades reproductivas,

infecciones uterinas y estrés térmico crónico, afectando negativamente los resultados reproductivos (56).

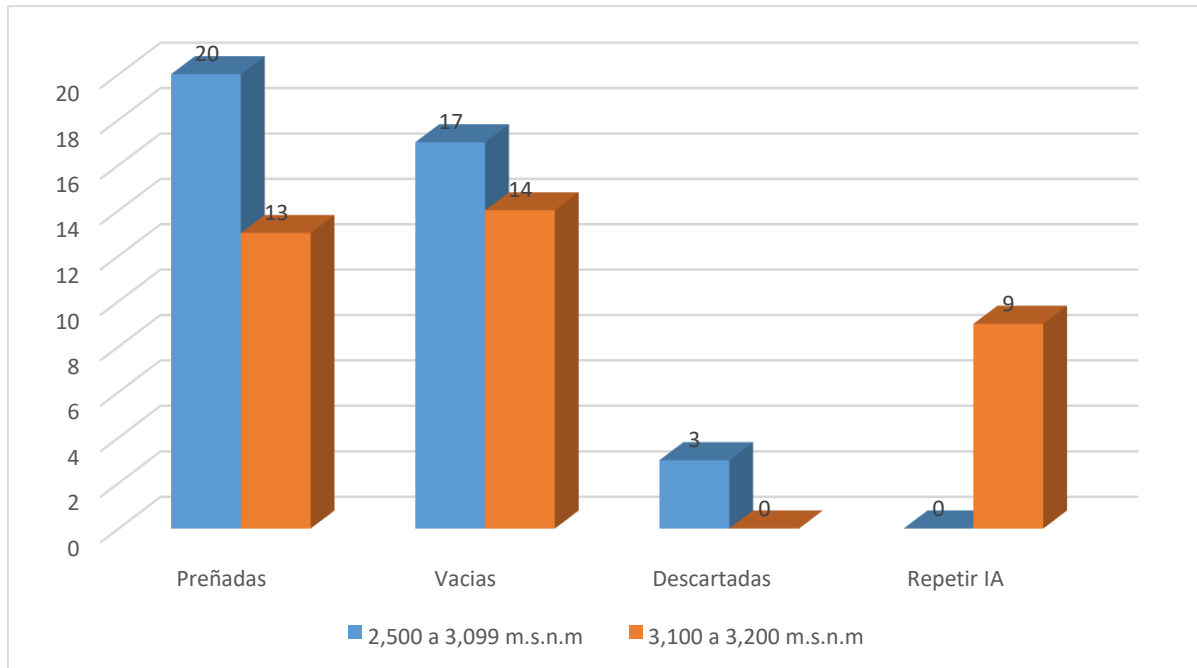
10.4. Altitud

La altitud es un factor que influye de manera en los procesos fisiológicos del ganado bovino, en zonas de mayor elevación, se presentan condiciones ambientales particulares, como menor presión atmosférica, reducción del oxígeno disponible, variaciones térmicas más extremas y cambios en la calidad del forraje, todos los cuales pueden afectar la eficiencia reproductiva del hato, condiciones que pueden alterar tanto la expresión del celo como el desarrollo folicular, la ovulación y la implantación embrionaria posterior a la inseminación.

Tabla 8 Altitud

	ALTITUD	
	2,500 a 3,099 m.s.n.m	3,100 a 3,200 m.s.n.m
Preñadas	20	13
Vacías	17	14
Descartadas	3	0
Repetir IA	0	9
Total	40	46

Gráfico 5 Altitud



Los datos muestran que en el rango de 2.500 a 3.099 m.s.n.m se alcanzó una mayor tasa de preñez 23%, en comparación con el grupo ubicado entre 3.100 a 3.200 m.s.n.m, que registró un 15% de preñez, la diferencia sugiere que la altitud menor ofrece condiciones ambientales más favorables para el éxito reproductivo, posiblemente por temperaturas más estables, menor exposición a estrés ambiental y mejor disponibilidad de nutrientes en pasturas de zonas menos elevadas, hallazgos que son consistentes con los reportes de Zambrano et al, quienes demostraron que la fertilidad bovina disminuye gradualmente a mayor altitud debido a efectos fisiológicos como hipoxia leve crónica, que compromete la función ovárica y reduce la tasa de concepción en vacas inseminadas (78).

Por otro lado, la proporción de vacas vacías fue alta en ambos grupos: 20% en altitudes menores y 16% en altitudes mayores, lo que indica que, aunque hay diferencia en preñez, la concepción sigue siendo un reto común, mayor tasa de vacías en altitudes más bajas podría relacionarse con otros factores no controlados, como diferencias en el manejo sanitario o nutricional.

En altitudes más bajas se registró un 3% de animales descartados, mientras que en altitudes superiores no hubo ningún descarte, podría indicar que, a mayor altitud, los animales fueron seleccionados con mayor rigor o que se contó con mejores controles sanitarios previos al procedimiento, sin embargo, llama la atención que la repetición de IA fue más alta en la altitud elevada 10%, lo que puede deberse a fallas en la implantación embrionaria o problemas en la sincronización del celo causados por el estrés fisiológico generado por la altitud.

El entorno de mayor altitud podría estar condicionando negativamente la fisiología reproductiva, tanto en términos de ovulación como de ambiente uterino, mientras que en altitudes medias los resultados son más positivos, aunque con una tasa no despreciable de vacas vacías, lo que demuestra que la altitud por sí sola no determina el éxito de la IA, pero sí influye de manera relativa cuando se combina con otros factores como nutrición, manejo y técnica de inseminación.

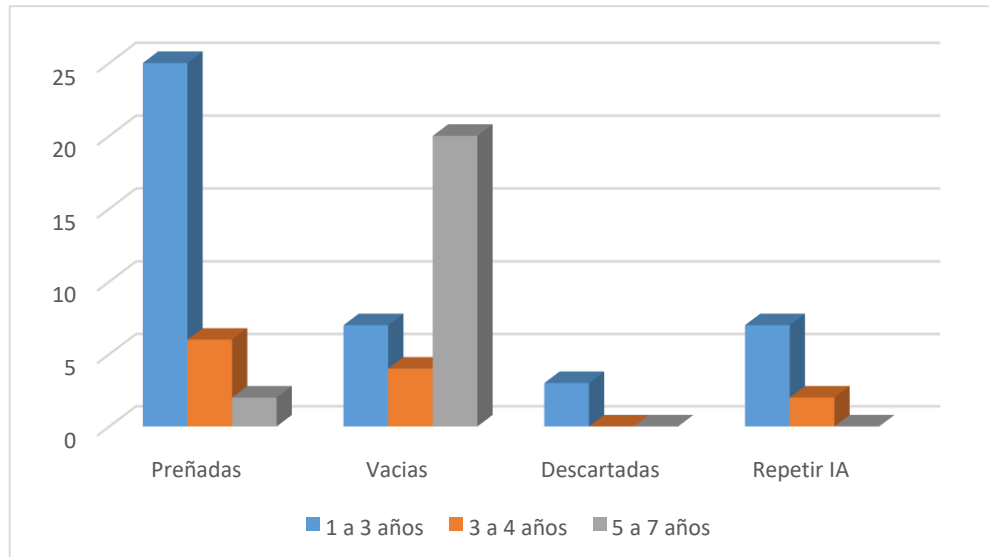
10.5. Edad

La edad del bovino es un factor biológico determinante en el rendimiento reproductivo, variable que influye en la madurez sexual, la eficiencia hormonal, la receptividad al celo y la capacidad fisiológica del aparato reproductor, el análisis de la edad permite establecer no solo la etapa óptima para la concepción, sino también detectar posibles limitantes productivas asociadas al envejecimiento del animal.

Tabla 9 Edad

	EDAD		
	1 a 3 años	3 a 4 años	5 a 7 años
Preñadas	25	6	2
Vacías	7	4	20
Descartadas	3	0	0
Repetir IA	7	2	0
Total	42	12	22

Gráfico 6 Edad



Los datos reflejan con claridad que la edad más productiva para lograr la concepción mediante IA se encuentra en el rango de 1 a 3 años, con un 29% de tasa de preñez, significativamente mayor que el 7% en el grupo de 3 a 4 años y el 2% en las vacas de 5 a 7 años, esta diferencia puede explicarse por la alta actividad reproductiva de las novillas jóvenes que, una vez alcanzada la pubertad y con una adecuada preparación fisiológica, responden eficientemente a los protocolos de sincronización hormonal y presentan ciclos ovulatorios más regulares, estudios como el de Valencia et al, afirman que la tasa de concepción es más alta en hembras de entre 18 y 36 meses debido a una mejor calidad ovocitaria y menor historial de estrés uterino (75).

En contraste, las vacas de 5 a 7 años presentan una baja tasa de preñez 2% y la mayor proporción de vacías 23%, lo cual indica que a mayor edad disminuye la eficiencia reproductiva, puede atribuirse a múltiples factores: degeneración progresiva del aparato reproductor, alteraciones hormonales, o enfermedades reproductivas acumuladas además, el desgaste físico y metabólico en vacas de esta edad puede provocar anestro, fallas en la ovulación y disminución en la receptividad al semen inseminado, estas conclusiones se alinean con lo expuesto por Muñoz & Caballero, quienes destacan que las tasas de concepción se reducen drásticamente en vacas mayores de 5 años, particularmente cuando no se manejan con protocolos sanitarios y reproductivos especializados (78).

Por otro lado, el grupo intermedio de 3 a 4 años mostró resultados modestos con un 7% de preñez y 5% de vacías, lo que representa una etapa de transición en el ciclo reproductivo en esta edad, si bien las vacas ya han alcanzado la madurez reproductiva, su eficiencia puede estar condicionada por partos previos, nutrición subóptima o adaptación incompleta al protocolo de

IA, cabe resaltar que en este grupo se observó una baja tasa de repetición 2% y cero descartes, lo cual podría indicar una respuesta moderada, pero estable, al manejo técnico, especialmente si se compara con los extremos etarios.

Asimismo, la necesidad de repetir la inseminación fue más frecuente en el grupo joven 8% y nula en las vacas de mayor edad, puede interpretarse como una mayor sensibilidad de las novillas a factores externos, como el estrés o errores en la sincronización del celo, lo cual, sin embargo, no impidió que logaran una alta tasa de concepción, confirmando que, a pesar de requerir ajustes, estas edades ofrecen el mayor potencial reproductivo.

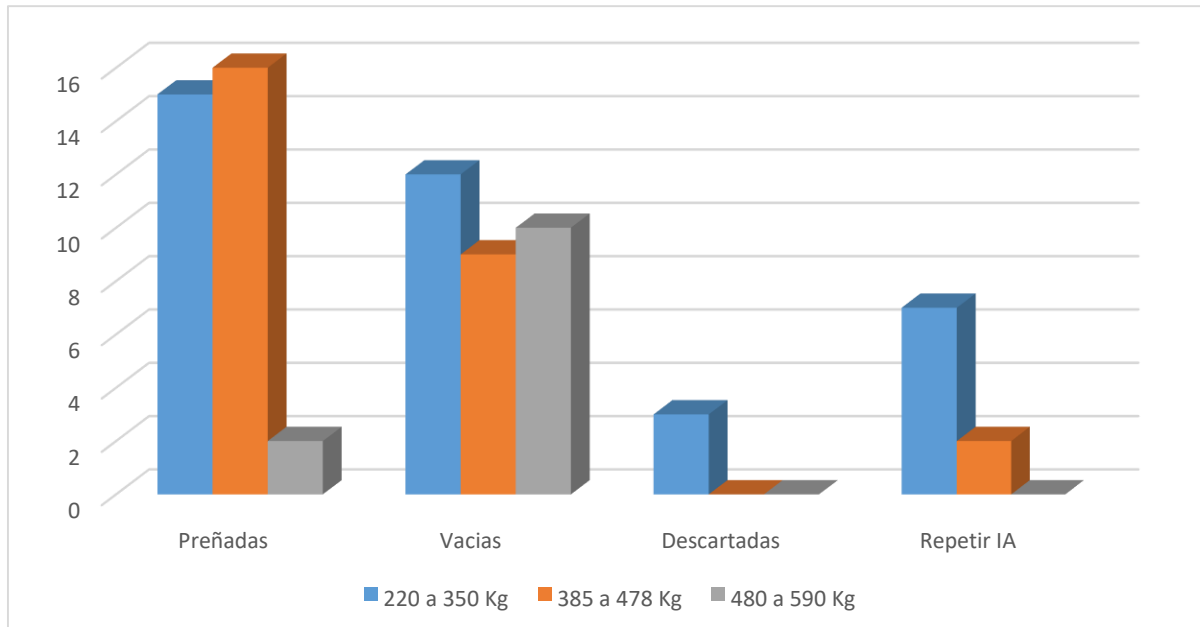
10.6. Peso

El peso corporal es uno de los indicadores relevantes en la evaluación del estado fisiológico y reproductivo de los bovinos, está vinculado con la madurez sexual, condición corporal, salud metabólica y capacidad reproductiva del animal, un peso inadecuado tanto por exceso como por defecto puede comprometer la eficiencia hormonal, la expresión del celo y la implantación embrionaria tras la inseminación.

Tabla 10 Peso **Peso** **220 a 350 Kg** **385 a 478 Kg** **480 a 590 Kg**

Preñadas	15	16	2
Vacías	12	9	10
Descartadas	3	0	0
Repetir IA	7	2	0
Total	37	27	12

Gráfico 7 Peso



Los resultados indican que la mayor tasa de preñez se alcanzó en animales con pesos entre 385 a 478 kg 19%, seguida por el grupo de 220 a 350 kg 17%, mientras que el grupo de mayor peso 480 a 590 kg presentó la menor tasa de concepción 2%, revela que existe un rango de peso óptimo correspondiente al grupo intermedio en el cual las vacas poseen un equilibrio entre desarrollo físico, condición corporal y funcionalidad hormonal que favorece la fertilidad hallazgos que coinciden con los resultados de González & Salas , quienes señalan que bovinos con pesos entre 380 y 470 kg muestran mayores tasas de éxito en programas de IA debido a un balance adecuado entre reservas energéticas y actividad reproductiva (56).

En el grupo de peso bajo 220 a 350 kg, la tasa de preñez fue también considerable 17%, aunque acompañada de un 14% de vacías y 3% de descartadas, sugiere que, aunque algunos animales jóvenes o de menor peso logran concebir, su condición corporal aún puede no ser óptima para sostener una gestación, especialmente si el peso está por debajo del umbral fisiológico necesario para la actividad ovárica normal, esta relación también se ha observado en estudios como el de Arango et al, donde se establece que vacas con peso inferior a 350 kg presentan irregularidades en el ciclo estral y menor sincronización con protocolos hormonales (78).

Por otro lado, las vacas con pesos más altos 480 a 590 kg mostraron la peor respuesta reproductiva, con solo un 2% de preñez y un 12% de vacías, sin necesidad de repetir IA ni descartes, a pesar de que el peso alto podría sugerir un buen estado nutricional, este exceso puede estar vinculado con obesidad reproductiva, una condición en la que el exceso de grasa abdominal altera el metabolismo hormonal, reduce la eficiencia ovulatoria y afecta la calidad del ambiente uterino, investigaciones como las de López y Méndez han demostrado que vacas

con altos niveles de grasa corporal tienen mayor riesgo de anestro y tasas de concepción inferiores al 5%, reforzando la relación inversa entre sobrepeso y fertilidad (75).

La necesidad de repetir IA, que fue más alta en el grupo de peso bajo 8% y mucho menor en el grupo intermedio 2%, mientras que no se registraron repeticiones en el grupo más pesado, indica que los animales con peso subóptimo presentan mayor variabilidad en su respuesta al protocolo, posiblemente por falta de sincronización hormonal efectiva o baja expresión de celo.

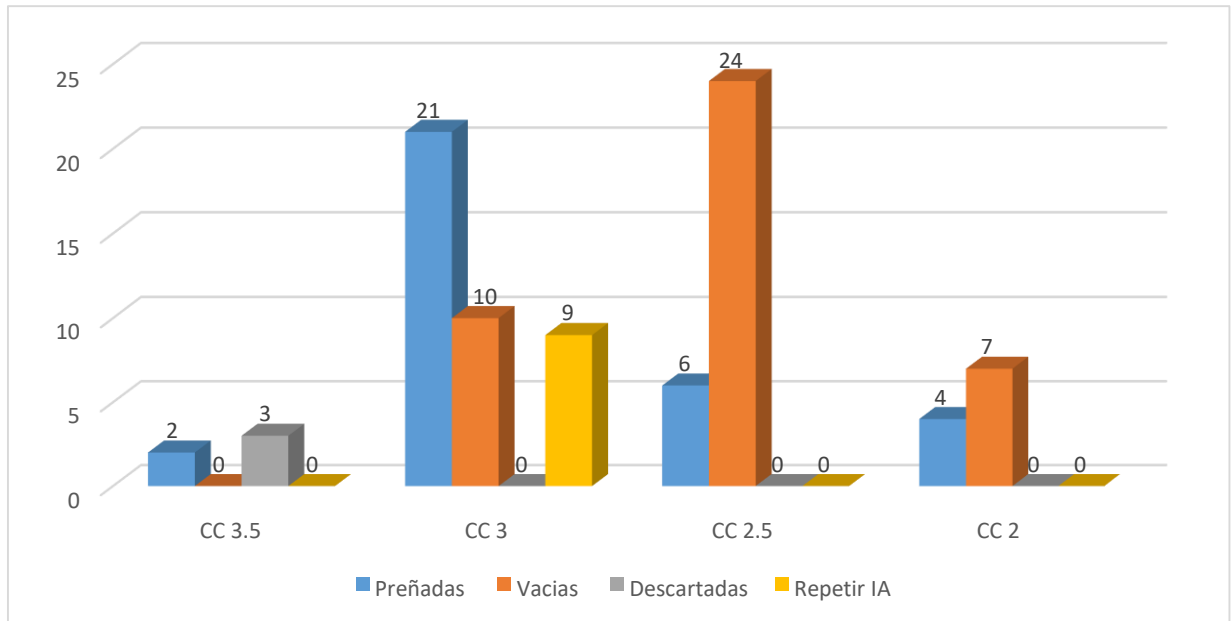
10.7. Condición corporal

La condición corporal del ganado bovino es un indicador visual y práctico del estado nutricional y fisiológico de los animales, evaluado generalmente en una escala de 1 a 5, esta variable está directamente relacionada con la función reproductiva, ya que tanto la deficiencia como el exceso de reservas energéticas pueden afectar la actividad ovárica, el estro, la ovulación y la implantación embrionaria.

Tabla 11 Condición corporal

	CC 3.5	CC 3	CC 2.5	CC 2
Preñadas		21		4
Vacías	0	10	24	7
Descartadas	3	0	0	0
Repetir IA	0	9	0	0
Total	5	40	30	11

Gráfico 8 Condición corporal



La condición corporal refleja la disponibilidad de reservas energéticas necesarias para mantener funciones fisiológicas como el ciclo estral, la ovulación y la implantación embrionaria, los resultados revelan una clara relación entre la condición corporal y la eficiencia reproductiva tras la inseminación, las vacas con CC 3.0 registraron la mejor tasa de preñez 24%, acompañada de un 12% de vacas vacías y un 10% de reinseminaciones, lo que indica una alta respuesta fisiológica al procedimiento y una buena condición general, esta categoría es considerada óptima para reproducción, ya que mantiene el equilibrio entre reservas energéticas y actividad hormonal, tal como lo señalan Estrada y Gómez , quienes demostraron que vacas con CC entre 2.75 y 3.25 tienen tasas de concepción superiores al 40% (65).

En contraste, las vacas con CC 2.5 mostraron solo un 7% de preñez y un preocupante 28% de vacías, sin que se realicen reinseminaciones ni descartes, resultado que confirma que una condición corporal por debajo del óptimo compromete la eficiencia reproductiva, posiblemente por anestro, baja calidad ovocitaria o falla en la implantación, como han descrito Sánchez y Villacís (20). De igual forma, las vacas con CC 2.0 presentaron un desempeño bajo, con apenas 5% de preñez y 8% de vacías, lo cual refleja un estado de subnutrición, donde el organismo prioriza funciones vitales por sobre la reproducción, este hallazgo está en línea con Risco et al, quienes explican que en condiciones de energía negativa, la función ovárica se inhibe y se reduce la secreción de GnRH, afectando la ovulación y la receptividad uterina (28).

Curiosamente, las vacas con CC 3.5, que en teoría deberían tener un rendimiento reproductivo favorable, solo lograron un 2% de preñez, con un 3% de descartes y sin vacías ni repeticiones, sugiere que un exceso de reservas corporales también puede ser perjudicial para la fertilidad, debido a alteraciones metabólicas, se reafirma que mantener a las vacas dentro del rango óptimo

de CC no solo mejora la probabilidad de éxito en la inseminación, sino que también permite una mejor planificación del manejo zootécnico y económico de los hatos.

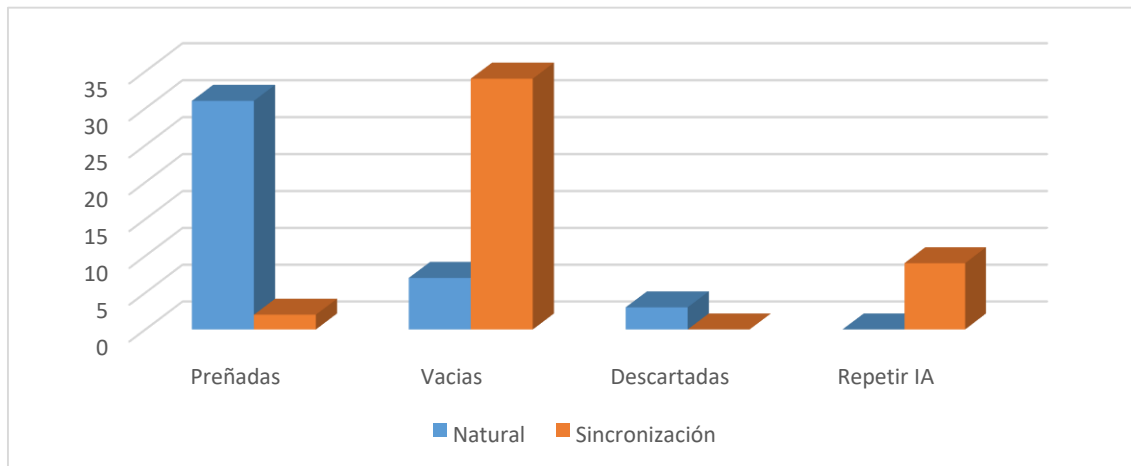
10.8. Preñez y celo

El método utilizado para la detección del celo en bovinos es un factor que puede influir en el éxito reproductivo cuando se aplica inseminación artificial existen dos estrategias comunes: la detección de celo natural basada en la observación directa del comportamiento del animal y la sincronización hormonal, que induce artificialmente el estro para programar la inseminación; si bien ambas técnicas buscan optimizar el momento de la inseminación, su eficacia puede variar dependiendo del manejo, la condición fisiológica del animal y el seguimiento técnico.

Tabla 12 Preñez y celo

	Natural	Sincronización
Preñadas	31	2
Vacías	7	34
Descartadas	3	0
Repetir IA	0	9

Gráfico 9 Preñez y celo



Los datos muestran que la detección natural del celo resultó en una tasa de preñez del 36%, mientras que el uso de sincronización hormonal solo alcanzó un 2% de preñez, lo cual representa una diferencia significativa de 34 puntos porcentuales el resultado sugiere que, bajo las condiciones del programa evaluado, la sincronización del estro no fue efectiva en inducir un celo fértil o bien ejecutado, posiblemente por una aplicación inadecuada del protocolo hormonal, deficiente monitoreo post-aplicación, o una incorrecta selección del momento de inseminación, diversos estudios, como el de Rivera, han demostrado que la sincronización

puede ser eficiente solo cuando se aplican protocolos rigurosos y con seguimiento técnico estricto; de lo contrario, puede reducir drásticamente la probabilidad de éxito, como se evidencia en estos datos (57).

En contraste, la alta tasa de preñez en vacas con celo natural respalda lo señalado por González y Andrade, quienes encontraron que la detección visual del estro, especialmente en vacas con buena condición corporal y comportamiento reproductivo activo, mejora notablemente las tasas de concepción al garantizar que la IA se realice en el momento fisiológicamente adecuado, estrategia, aunque más demandante en términos de observación continua, asegura una mayor eficiencia biológica, ya que se sincroniza con el ciclo natural del animal (36).

Además, se observa que, en el grupo sincronizado, el 40% de las vacas resultaron vacías y un 10% fueron reinseminadas, lo cual sugiere que, aunque se logró inducir una respuesta al protocolo, esta no fue suficiente para generar una concepción exitosa en la mayoría de los casos puede estar relacionado con la falta de expresión del estro, baja calidad ovocitaria o problemas de manejo post-inseminación.

Por otro lado, el grupo con celo natural registró solo un 8% de vacías, y ninguna reinseminación, lo cual puede deberse a una mejor eficiencia en la detección del celo real y una correcta ejecución del proceso desde el punto de vista técnico, se destaca que el 3% de vacas con celo natural fueron descartadas, posiblemente por problemas sanitarios, reproductivos, sin embargo, esta ausencia de descartes no compensa la baja tasa de preñez observada.

10.9. Duración de la Inseminación

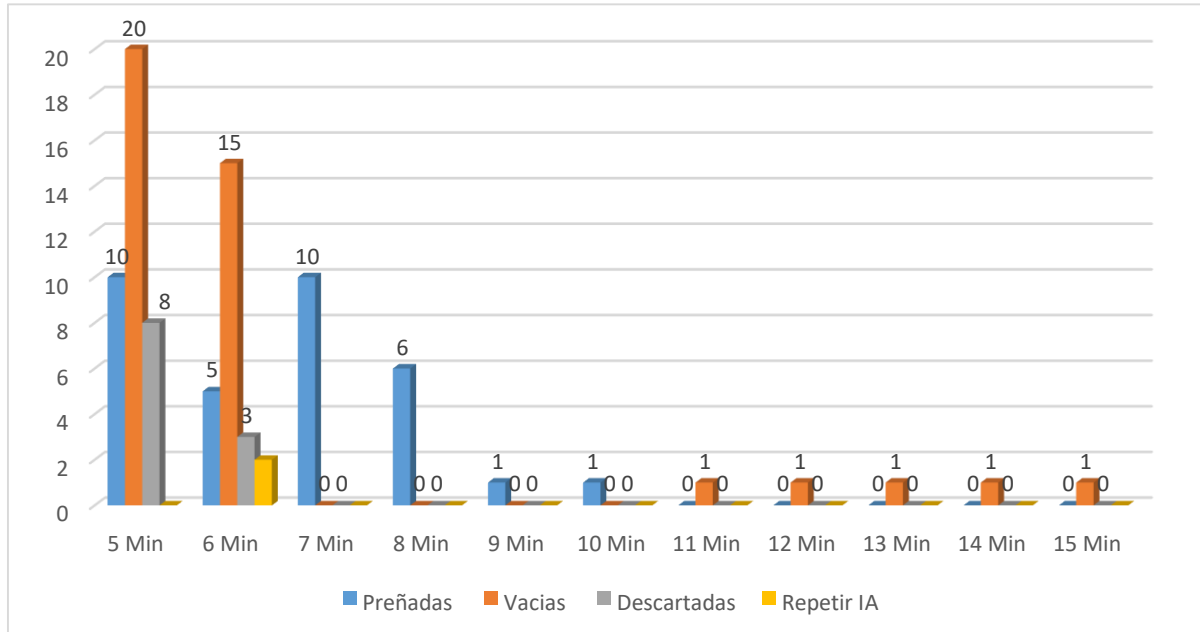
La duración del procedimiento de inseminación artificial en bovinos, aunque a menudo subestimada, puede ser un factor determinante en el éxito reproductivo, el tiempo invertido en realizar la IA influye en la precisión de la deposición del semen en el tracto reproductivo, en la manipulación del aparato genital y en la reducción del estrés del animal: tanto una aplicación apresurada como una demasiado prolongada pueden comprometer la eficiencia del proceso, afectando la tasa de concepción.

Tabla 14 Duración de la IA

	Duración de la IA										
	5 Min	6 Min	7 Min	8 Min	9 Min	10 Min	11 Min	12 Min	13 Min	14 Min	15 Min
Preñadas	10	5	10	6	1	1	0	0	0	0	0

Vacías	20	15	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Descartadas	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Repetir IA	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	38	25	10	6	1	1	1	1	1	1	1

Gráfico 10 Duración de la IA



Los resultados muestran que las mayores tasas de preñez se concentraron en los rangos de 5 minutos y 7 minutos 12% cada uno, seguidos por 6 minutos 6% y 8 minutos 7% sugiere que un procedimiento ágil, pero correcto, favorece la eficacia de la inseminación, en especial, el tiempo de 5 minutos, además de tener una alta tasa de preñez, presentó un rango equilibrado de vacías 23% y descartes 9%, lo que indica que, si bien este tiempo es eficaz, debe ir acompañado de una adecuada técnica y condiciones del animal para evitar pérdidas reproductivas, comportamiento que se alinea con lo descrito por Villamarín et al, quienes concluyen que la IA debe realizarse en un rango de 4 a 7 minutos para maximizar la precisión sin generar fatiga ni estrés excesivo en el operador o en la hembra (80).

Por otro lado, la duración de 7 minutos mostró resultados de : 12% de preñez y 0% de vacías, descartadas, lo que sugiere una ejecución cuidadosa y técnica, sin comprometer el tiempo, puede ser interpretado como el tiempo óptimo en el contexto evaluado, ya que además de lograr preñez, evitó pérdidas, lo cual reduce costos y mejora la eficiencia del protocolo, hallazgo que se respalda en el trabajo de Jiménez & Barreiro, quienes encontraron que la precisión en la

colocación intrauterina del semen, sin distracciones o interrupciones, mejora significativamente la tasa de concepción (8).

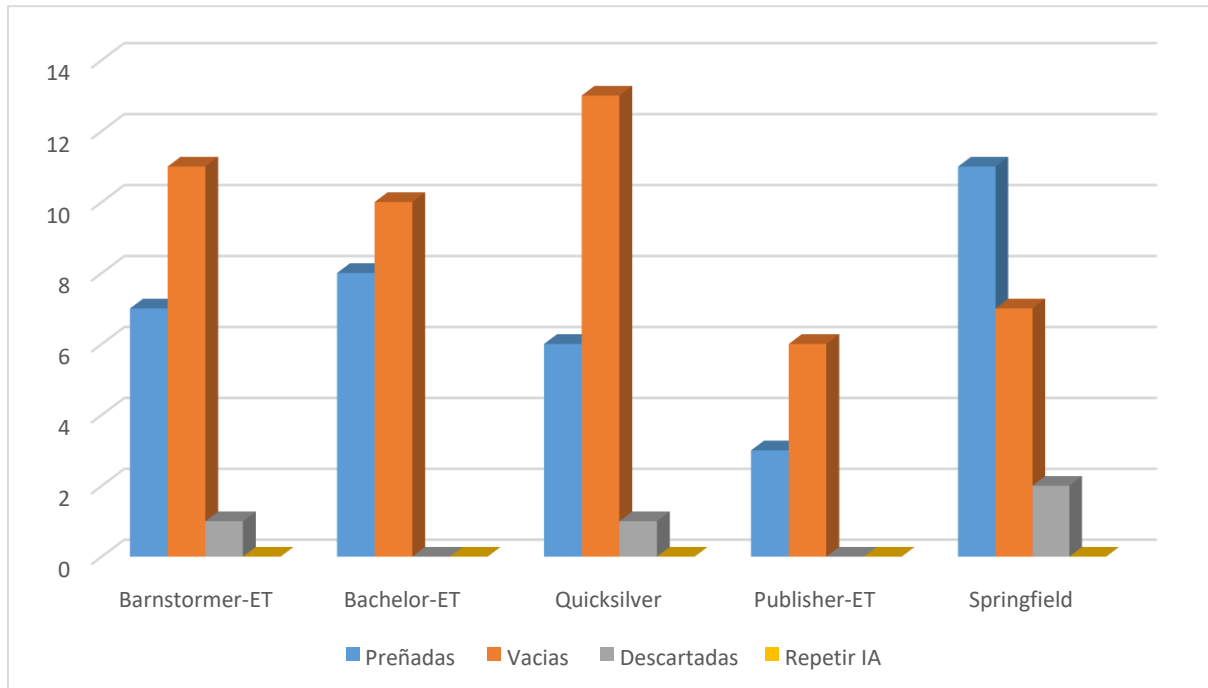
En contraste, tiempos de 10 a 12 minutos no presentaron resultados positivos: 0% de preñez y solo 1% de vacías en los extremos, con ausencia total de descartes, puede deberse a fatiga en el operador, manipulación excesiva del tracto reproductivo o estrés en el animal, que afecten la fisiología uterina y dificulten la llegada del semen al sitio adecuado estos datos coinciden con el estudio de Fernández et al, quienes advierten que duraciones prolongadas, especialmente mayores a 10 minutos, se asocian a movimientos imprecisos y aumentan el riesgo de deposición errónea del semen en el cérvix o el cuello uterino, reduciendo significativamente las probabilidades de concepción (6).

10.10. Pajuela con Mayor Tasa de concepción

Tabla 13 Pajuela con Mayor Tasa de concepción

	BarnstormerET	on Mayor Tas n BachelorET	Quicksilver	PublisherET	Springfield
Preñadas	7	8	6	3	11
Vacías	11	10	13	6	7
Descartadas	1	0	1	0	2
Repetir IA	0	0	0	0	0
Total	19	18	20	9	20

Gráfico 12 Contingencia de Pajuela con Mayor Tasa de concepción



La elección del tipo de pajuela representa un componente crítico en el éxito reproductivo, se evaluaron cinco tipos de pajuelas: Barnstormer-ET, Bachelor-ET, Quicksilver, Publisher-ET y Springfield, con el objetivo de determinar cuál presenta la mayor eficiencia en términos de tasa de concepción.

La pajuela Springfield registró el mayor porcentaje de preñez con un 13%, superando a las demás, lo que sugiere una mayor viabilidad espermática o mejor compatibilidad genética con las vacas del sistema productivo evaluado, se acompaña de una tasa moderada de vacas vacías 8% y un bajo nivel de descarte 2%. En comparación, Bachelor-ET y Barnstormer-ET también obtuvieron buenos niveles de concepción 9% y 8%, respectivamente, pero con tasas de vacas vacías más elevadas 12% y 13%, lo cual reduce su eficiencia en términos generales.

Por otro lado, la pajuela Quicksilver evidenció un rendimiento menos favorable, con solo un 7% de preñeces y una alta proporción de vacas vacías 15%, comportamiento que podría deberse a factores como la calidad del semen, la técnica de conservación o incluso el momento de la inseminación. Finalmente, Publisher-ET mostró la tasa de concepción más baja 3%, aunque con un bajo índice de descarte 0% y de vacas vacías 7%, indicando una limitada eficacia reproductiva que requiere un análisis más profundo sobre sus condiciones de aplicación.

En comparación con investigaciones previas, los datos concuerdan con los hallazgos de González, quienes demostraron que pajuelas con mayor calidad genética y adecuada manipulación durante el proceso de inseminación presentan mejores tasas de concepción (24).

Asimismo, estudios como el de Mendoza y Ríos señalan que la selección de la pajueta debe ir acompañada de un protocolo técnico riguroso para garantizar la eficiencia esperada, lo que coincide con los resultados obtenidos en Springfield, que demuestran su potencial cuando se aplican buenas prácticas reproductivas (51).

10.11. Tasa de concepción

Esta tasa representa la proporción de animales que logran quedar preñados en relación con el total de los que fueron sometidos al proceso reproductivo, su análisis permite identificar cuán efectiva fue la técnica empleada, así como también inferir la influencia de múltiples factores como el manejo sanitario, la condición corporal, el protocolo hormonal, la habilidad del inseminador, y variables ambientales y fisiológicas. A continuación, se interpretan los resultados obtenidos en el presente estudio para determinar su relevancia dentro del contexto científico actual.

Índice de eficiencia

Eficiencia (%) = Preñez real/ preñez prevista *100

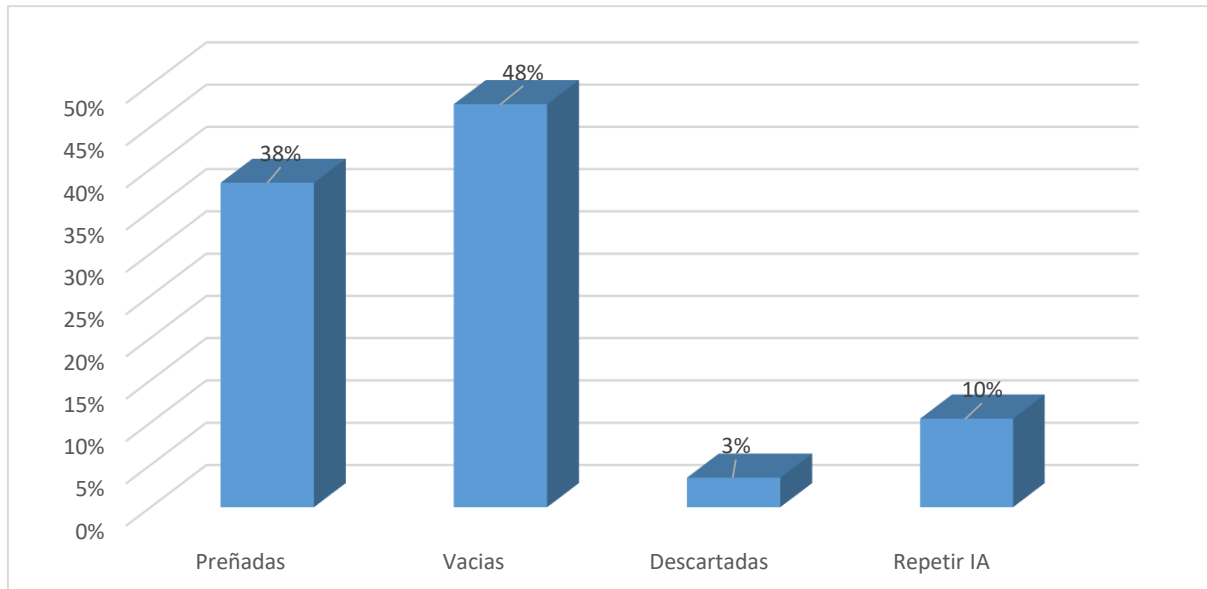
Eficiencia (%) = 38/100*100

Eficiencia = 38%

Tabla 14 Tasa de concepción

Tasa de Concepción	
Preñadas	38%
Vacías	48%
Descartadas	3%
Repetir IA	10%
Total	100%

Gráfico 13 Tasa de concepción



Los datos muestran que el 38% de los animales resultaron preñados tras la aplicación del protocolo de IA, mientras que un 48% quedaron vacíos, un 3% fueron descartados y un 10% requirieron repetir el procedimiento este panorama revela una eficacia baja del programa de IA en su conjunto, si bien alcanzar una tasa de concepción cercana al 40% puede considerarse aceptable bajo ciertas condiciones de campo, esta cifra está por debajo de los valores esperados en programas bien estructurados, donde la tasa de concepción puede oscilar entre el 50% y 70%, según estudios de Espinoza et al y datos publicados por la FAO para regiones andinas con sistemas semi-intensivos (56).

El alto porcentaje de vacías 48% es un dato preocupante, ya que supera la proporción de preñadas, lo que indica una eficiencia reproductiva limitada, podría estar asociada a una detección inadecuada del estro, problemas en la técnica de inseminación, factores fisiológicos no controlados, o factores ambientales adversos como la altitud y la humedad relativa, que afectan la expresión hormonal y la receptividad uterina.

En cuanto a la necesidad de repetir la IA 10%, esta representa una carga adicional tanto en términos económicos como zootécnicos, repetir la inseminación implica mayor inversión en insumos hormonales, más tiempo de monitoreo y un incremento en los días abiertos, afectando negativamente el intervalo parto-concepción y reduciendo la rentabilidad del sistema. Además, se genera un desgaste fisiológico innecesario en los animales si los protocolos no están correctamente ajustados. Investigaciones como la de Rodríguez et al, evidencian que una tasa de repetición superior al 5% puede deberse a fallas en la técnica o a deficiencias en la nutrición previa al servicio (47).

Por otro lado, el 3% de animales descartados indica que un grupo reducido fue retirado del proceso por causas posiblemente atribuibles a anestro persistente, infecciones reproductivas o condiciones clínicas desfavorables, si bien este porcentaje no es elevado, su presencia refuerza la necesidad de establecer criterios de selección previos más rigurosos y un monitoreo más efectivo del estado fisiológico antes de iniciar el protocolo de IA.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

11.1. Impacto Social

La presente investigación generó un impacto social significativo al contribuir con el desarrollo productivo de los pequeños y medianos ganaderos del cantón Latacunga, particularmente en parroquias como Toacaso, Poaló, Tanicuchi, Pastocalle y Eloy Alfaro, donde la ganadería constituye una de las principales fuentes de sustento económico, al identificar los factores que afectan la eficiencia de la inseminación artificial, se brinda a los productores un conocimiento claro sobre cómo mejorar sus prácticas reproductivas, reduciendo pérdidas económicas asociadas a fallos en la concepción y optimizando los recursos disponibles, dicha mejora repercute en la seguridad alimentaria de las familias rurales, mejora la calidad genética de los hatos, además, fomenta una cultura de innovación y adopción tecnológica en comunidades tradicionalmente ligadas a prácticas reproductivas convencionales como la monta natural, de este modo, el estudio impulsa el desarrollo rural sostenible, promueve el arraigo comunitario y fortalece la relación entre la academia y el sector productivo, ofreciendo resultados aplicables que elevan la calidad de vida de los beneficiarios.

11.2. Impacto Ambiental

La aplicación eficiente de la inseminación artificial representa una contribución al cuidado y manejo sustentable del medio ambiente, uno de los principales beneficios ambientales radica en la reducción del número de toros reproductores necesarios en los predios ganaderos, lo que conlleva una disminución de la presión sobre los recursos forrajeros y hídricos, ya que estos animales suelen requerir mayor mantenimiento y alimentación, al disminuir la densidad de animales de alto consumo, se logra una gestión más eficiente del pasto y se reducen los impactos negativos sobre los suelos y el ecosistema andino.

Además, permite evitar la propagación de enfermedades de transmisión sexual bovina, lo que indirectamente reduce el uso excesivo de medicamentos y antibióticos veterinarios que, al ser mal gestionados, pueden contaminar fuentes de agua y suelos agrícolas. Esta investigación,

contribuye al diseño de un protocolo más preciso y adaptado, que evita repeticiones innecesarias del proceso, minimizando el uso de insumos hormonales y reduciendo la huella ecológica asociada: finalmente, al mejorar la eficiencia reproductiva se logra una mayor producción con menos animales, lo que se traduce en menores emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de leche o carne producida, aportando así a la sostenibilidad ambiental del sector ganadero.

11.3. Impactos Económicos

Tiene implicaciones económicas directas para los ganaderos, al introducir material genético superior, se logra una mejora progresiva en características deseables como la producción de leche, la calidad del calostro, la eficiencia alimenticia, la resistencia a enfermedades, y la longevidad productiva de las vacas y reducción de costos sanitarios y reproductivos.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos, en Ecuador, los predios ganaderos que tienen un proceso de mejoramiento genético mediante técnicas de inseminación pueden lograr una mejor eficiencia reproductiva lo que se traducirá en un aumento de crías y por ende su vida útil (32), implementar IA puede parecer costoso en el corto plazo, pero en el mediano y largo plazo genera un retorno sobre la inversión favorable, especialmente si se evita la aparición de enfermedades reproductivas y se mantiene un control técnico adecuado, dichos beneficios no solo mejoran la productividad reproductiva sino que fortalecería la sostenibilidad económica de las familias a través de una selección eficiente y tecnificada que resultara en más bovinos con menos pérdidas para su uso productivo.

11.4. Impacto Técnico

Desde el punto de vista técnico, esta investigación aporta con la estructuración de un protocolo reproductivo adaptado a las condiciones fisiológicas del animal y ambientales propias de la región interandina de Cotopaxi, lo que representa una herramienta concreta para la toma de decisiones ganaderas, el análisis de variables como la condición corporal, el peso, la edad, la temperatura corporal, la duración de la inseminación y los factores climáticos como temperatura ambiente y humedad relativa permite establecer correlaciones estadísticas validadas, que respaldan la eficacia del procedimiento de inseminación artificial aplicado.

A través de los resultados obtenidos, se evidenció que la sincronización inadecuada, la condición corporal baja y las condiciones ambientales extremas disminuyen significativamente la tasa de concepción, permitiendo ajustar el proceso de manera técnica y fundamentada, esto

no solo optimiza los recursos zootécnicos, sino que promueve la reproducción controlada con bases científicas, reduciendo la incidencia de enfermedades venéreas y evitando la pérdida genética de animales de alto valor, en este sentido, la investigación no solo aporta conocimientos, sino también herramientas prácticas que pueden ser replicadas en otras zonas con características similares, consolidando un modelo técnico de mejoramiento genético sostenible.

12. Presupuesto

Tabla 15 Artículos de oficina

Artículos de oficina			
Cantidad	Detalle	C/U	Total
3	Esferos	\$ 0,45	\$ 1,35
1	½ Resma de papel bond A4	\$ 6,5	\$ 6,5
1	Tabla de apoyo A4	\$ 4,5	\$ 4,5
Total			\$ 12,35

Tabla 16 Costos Fijos

Costos fijos			
Cantidad	Detalle	C/U	Total
32 días	Transporte	\$ 5	\$ 160
120 días	Conexión a internet	\$ 8 mensual	\$ 32
32 días	Alimentación	\$ 2,50	\$ 80
Total			\$ 272

Tabla 17 Costos en materiales e insumos para la experimentación

Materiales e insumos			
Cantidad	Detalle	C/U	Total
1	Caja de guantes de manejo	\$ 9,00	\$ 9,00
1	Caja de guantes ginecológicos	\$ 12,50	\$ 12,50
1	Paquete de catéter	\$ 20,00	\$ 20,00
6	Rollos de papel higiénico	\$ 1	\$ 6
1	Gel lubricante	\$ 4,50	\$ 4,50

1	Termo de agua	\$ 5	\$ 5
1	Caja de jeringas 3ml	\$ 5	\$ 5
2	Gestar	\$ 32	\$ 64
1	Pistola de IA	\$ 50,00	\$ 50,00
1	Termómetro	\$ 5	\$ 5
Total			\$ 181

Tabla 18 Presupuesto total

Gatos totales	
Descripción	Total
Artículos de oficina	\$ 12,35
Costos Fijos	\$ 272
Materiales e insumos	\$ 181
Total	\$ 465,35

13. CONCLUSIONES

Se determinó que los factores ambientales ejercen influencia sobre la eficiencia de la inseminación artificial en bovinos lecheros del cantón Latacunga, específicamente, se observó que las mejores tasas de preñez se lograron en rangos de temperatura ambiental entre 16 °C y 20 °C, con una humedad relativa entre 70% y 85%, y en altitudes comprendidas entre 2.500 y 3.099 m.s.n.m, dichas condiciones parecieron favorecer levemente el comportamiento reproductivo y la receptividad del útero, por tanto, se concluye que el clima local no solo debe considerarse como un entorno pasivo, sino como un factor a tomar en cuenta para planificar adecuadamente los protocolos de inseminación artificial.

Los factores biológicos del animal, como la edad, peso, condición corporal, temperatura corporal y salud reproductiva, son determinantes para lograr una concepción exitosa, las vacas con edades entre 1 y 4 años, peso entre 385 y 478 kg y condición corporal de 3 a 3.5 registraron las mayores tasas de preñez, en contraste, animales con enfermedades reproductivas como vulvovaginitis presentaron bajas tasas de concepción o fueron descartadas del proceso, estos hallazgos refuerzan la necesidad de una adecuada evaluación individual del animal antes de aplicar la técnica.

Se concluye que la ejecución técnica del proceso de inseminación artificial influye de manera directa en el resultado, se observó que la duración óptima de la IA se encuentra entre 6 y 7 minutos, mientras que la detección natural del estro mostró mejores resultados que los protocolos de sincronización hormonal, estos resultados indican que la técnica empleada, el tiempo de manipulación y la habilidad del operador son elementos clave para aumentar la eficiencia reproductiva.

14. RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos, se recomienda que la aplicación de la inseminación artificial se realice preferentemente durante periodos climáticos donde la temperatura ambiente oscile entre 16 °C y 20 °C, y la humedad relativa se mantenga entre el 70% y 85%, además, se sugiere evitar las campañas de inseminación en épocas frías o de humedad extrema, ya que estas condiciones afectan negativamente la fertilidad, la incorporación de estaciones meteorológicas o el uso de datos locales permitiría programar con mayor precisión los periodos reproductivos.

Desde el punto de vista animal, se aconseja una evaluación previa del estado fisiológico y sanitario de cada bovino, seleccionando aquellos que cumplan con los criterios ideales de edad, peso y condición corporal, asimismo, es fundamental implementar un protocolo sanitario riguroso que contemple la vacunación, desparasitación y revisión ginecológica, a fin de minimizar la presencia de enfermedades que alteren la eficiencia del proceso.

En cuanto al procedimiento técnico, se recomienda estandarizar la duración de la inseminación artificial entre 6 y 7 minutos y asegurar que el personal esté debidamente capacitado en técnicas de manejo reproductivo, detección de celo y aplicación del semen, además, siempre que sea posible, se debe priorizar la detección natural del estro por encima de la sincronización hormonal, especialmente en pequeños y medianos predios donde el manejo individualizado del hato es viable.

15. BIBLIOGRAFÍA

1. Quintana D. provincias con mayor producción de leche. Forbes. 2024; I(1).
2. La Gaceta. Producción lechera en Cotopaxi se ha reducido en un 50% por falta de alimentos. La Gaceta. 2024; I(1).
3. Nava M. Inseminación artificial en bovinos. Ciencia Latindex. 2024; 75(3).
4. Gestion. Sector Lacteo en Ecuador. Gestión. 2024; 1(1).
5. Quishpe X. 112 QUISHPE, X.C. ... [et al.] (2023). Seroepidemiología de la diarrea viral bovina en áreas de la provincia de Cotopaxi, Ecuador. Universidad & ciencia, Vol SEROEPIDEMIOLOGÍA DE LA DIARREA VIRAL BOVINA EN ÁREAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI. Universidad y Ciencia. 2023; 12(2).
6. Vizuite K. Seroprevalencia de la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina de la provincia de Cotopaxi, Ecuador. Redalyc. 2023; 13(2).
7. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. ENFERMEDADES ZOONÓTICAS:LEPTOSPIROSIS. Ministerio de Salud. 2023; 1(1).
8. Vergara C. Prevalencia de Brucelosis (Brucella Abortus) en los Hatos Bovinos del Ecuador. Ciencia Latina. 2023; 1(1).
9. MSD. Inseminación artificial en bovinos: conozca el paso a paso de este procedimiento. Salud Animal. 2022; 1(1).
- 10 Rios A. Comparación de dos métodos de inseminación. UNG. 2020; 1(1).

- 11 Hernandez J. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL ANIMAL: HISTORIA Y EVOLUCIÓN. . UTP. 2020; 1(1).
- 12 Duarte A. MANUAL DE INSEMINACION ARTIFICIAL DE GANADO. MANINS. . 2020; 1(1).
- 13 Lenis Y. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL Y LIDERAZGO RURAL EN EL . AGRONEGOCIO BOVINO. diepal. 2021; 1(1).
- 14 Agricultura Md. Sanidad reproductiva. ZOETIS. 2025; I(1).
- 15 Agramonte I. Factores que afectan la tasa de concepción en inseminación a tiempo fijo en . vacas mestizas. Scielo. 2021; 33(1).

16 Gasque R. REPRODUCCIÓN BOVINA. Scielo. 2021; I(1).

17 Delanett M. Anatomía y Fisiología de la Reproducción Bovina. Select Reproductive Solutions. 2021; II(1).

18 Toribio L. COMPENDIO SOBRE REPRODUCCION ANIMAL. CENIDA. 2021; II(1).

19 Hernandez J. Fisiologia Clinica de la reproduccion de Bovinos. UNAM. 2021; I(1).

20 Mancheno C. Principios de Fisiología Reproductiva Animal. ESPOCH. 2022; I(1).

21 UNATEC. MANEJO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO EN BOVINOS, OVINOS, .
CAPRINOS Y EQUINOS. UNAM. 2022; I(1).

22 Cruz A. Principales factores que afectan la prolificidad del ganado vacuno en Latam. .
Revista Electrónica de Veterinaria. 2023; I(1).

23 Rengel L. Manual de practicas de reproduccion animal. UNAM. 2022; I(1).

24 Avalos R. Los procesos reproductivos en vacas y el uso de la ultrasonografia. Scielo. 2022;
I(1).

25 Silva M. Mejoramiento genético en bovinos a través través. Redalyc. 2023; I(1).

26 Zumba J. INSEMINACION ARTIFICIAL CON CELO NATURAL. Redalyc. 2022; I(1).

27 Roa N. Método y aplicación de la inseminación artificial en bovinos. Scielo. 2023; I(1).

28 Gissell A. La producción lechera y la innovación. UTA. 2022; I(1).

29 RECA. Tricomoniasis bovina en Ecuador. Scielo. 2023; I(1).

30 Izquierdo A. Factores del medioambiente que determinan el comportamiento reproductivo. Redalyc. 2020; I(2).

31 Hernandez A. Las altas temperaturas ambientales afectan la UDCA. 2019; 13(2).

32 Escobar P. Factores climáticos que afectan el desempeño. Archivo Medico Veterinario. 2020; I(2).

33 Thompson S. Factores climáticos que afectan el desempeño. Eficacia de la administración de la hormona liberadora de gonadotropina en los días 11, 14 o 15 después de la ovulación. 2019; II(2).

34 Broom F. Comportamiento y bienestar de los animales de granja.. Tindal. 2015; III(5).

35 Silva RD. El tiempo y el clima y la producción animal. Practicas metodologicas agricolas. 2020; I(2).

36 Moberg G. Efectos del estrés ambiental y de manejo sobre la reproducción en la vaca. Redaluc. 2018; I(1).

37 Kirby J. Efectos del estrés por calor controlado en la función ovárica del ganado. Redalyc. 2018; I(1).

38 Lewis D. Factores que afectan la fertilidad en la vaca posparto:. Redalyc. 2021; I(2).

39 Stathan J. Descripción general del manejo de la reproducción: ganado vacuno. Manual de Veterinaria. 2023; I(1).

40 Ministerio de Ambiente. A EL MANEJO SANITARIO DE GANADO BOVINO EN LA PARROQUIA DE. MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. 2019; I(1).

41 Edrizola E. MANEJO SANITARIO. Redalyc. 2021; II(2).

- 42 ICA. El Plan Sanitario. ASOCEBU. 2023; II(5).
- 43 Pronaca. La sanidad en un hato ganadero. Pronaca. 2021; II(1).
- 44 MSD. Inseminación artificial en bovinos: precauciones para realizar el procedimiento de forma segura. Salud animal. 2022; I(1).
- 45 Perez L. Estrés calórico en ganado lechero I: sus componentes y sus efectos. Ganaderia . Bovina. 2025; I(1).
- 46 Herrera V. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal y la producción. Plan Gropecuario. 2022; I(1).
- 47 Altech. Estrés calórico en ganado de carne. Alltech. 2022; I(1).
- 48 Correa A. Scielo. [Online].; 2022. Acceso 6 de Junio de 2025. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711242022000200488.
- 49 Servicio Forestal de USA. Mitigando el estrés por Calor en Ganado. [Online].; 2013. Acceso 6 de Junio de 2025. Disponible en: https://www.fs.usda.gov/nac/assets/documents/workingtrees/infosheets/HeatStressCattle_Spanish.pdf.
- 50 GOBAR. Pautas para prevenir el estrés calórico en el ganado bovino ante temperaturas elevadas. SENASA. 2020; I(1).
- 51 Stathan J. Programas de cría en la reproducción del ganado vacuno. Manual de MSD. 2023; I(1).
- 52 Mejia D. ón in vitro de ovocitos bovinos por la presencia del cuerpo polar y la tincion de hoechst. Biología Agropecuaria. 2022; I(1).
- 53 PISA. La reproducción en la vaca. Ganaderia. 2020; I(1).

- 54 Guadalupe F. Tratamiento con fósforo, selenio y vitamina ADE en el manejo reproductivo de los bovinos. *Contexto Ganadero*. 2020; I(1).
- 55 Agrovét. 10 Pasos para mejorar el desempeño reproductivo de tu ganado. *AGROVET*. 2021; I(1).
- 56 Britt J. Oocyte development in cattle: physiological and genetic aspects. Instituto de Agricultura de Tennessee. 2022; II(1).
- 57 Treulen F. Oocyte Selection for In Vitro Embryo Production in Bovine Species: Noninvasive Approaches for New Challenges of Oocyte Competence. *Biblioteca Nacional de Medicina Animal*. 2022; II(3).
- 58 Yamamoto K. Bovine oocyte diameter in relation to developmental competence. *Science Direct*. 2020; 48(5).
- 59 Ocaña J. EFECTO DEL MEDIO DE CULTIVO Y LA SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN LA MADURACION IN VITRO DE OVOCITOS BOVINOS. *Scielo*. 2020; III(4).
- 60 Sergio M. LA TEMPERATURA, CUIDADOS EN EL MANEJO POSDESCONGELACIÓN. *Scielo*. 2022; III(2).
- 61 Llobera M. Uso de la temperatura vaginal para valorar la fertilidad en vacas lecheras. *ISSUU*. 2020; II(12).
- 62 Calderon H. *Archivos de Zootecnia*. *Scielo*. 2022; II(3).
- 63 Diskin M. Review: Semen handling, time of insemination and insemination technique in cattle. *ScienceDirect*. 2018; III(23).
- 64 Selk G. Artificial Insemination for Beef Cattle. *OSU*. 2019; III(1).
- 65 Monteagudo T. Factores ambientales que influyen en el éxito de la inseminación artificial en la. *Archivis Zootecnia*. 2019; II(2).
- 66 Tejedor M. Factores ambientales que influyen en el éxito de la inseminación artificial en la raza ovina Rasa Aragonesa. *Dialnet*. 2019; III(12).

- 67 Chemineau P. Medio ambiente y reproducción animal. FAO. 2022; III(12).
- 68 Pozo A. Impacto de los factores ambientales en la fertilidad en Ecuador. Redalyc. 2020; II(2).
- 69 FEBA. Claves para controlar las enfermedades de transmisión sexual en bovinos. FEBA. 2022; II(2).
- 70 Campero C. Enfermedades venéreas de los bovinos. Redalyc. 2020; I(3).
- 71 Peña G. Enfermedades de transmisión sexual que se asocian con fallo reproductivo en hembras. Redalyc. 2019; II(3).
- 72 FEDEGAN. Conozca las enfermedades de transmisión sexual que afectan bovinos. Contexto ganadero. 2020; II(2).
- 73 Miranda A. Prevalencia y factores de riesgo asociados a las enfermedades de transmisión sexual en bovinos de la provincia de La Pampa, Argentina. Redalyc. 2020; II(2).
- 74 Garcia G. Factores que influyen en la inseminación artificial con semen fresco en alpacas (Vicugna pacos). Scielo. 2024; 35(5).
- 75 Arias R. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Redalyc. 2008; 40(1).
- 76 Lopez J. ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA- RELACIÓN ENTRE FACTORES CLIMÁTICOS E INDICADORES DE FERTILIDAD EN LA HACIENDA MIRAFLORES ALTO, DURANTE EL PERÍODO 2013 – 2015. UDLA. 2016; I(1).
- 77 Cabrera A. Redalyc. [Online].; 2022. Acceso 7 de Junio de 2025. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S160991172022000600017.
- 78 Brahian C. isión a profundidad de la tasa de concepción en programas seminación artificial a término fijo en el ganado. [Online].; 2024. Acceso 7 de Junio de 2025. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v35n5/1609-9117-rivep-35-05-e27316.pdf>.

79 LIVISTO. PROTOCOLOS DE. [Online].; 2020. Acceso 7 de JUNIO de 2025. Disponible en: https://www.livisto.global/media/img/pdf/Protocolos_vacuno.pdf.

80 Villa N. Scielo. [Online].; 2007. Acceso 7 de Junio de 2025. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000500010.