



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL
PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE
BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO”**

**Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Médica Veterinaria**

Autora:

Palma Martínez Vivian Antonela

Tutor:

Beltrán Romero Cristian Fernando

LATACUNGA - ECUADOR

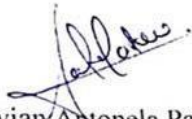
Febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Palma Martínez Vivian Antonela, con cédula de ciudadanía No. 1727606475, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO”**, siendo el Médico Veterinario Zootecnista Mg. Cristian Fernando Beltrán Romero, 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, 19 de febrero del 2025



Vivian Antonela Palma Martínez

C.C: 1727606475

ESTUDIANTE

CONTRATO DE SECIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PALMA MARTINEZ VIVIAN ANTONELA**, identificada con cédula de ciudadanía **1727606475** de estado civil casada, a quien en lo sucesivo se denominará **LA 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. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO**”, 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: Octubre 2020-Marzo 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2024- Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de diciembre del 2024

Tutor: MVZ. Cristian Fernando Beltrán Romero, Mg.

Tema: “ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO”

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, **LA 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 **LA 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.

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 **LA 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 **LA 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 **LA 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 19 días del mes de febrero del 2025.



Palma Martínez Vivian Antonela
LA CEDENTE


Dra. Idalia Pacheco Tigselema,
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO”, de Palma Martínez Vivían Antonela, 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, 19 de febrero del 2025



MVZ. Cristian Fernando Beltrán Romero, Mg.
C.C: 0501942940
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, la postulante: Palma Martínez Vivian Antonela, con el título del Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO”, ha 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, 19 de febrero del 2025



MVZ. Alison Simancas Racines, Mg
C.C: 0503001000
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



MVZ. Edie Molina Cuasapaz, Mtr.
C.C: 17722547278
LECTOR 2 (MIEMBRO)



MVZ. Paola Lascano Armas, Mg.
CC: 0502917248
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por sus planes para mí, por darme unos padres maravillosos que con sus enseñanzas y consejos me han dado la oportunidad de formarme académica y personalmente en esta prestigiosa universidad.

A mis docentes que a lo largo de cada periodo me han compartido sus conocimientos para lograr esta meta.

A las amistades que formé dentro de las aulas: Lu, Nico, Eli, Lucho, Dani, Cris y Jenny quienes han alivianado el camino gracias a su apoyo, pero sobre todo a ver el lado bueno y gracioso de las cosas.

Vivian Antonela Palma Martínez

DEDICATORIA

A mis padres Edgar Palma y Verónica Martínez y hermanos que me brindan su apoyo y amor incondicional.

A mi abuelita que desde el cielo sabía que llegaría a cumplir este gran logro.

A mi esposo que siempre me motivó y me recordó que soy capaz de todo si me lo propongo y que todo es mejor si somos un equipo.

A mi sobrino Adrián, donde quiera que estés...

Vivian Antonela Palma Martínez

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
TÍTULO: “ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN
DEL
PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE

LECHE DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO”

Autora: Palma Martínez Vivian
Antonela

RESUMEN

El mejoramiento genético sostenible en bovinos lecheros enfrenta desafíos que limitan su eficiencia. La escasez de progenitores dificulta la evaluación de reproductores, mientras que la falta de registros adecuados disminuye la precisión en la selección. Además, la escasa aplicación de herramientas genómicas retrasa el progreso en la optimización del ganado. Estas limitaciones afectan la productividad y sostenibilidad del sistema, impidiendo un avance genético eficiente y adaptado a las condiciones locales. Es por esto que se analizó la rentabilidad del índice de selección, estableciendo el valor genético de los fenotipos seleccionados, determinando su impacto en los costos e ingresos del sistema productivo y simulando distintos escenarios económicos. El estudio se realizó en la parroquia Belisario Quevedo, Cotopaxi, con una muestra de 32 bovinos pertenecientes a productores locales. Se adoptó un enfoque descriptivo y observacional, recolectando datos sobre ganancia diaria de peso (GDP), producción de leche, densidad de leche y costos de producción. Para el análisis, se emplearon métodos estadísticos especializados que permitieron estimar con precisión el valor genético de los animales (BLUP) y su influencia en la rentabilidad del sistema mediante el método función beneficio. Los resultados revelaron que, en la actualidad, los sistemas de producción presentan dificultades económicas, principalmente debido a los altos costos operativos y la falta de control en la nutrición y sanidad del ganado. Se identificó que las terneras mostraron una mayor eficiencia en la ganancia de peso con una mediana de 306,66 gr lo que sugiere que el mejoramiento genético tiene un impacto positivo en las etapas tempranas de desarrollo. Sin embargo, en comparación con las vacas adultas con una media de 144,88 gr indica que algunas vacas ganaron menos peso de lo esperado, y también se registraron pérdidas de peso de 207,77 gr aproximadamente. Además, se registró una producción promedio de 4,756.02 litros de leche por lactancia, con potencial de incremento mediante la optimización del manejo y la selección genética. También se observó que la densidad de la leche se encuentra dentro de los rangos esperados, aunque existen oportunidades de mejora a través de ajustes en la alimentación y el control de enfermedades. En cuanto al análisis económico se obtuvo que actualmente, la selección genética incide directamente en la productividad y rentabilidad del sistema lechero, ya que los

animales con mejores características genéticas presentan un mayor rendimiento en producción de leche con un promedio de 17 litros diarios. Sin embargo, existen pérdidas significativas debido a que los altos costos de producción siguen siendo un desafío ,en especial, la compra de alimento por la escasez de forraje en sus potreros y también los días abiertos en las vacas adultas, por lo que es fundamental optimizar la alimentación y las condiciones sanitarias para mejorar la eficiencia del sistema.

PALABRAS CLAVES: Rentabilidad, índice de selección, sostenible, valor genético.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES THEME:
“PROFITABILITY ANALYSIS OF THE SELECTION INDEX OF THE
SUSTAINABLE GENETIC IMPROVEMENT PROGRAMME FOR DAIRY CATTLE IN
THE PARISH OF BELISARIO QUEVEDO”.

Author: Palma Martinez Vivian

Antonela

ABSTRACT

Sustainable genetic improvement in dairy cattle faces challenges that limit its efficiency. The scarcity of sires makes sire evaluation difficult, while the lack of adequate records decreases the accuracy of selection. In addition, the limited application of genomic tools delays progress in herd optimization. These limitations affect the productivity and sustainability of the system, preventing efficient genetic progress adapted to local conditions. For this reason, the profitability of the selection index was analyzed, establishing the genetic value of the selected phenotypes, determining their impact on the costs and income of the production system and simulating different economic scenarios. The study was carried out in Belisario Quevedo parish, Cotopaxi, with a sample of 32 cattle belonging to local producers. A descriptive and observational approach was adopted, collecting data on daily weight gain (DWG), milk production, milk density and production costs. For the analysis, specialized statistical methods were used to accurately estimate the genetic value of the animals (BLUP) and its influence on the profitability of the system using the profit function method. The results revealed that, at present, production systems present economic difficulties, mainly due to high operating costs and lack of control in cattle nutrition and health. It was identified that heifers showed a higher efficiency in weight gain with a median of 306.66 g, suggesting that genetic improvement has a positive impact in the early stages of development. However, compared to adult cows with a median of 144.88 g indicates that some cows gained less weight than expected, and weight losses of approximately 207.77 g were also recorded. In addition, an average milk yield of 4,756.02 liters of milk per lactation was recorded, with potential for increase through optimization of management and genetic selection. It was also observed that milk density is within the expected range, although there are opportunities for improvement through adjustments in feeding and disease control. In terms of economic analysis, it was found that genetic selection has a direct impact on the productivity and profitability of the dairy system, as the animals with the best genetic characteristics have a higher yield in milk production, with an average of 17 liters per day. However, there are significant losses as high production costs remain a challenge, especially the purchase of feed due to the scarcity of forage in their paddocks and also the open days in adult cows, so it is essential to optimize feeding and sanitary conditions to improve the efficiency of the system.

KEYWORDS: Profitability, selection index, sustainable, genetic value.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE SECIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
1.INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. BENEFICIARIOS.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1. Objetivo general:.....	4

5.2. Objetivos específicos:.....	4
6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	4
6.1 Historia de la Producción de Leche	4
6.1.1 Producción lechera en el Ecuador.....	5
6.2. Rentabilidad.....	5
6.3. Factores que intervienen en los sistemas de comercialización lechera en la Parroquia Belisario Quevedo	6
6.3.1 Control de Mastitis CMT (California Mastitis Test)	6
6.3.3 Densidad de la Leche	7
6.3.4 Precio de la Leche	7
6.3.5 Litros de leche por lactancia.....	8
6.3.6 Altura a la cruz	8
6.4. Índice de selección	8
6.5. Peso económico para selección por rentabilidad	9
6.11. Criterios de selección de mejoramiento genético	11
6.11.1. Valor de cría.....	11
6.11.2. Valor genético	12
6.11.3. Heredabilidad	12
7. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	13
8. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	13
8.2. Datos meteorológicos de Belisario Quevedo	14
8.2.1. Clima	15
8.3. Población de estudio.....	17
8.4. Enfoque de estudio.....	17
8.5. Tipo de estudio	17
8.6. Producción de leche	18

8.7 Densidad de leche	18
8.7. California Mastitis Test (CMT).....	18
8.8. Ganancia de peso	19
8.9. Altura a la Cruz.....	19
8.10. Peso económico	20
9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:.....	20
9.1 Características de los animales.....	20
9.1.1. Estado de vida	20
9.1.2 Estado reproductivo	21
9.1.3. Enfermedades	22
9.1.4. Docilidad.....	22
9.2. Valor genético	23
9.2.1 Ganancia diaria de peso	23
9.2.2. Densidad de la leche	26
9.2.4 Altura a la cruz.....	29
9.3. Estimación de pesos económicos	31
9.3.1. Función beneficio	31
9.3.2 Perdida por días abiertos	33
9.4 Escenarios económicos.....	35
10. CONCLUSIONES	36
11. BIBLIOGRAFÍA	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de las propiedades fisicoquímicas de la leche	7
Tabla 2. Meteorología de la parroquia Belisario Quevedo	15
Tabla 3. Población de estudio	17
Tabla 4. Estado de vida por categoría	21
Tabla 5. Estado reproductivo por categoría	21
Tabla 6. Mayor valor genético de vacas	25
Tabla 7. Mayor valor genético de terneras	26
Tabla 8. Mayor valor genético para altura a la cruz de animales	27
Tabla 9. Mayor valor genético para días de lactancia de animales.	29
Tabla 10. Función beneficio de ingresos y gastos mensuales por productor	32
Tabla 11. Estimación de pérdida económica por día abierto.	33

Tabla. 12 Tabla 12escenarios económicos/ mensual	34
---	----

INDICE DE GRAFICOS

Figura 1. Mapa de la Parroquia de Belisario Quevedo	14
Figura 2. Tipos de clima de Belisario Quevedo	15
Figura 3. Amenazas climáticas de Belisario Quevedo	16
Figura 4. Diagrama de pastel del porcentaje de enfermedades	22
Figura 5.. Diagrama de pastel del porcentaje de docilidad	23
Figura 6. Diagrama Boxplot para la ganancia diaria de peso (gr)	23
Figura 7. Diagrama boxplot para la densidad de leche (g/l)	26
Figura 8. Diagrama boxplot para días de lactancia	28
Figura 9. Altura a la cruz de la categoría vacas	29
Figura 10. Altura a la cruz en la categoría de terneras.	30

1.INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: Análisis de rentabilidad del índice de selección del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche de la parroquia Belisario Quevedo.

Fecha de inicio: Octubre 2024 **Fecha de finalización:** febrero 2025

Lugar de ejecución: Belisario Quevedo- Cotopaxi **Unidad**

Académica que auspicia:

Carrera que auspicia: Medicina Veterinaria

Proyecto de investigación vinculado: Implementación del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en la provincia de Cotopaxi.

Equipo de Trabajo:

Tutor/a: MVZ. Cristian Beltrán Romero Mg.

Estudiantes: Vivian Antonela Palma Martínez **Área**

de Conocimiento:

3109.02 Ciencias Agrarias, Ciencias Veterinarias, Genética

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.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Biodiversidad, mejora y conservación de recursos zoogenéticos.

2. JUSTIFICACIÓN

El análisis de rentabilidad de la producción de leche en la parroquia de Belisario Quevedo es fundamental porque permite conocer si la actividad lechera es económicamente viable y sostenible para los productores. A través de este estudio, se pueden identificar el peso económico y factores que afectan la producción, lo que ayudaría a mejorar la eficiencia y aumentar las ganancias de cada pequeño productor de la parroquia.

Este proyecto tiene como objetivo evaluar el mérito genético de un reproductor mediante un análisis económico integral, apoyándose en la mejora genética y la gestión eficiente de los datos productivos y reproductivos. Además, es fundamental considerar las condiciones ambientales específicas de cada productor dentro del proyecto UTC-Gen, ya que, aunque todos pertenecen a la parroquia de Belisario Quevedo, las realidades productivas varían significativamente entre predios.

Según Cavetsany (1993), la implementación de programas computarizados es crucial para optimizar los sistemas de registro de datos y mejorar la eficiencia reproductiva y genética. Sin embargo, en Ecuador no existe un programa estructurado de mejora genética para el ganado lechero, debido a la falta de controles productivos, reproductivos y nutricionales adecuados. Como resultado, los bovinos seleccionados para reproducción carecen de registros de progenie o pruebas genómicas que permitan evaluar su valor genético y adaptación ambiental. Para mitigar esta deficiencia, se ha optado por la selección de reproductores importados, basándose en la evaluación fenotípica obtenida a través del análisis continuo en diferentes entornos. Esta estrategia permitirá mejorar la rentabilidad de la producción lechera y fortalecer el desarrollo genético de características que impactan directamente en los ingresos netos.

Además, es fundamental continuar con este proyecto en la parroquia Belisario Quevedo, debido a que la producción lechera representa una de las principales actividades económicas para más de 7 familias ganaderas. El clima templado-húmedo, ofrece condiciones favorables para la implementación de forrajes que cumplan con los requerimientos nutricionales de los bovinos. Sin embargo, enfrenta limitaciones como la ausencia de programas de control genético, reproductivo y nutricional, lo que afecta la eficiencia productiva del hato lechero. La continuidad del proyecto permitirá optimizar la calidad genética del ganado, incrementar la producción de leche y mejorar

la rentabilidad de los productores locales mediante la implementación de estrategias basadas en datos técnicos y sostenibles(1).

3. BENEFICIARIOS

Directos:

- Ganaderos asociados al programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos (UTCgen) de la parroquia Belisario Quevedo, de los barrios: Potrerillos, Culaguango alto, Culaguango bajo, Pishicapamba y Guanailin

Indirectos:

- Ganaderos productores de leche de bovinos de la parroquia

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La actividad pecuaria a nivel mundial no solo genera ingresos económicos constantes, sino que también crea empleo. Además, las explotaciones ganaderas son indispensables para la nutrición humana, proporcionando un alimento valioso con un alto valor biológico y saludable (3). Uno de los serios problemas de la producción de leche bovina en la provincia de Cotopaxi es la falta de un programa estructurado en la esfera del mejoramiento genético. La falta de registros detallados y pruebas de progenie en los reproductores nacionales imposibilita la selección adecuada y eficiente de animales superiores, afectando gravemente la productividad y la rentabilidad de la lechería. Además, el mal manejo ambiental y reproductivo, especialmente los intervalos entre partos y la malnutrición. (2)

Según el (GADPR BQ, 2019-2023), en la parroquia de Belisario Quevedo se ha confirmado que un 57.11% inseminan artificialmente a sus vacas, mientras que solo un 22.50% mencionan que la monta de toro es la mejor opción debido al mayor porcentaje de preñez, pero a pesar de esto no toman en cuenta las desventajas que puede haber en cuanto a costos de producción ya que al optar por la forma de reproducción natural se puede obtener diferentes enfermedades de transmisión sexual como por ejemplo el IBR (Rinotraqueitis Infecciosa Bovina) el cual presentar problemas en la reproductividad de los bovinos (3) (4).

También, es importante mencionar que, hasta septiembre de 2024, la sequía por la que atravesó el país causó la muerte de varios animales y ha afectado a 23 218 más, de los cuales 17 380 pertenecían a la provincia de Cotopaxi, registrando pérdidas económicas que superan los 365 mil dólares (5).

De manera que ha afectado negativamente a la rentabilidad y sostenibilidad de los pequeños productores de la parroquia de Belisario Quevedo por lo que optaron por la venta de sus animales ya que al no contar con sistemas de riego integrados a sus potreros fue un gran reto llevar un equilibrio alimenticio que pudiera realizar una conversión óptima.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general:

- Analizar la rentabilidad del índice de selección del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche de la parroquia Belisario Quevedo.

5.2. Objetivos específicos:

- Determinar el valor genético de los fenotipos seleccionados.
- Estimar el peso económico del índice de selección de los fenotipos del programa de mejoramiento genético.
- Simular mediante escenarios económicos la respuesta a la selección del programa de mejoramiento genético.

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

6.1 Historia de la Producción de Leche

Con la llegada de los españoles, Tras la domesticación de los animales durante el periodo neolítico (cerca del año 9000 a.C), el ser humano descubrió el ordeño y diversas maneras de usar y preservar la leche que generaba. Desde aquel instante, la leche -especialmente la de vaca- se reconoció como un alimento de alta calidad y un recurso de fortaleza y vida (6).

6.1.1 Producción lechera en el Ecuador

La ganadería en Ecuador se remonta al siglo XVII, cuando los productores empezaron a enfocarse en la cría de animales destinados al transporte y la carga. En esa época, tanto la ganadería bovina como la agricultura eran actividades rudimentarias, y la mejora genética del ganado no era una preocupación principal. Fue en 1990 cuando el país importó por primera vez ganado Holstein Friesian desde Estados Unidos, reconocido por su elevada producción de leche, con el propósito de analizar su adaptación a las condiciones de la Sierra ecuatoriana (6).

Según datos del Centro de la Industria Láctea (CIL Ecuador), se ordeñan 846.715 vacas, incluyendo tanto las destinadas a la producción lechera como las de doble propósito (leche y carne). La región de la Sierra lidera la producción con un 79,58% del total nacional, seguida por la Costa con un 16,38% y el Oriente con un 4,04%. En cuanto al destino de la leche cruda, solo el 36% se dirige a la industria formal, mientras que el 8,76% se queda en las fincas para consumo familiar, alimentación de terneras o desperdicios, es por esto por lo que, para muchos pequeños y grandes productores, la comercialización de leche es una de las principales fuentes de ingresos (7)(8).

6.2. Rentabilidad

La rentabilidad representa el rendimiento financiero de una inversión, calculado como la relación entre las ganancias o pérdidas obtenidas y el capital invertido. Generalmente, se expresa en forma de porcentaje para facilitar su análisis y comparación (9).

Las explotaciones lecheras atraviesan tiempos complicados. El desarrollo del sector está restringido debido a la falta de mercado y la ausencia de tecnología. Los productores de leche deben buscar formas de mantener su rentabilidad ante un claro desajuste entre la cantidad de tierras disponibles para la ganadería y el tamaño del rebaño

Las producciones lecheras se han sometido a tiempos complicados debido a que los bajos precios en el mercado y la baja producción, consecuencia del desconocimiento de llevar correctamente un sistema de producción se ha convertido en uno de los problemas más significativos en la producción lechera ecuatoriana, la falta de registros de progenie y rasgos fenotípicos ha llevado a que los costos de producción sean demasiado altos y por ende los ingresos de los mismos demasiado bajos, por lo que no existen alternativas de llevar un sistema rentable que ayude a los pequeños y medianos productores a mejorar su sistema financiero dentro de sus explotaciones

(10).

Es importante reconocer que uno de los factores negativos hacia la producción lechera es la falta de toma de medidas para contrarrestar el mal manejo del pastoreo y con esto la calidad del suelo lo cual influye en variabilidad de la cantidad y calidad de la leche y por lo tanto también se ve influenciado en la rentabilidad de cada producción Para esto el Ministerio de Agricultura está trabajando en una planificación para lograr una producción con cero emisiones de carbono (11).

6.3. Factores que intervienen en los sistemas de comercialización lechera en la Parroquia Belisario Quevedo

6.3.1 Control de Mastitis CMT (California Mastitis Test)

La mastitis bovina es considerada una de las patologías que debido a su tratamiento representa una carga económica alta, por esta razón es crucial realizar pruebas respectivas a esta enfermedad ya que puede provocar grandes pérdidas económicas (11).

El denominado “Control de mastitis” o “CMT” por sus siglas inglés (California Mastitis Test) fue creado como técnica de determinación rápida de la presencia de mastitis subclínica de cada cuarto de la ubre en vacas lecheras, siendo una prueba de bajo costo y fácil aplicación (12). El reactivo usado para este diagnóstico es un detergente que rompe las paredes de las células en la leche, liberando su ADN. Por eso, cuando una vaca tiene mastitis subclínica, muchas células del sistema inmunológico se acumulan en la urbe. Como resultado, la leche de los cuartos afectados contiene más células y, al mezclarse con el reactivo CMT, se espesa y mantiene una consistencia similar a una gelatina. (13).

6.3.2 Ganancia de Peso

La ganancia de peso se refiere a la capacidad del animal para incrementar su masa corporal, lo que incluye la acumulación de proteínas, grasa, minerales y agua en un periodo específico. Generalmente, se mide de forma diaria como Ganancia Diaria de Peso (GDP) y es un factor clave en el desempeño productivo. Sin embargo, la manipulación diaria de los animales puede influenciar la ganancia de peso debido al nivel de cortisol que esta actividad puede ocasionar. Los animales que presentan una mayor GDP suelen tener un mejor rendimiento en comparación con aquellos con menor ganancia de peso, sin importar su edad. Esto se debe principalmente a cambios en las

microfibras musculares, el engrosamiento de las fibras musculares y un aumento en la grasa intramuscular (14).

La eficiencia en el uso del alimento se mide comparando cuánto come el animal con el peso que gana y la leche que produce. Dado que la alimentación representa entre el 70% y el 90% de los costos, es fundamental conocer cuánta comida se necesita por kilo de producción. Este factor es clave para calcular los costos y el rendimiento en la cría de ganado para engorde (15).

6.3.3 Densidad de la Leche

La densidad de la leche está influenciada por la cantidad de grasa, sólidos no grasos y agua que posee. A una temperatura de 15°C, la densidad del agua es de 1,00 gramos por centímetro cúbico, lo que implica que 1000 gramos de agua ocupan 1000 centímetros cúbicos a esta temperatura. La densidad es una propiedad variable que establece la relación entre la masa y el volumen de una sustancia, y se expresa en unidades como gramos por centímetro cúbico o kilogramos por litro (16). Para la medición de este valor se hace uso del "Termo lactodensímetro", es un método de análisis rápido en el que el dispositivo ya está ajustado para funcionar correctamente entre 15°C y 20°C. Si la leche está a una temperatura diferente, es necesario usar una tabla de corrección de densidad según la Norma INEN 11 (17).

Los valores de las principales propiedades fisicoquímicas de la leche natural se muestran en el siguiente cuadro: (18)

Tabla 1. *Valores de las propiedades fisicoquímicas de la leche*

Densidad	1.028 – 1.035
pH	6.4 – 6.8
Punto crioscópico	– 0.52 / – 0.54°C
Punto de ebullición	100.5°C
Conductividad eléctrica	0.005 ohm-1

6.3.4 Precio de la Leche

Desde el 4 de septiembre de 2013, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, mediante el Acuerdo Ministerial No. 394, exige que las empresas lecheras y cualquier comprador de leche cruda

informen a la Subsecretaría de Producción Pecuaria sobre los precios que pagan a los proveedores. El precio de venta al público por litro de leche empaquetada es de 80 centavos, mientras que los productores reciben un promedio de 40 centavos por litro de leche aproximadamente (19). Sin embargo, existen industrias que hacen caso omiso a este régimen por lo que el incumplimiento de esta se puede someter a sanciones, especialmente si la industria ofrece pagos bajo los 20 centavos por litro de leche cruda. Las sanciones, según el acuerdo y el cuerpo normativo, varían según la infracción e incluyen multas, suspensión temporal de la recepción de leche cruda, suspensión temporal o definitiva de otros procesos de la cadena de producción y logística, decomisos, entre otros (20).

6.3.5 Litros de leche por lactancia

La cantidad de leche que produce una vaca por lactancia depende principalmente de la nutrición, raza, edad y ambiente, por otra parte, la producción de leche por lactancia en una vaca varía según la raza, la nutrición y la gestión. Generalmente, una vaca puede producir entre 6.000 y 12.000 litros durante una lactancia, dependiendo de su genética y condiciones. Sin embargo, las cifras pueden cambiar si se toman en cuenta diferentes razas como Holstein o Jerseys, que tienen rendimientos distintos. (21)

La cantidad de leche producida depende de múltiples factores como el medio ambiente y la nutrición. Por ello, en sistemas con dietas a base de concentrado se ha reportado un promedio de 10.000-12.000 Litros de leche por lactancia (305 días). Por otro lado, en dietas a base de forraje la producción puede estar entre 4000-5000 Litros de leche por lactancia. Para los países del trópico como en Latinoamérica, esto también puede variar (21).

6.3.6 Altura a la cruz

La vaca bovina entre más pequeña sea, tendrá una eficiencia superior en su desempeño reproductivo, debido a que tiene una oferta alimentaria similar a todas las demás de mayor tamaño lo cual le proporciona una mayor disponibilidad de nutrientes lo que le brinda una mayor habilidad materna (22).

6.4. Índice de selección

Un Índice de Selección es una herramienta que sintetiza el mérito genético de un reproductor en un solo valor económico. Este valor refleja el impacto económico que tendrá el uso de un reproductor específico en el sistema, ya que cada EPD (Diferencias Esperadas en la Progenie) se ajusta

mediante un coeficiente económico. Por lo tanto, los índices de selección son la herramienta más efectiva para la selección cuando el objetivo es maximizar el retorno económico (23).

Según la médica veterinaria Mónica Ávila Sarmiento, egresada de la Universidad de La Salle, la genética juega un papel clave en diversos aspectos de la producción ganadera, como la salud, el manejo, la calidad de la leche, la reproducción y la nutrición. Durante una charla para TVGAN, destacó la importancia de que los ganaderos optimicen su inversión en genética, asegurando que esta sea rentable y aporte beneficios en términos de eficiencia y productividad (24).

Para realizar un índice de selección, primero, se define el sistema en el que el rodeo va a producir, identificando las características biológicas que impactan los ingresos y costos, determinando así el resultado económico. Luego, se estiman los valores económicos de las características clave para la selección mediante ecuaciones o modelos de simulación. Este valor económico refleja el ingreso adicional generado al mejorar una unidad de una característica, manteniendo constantes las demás y considerando los costos adicionales asociados.

Los índices se calculan como la suma de los distintos valores genéticos (EPD) de un animal, ajustados mediante un coeficiente que refleja el impacto económico derivado de la mejora en esa característica (25).

Fórmula del índice:

$$\text{Índice} = a1 \text{ EPD1} + a2 \text{ EPD2} + a3 \text{ EPD3} + a_j \text{ EPDj}$$

En esta ecuación, a_1 , a_2 , a_3 , y a_j corresponden a los coeficientes de ponderación de cada EPD. Estos coeficientes se determinan considerando el valor económico de la característica, su variabilidad genética y su relación con otras características. Además, se toma en cuenta la frecuencia con la que dicha característica se manifiesta en la producción del ganado.

6.5. Peso económico para selección por rentabilidad

Los pesos económicos en vacas lecheras son valores que reflejan la aportación económica de cada característica o rasgo genético a la rentabilidad total de un animal en un sistema de producción de leche. Estos valores se emplean en la selección de reproductores dentro de programas de mejora genética para bovinos lecheros (26).

En la producción de leche el peso económico asignado en el índice de selección de un programa de mejora genética refleja su importancia relativa frente a otros rasgos evaluados. Debido a que la producción de leche influye directamente en los ingresos obtenidos por las ventas, es probable que se le asigne un peso económico elevado en dicho índice. Esto implica que el proceso de selección favorecerá a los animales con características genéticas superiores relacionadas con la producción lechera, lo que incrementará la eficiencia y rentabilidad del sistema de producción (27). Basándonos en la definición de genotipo agregado, el valor económico de un carácter i , se define como el efecto de un cambio marginal unitario en el nivel genético de dicho carácter i (g_i) en la función objetivo (es decir, la función de beneficio) manteniéndose constantes el resto de los caracteres incluidos en el genotipo agregado (28).

Existen tres métodos generales para el cálculo de pesos económicos:

Accounting method: el valor económico se define como la diferencia entre ingresos menos costes: $v_i = r_i - c_i$, siendo r_i y c_i los ingresos y costes asociados al incremento en una unidad de la media para el carácter i , respectivamente.

Función de beneficio: ecuación que describe los cambios en el beneficio económico como función de una serie de parámetros físicos, biológicos y económicos. El valor económico del carácter i se obtiene como la derivada parcial de la función respecto a dicho carácter evaluada a nivel del valor medio poblacional para cada uno de los caracteres (29).

6.6 Función Beneficio

Se estableció una función de beneficio basada en la diferencia entre los ingresos (I) y los costos (C). Estos valores fueron calculados para cada grupo etario y expresados en términos de ingresos y costos por vaca (30).

6.7. Escenarios económicos

El análisis económico se enfoca en aplicar técnicas estadísticas, como el análisis de regresión, para determinar la relación entre diversas características productivas, como la ganancia diaria de peso y la producción de leche, y el ingreso neto. Para obtener esta información, se emplearon herramientas que resultaron de gran utilidad en la evaluación de cada parámetro.

6.8. Ganancia diaria de peso:

Este indicador es esencial, ya que refleja la eficiencia con la que los animales convierten los nutrientes del alimento en incremento de peso corporal. Para su medición, se utilizaron instrumentos de campo, como la cinta bovinométrica especializada en el pesaje de bovinos lecheros. Se registraron los pesos de los animales y, al analizar las variaciones en un período determinado, se emplearon herramientas tecnológicas para procesar los datos y obtener los resultados correspondientes (31).

6.9. Litros de leche

La producción diaria es un indicador clave de rendimiento productivo. Generalmente, las vacas alcanzan su máxima producción entre los 60 y 90 días posteriores al parto, mientras que la producción tiende a disminuir hacia el séptimo mes de gestación. Para evaluar esta variable, se midió la cantidad de leche producida diariamente utilizando baldes graduados. Además, se empleó una herramienta específica para predecir la producción total de leche a lo largo de un período estándar de 305 días de lactancia, lo que permitió estimar el rendimiento acumulado de cada vaca (32)

6.10. Densidad de la leche

Es un parámetro fundamental en la producción lechera, ya que permite estimar la cantidad de sólidos totales presentes en ella. Para medirla, se emplea un lactodensímetro y se utilizan tablas de corrección que ajustan la densidad según la temperatura y el contenido graso de la leche. Además, para evaluar la contribución de cada característica al ingreso neto total, se calculan pesos relativos asignando valores proporcionales mediante herramientas de cálculo, como el método BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). Este método predice el valor de cría estimado (EBV) al aplicar los datos obtenidos y el nivel de confianza para cada parámetro económico (33).

6.11. Criterios de selección de mejoramiento genético

6.11.1. Valor de cría

El valor de un animal como padre se define como valor de cría, este nos indica la capacidad de transmitir los mejores genes a la siguiente generación, siendo así una contribución genética (aditiva) al rendimiento observado de un animal. Es primordial mencionar que el valor de cría y el

valor genotípico no son la misma cosa, ya que el segundo representa el efecto total de los genes de un ejemplar. Sabiendo que este valor no puede medirse directamente, es necesario del uso de datos de performance y dado que este valor es la suma de los efectos independientes de todos los genes que participan en un carácter, es decir, un padre transmite la mitad de su valor a la siguiente generación. (34)

6.11.2. Valor genético

El valor genético se estima a partir de la predicción de los efectos combinados de diferentes genes que influyen en una característica específica. Como cualquier estimación, es fundamental que cada índice vaya acompañado de su nivel de precisión, el cual se mide mediante el Coeficiente de Determinación (CD). Cuanto más cercano esté este valor a 1 (o 100%), mayor será la exactitud de la estimación del valor genético. Es crucial tener en cuenta los factores que afectan la producción, tanto genéticos como ambientales. Así, el potencial genético de un animal puede variar dependiendo de su raza, sexo, edad, entorno y región de origen. Un ejemplo claro de este proceso es la medición de la producción, donde se emplea el modelo animal BLUP (Mejor Predicción Lineal No Sesgada), que permite analizar la producción individual del animal y su relación con sus padres, descendencia y otros familiares. (34).

6.11.3. Heredabilidad

La heredabilidad es un factor clave en la mejora genética de una característica, ya que tiene en cuenta la variabilidad observable en los datos fenotípicos dentro del entorno en el que fueron registrados. Este valor puede variar entre 0 y 1, o entre 0% y 100%, y se clasifica en diferentes rangos. (35):

- Menos de 0.25: baja heredabilidad y posibilidad de mejora genética mediante selección.
 - De 0.25 a 0.5: moderada heredabilidad y posibilidad de ganancia genética mediante selección.
- En general, a mayor heredabilidad de una característica, mayor será la eficiencia y precisión en la selección para lograr una mejora genética. La heredabilidad refleja el porcentaje de la variación total en una característica específica entre individuos que se debe a la influencia genética. Se puede clasificar de la siguiente manera:
- Menos de 0.1: baja heredabilidad, lo que implica una baja posibilidad de mejora genética mediante selección.

- De 0.1 a 0.3: heredabilidad moderada, lo que sugiere una posibilidad intermedia de mejora genética a través de la selección.
- Más de 0.3: alta heredabilidad, lo que indica una alta probabilidad de obtener mejoras genéticas con la selección. (36).

La relevancia de la heredabilidad se basa en su valor estadístico aplicado a una característica de un animal o población en un momento determinado. Este cálculo es válido solo cuando se aplica a la población de la que provienen los datos y está fuertemente influenciado por el entorno en el que se realiza la medición. La estimación más precisa de la heredabilidad (H^2) de una característica se obtiene utilizando los mismos ejemplares que se desean mejorar, así como el mismo entorno en el que se lleva a cabo el proceso (36).

7. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (H1):

El análisis de la rentabilidad de los índices de selección en el programa de mejoramiento genético en la parroquia Belisario Quevedo tendrá una influencia positiva, proporcionando resultados favorables para los ganaderos

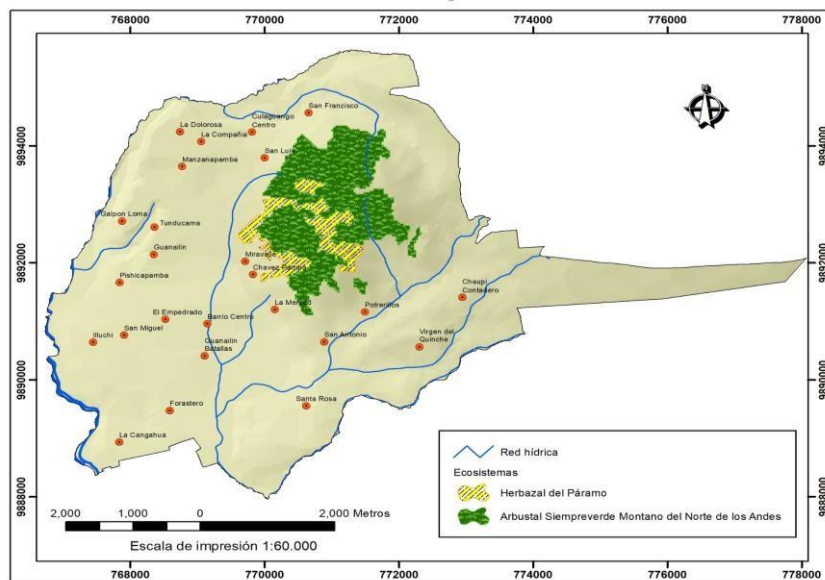
Hipótesis nula (H0):

El análisis de la rentabilidad de los índices de selección en el programa de mejoramiento genético en la parroquia Belisario Quevedo tendrá una influencia negativa, proporcionando resultados desfavorables para los ganaderos

8. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación se realizará en la provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, parroquia Belisario Quevedo, en los barrios Pishicapamba, Guanailin, Culaguango, Potrerillos. Este sector se ubica en las coordenadas geográficas 00 56, 19, de latitud y 780 35, 49, longitud oeste. (37)

Figura 1. Mapa de la Parroquia de Belisario Quevedo



Fuente: GAD parroquial Belisario Quevedo. Recuperado de: <https://belisarioquevedo.gob.ec/cotopaxi/mapas/#jp-carousel-3539>

8.2. Datos meteorológicos de Belisario Quevedo.

Tabla 2. Meteorología de la parroquia Belisario Quevedo

Extensión 3794,7 ha que equivale a 37,9 Km²

Al norte: Colinda con la Parroquia Urbana Ignacio Flores del Cantón Latacunga, inicia en la unión de los ríos Cutuchi e Illuchi y la Quebrada Santa Martha

Al sur: Confluencia del río Cutuchi e Isinche, propiedad de la Universidad Central, Rumipamba de Navas, Guanailín San Pedro, Toda la Quebrada Angahuayco hasta el Cerro Puctín del Cantón Salcedo.

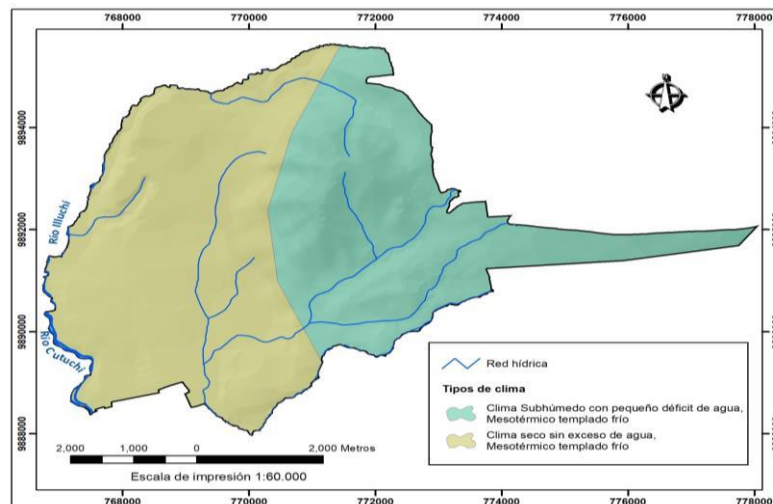
Al este: Colinda con la Parroquia Urbana Ignacio Flores del Cantón Latacunga en las comunidades de Unabana y Palopo, siguiendo el trayecto de una zanja existente alineada con la línea de cumbre del Cerro Unabana y la acequia “Carrillos”, hasta llegar al Cerro Puctín.

Límites	Al oeste: Con el Río Cutuchi, Río Illuchi y río Isinche.
Rango altitudinal	2680-3960 msnm

8.2.1. Clima

En sentido Oeste, en los límites 766000 y 77000, la parroquia se somete a un clima Subhúmedo con pequeño déficit de agua (Mesotérmico templado frío). Por otra parte, en sentido Este, el clima es seco sin exceso de agua, Mesotérmico templado frío (38).

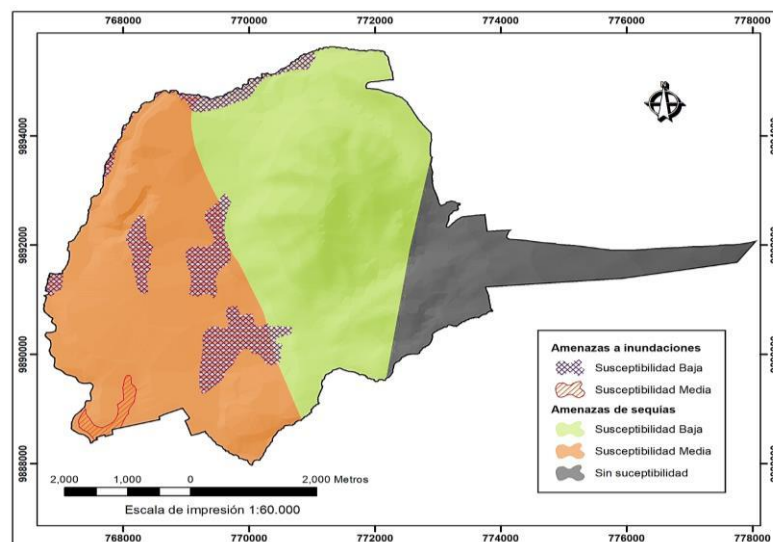
Figura 2. Tipos de clima de Belisario Quevedo



Fuente: GAD parroquial Belisario Quevedo. Recuperado de: <https://belisarioquevedo.gob.ec/cotopaxi/mapas/#jp-carousel-3531>

Los ganaderos de la Sierra, dedicados a la cría de vacas Jersey y Holstein para la producción de leche y quesos, han experimentado una disminución del 50% en su producción de leche en las últimas tres semanas. Anteriormente, el país recolectaba diariamente 3,8 millones de litros de leche, pero esa cifra ha caído considerablemente (3)

Figura 3. Amenazas climáticas de Belisario Quevedo



Fuente: GAD parroquial Belisario Quevedo. Recuperado de: <https://belisarioquevedo.gob.ec/cotopaxi/mapas/#jp-carousel-3544>

8.3. Población de estudio

La investigación se enfocará en productores vinculados al programa de mejoramiento genético, actualmente compuesto por 6 productores que manejan un total de 34 cabezas de ganado. El estudio se llevará a cabo en vacas sin una raza definida, sin importar su condición corporal, tipo de alimentación o manejo.

Tabla 3. Población de estudio

SECTOR	Tenera	Vaca	Vacona	Total
Potrerrillos	2	5		7
Guanailin	4	10		14
Culaguango alto	2	5		7
Culaguango bajo	1	2	1	4
Total	9	22	1	32

8.4. Enfoque de estudio

La presente investigación tiene un enfoque descriptivo-observacional puesto que con la recolección de información fenotípica y ambiental se podrá realizar el análisis estadístico correspondiente para proponer los escenarios económicos para la mejora genética en un margen de rentabilidad de las producciones de los animales pertenecientes al proyecto.

8.5. Tipo de estudio

El tipo de estudio que se aplicará es observacional, ya que tiene como objetivo analizar la rentabilidad de los índices de selección del programa de mejoramiento genético, en base a información recolectada de los animales que pertenecen al proyecto como son: ganancia de peso, litros y densidad de leche, costos de producción, y peso económico, altura a la cruz. Con respecto a esto se realizó el análisis estadístico y genómico mediante programas especializados como: BLUP y EXCEL.

8.6. Producción de leche

La determinación de este parámetro se llevó a cabo mediante la observación mensual de la cantidad de litros que cada vaca produce respectivamente las veces de ordeño por día, esto se lleva a cabo a partir de la recolección de la leche manualmente dentro de baldes con medidas en litros, así como también hay productores que utilizan el sistema de ordeño eléctrico y miden su producción de igual manera con recipientes medidores para litros.

Luego, de acuerdo con la recolección en la base de datos obtenidos se realiza un promedio mensual de la cantidad de leche producida para obtener resultados de la variabilidad de producción durante los meses de noviembre a enero.

8.7 Densidad de leche

En la industria lechera, la densidad de la leche se considera un indicador esencial porque permite estimar con precisión la cantidad total de sólidos presentes. Para obtener esta medición se empleó un lactodensímetro acompañado de una tabla de corrección que ajusta las lecturas en función de la temperatura y las características intrínsecas de la leche. Además, se calcularon los pesos relativos asignando valores proporcionales a la contribución de cada atributo al ingreso neto global, utilizando herramientas de análisis desarrolladas en Excel, como la función BLUP, la cual estima el valor de cría (EBV) a partir de los datos recolectados y la confiabilidad asignada a cada parámetro económico

8.7. California Mastitis Test (CMT)

En este estudio, se empleó el California Mastitis Test (CMT) para detectar la mastitis subclínica en el ganado lechero. Para ello, se recolectó una pequeña muestra de leche fresca de cada una de las cuatro glándulas mamarias de cada vaca, depositándola en los compartimentos correspondientes de la paleta de análisis. Inmediatamente después, se añadió el reactivo CMT y se observó la reacción; la formación de un gel o espesamiento indicaba un resultado positivo, sugiriendo un aumento en el recuento de células somáticas y la presencia de inflamación. Este método fue seleccionado por su alta sensibilidad y rapidez, aspectos fundamentales dado que la mastitis subclínica afecta entre el 30 % y el 40 % del ganado lechero, reduciendo la producción de leche en

un 20–30 % y ocasionando pérdidas económicas que en sistemas intensivos pueden superar los \$200 por lactancia. La implementación de esta técnica permitió identificar tempranamente la patología, facilitando la adopción de medidas preventivas y correctivas en la explotación.

8.8. Ganancia de peso

Para determinar la ganancia diaria de peso (GDP) en los animales de la parroquia, se realizó un estudio longitudinal en cada predio utilizando una cinta bovinométrica. Este instrumento permite estimar el peso vivo de los bovinos mediante la medición del perímetro torácico, ofreciendo una alternativa práctica y accesible en ausencia de básculas

. Las mediciones se llevaron a cabo de la siguiente manera:

1. **Medición inicial:** Se registró el perímetro torácico de cada animal al inicio del período de estudio, asegurándose de que los animales estuvieran en ayunas y en reposo para obtener datos más precisos.
2. **Mediciones subsecuentes:** A intervalos regulares, se repitió la medición del perímetro torácico siguiendo el mismo protocolo, garantizando la consistencia en las condiciones de medición.

Cálculo de la GDP: La ganancia diaria de peso se calculó aplicando la fórmula:

$$GDP = \text{peso final} - \text{peso} / \text{Numero de dias}$$

8.9. Altura a la Cruz

Para determinar la altura a la cruz en bovinos, se empleó una metodología estandarizada utilizando una cinta métrica flexible. La altura a la cruz se define como la distancia desde el suelo hasta el punto más alto de la región de la cruz. Este procedimiento es fundamental para evaluar el desarrollo corporal y la conformación del ganado.

Procedimiento:

1. Bovinos en estado de reposo, ubicados en una superficie plana y nivelada, asegurando que las cuatro extremidades estuvieran correctamente apoyadas y el animal mantuviera una postura natural y relajada.
2. Se localizó anatómicamente la cruz, identificada como el punto más elevado del lomo, donde se unen las escápulas.

Este método, aunque sencillo, proporciona datos precisos sobre la altura a la cruz, siendo una práctica común en estudios morfométricos y evaluaciones zootécnicas. La información recopilada es esencial para análisis comparativos, selección genética y monitoreo del crecimiento y desarrollo del ganado bovino.

8.10. Peso económico

Para la estimación del peso económico con respecto a la rentabilidad de los índices de selección se utilizará el método: “Función de beneficio”.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

Para entender el impacto del mejoramiento genético, es importante analizar cómo el EBV de los fenotipos seleccionados influyen en el desempeño de los animales. Esto permite evaluar si los cambios aplicados han sido efectivos y cómo han afectado su crecimiento, alimentación y economía. Con esta información, se pueden tomar mejores decisiones a través de la creación de escenarios económicos para mejorar la producción y el manejo del ganado.

9.1 Características de los animales

9.1.1. Estado de vida

De acuerdo con esta variable en relación con la situación actual, se obtuvo que el 37,93% de animales han sido vendidos debido a la falta de alimento y al incremento de costo de producción ya que los propietarios de la parroquia tuvieron que comprar el alimento a un precio alto, por lo que no resultaba rentable tener una gran carga animal dentro de sus potreros. Mientras que el

55,17% se encuentran vivos, pero a pesar de esto, aun así, el alimento no abastece para el número de animales de cada propietario.

Tabla 4. Estado de vida por categoría

Categoría	Muerto/a	Vivo/a	Vendido/a	Total
Tenera	2	10	3	15
Vacona	0	1	3	4
Vaca	0	21	12	33
Ternero	2	0	1	3
Torete	0	0	3	3
TOTAL	4	32	22	58

9.1.2 Estado reproductivo

En las vacas lecheras, el estado reproductivo está influenciado por diversos factores, como la nutrición, el manejo, las condiciones sanitarias, la genética, entre otros (40).

Con respecto a los resultados, se obtiene que existe un 37, 5 % de vacas que no se encuentran en estado de gestación, lo cual repercute en la rentabilidad de cada pequeña producción de esta parroquia ya que esta característica influye directamente en los días abiertos de cada animal.

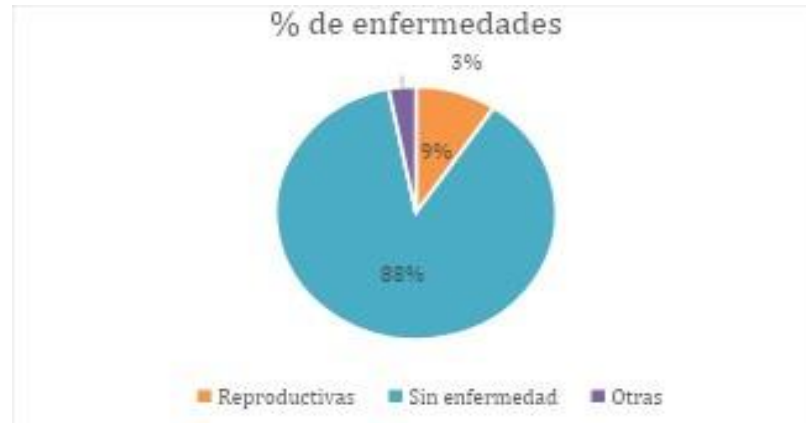
Tabla 5. Estado reproductivo por categoría

Categoría	Inmadura	Gestante	No gestante	Confirmar preñez	TOTAL
Tenera	10				10
Vacona			1		1
Vaca		3	11	7	21
TOTAL	10	3	12	7	32

9.1.3. Enfermedades

A pesar de tener una baja tasa de preñez, de acuerdo la información recolectada de tiene que un 88% de la población asociada al proyecto de esta parroquia esto no ha adquirido ninguna enfermedad , mientras que tan solo el 9% se debe a enfermedades reproductivas por causa del manejo inadecuado de estos animales; una de las enfermedades con más prevalencia en esta parroquia es el IBR (Rinotraqueitis Infecciosa Bovina) que a nivel reproductivo, la infección puede manifestarse a través de problemas genitales como vulvovaginitis en las hembras y balanopostitis en los toros, que se caracterizan por pequeñas pústulas llenas de líquido, donde se encuentra el virus. Estas manifestaciones ocurren cuando los animales sufren la infección aguda durante el servicio o en el periodo reproductivo, lo que puede llevar a infertilidad y abortos, especialmente en el segundo tercio de la gestación, esto se da por el desconocimiento de los productores hacia las alternativas de reproducción asistida, tales como la inseminación artificial, ya que al seguir con la forma “natural” de reproducción (monta directa) los animales están predispuestos a adquirir esta enfermedad (41).

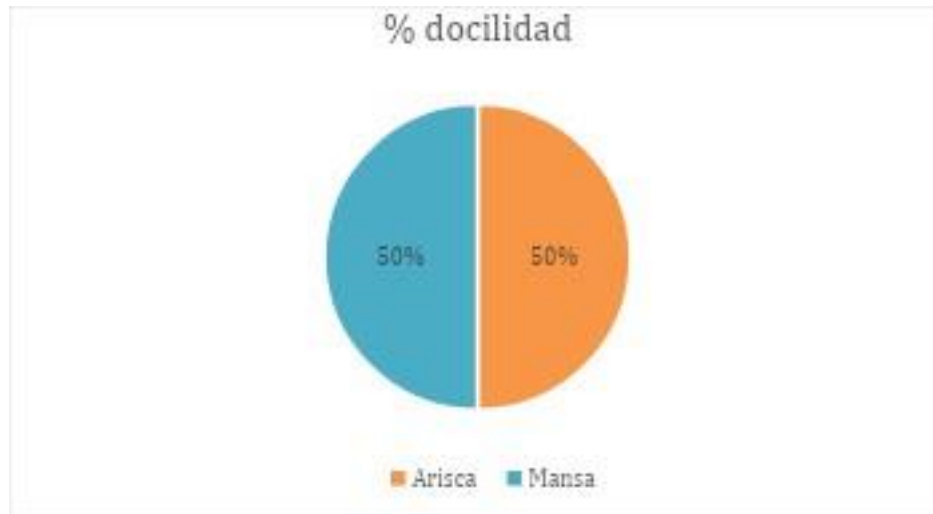
Figura 4. Diagrama de pastel del porcentaje de enfermedades



9.1.4. Docilidad

Esta variable se asocia a la facilidad de ordeño la cual da como resultado que la mitad de los animales son mansos al momento del ordeño. En el gráfico de pastel se obtiene que el 50% de la población tiene un comportamiento denominado como: “arisca”; esto se debe a las técnicas de manejo que cada productor mantiene dentro de su predio, ya sean al momento del ordeño, alimentación, sujeción y manipulación.

Figura 5.. Diagrama de pastel del porcentaje de docilidad

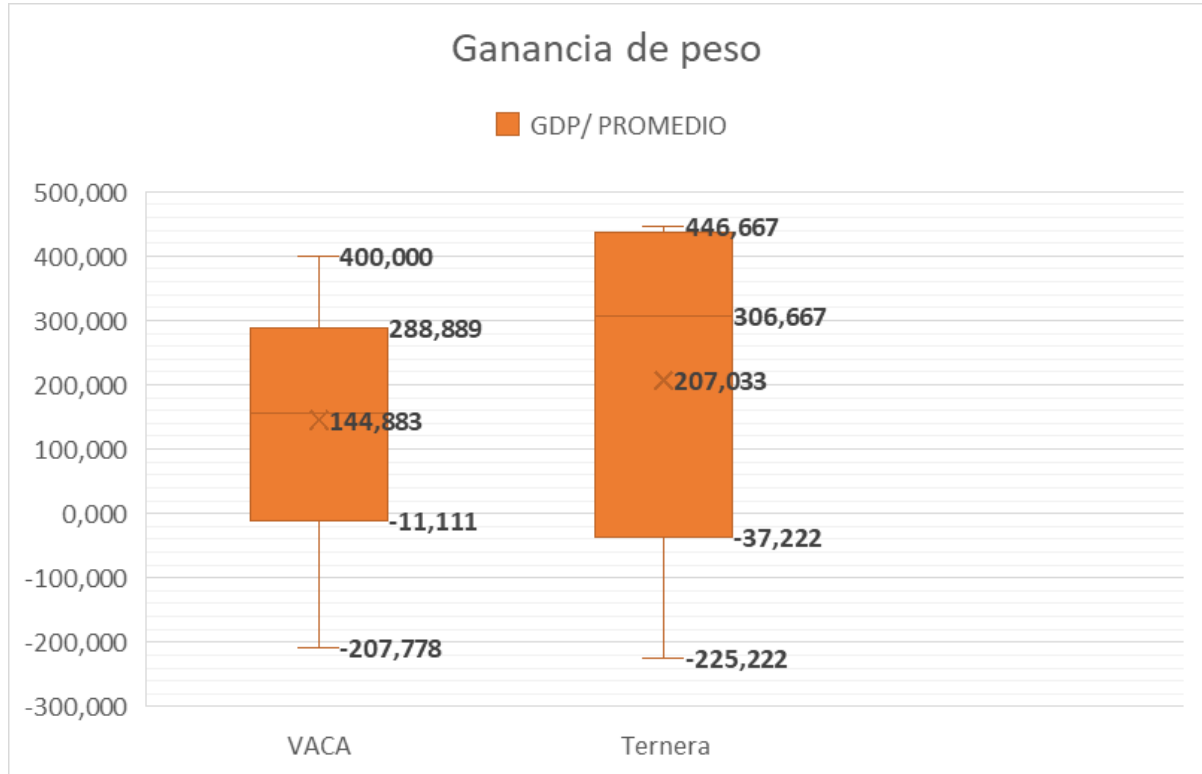


9.2. Valor genético

9.2.1 Ganancia diaria de peso

La ganancia diaria de peso es fundamental en la ganadería, ya que un mayor crecimiento del ganado reduce el tiempo de alimentación con leche a los terneros, lo que ahorra litros y acelera su desarrollo (42). Económicamente, puede representar tanto un desafío como una ventaja, dependiendo del manejo en cada finca. Según estudios, los valores ideales para los terneros deberían estar entre 600 y 1000 gramos por día, aunque esto no siempre se alcanza debido a factores alimenticios y sanitarios (43). Con respecto al análisis realizado en la parroquia de Belisario Quevedo, se observaron diversas variaciones en la ganancia diaria de peso, las cuales fueron categorizadas en vacas y terneras, ya que este parámetro varía de acuerdo con cada categoría.

Figura 6. Diagrama Boxplot para la ganancia diaria de peso (gr)



El diagrama de cajas representa la variación en la ganancia de peso (GDP) de vacas y terneras en el marco del proyecto de mejoramiento genético sostenible en la parroquia Belisario Quevedo. Se aprecia que las terneras registran una mediana equivalente a 306,667 gr indicando una ganancia de peso positiva en promedio, lo cual es favorable para el crecimiento y desarrollo de los animales jóvenes, así como también presentan una dispersión de datos más amplia entre -37,222 y 436,111 aproximadamente, lo que sugiere variabilidad en la ganancia o pérdida de peso entre las terneras. Esta dispersión podría estar relacionada con factores como diferencias individuales en metabolismo, estado fisiológico (lactancia), calidad y disponibilidad del alimento, o incluso predisposición genética. Además, indica que algunas terneras pueden estar perdiendo peso de manera significativa, lo que podría afectar su desempeño en el crecimiento y formación reproductiva, mientras que otras logran incrementar su peso.

En cuanto a las vacas, el gráfico muestra que, en promedio, su ganancia de peso se encuentra alrededor de 156,667 gr, con la mayoría de los valores oscilando entre -11,111 gr y 288,889 gr. La media es 144,883, un poco menor que la mediana, lo que indica que algunas vacas ganaron menos

peso de lo esperado. Se observan casos extremos, con algunas perdiendo hasta 207,778, mientras que otras lograron un aumento de 400,000. Esto sugiere que la malnutrición en las vacas se ha visto influenciada significativamente debido a la falta de alimento por la sequía que atravesaron los pequeños productores de la parroquia.

Por lo tanto, las terneras muestran cifras máximas más elevadas, lo que indicaría una mayor eficiencia en la conversión alimenticia. Esto sugiere que el mejoramiento genético ha favorecido en mayor medida a las terneras, contribuyendo potencialmente a la rentabilidad del proyecto.

● **Estimación del valor genético de la ganancia diaria de peso en vacas**

El valor estimado de cría para el parámetro de ganancia diaria de peso se calculó utilizando la herramienta BLUP, con el objetivo de obtener datos que contribuyan a mejorar dicho parámetro. En donde tomamos el 9,4% de animales con mayor valor genético para el análisis de resultados. Del que obtuvimos los siguientes animales con mayor EBV, pero hay una que significativamente tuvo una confiabilidad del 52% y un valor genético de 49,923003 lo que nos lleva a concluir que Pascualina puede transmitir genéticamente este fenotipo a sus crías, a pesar de no ser una de las vacas con mayor valor genético es la que obtiene el accuracy más alto lo cual nos da mayor confiabilidad de que su descendencia tenga una mejor GDP.

Tabla 6. Mayor valor genético de vacas

Animal	EBV	Accuracy
Negrita (Elvia Jami)	84,00	0,48
Mocha 2	73,41	0,50
Pascualina	49,92	0,52

● **Estimación del valor genético de la ganancia diaria de peso en terneras**

Los valores estimados de cría (EBV) y su precisión (Accuracy) para las terneras Dora, Mariana y abril reflejan su potencial genético en la ganancia diaria de peso dentro del programa de mejoramiento genético. Dora presenta el mayor EBV con 91.90, seguida de Mariana con 84.20 y abril con 69.45, lo que indica que las dos primeras tienen un mejor potencial para el crecimiento acelerado. La precisión de estos valores es moderada, con Dora y Mariana mostrando 0.50, mientras que abril tiene 0.43, lo que sugiere que aún es necesario recopilar más datos para mejorar la confiabilidad de estas estimaciones. Por lo tanto, priorizar animales como Dora y Mariana en la reproducción podría traer beneficios económicos al sistema lechero, aunque siempre complementando la evaluación genética con un adecuado manejo nutricional y sanitario.

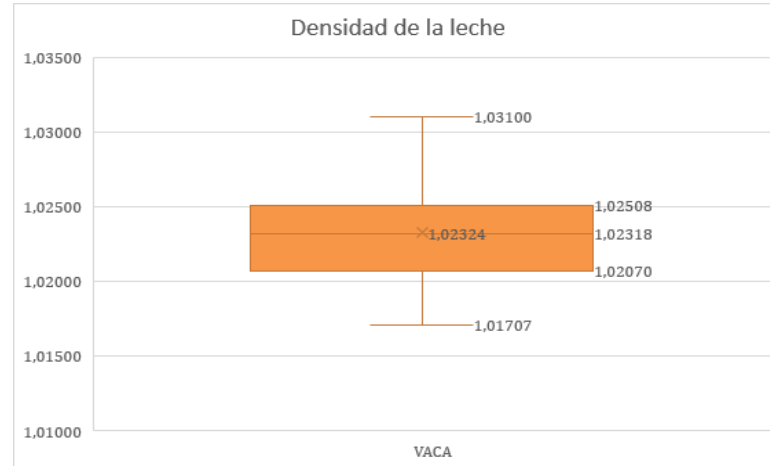
Tabla 7. Mayor valor genético de terneras

<i>Animal</i>	<i>EBV</i>	<i>Accuracy</i>
Dora	91,904762	0,5070926
Mariana	84,205645	0,5087335
Abril	69,451833	0,4368716

9.2.2. Densidad de la leche

En el parámetro de densidad de leche se realizaron varias mediciones de dicho concepto, esto mediante las unidades de gramos por litro de leche, lo cual permitió obtener datos que se presentan en la siguiente tabla.

Figura 7. Diagrama boxplot para la densidad de leche (g/l)



Uno de los aspectos más importantes que presenta el diagrama es la media de la densidad de la leche siendo de 1,0232 g/l. Lo que quiere decir que la mayor tasa de la población de vacas lecheras estudiadas presenta esa medida en cuanto a la densidad de la leche.

No obstante, también se presentan animales que pueden ayudar a mejorar estos parámetros demostrando que la densidad de la leche puede llegar a valores cercanos a 1,0310 g/l lo cual indica una mejora bastante importante sobre la media de la población. Sin embargo, en estudios realizados en Colombia se puede notar una diferencia bastante fuerte esto debido a que el promedio de densidad de leche llega a 1,030 g/l, tal y como lo menciona Alfonso Calderón en su estudio realizado. Sugiriendo con ello que puede existir una mejora en el promedio de las vacas estudiadas en la provincia de Cotopaxi, mediante la selección, obteniendo así animales de mayor valor genético (44).

Tabla 8. Mayor valor genético para altura a la cruz de animales

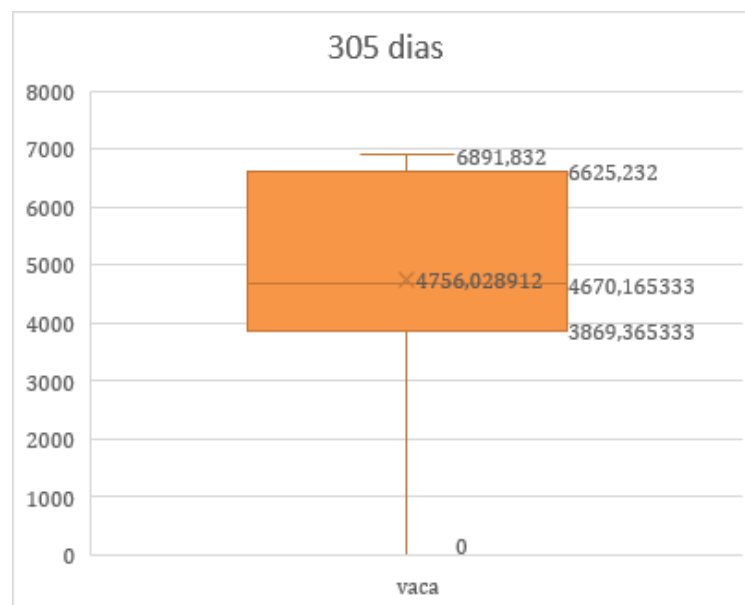
ID	EBV	ACURRACY
Fortuna	0,178965556	0,591607978
Julia	0,178265556	0,591607978
Samanta	0,1290875	0,5

Es así, que por medio de la selección genética y predicciones realizadas en la herramienta BLUP se puede seleccionar a los siguientes animales que no sólo mejoran la calidad de la leche dado en g/l sino que también pueden hacerlo con al menos un 50% de precisión con una heredabilidad de 0,4. Lo dicho antes puede respaldarse en estudios realizados en Bolivia donde se hace mención que la evaluación genética y la selección son claves para mejorar varios aspectos entre ellos la densidad de la leche (45).

9.2.3 Días de lactancia

Uno de los parámetros claves en lo que se refiere a la producción lechera resulta ser la producción de leche misma, en un periodo de lactancia traducido a 305 días de producción, más un periodo de seco, determinando así una gran parte del peso económico de un bovino lechero, esto ajustado a ciertas consideraciones como son la GDP, fertilidad, entre otros.

Figura 8. Diagrama boxplot para días de lactancia



Los datos obtenidos del estudio de la producción de leche mostraron que existe una media de 4756,02 litros por lactancia en promedio, indicando una buena cantidad de litros de leche en manejos no tan tecnificados y en condiciones que muchas veces resulta mejor para la producción local. Por otro lado, en explotaciones con animales de alta producción láctea se ha descrito animales que pueden llegar a producir hasta 12500 litros de leche por lactancia. Mostrando datos alentadores,

puesto que al mejorar el manejo y la genética se podría esperar que las siguientes generaciones de bovinos produzcan mayor cantidad de leche en promedio (46).

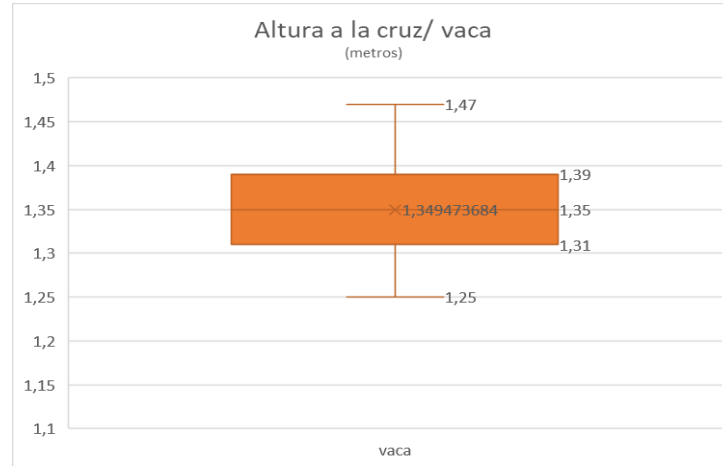
Tabla 9. Mayor valor genético para días de lactancia de animales.

ID	EBV	ACURRACY
Samanta	1434,718	0,62
Fortuna	1354,738	0,62
Colorada	1182,080	0,52

Con el estudio realizado tomando en cuenta una heredabilidad de 0.45, se obtuvieron ejemplares que llegan a aumentar la media de litros de leche en una lactancia hasta en 1400 litros aproximadamente. Aunque esto es un resultado muy bueno, cabe recalcar que el uso también del ambiente puede contribuir a que la heredabilidad de este parámetro avance de manera más rápida mediante el manejo, sumado a la selección genética. Así se evidenció en estudios realizados por catedráticos de la Universidad Central en Quito donde se menciona que las buenas técnicas de pastoreo y con un buen manejo del ambiente, se puede aumentar la producción de litros de leche/vaca/día (47).

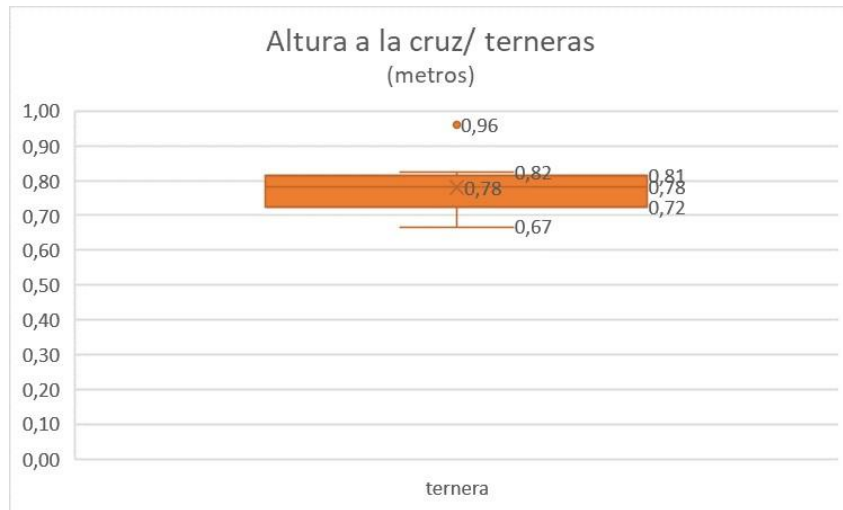
9.2.4 Altura a la cruz

Figura 9. *Altura a la cruz de la categoría vacas*



En lo que hace referencia a la altura a la cruz de los ejemplares estudiados, podemos decir que se han escogido las categorías de vacas puesto a que estos animales ya presentan una altura constante, esto se lo hace debido a que se necesita no solo optimizar la parte productiva de los bovinos sino también la parte del manejo y aun así se puede estar mejorando parámetros productivos, en el ámbito nutricional el cual influye en la producción de litros de leche. Pero también se ha optado por analizar los datos obtenidos en el ámbito de las terneras, esto con el fin de conocer cuántos cm puede ganar una ternera en la época de crecimiento, el cual también va asociado a la GDP y al tiempo en el cual va a iniciar su periodo de vida productiva. Esta elección se respalda en muchos estudios realizados acerca de la conformación corporal de los bovinos asociados a la producción, así lo menciona un estudio en donde se realizaron 31,711 registros en donde se obtuvo por resultado que las condiciones corporales y altura pueden causar variaciones considerables en la producción y reproducción (48).

Figura 10. *Altura a la cruz en la categoría de terneras.*



Comparando los resultados obtenidos entre la categoría de vacas, con un promedio de 0.78 m, con la categoría terneras, con una mediana de 0,78 m aproximadamente. Evidenciamos que existe una tasa de crecimiento bastante aceptable y que el límite de crecimiento de los ejemplares se mantiene en valores aptos para el manejo dentro de la parroquia estudiada. así que lo recomendable sería mantener la altura a la cruz, puesto que vacas muy grandes a pesar de poseer una mayor productividad lechera puede utilizar más recursos alimenticios y presentar problemas de reproducción, así como lo harían vacas muy pequeñas. Un ejemplo claro de esto se presenta en una revista de mejoramiento y juzgamiento de ganado lechero en donde hace mención el manejo más tecnificado para poseer bovinos de entre 600 a 700 kg con un promedio de altura de 151 cm. Esto resulta ser bueno hasta cierto punto, no obstante, para los pequeños productores se debe priorizar otros parámetros englobados en ellos el manejo y la eficacia productiva (49).

9.3. Estimación de pesos económicos

El objetivo de este análisis es cuantificar el impacto económico del índice de selección aplicado basándonos en la interpretación obtenida anteriormente.

9.3.1. Función beneficio

Se realiza el estudio de la función beneficio para calcular el valor económico de cada característica dentro del programa de mejoramiento genético. Este método ayuda a entender cómo los cambios en los fenotipos afectan la rentabilidad de la ganadería. Gracias a esto, se pueden asignar valores a cada rasgo seleccionado, permitiendo una mejor selección de los animales y asegurando que el proceso de mejora genética aporte mayores beneficios económicos a los productores.

Es importante mencionar que los gastos que se tomaron en cuenta, fueron de alimentación extra (mulas de alfalfa y brócoli) los cuales tuvieron un valor de 6 \$ la carga, semillas de forraje (25 \$) y manejo en donde incluye la atención médica veterinaria y la aplicación de tratamientos respectivos.

Tabla 10. Función beneficio de ingresos y gastos mensuales por productor

Productor	ID Vaca	Prod. leche dia	Costo/L leche	Ganancia / vaca	Ganancia total	Gastos totales	Beneficio generado
Amparo Chuquilema	Mocha 2 (café)	9	\$0,40	\$108,00			
	Micaela	6	\$0,40	\$72,00			
	Sarahi	9	\$0,40	\$108,00			
	Mishel	6	\$0,40	\$72,00			
	Mocha (B/N)	6	\$0,40	\$72,00	\$432,00	\$85,00	\$347,00
Elvia Jami Negrita	Blanca	4	\$0,42	\$50,40			
	Elvia	10	\$0,42	\$126,00			
	Elvia	12	\$0,42	\$151,20	\$327,60	\$75,00	\$252,60
Maria Jaya	Sandra	7	\$0,40	\$84,00			
	Lola	11	\$0,40	\$132,00			
	Juana	9	\$0,40	\$108,00			
	Sol	5	\$0,40	\$60,00			
	Negrita	7	\$0,40	\$84,00	\$468,00	\$110,00	\$358,00

	Fortuna	15	\$0,40	\$180,00			
	Pascualina	20	\$0,40	\$240,00			
Victor Martinez	Mariposa	8	\$0,40	\$96,00			
	Marilu	15	\$0,40	\$180,00			
	Samanta	17	\$0,40	\$204,00	\$900,00	\$215,00	\$685,00
Wilson Maigua	Colorada	20	\$0,40	\$240,00	\$336,00	\$70,00	\$266,00
	Julia	8	\$0,40	\$96,00			

De esto se obtuvo que el productor Victor Martinez es el que genera más beneficio en la parroquia, debido a que sus vacas en producción dan un promedio de 15 litros/día y el precio de venta es de 0.40 centavos. Otro punto importante que hay que tomar en cuenta es que posee varios potreros para la alimentación de su ganado, pero aun así se vio afectado por la sequía y también por causa del intervalo entre partos (*Tabla 11*).

Así como también podemos destacar que las vacas que producen más beneficio a sus dueños son Pascualina y Colorada debido a su alta producción de leche a pesar de no obtener un valor genético alto, son animales que deben mantenerse dentro del hato ya que ayuda a mantener un sistema de producción sostenible.

9.3.2 Perdida por días abiertos

Uno de los problemas más significativos de esta parroquia es el síndrome de vaca repetidora ya que a pesar de mostrar sintomatología de celo sus funciones ováricas no están en óptimas condiciones para concebir una vida y así pueda incrementar la producción de leche y por ende sus ingresos económicos.

Tabla 11. Estimación de pérdida económica por día abierto.

Productor	ID, Vaca	Días de leche /	Producción L de día	Costo/ pérdida abierto	Pérdida/ Pérdida L leche	Total, \$ \$
-----------	----------	--------------------	---------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------

Amparo Chuquilema	Micaela	410	6	0,4	2460	984	
	Sarahi	226	9	0,4	2034	813,6	
	Mishel	226	6	0,4	1356	542,4	2340
Elvia Jami	Negrita	105	10,00	0,42	1050	441	
	Elvia	103	12	0,42	1236	519,12	960,12
Maria Jaya							
	Sandra	170	7	0,4	1190	476	770
	Negrita	105	7	0,4	735	294	
Victor Martinez	Fortuna	251	15	0,4	3765	1506	
	Pascualin a	99	20	0,4	1980	792	
	Mariposa	264	8	0,4	2112	844,8	3142,8

De estos datos se obtuvo que el productor con más vacas repetidoras es Victor Martinez, debido a que 3 de sus animales tienen presentados un promedio de 204,66 días abiertos, este parámetro reproductivo lo podemos asociar con la falta de minerales y la poca ciclicidad de las vacas, pero también uno de los factores que afectan según Aristizabal, “si tenemos una vaca pequeña con un promedio de altura al sacro de 138,1 centímetros me da un intervalo entre partos de 382,3 días”, de esto podemos concluir, según los resultados obtenidos de la altura a la cruz en donde las vacas de este predio alcanzan un promedio de 1,45 metros de altura que la cantidad de días abiertos se debe a este factor, causando una pérdida económica significativa de la producción (50).

9.4 Escenarios económicos

Tabla 12. Escenarios económicos/ mensual

Parámetro	Escenario OPTIMISTA	Escenario PROMEDIO	Escenario PESIMISTA
GDP (kg/ día)	600	350	100
Densidad de leche	1,03	1,0225	1,015
Duración lactancia	305	317,5	330
Producción de leche	20	15	10
Precio de la leche (\$/litro/mes)	0,52	0,41	0,3
Ingreso por leche (\$)	312	201	90
Costo de alimentación	60	90	120
Costo de manejo	30	60	90
Beneficio neto (\$)	222	51	-120

En el escenario optimista, el mejoramiento genético tiene un impacto positivo en la rentabilidad, ya que se ha tomado valores óptimos en los que deberían mantenerse las producciones lecheras de la parroquia de Belisario Quevedo con respecto al índice de selección ya que esto permitirá mayores ingresos y reducir costos operativos.

En el escenario promedio, se tomó de acuerdo con la base de datos recopilada un promedio de cada fenotipo por lo que nos arroja como resultado que la rentabilidad es baja, lo que indica que el programa puede mantenerse, pero con márgenes estrechos. Dando énfasis en la nutrición animal si nos referimos a la GDP ya que muchos animales de esta parroquia pierden peso debido a este factor y esto genera pérdidas económicas para el productor.

En el escenario pesimista, podemos deducir que la falta de mejora genética y los altos costos de producción hacen que el sistema no sea sostenible provocando pérdidas de -120\$ mensuales por vaca lo cual llevaría a no seguir con la implementación del proyecto de mejora genética en este sector.

10. CONCLUSIONES

- Se confirmó que el mejoramiento genético influye positivamente en la **producción de leche**, especialmente en el escenario optimista, donde los animales mejorados, de los cuales Pascualina (**EBV: 49,92300; Accuracy: 0,5248658**) y Dora (**EVB: 0,5248658; Accuracy: 0,5070926**) mostraron mayor rendimiento en cuanto a la GDP esto evidencia que la selección genética adecuada puede incrementar la rentabilidad del sistema lechero ya que la GDP está relacionada con la productividad del animal. Así como también se escogieron los mejores animales genéticamente en cuanto a la densidad de leche de los cuales Fortuna (**EBV: 0,178965556; Accuracy: 0,591607978**) es la vaca que heredaría este fenotipo a sus crías. Por otra parte, con relación a los días de lactancia Tenemos que Samanta (**EBV: 1434,718459; Accuracy: 0,626915669**) y Fortuna (**EBV: 1434,718459; Accuracy: 0,626915669**), concluyendo que Fortuna es una de las vacas con mayor valor genético en la parroquia de Belisario Quevedo.
- La Relación a la simulación de escenarios económicos entre la ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia productiva: Se observó que una mayor ganancia diaria de peso (GDP) está asociada con una mejor conversión alimenticia y una producción de leche más eficiente. En el escenario pesimista, donde la GDP es baja, los costos superan los ingresos, demostrando que la genética y la nutrición son clave para la sostenibilidad económica del sistema.
- En cuanto al análisis económico y sostenibilidad del sistema productivo se determinó que la rentabilidad del sistema depende de un balance adecuado entre producción, costos de alimentación y manejo reproductivo, con el escenario promedio mostrando márgenes de ganancia reducidos. Esto sugiere que, sin estrategias de manejo y mejoramiento genético, la sostenibilidad a largo plazo del sistema lechero podría estar en riesgo.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Lecheras EREN. I. Parámetros reproductivos [Internet]. Inia.uy. [citado el 28 de junio de 2024]. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2735/1/111219240807155252.pdf>
2. Pérez Quintero G, Gómez Gil M. Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento productivo de un rebaño pardo suizo en el trópico: 2. Intervalo entre partos y su relación con la producción de leche. Rev Cient (Maracaibo) [Internet]. 2009 [citado el 8 de febrero de 2025];19(1):77–83. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000100012
3. GADPRBQ. Gob.ec. [citado el 28 de junio de 2024]. Disponible en: <https://belisarioquevedo.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2021/06/PDOTGADPRBQ2019-2023.pdf>
4. Bohlen J. Impacto de la rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR) en la reproducción del ganado [Internet]. 2013. Disponible en: <https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1422&title=impact-of-infectious-bovine-rhinotracheitis-ibr-on-reproduction-in-cattle>
5. Quiroz G. En Ecuador, la crisis del pasto afecta la producción de leche de pequeños ganaderos [Internet]. El Comercio. 2024 [citado el 8 de febrero de 2025]. Disponible en:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/en-ecuador-la-crisis-del-pasto-afecto-laproduccion-de-leche-de-pequenos-ganaderos.html>

6. Ecuador CIL. Centro de la Industria Láctea. 2023 [citado 7 de enero de 2024]. Sector lácteo: realidad, retos y desafíos. Disponible en: <https://www.cilecuador.org/post/sectorlácteo-realidad-retos-y-desafíos>
7. Osvaldo Barsky, Alex Barril, Gustavo Cosse, Jorge Morandi, Humberto Vinuesa. EL PROCESO DE TRANSFORMACION DE LA PRODUCCION LECHERA SERRANA Y EL APARATO DE GENERACION TRANSFERENCIA EN ECUADOR. 1980.
8. www.vistazo.com [Internet]. [citado 11 de enero de 2024]. Industria lechera ecuatoriana cumple con altos estándares de calidad e inocuidad. Disponible en:

- <https://www.vistazo.com/enfoque/industria-lechera-ecuatoriana-cumple-conaltosestandares-de-calidad-e-inocuidad-JG4811209>
9. Ecuador CIL. Centro de la Industria Láctea. 2023 [citado 11 de enero de 2024]. Revolucionando la industria láctea de Ecuador: un enfoque de innovación y el progreso. Disponible en: <https://www.cil-ecuador.org/post/revolucionando-la-industria-lácteadeecuador-un-enfoque-de-innovación-y-el-progreso>
 10. Rogerio. M ¿Qué importancia tiene la producción sustentable de leche? [Internet]. Certified Humane Latino | Bienestar animal. 2022 [citado 18 de enero de 2024]. Disponible en: <https://certifiedhumanelatino.org/que-importancia-tiene-la-produccion-sustentabledeleche/>
 11. Fierro N. ¿Es rentable la producción lechera en el país? [Internet]. Dialoguemos.ec. Dialoguemos; 2022 [citado el 31 de julio de 2024]. Disponible en: <https://dialoguemos.ec/2022/09/el-doble-ordeno-una-alternativa-para-los-productores/>
 12. Basantes X. La industria láctea afronta desafíos para consolidar su sostenibilidad [Internet]. YOUTOPIA. 2022 [citado 18 de enero de 2024]. Disponible en: <https://youtopiaecuador.com/cuidado-del-ambiente/industria-leche-sostenibleproduccioncongreso-agso-proteina/>
 13. Beltrán AH, Acosta PC, Cortes AV. TALLER PARA LA PRODUCCIÓN DEL REACTIVO DE CALIFORNIA.
 14. Mansilla M. A, Pedraza G. C, Fajardo R. P, Agüero E. H. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE MASTITIS EN VACAS LECHERAS A PARTIR DE 43 LA DETERMINACIÓN DEL TEST DE CALIFORNIA PARA MASTITIS (CMT) DE SUS CUARTOS INDIVIDUALES. Agricultura Técnica. abril de 2001;61(2):162-70.
 15. meliroliva. ¿Cómo funciona el California Mastitis Test? [Internet]. CampoyMedio. 2019 [citado 18 de enero de 2024]. Disponible en: <https://campoymedio.com/comofunciona-elcalifornia-mastitis-test/147>
 16. Consideraciones sobre el rendimiento en canal del ganado de engorda [Internet]. Ganaderia.com. [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible

- <https://www.ganaderia.com/destacado/consideraciones-sobre-el-rendimiento-en-canal-del-ganado-de-engorda>
17. Conversión Alimenticia en Bovinos | Intagri S.C. [Internet]. [citado 18 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/conversionalimenticia-enbovinos>
 18. Densidad de la leche [Internet]. Densidad de la leche ~ QUIMICA DE ALIMENTOS. 2014 [citado 18 de enero de 2024]. Disponible en: <https://alimentos6173.blogspot.com/2014/07/i-tema-obtencion-de-la-densidad-dela.html>
 19. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA VIGILANCIA Y CONTROL DE LA INOCUIDAD DE LECHE CRUDA [Internet]. [citado 18 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/leche1.pdf>
 20. Composición fisico-química - Unidad de Innovación [Internet]. Www.um.es. [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de-cursos/higieneinspeccion-y-control-alimentario/practicas/composicion-fisico-quimica>
 21. Sáenz JAC. Razas bovinas especializadas en leche [Internet]. Veterinariadigital.com. 2021 [citado el 8 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/razas-bovinas-especializadas-en-leche/>
 22. Ganadero C. A menor tamaño de la vaca, mejor desempeño reproductivo [Internet]. CONtexto Ganadero. 2019 [citado el 8 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/menor-tamano-de-la-vacamejor-desempeno-reproductivo>
 23. Ravagnolo O, de Lima JMS, Pravia MI, Lema M. ÍNDICES DE SELECCIÓN: economía y genética en perfecta sintonía [Internet]. Inia.uy. [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13949/1/Rev-INIA-59Diciembre-2019-p-21-a-25.pdf>

en:

24. Ganadero C. ¿Qué es el índice de selección genética y cómo influye en la eficiencia? [Internet]. CONtexto Ganadero. 2021 [citado el 8 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/que-es-el-indice-de-selecciongenetica-y-como-influye-en-la-eficiencia>

25. Ortuño Barba C, Chacón Marcheco E, Cartuche Macas L, Carrillo Álvarez I, Guevara Viera G. Scielo. PESOS ECONÓMICOS PARA UN ÍNDICE DE SELECCIÓN DE LA RAZA HOLSTEIN FRIESIAN EN EL ECUADOR. Chil J Agric Anim Sci [Internet]. 2023;39(2):164–73. [cited 2024 Apr 22]. Available from: <http://dx.doi.org/10.29393/chjaa39-14pecg50014>

26. Sandino R. Algunas bases para la Correcta Selección de Vacas Lecheras [Internet]. Dialnet; 2018. [cited 2024 Apr 22]. Available from: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjF0tu05NaFAxWRnIQIHTcIDzUQFn0ECBsQAQ&ur=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F6107422.pdf&usg=AOvVaw1SDevePLq1nVVGZaCxy2BC&opi=89978449>

27. Ramon M. OBTENCIÓN DE PESOS ECONÓMICOS PARA SELECCIÓN POR RENTABILIDAD. Cabidigitallibrary.org. [citado el 31 de julio de 2024]. Disponible en: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20053204102#:~:text=El%20peso%20econ%C3%B3mico%20de%20un,una%20respuesta%20correlacionada%20entre%20caracteres.>

28. Reporte mensual de precios de leche cruda adquirida por las industrias lácteas en cumplimiento al Acuerdo Ministerial No. 394 – Ministerio de Agricultura y Ganadería [Internet]. [citado 18 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/acuerdo-ministerial-no-394/>

29. Importancia del análisis de escenarios en la gestión de fondos de inversión [Internet]. Beka Finance. 2024 [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.bekafinance.com/noticia/importancia-analisis-escenarios-gestion-fondosinversion>

30. Serrano D. El Comercio. 2022 [citado 18 de enero de 2024]. Ley establece nuevo precio mínimo del litro de leche cruda. Disponible en:

- <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ley-precio-minimo-litrolechecruda.html>
31. Intagri.com. [citado el 8 de febrero de 2025].
 Disponible <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/conversion-alimenticia-enbovinos#:~:text=Bovinos%20de%20engorda%20consumiendo%20alimento,frente%20al%20campo%2C%202019>
 32. Importancia económica de la reproducción en el ganado lechero [Internet]. Ganaderia.com. [citado el 8 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.ganaderia.com/destacado/importancia-economica-de-la-reproduccion-en-elganado-lechero>
 33. Calderon A. Analisis de la densidad de leche en la provincia de cotopaxi [Internet]. Scielo. 2023 [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682007000100006
 34. Genghini R, Bonvillani A. INTRODUCCIÓN AL MEJORAMIENTO ANIMAL.France génétique Elevage - El valor genético de un animal [Internet]. [citado 25 de enero de 2024]. Disponible en: <http://es.france-genetique-elevage.org/El-valor-genetico-deun-animal.html>
 35. Anónimo. HEREDABILIDAD Y CORRELACIONES [Internet]. Com.ar. 2001 [citado el 8 de febrero de 2025]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_de_carne/06heredabilidad_y_correlaciones_geneticas.pdf
 36. Principios de Reproducción y Selección Animal [Internet]. [citado 28 de enero de 2024]. Disponible en: https://agrobit.com/info_tecnica/ganaderia/insem_artif/GA000008in.htm
 37. GADBQ. MAPA DE CLIMA DE LA PARROQUIA BELISARIO QUEVEDO [Internet]. Gob.ec. 2019 [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://belisarioquevedo.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2024/04/MAPA-DECLIMAS-A3.pdf>
 38. Sequía afecta gravemente a los ganaderos de la Sierra [Internet]. AsíNoMás EC. [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.asinomasec.com/news->
 en:

- 3/sequ%C3%ADa-afecta-gravemente-a-los-ganaderos-de-la-sierra
39. La reproducción en la vaca [Internet]. Ganaderia.com. [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.ganaderia.com/destacado/La-reproduccion-en-la-vaca>
 40. BIOGENESIS. ENFERMEDADES REPRODUCTIVAS [Internet]. Com.ar. 2005 [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: https://www.produccionanimal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_reproduccion/35enfermedades_reproduccion.pdf
 41. Calderón R A, Rodríguez R V, Vélez R S. Evaluación de la calidad de leches en cuatro procesadoras de quesos en el municipio de Montería, Colombia. Rev MVZ Cordoba [Internet]. 2007 [citado el 8 de febrero de 2025];12(1):912–20. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682007000100006
 42. Nemocón A. Alimentación: factor estratégico durante la crianza artificial de terneros provenientes de lecherías [Internet]. Redalyc.org. 2020 [citado el 8 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/437/43764233028/html/>
 43. Lucas H, Cesar L, de Almeida Castro Aldana P, Noemí. BG. Nutrición de terneros Holstein en tambos de la Cuenca Mar y Sierras [Internet]. Edu.ar:8443. [citado el 8 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/0fa4f165-bbf6-4c56-97fc146ad775cd70/content>
 44. Delgado-Callisaya PÁ, Parisaca V, Quispe I, Delgado E, Aduviri M. Evaluación de la calidad de la leche cruda bovina (Bos taurus) en la Comunidad Mazo Cruz del Departamento de La Paz-Bolivia. J Selva Andina Anim Sci [Internet]. 2016 [citado el 3 de febrero de 2025];3(1):43–8. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-2581201600010000
 45. Animal ECS. ¿Cuántos litros de leche da una vaca? [Internet]. Ceva.pro. Ceva Salud Animal; 2022 [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://ruminants.ceva.pro/es/cuantos-litros-de-leche-da-una-vaca>
 46. Gutierrez A. Efecto de la suplementación en vacas de pastoreo sobre la producción, eficiencia del uso y costo beneficio [Internet]. Gob.ec. 2019 [citado el 3 de febrero de 2025].

- Disponible en:
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S247788502019000100015
47. Cortes-Hernández J, Ruíz-López F, García-Ruiz A. Características de conformación asociadas a producción y composición de la leche de vacas Holstein. Abanico Vet [Internet]. 2021 [citado el 3 de febrero de 2025];11. Disponible https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322021000100125
48. Toalombo A. MEJORAMIENTO Y JUZGAMIENTO DE GANADO LECHERO [Internet]. Edu.ec. 2023 [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: <http://cimogsys.espoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2024-04-01210108-MEJORAMIENTO%20Y%20JUZGAMIENTO%20DEL%20GANADO%20LECHERO.pdf>
49. Intervalo entre partos [Internet]. Selko® Feed Additives | Making sustainable cattle farming more profitable. [citado el 8 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://ruminants.selko.com/es-es/rendimiento-diario-vitalicio/intervalo-de-calibrado>
50. Ganadero C. A menor tamaño de la vaca, mejor desempeño reproductivo [Internet]. CONtexto Ganadero. 2019 [citado el 3 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/menor-tamano-de-la-vacamejor-desempeno-reproductivo>

