



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

---

“ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO  
GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN LA PARROQUIA MULALÓ,  
EN EL PERIODO 2023.”

---

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

**Autora:**

Casa Toapanta Jhoselyn Stefania

**Tutora:**

Simancas Racines Alison Cristina

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Febrero 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Casa Toapanta Jhoselyn Stefania, con cédula de ciudadanía N° 0504041948, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN LA PARROQUIA MULALÓ, EN EL PERIODO 2023.”**, siendo la MVZ Mg. Alison Cristina Simancas Racines, Tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 23 de febrero del 2024



Jhoselyn Stefania Casa Toapanta

CC: 0504041948

**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 **CASA TOAPANTA JHOSELYN STEFANIA**, identificada con cédula de ciudadanía N° 0504041948, de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Dr. Idalia Eleonora Pacheco Tigsalema, 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 DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN LA PARROQUIA MULALÓ, EN EL PERIODO 2023.”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan

Historial académico:

Fecha de inicio de la carrera: Octubre 2019 – Marzo 2020

Fecha de finalización: Octubre 2023 - Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 25 de mayo del 2023

Tutora: MVZ. Alison Cristina Simancas Racines, Mg.

Tema: **“ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN LA PARROQUIA MULALÓ, EN EL PERIODO 2023.”**

**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.

f) 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 las cláusulas 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 febrero del 2024.

Jhoselyn Stefania Casa Toapanta  
**LA CEDENTE**

Dr. Idalia Eleonora Pacheco Tigsalema  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN LA PARROQUIA MULALÓ, EN EL PERIODO 2023”**, de Casa Toapanta Jhoselyn Stefania, 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 febrero del 2024



MVZ. Alison Simancas Racines, Mg.

C.C: 0503001000

**DOCENTE TUTORA**

## 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: Casa Toapanta Jhoselyn Stefania, con el título de Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN LA PARROQUIA MULALÓ, EN EL PERIODO 2023.”, 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.

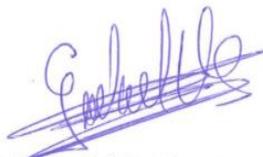
Latacunga, 23 de febrero del 2024



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



MVZ. Cristian Fernando Beltrán Romero, Mg.  
C.C: 0501942940  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Mg.  
C.C: 1722547278  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios por su gracia infinita que ha sido mi sustento, y hoy, al concluir esta etapa académica, elevo mi gratitud más sincera por su inagotable bondad.*

*A mis padres por su infinita dedicación y por ser mi fuente inagotable de inspiración, sin su apoyo incondicional, este logro no habría sido posible. Gracias, de todo corazón, por creer en mí y por ser los pilares de mi éxito.*

*A todos los docentes en general que, a lo largo de mi trayectoria académica, han dedicado su tiempo, conocimiento y experiencia para guiarme y enriquecer mi formación profesional.*

*A la parroquia Mulaló por su amabilidad, generosidad y apertura, que fueron esenciales para el éxito de este proyecto. Sin su participación activa, este trabajo no habría alcanzado su pleno potencial.*

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis a mis padres Rafael Casa y Josefina Toapanta ya que su amor incondicional y confianza en mí han sido el motor que me impulsó a superar obstáculos y alcanzar mis metas.*

*A mis queridos hermanos, cuyo aliento constante ha sido una fuente inagotable de inspiración y motivación a lo largo de este viaje académico. Su apoyo incondicional y palabras de aliento han sido un faro en los momentos de desafío, recordándome siempre el valor de la perseverancia y la determinación.*

*A mi enamorado Camilo Ponce cuya inestimable ayuda y apoyo fueron cruciales en cada etapa del proceso. Su generosidad, conocimientos y consejos fueron una guía invaluable que me impulsó a superar los desafíos y a encontrar soluciones creativas en momentos de dificultad.*

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**TITULO:** “ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN LA PARROQUIA MULALÓ, EN EL PERIODO 2023.”

**Autora:**

Casa Toapanta Jhoselyn Stefania

**RESUMEN**

El presente proyecto de investigación se enfocó en analizar el índice de selección del programa de mejoramiento genético del ganado lechero en la parroquia de Mulaló, Cotopaxi, Ecuador, una región destacada en producción láctea. Se recolectaron datos de 71 animales y 11 productores durante octubre, noviembre y diciembre de 2023, abarcando costos de producción, GDP, producción a los 305 días, densidad y altura a la cruz. Los resultados mostraron un costo medio de producción de \$0.26 por litro de leche, siendo la alimentación el gasto más significativo (40% del total). Aunque el beneficio mensual promedio fue de aproximadamente \$728.42, la confiabilidad fue baja debido a la falta de registros. Se determinaron valores genéticos para las características evaluadas, destacando la importancia de la lactancia a los 305 días. Los valores obtenidos para la GDP tuvieron un punto máximo estimado en 148.37 ; para la densidad, un pico máximo de 4.81, considerando que se sumará a la media estimada; para la lactancia a los 305 días, con picos máximos de 1005.81; y para la altura a la cruz, un pico máximo de 15.46cm El análisis del índice de selección permitió identificar a Juliana, de raza Holstein, destacando en GDP; Barrosa, de raza Pizán, sobresalió en producción de leche; Preciosa, de raza Holstein, demostró excelencia en densidad de leche; y Angelita, también de raza Holstein, destacó en centímetros a la cruz. Todos estos hallazgos están relacionados con la respuesta a la selección dentro del programa de mejoramiento genético del ganado lechero en Mulaló.

**PALABRAS CLAVES:** índice, selección, mejoramiento, bovinos, EBV, Mulaló.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**  
**CAREER OF VETERINARY MEDICINE**

**THEME:** “ANALYSIS OF THE SELECTION INDEX OF THE SUSTAINABLE GENETIC IMPROVEMENT PROGRAM FOR DAIRY CATTLE IN THE MULALÓ PARISH, IN THE PERIOD 2023”.

**Author:**

Jhoselyn Stefania Casa Toapanta

**ABSTRACT**

The present research project focused on analyzing the selection index of the genetic improvement program for dairy cattle in the parish of Mulaló, Cotopaxi, Ecuador, a region of outstanding dairy production. Data were collected from 71 animals and 11 producers during the months of October, November and December 2023, covering production costs, GDP, production at 305 days, density and height at withers. The results showed an average production cost of \$0.26 per liter of milk, with feed being the most significant expense (40% of the total). Although the average monthly profit was approximately \$728.42, reliability was low due to lack of records. Genetic values were determined for the characteristics evaluated, highlighting the importance of lactation at 305 days. The values obtained for GDP had an estimated maximum point of 148.37; for density, a maximum peak of 4.81, considering that it will be added to the estimated mean; for lactation at 305 days, with maximum peaks of 1005.81; and for height at withers, a maximum peak of 15.46 cm. The analysis of the selection index allowed identifying Juliana, a Holstein breed, standing out in GDP; Barrosa, a Pizán breed, excelled in milk production; Preciosa, a Holstein breed, showed excellence in milk density; and Angelita, also a Holstein breed, stood out in centimeters at the withers. All these findings are related to the response to selection within the genetic improvement program for dairy cattle in Mulaló.

**Keywords:** index, selection, breeding, cattle, EBV, Mulaló.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....                                    | ii   |
| CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....      | iii  |
| AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....            | v    |
| AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....             | vi   |
| AGRADECIMIENTO .....  | vii  |
| DEDICATORIA .....   | viii |
| RESUMEN .....   | ix   |
| ABSTRACT .....  | x    |
| ÍNDICE DE CONTENIDO .....                                       | xi   |
| INDICE DE FIGURAS .....   | xv   |
| 1. INFORMACION GENERAL .....                                    | 1    |
| 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....                             | 1    |
| 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....                             | 2    |
| a. Directos:.....   | 2    |
| b. Indirectos: .....  | 2    |
| 4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....                           | 2    |
| 5. OBJETIVOS.....   | 3    |
| a. Objetivo general: .....                                      | 3    |
| b. Objetivos específicos:.....                                  | 3    |
| 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS4 |      |
| 7. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA CIENTÍFICA .....                      | 5    |
| a. GENERALIDADES DEL BOVINO.....                                | 5    |
| i. Origen y domesticación.....                                  | 5    |
| ii. Historia de los bovinos en Ecuador .....                    | 6    |
| iii. Reseña del ganado bovino en Ecuador .....                  | 6    |
| iv. Ganadería en Cotopaxi. ....                                 | 7    |

|      |  |    |
|------|--|----|
| b.   | PARAMETROS GENETICOS .....   | 8  |
| i.   | Heredabilidad.....   | 8  |
| ii.  | Correlación genética.....  | 8  |
| iii. | Registro de factores no genéticos .....  | 9  |
| c.   | PRODUCCIÓN LECHERA.....  | 10 |
| i.   | Sistemas de producción .....   | 10 |
| ii.  | Tipos de sistemas de producción.....   | 11 |
| iii. | Factor climático en la producción lechera.....   | 11 |
| iv.  | Producción lechera en pastoreo .....   | 12 |
| d.   | Contexto de la mejora genética .....   | 13 |
| e.   | Cambio de la demanda .....   | 13 |
| f.   | Diversos entornos de producción .....  | 14 |
| g.   | Mayor reconocimiento de la importancia de la diversidad genética .....   | 14 |
| h.   | MEJORAMIENTO GENÉTICO.....   | 14 |
| i.   | Importancia del mejoramiento genético en la producción de bovinos de leche<br>15   |    |
| ii.  | Métodos y técnicas utilizadas en el mejoramiento genético de bovinos de leche<br>16  |    |
| i.   | INDICE DE SELECCIÓN .....  | 17 |
| i.   | Variables del índice de selección y su relación con la mejora genética ...   | 17 |
| ii.  | Estudios previos relacionados con el índice de selección en bovinos de leche<br>18   |    |
| iii. | Índice de selección en el programa de mejoramiento genético sostenible de<br>bovinos de leche en la parroquia Mulaló ..... | 20 |
| iv.  | Componentes y criterios utilizados en el cálculo del índice de selección   | 21 |
| v.   | Beneficios y mejoras esperadas en la producción de bovinos de leche a través del<br>uso del índice de selección .....      | 22 |
| 8.   | VALIDACIÓN DE LA HIPOTESIS.....  | 24 |

|   |    |
|---|----|
| 9. METODOLOGÍA .....  | 24 |
| a. Ubicación.....   | 24 |
| b. Tipo de estudio .....  | 24 |
| c. Situación geográfica .....                                   | 25 |
| d. Población de estudio.....                                    | 25 |
| e. Caracterización del proyecto .....                           | 26 |
| f. Sistema de producción en la parroquia.....                   | 26 |
| g. Relación peso de las vacas y producción lechera .....        | 26 |
| h. Valor genético .....   | 26 |
| i. Selección de reproductores .....                             | 27 |
| 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....                 | 28 |
| a. Datos fenotípicos .....                                      | 28 |
| i. Fenotipo en Ganancia Diaria de Peso.....                     | 28 |
| ii. Fenotipo en Densidad .....                                  | 29 |
| iii. Fenotipo Lactancia ajustada a 305 días .....               | 30 |
| iv. Fenotipo de Cm a la cruz.....                               | 31 |
| v. Fenotipo en Mastitis .....                                   | 31 |
| b. Costos de producción.....                                    | 33 |
| c. EBV de ganancia diaria de peso .....                         | 34 |
| d. EBV en densidad .....  | 35 |
| e. EBV en lactancia .....                                       | 36 |
| f. EBV cm a la cruz.....  | 37 |
| g. Respuesta a la selección en la ganancia diaria de peso ..... | 38 |
| h. Respuesta a la selección en densidad .....                   | 39 |
| i. Respuesta a la selección en Lactancia .....                  | 40 |
| j. Respuesta a la selección en cm a la cruz .....               | 41 |
| k. COSTO-BENEFICIO .....  | 42 |

|     |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| i.  | Corto plazo .....     | 42 |
| ii. | Largo plazo .....     | 43 |
| 11. | IMPACTOS .....        | 43 |
| a.  | Impacto técnico.....  | 43 |
| 12. | CONCLUSIONES.....     | 43 |
| 13. | RECOMENDACIONES ..... | 44 |
| 14. | BIBLIOGRAFIA .....    | 45 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Mapa satelital de la parroquia Mulaló.....   | 24 |
| <b>Figura 2.</b> Ganancia Diaria de Peso (GDP).....   | 28 |
| <b>Figura 3.</b> Densidad.....  | 29 |
| <b>Figura 4.</b> Lactancia .....  | 30 |
| <b>Figura 5.</b> cm a la cruz .....   | 31 |
| <b>Figura 6.</b> Test de Mastitis.....  | 31 |
| <b>Tabla 1.</b> Interpretación de mastitis .....  | 32 |
| <b>Figura 7.</b> Costos de producción por litro de leche. ....  | 33 |
| <b>Figura 8.</b> Estimated Breeding Values (valor genético o valor de cría) en GDP (ganancia diaria de peso)..... | 34 |
| <b>Figura 9.</b> Estimated Breeding Values (valor genético o valor de cría) en densidad de leche .....            | 35 |
| <b>Figura 10.</b> Estimated Breeding Values (valor genético o valor de cría) en Lactancia...                      | 36 |
| <b>Figura 11.</b> Estimated Breeding Values (valor genético o valor de cría) en cm a la cruz                      | 37 |
| <b>Figura 12.</b> Respuesta a la selección de la ganancia diaria de peso (gr).....                                | 38 |

## **1. INFORMACION GENERAL**

**Fecha de inicio:** octubre 2023

**Fecha de finalización:** febrero 2024

**Lugar de ejecución:** Mulaló – Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales - CAREN

**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:**

**Estudiante:** Casa Toapanta Jhoselyn Stefania

**Tutora:** MVZ. Alison Cristina Simancas Racines.

**Área de conocimiento:**

3109.02 Ciencias Agrarias, Ciencias Veterinarias, Genética

**Línea de investigación:**

Análisis, Conservación y Aprovechamiento de la Biodiversidad Local

**Sub líneas de investigación de la carrera:**

Biodiversidad, mejora y conservación de recursos zoogenéticos

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La industria lechera desempeña un papel fundamental en la economía rural de la provincia de Cotopaxi. En consecuencia, la selección genética apropiada de los animales puede tener repercusiones significativas en la productividad, rentabilidad y sostenibilidad de este sector (1). La elección adecuada de animales se logra mediante la aplicación de un índice de selección, que combina información de diversos rasgos para identificar los animales más apropiados para la reproducción. No obstante, la eficacia y eficiencia de estos índices pueden variar según las condiciones del sistema productivo y la ubicación geográfica (2). Por ende, es crucial analizar los índices de selección en el programa de mejoramiento genético del ganado lechero, evaluando sus impactos en el rendimiento y la salud del ganado en distintos

sistemas de producción y regiones geográficas. Los resultados obtenidos de este análisis pueden contribuir a optimizar las ventajas del programa de mejoramiento genético, beneficiando así a la industria lechera en la parroquia Mulaló.

Identificar limitaciones y oportunidades para mejorar el índice de selección permitirá a los productores optimizar la elección de animales reproductores, lo que, a su vez, mejorará la producción de la industria láctea (3).

Dada la situación expuesta, se ha considerado imperativo poner en marcha un plan de mejoramiento genético que involucre a los ganaderos y permita la selección de animales con características rentables, lo que facilitará la evaluación de la heredabilidad de los ejemplares.

El objetivo de este proyecto de mejoramiento genético es aumentar significativamente la rentabilidad de los pequeños y medianos productores del sector Mulaló. Aunque el crecimiento del sector lechero se ve obstaculizado por la falta de mercado y tecnología, parece que la producción de leche sigue siendo una opción viable para los productores de menor escala en Ecuador, siempre y cuando se realice de manera sostenible (1).

### **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

#### **a. Directos:**

- Pobladores y sus familias asociadas a la producción de animales dentro del estudio en la parroquia Mulaló.

#### **b. Indirectos:**

- Parroquias y barrios circundantes a Mulaló, como Alaquez, Pastocalle y Tanicuchí.

### **4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En el año 2022, la producción diaria de leche en Ecuador se situó en aproximadamente 5.700.000 litros. La expectativa para este año es mantener este nivel, con una gradual recuperación hacia las cifras registradas antes de la pandemia (4). Según el Centro de la Industria Láctea, a nivel nacional se ordeñan 846.715 vacas, incluyendo tanto las lecheras como las de doble propósito (para leche y carne). La región de la Sierra lidera la producción con un 79%, seguida por la Costa con un 16% y el Oriente con un 5% (5).

En la provincia de Cotopaxi, ha sido notoria durante un periodo significativo la carencia de información disponible para comprender las características genéticas y físicas del ganado bovino. Esto se atribuye a la falta de asesoramiento por parte de las entidades gubernamentales, resultando en la selección de reproductores sin un conocimiento claro y la ausencia de

evaluación de bovinos lecheros apropiados para una productividad eficiente, considerando las condiciones ambientales. Este vacío de información ha llevado a realizar la selección de reproductores de manera poco informada, sin conocer la rentabilidad a futuro (6).

En la parroquia Mulaló, una parte significativa de la economía de los productores se sustenta en la ganadería. Es esencial implementar un manejo adecuado en la producción para garantizar una rentabilidad favorable, dado que en muchos casos esta se ve afectada por diversas razones. Entre ellas, se destaca el manejo del suelo, que constituye una fuente fundamental de nutrición para lograr una producción óptima. Además, los elevados costos de producción, que en la actualidad constituyen la principal desventaja en relación con los precios de venta, específicamente en el caso de la leche, también afectan la rentabilidad. Un factor determinante es la experiencia práctica, lo que conduce a la elección de prescindir de la ayuda de un veterinario. Además, se han observado limitaciones en el uso de índices de selección, como la omisión de rasgos, o la posibilidad de problemas de salud, o bienestar en los animales seleccionados. En última instancia, se requiere un análisis detallado de los indicadores de selección utilizados en los programas de mejoramiento genético del ganado lechero para evaluar su impacto en la productividad y salud del ganado en distintos sistemas de producción y regiones geográficas.

## **5. OBJETIVOS**

### **a. Objetivo general:**

Analizar el índice de selección empleado en el programa de mejora genética sostenible del ganado lechero en la parroquia de Mulaló, identificando los rasgos evaluados y los pesos asignados a cada uno de ellos.

### **b. Objetivos específicos:**

- Evaluar el desempeño de rasgos seleccionados y ponderados en un índice de selección para determinar su impacto en la producción de leche y la eficiencia reproductiva de los animales seleccionados.
- Identificar las principales fortalezas y debilidades del índice de selección utilizado en el programa de mejoramiento genético sostenible para ganado lechero parroquial y sugerir posibles ajustes o mejoras para su futura aplicación.
- Realizar un análisis costo-beneficio del índice de selección aplicado en el programa de mejoramiento genético sustentable del ganado lechero en la parroquia de Mulaló, evaluando su rentabilidad y sustentabilidad a largo plazo.

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS

| Objetivos   | Actividad  | Resultado de la actividad  | Medio de verificación  |
|---|--|--|--|
| <p>Evaluar el desempeño de rasgos seleccionados y ponderados en un índice de selección para determinar su impacto en la producción de leche y la eficiencia reproductiva de los animales seleccionados.</p>                                     | <p>Evaluación de datos derivados de caracteres específicos:<br/>           - Ganancia diaria de peso<br/>           - Producción de leche<br/>           - Densidad de leche</p> | <p>Juliana en ganancia diaria de peso con una media de 70.3 gr, Barrosa en producción de leche con una media de 5570,52 lts y Cuenca en la densidad de leche con una media de 0.31 gr/ml</p> | <p>Diseño estadístico</p>  |
| <p>Identificar las principales fortalezas y debilidades del índice de selección utilizado en el programa de mejoramiento genético sustentable para ganado lechero parroquial y sugerir posibles ajustes o mejoras para su futura aplicación</p> | <p>Análisis de los datos recopilados de los productores mediante la evaluación de características específicas.</p>   | <p>Se evidencia que la densidad y la lactancia emergen como las principales fortalezas en términos de heredabilidad</p>  | <p>Cálculos realizados en Excel utilizando el programa BLUP.</p> |
| <p>Realizar un análisis costo-beneficio del índice de selección aplicado en el</p>  | <p>Recolección de datos a través de registros autónomos proporcionados por</p>   | <p>El beneficio a corto plazo asciende a \$1095. Mientras tanto, el beneficio a</p>  | <p>Base de datos</p>   |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <p>programa de mejoramiento genético sostenible del ganado lechero en la parroquia de Mulaló, evaluando su rentabilidad y sustentabilidad a largo plazo</p> | <p>los propietarios, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Arriendo</li> <li>- Gastos varios</li> </ul> | <p>largo plazo en cuanto a densidad podría alcanzar un ingreso adicional de \$20449,90 y en cuanto a lactancia se podría evidenciar una ganancia de \$51,717.87.</p> |  |
|---|--|--|--|

## 7. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA CIENTÍFICA

### a. GENERALIDADES DEL BOVINO

#### i. Origen y domesticación

Los bovinos, también conocidos como vacas, tienen un origen ancestral que se remonta a miles de años atrás. Se cree que su domesticación comenzó en el área de Anatolia, en lo que hoy es Turquía, hace aproximadamente 10,000 años (5). En un principio, los humanos cazaban auroques, una especie de bovino salvaje, pero con el tiempo comenzaron a criarlos para obtener su carne, leche y pieles. Los primeros pasos hacia la domesticación de los bovinos implicaron la selección de ejemplares con características deseables, como docilidad, producción de leche y tamaño adecuado. Con el tiempo, se desarrollaron diferentes razas de bovinos adaptadas a distintos climas y necesidades humanas.

La domesticación de los bovinos tuvo un impacto significativo en la historia de la humanidad (6). Estos animales proporcionaban alimento, transporte y materiales para la construcción. Además, su capacidad para trabajar en el campo permitió el desarrollo de la agricultura y la consolidación de comunidades sedentarias. A medida que la domesticación avanzaba, los bovinos fueron llevados a diferentes partes del mundo por los humanos (7). En Europa, se desarrollaron razas como la Angus y la Hereford, conocidas por su carne de calidad. En Asia, se criaron razas como la Brahman y la Holstein, apreciadas por su resistencia y producción de leche. Hoy en día, existen numerosas razas de bovinos en todo el mundo, cada una con características específicas.

## **ii. Historia de los bovinos en Ecuador**

Los bovinos tienen una larga historia en Ecuador, que se remonta a la época de la colonización española en el siglo XVI (8). Durante este período, los españoles introdujeron ganado vacuno en la región con el objetivo de establecer una industria ganadera y abastecer a las colonias. La ganadería bovina se expandió rápidamente en Ecuador, especialmente en las regiones costeras y de tierras bajas, donde el clima y las condiciones eran favorables para la cría de ganado. Las primeras razas de bovinos introducidas fueron principalmente de origen europeo, como la raza Cebú y la raza Holstein.

Con el tiempo, la ganadería bovina se convirtió en una actividad económica importante en Ecuador. El ganado vacuno se utilizaba tanto para la producción de carne como para la obtención de leche y productos lácteos. Además, los bovinos también se empleaban en el trabajo del campo, como el arado y el transporte de carga (9). En las últimas décadas, la ganadería bovina ha experimentado un crecimiento significativo en Ecuador. Se han implementado mejoras en la genética del ganado, la alimentación y la gestión de las explotaciones para aumentar la productividad y la calidad de los productos. Además, se ha promovido la adopción de prácticas sostenibles en la ganadería, como el manejo adecuado de los pastizales y la conservación del medio ambiente.

En la actualidad, Ecuador cuenta con diversas razas de bovinos adaptadas a las diferentes regiones del país. Entre las razas más comunes se encuentran la raza Holstein, Jersey, Brahman y Cebú (10). La ganadería bovina sigue siendo una actividad económica importante para muchas comunidades rurales en Ecuador, proporcionando empleo y contribuyendo a la seguridad alimentaria y el desarrollo económico del país.

## **iii. Reseña del ganado bovino en Ecuador**

El ganado bovino en Ecuador juega un papel fundamental en la economía del país (11). La ganadería bovina es una de las principales actividades agrícolas y representa una importante fuente de ingresos para miles de productores rurales. Ecuador cuenta con diversas razas de ganado bovino adaptadas a las diferentes regiones y climas del país. Entre las razas más comunes se encuentran la Holstein, Jersey, Brahman y Cebú. Cada una de estas razas tiene características específicas que las hacen adecuadas para diferentes propósitos, como la producción de carne o leche.

La producción de carne bovina en Ecuador es significativa y se exporta a varios países de la región. La calidad de la carne ecuatoriana es reconocida internacionalmente, lo que ha impulsado el crecimiento de la industria y la demanda de productos cárnicos ecuatorianos (12). En cuanto a la producción de leche, Ecuador también se destaca. La ganadería lechera es una actividad importante en el país, con numerosos productores dedicados a la producción y procesamiento de leche y productos lácteos.

La leche ecuatoriana es valorada por su calidad y se utiliza para la elaboración de una amplia variedad de productos lácteos. Además de la carne y la leche, los bovinos en Ecuador también se utilizan en la agricultura y el trabajo del campo (13). Estos animales son empleados para el arado de tierras, el transporte de carga y otras tareas agrícolas, contribuyendo al desarrollo de la agricultura y la producción de alimentos en el país

#### **iv. Ganadería en Cotopaxi.**

La ganadería en Cotopaxi, Ecuador, es una actividad económica de gran importancia para la región. Cotopaxi cuenta con vastas extensiones de tierras fértiles y un clima favorable que permiten el desarrollo de la actividad ganadera (14). La producción ganadera se centra principalmente en la cría de ganado bovino, aunque también se practica la cría de ovinos y porcinos en menor medida. La ganadería en Cotopaxi se caracteriza por ser principalmente extensiva, es decir, los animales se crían en grandes extensiones de terreno donde tienen acceso a pastizales naturales. Esto se debe a la abundancia de pastos y la topografía de la región, que favorece este tipo de producción. Además, la ganadería extensiva permite un menor impacto ambiental y una mayor calidad de vida para los animales.

La producción ganadera en Cotopaxi se enfoca principalmente en la producción de carne. Los animales son criados y alimentados de manera adecuada para obtener una carne de calidad. Además, se ha impulsado la mejora genética del ganado mediante la introducción de razas de mayor rendimiento y adaptabilidad a la región. La ganadería en Cotopaxi también contribuye al desarrollo económico de la región. La venta de ganado y productos derivados de la ganadería genera ingresos para los productores locales, así como empleo en la cadena de producción y comercialización de productos lácteos y cárnicos (15). Sin embargo, la ganadería en Cotopaxi también enfrenta desafíos. Uno de los principales desafíos es la falta de infraestructura adecuada para el manejo y procesamiento de los productos ganaderos. Esto limita la capacidad de los productores para agregar valor a sus productos y acceder a mercados más exigentes.

## **b. PARAMETROS GENETICOS**

### **i. Heredabilidad**

La heredabilidad en el ganado bovino es un concepto importante que se refiere a la capacidad de transmitir características genéticas de una generación a otra (16). En términos más simples, es la medida de cuánto de la variación en una característica específica se debe a la genética en lugar de factores ambientales. La heredabilidad en el ganado bovino varía según la característica que se esté evaluando. Algunas características, como el color del pelaje, pueden tener una alta heredabilidad, lo que significa que la genética juega un papel importante en su determinación. Otras características, como la producción de leche o la ganancia de peso, pueden tener una heredabilidad moderada, lo que implica que tanto la genética como el ambiente influyen en su expresión (17).

Es importante tener en cuenta que la heredabilidad no indica la cantidad de una característica que se transmitirá de un individuo a su descendencia, sino más bien la proporción de la variación que se debe a la genética. Por lo tanto, es posible que dos animales con características similares tengan descendencia con características diferentes debido a la influencia del ambiente (18). Por otro lado, la heredabilidad en el ganado bovino es una herramienta útil para los criadores, ya que les permite seleccionar animales con características deseables para mejorar la calidad de su ganado.

Al conocer la heredabilidad de las distintas características, los criadores pueden tomar decisiones más informadas sobre qué animales deben ser utilizados como reproductores. Es importante destacar que la heredabilidad no es una medida fija, puede variar según la población y las condiciones ambientales (19). Además, la selección genética a largo plazo puede influir en la heredabilidad de ciertas características. Por lo tanto, es fundamental realizar evaluaciones genéticas continuas para mantenerse al tanto de los cambios en la heredabilidad y ajustar las estrategias de cría en consecuencia.

### **ii. Correlación genética**

La correlación genética en los bovinos es una medida que permite determinar la relación entre dos características genéticas. Indica el grado en que los genes que influyen en una característica también afectan a otra. Una correlación genética positiva significa que ambas características tienden a aumentar o disminuir juntas, mientras que una correlación genética negativa indica que una característica tiende a aumentar mientras que la otra tiende a disminuir (20). En los

bovinos es importante para los criadores, ya que les ayuda a comprender cómo las características se transmiten de una generación a otra. Por ejemplo, si se encuentra una alta correlación genética positiva entre la producción de leche y la fertilidad en las vacas, los criadores pueden seleccionar animales que tengan una mayor producción de leche sin sacrificar la fertilidad (21).

Es importante tener en cuenta que la correlación genética no indica una relación causal entre las características, sino simplemente una asociación estadística. Puede haber factores ambientales o genéticos adicionales que influyan en las características y que no estén reflejados en la correlación genética. La estimación de la correlación genética en los bovinos se realiza mediante análisis genéticos y estadísticos (22). Se utilizan datos de pedigrí, registros de características y análisis genómicos para determinar la relación entre las características de interés. La correlación genética puede variar según la población de bovinos y las condiciones ambientales. Por lo tanto, es importante realizar evaluaciones genéticas continuas para mantenerse al tanto de los cambios en la correlación genética y ajustar las estrategias de cría en consecuencia (19).

### **iii. Registro de factores no genéticos**

El registro de factores no genéticos en bovinos es una práctica fundamental para el manejo y la mejora de la producción ganadera. Estos factores pueden influir en el rendimiento y la calidad de la carne, la leche y otros productos derivados de los bovinos. Uno de los factores no genéticos más importantes a tener en cuenta es la alimentación. La calidad y composición de la dieta de los bovinos puede afectar directamente su crecimiento, desarrollo y producción. Una dieta equilibrada y adecuada en nutrientes es fundamental para obtener animales sanos y productivos (23). Otro factor no genético relevante es el manejo sanitario. El control de enfermedades, la prevención de parasitosis y la implementación de vacunas son elementos esenciales para garantizar la salud del ganado. Un adecuado manejo sanitario contribuye a reducir la incidencia de enfermedades y a mejorar la productividad de los bovinos. (22)

El ambiente en el que se encuentran los bovinos también es un factor no genético importante. La temperatura, la humedad, la ventilación y la calidad del agua son elementos que pueden influir en el bienestar y el rendimiento de los animales. Proporcionar un ambiente óptimo y confortable es esencial para maximizar la producción ganadera. La genética es un factor fundamental en la producción bovina, pero también existen factores no genéticos que pueden influir en el rendimiento (24). Por ejemplo, el manejo reproductivo, como la elección adecuada

de los reproductores y la implementación de buenas prácticas de inseminación artificial, puede tener un impacto significativo en la calidad de la descendencia y en la eficiencia reproductiva.

El estrés es otro factor no genético que puede afectar negativamente a los bovinos. El transporte, los cambios bruscos de ambiente y el manejo inadecuado pueden generar estrés en los animales, lo que puede afectar su salud, bienestar y producción. Es importante minimizar el estrés en los bovinos mediante un manejo adecuado y respetuoso (23). Por último, la calidad del manejo y la capacitación del personal encargado de cuidar de los bovinos también son factores no genéticos relevantes. Un buen manejo y una correcta capacitación del personal pueden contribuir a reducir el estrés, mejorar la productividad y garantizar el bienestar de los animales (25).

### **c. PRODUCCIÓN LECHERA**

#### **i. Sistemas de producción**

Existen diferentes sistemas de producción lechera en bovinos, cada uno con características particulares y adaptado a diferentes contextos y objetivos. Uno de los sistemas más comunes es el sistema de producción intensiva o estabulada (26). En este sistema, los bovinos se mantienen en establos o corrales y reciben alimentación controlada y balanceada. Se busca maximizar la producción de leche a través de la selección de razas especializadas y el uso de tecnologías como la ordeñadora mecánica. Otro sistema de producción lechera es el sistema semi-intensivo. En este sistema, los bovinos pasan parte del tiempo en pastoreo y parte del tiempo en establos. Se busca aprovechar los recursos naturales y reducir los costos de alimentación. Se realiza el ordeño manualmente o con el uso de ordeñadoras mecánicas (27).

Por otro lado, el sistema de producción orgánico es una opción que se basa en la producción de leche sin el uso de productos químicos sintéticos. Se enfoca en el bienestar animal, el uso responsable de los recursos naturales y la producción de alimentos saludables. Los bovinos se alimentan de pasto y forraje orgánico certificado, y se evita el uso de medicamentos y hormonas (28). El sistema de producción a pequeña escala es común en zonas rurales o en pequeñas fincas. Se caracteriza por tener un número reducido de bovinos y un manejo más tradicional. Los bovinos pueden ser alimentados con pasto y forraje local, y el ordeño se realiza manualmente. Mientras en el sistema de producción intensivo en pastoreo es una opción que combina el pastoreo con una suplementación nutricional adicional. Los bovinos pasan la mayor parte del

tiempo en pastoreo, pero también reciben alimentos concentrados para satisfacer sus necesidades nutricionales. El ordeño puede ser manual o mecánico (29).

## **ii. Tipos de sistemas de producción**

Existen diversos tipos de sistemas de producción lechera en bovinos. En primer lugar, tenemos el sistema de producción intensiva o estabulada, que es una opción ampliamente utilizada (30). En este sistema, los bovinos son mantenidos en establos o corrales y se les proporciona una alimentación controlada y equilibrada. Además, se busca maximizar la producción de leche mediante la selección de razas especializadas y el uso de tecnologías como las ordeñadoras mecánicas (29). Por otro lado, encontramos el sistema semi-intensivo, que combina el pastoreo con el uso de establos. En este sistema, los bovinos pasan parte del tiempo en pastoreo y parte del tiempo en establos. Esto permite aprovechar los recursos naturales y reducir los costos de alimentación. El ordeño puede realizarse manualmente o con el uso de ordeñadoras mecánicas (31).

Otra opción es el sistema de producción orgánico, que se basa en la producción de leche sin el uso de productos químicos sintéticos. Este sistema se enfoca en el bienestar animal, el uso responsable de los recursos naturales y la producción de alimentos saludables. Los bovinos son alimentados con pasto y forraje orgánico certificado, y se evita el uso de medicamentos y hormonas (32). Además, el sistema de producción a pequeña escala es común en zonas rurales o en pequeñas fincas. En este sistema, se maneja un número reducido de bovinos y se utiliza un enfoque más tradicional. Los bovinos pueden ser alimentados con pasto y forraje local, y el ordeño se realiza manualmente.

Por último, tenemos el sistema de producción intensivo en pastoreo, que combina el pastoreo con una suplementación nutricional adicional. En este sistema, los bovinos pasan la mayor parte del tiempo en pastoreo, pero también reciben alimentos concentrados para satisfacer sus necesidades nutricionales. El ordeño puede ser manual o mecánico (33).

## **iii. Factor climático en la producción lechera**

El factor climático desempeña un papel crucial en la producción lechera de bovinos. Las condiciones climáticas afectan directamente la calidad y cantidad de pasto y forraje disponibles, lo que a su vez influye en la alimentación y nutrición del ganado (34). La disponibilidad de agua también es esencial, ya que los bovinos necesitan una hidratación adecuada para producir leche de calidad. En regiones con climas cálidos y secos, como en algunas áreas tropicales, la

producción lechera puede verse afectada negativamente. Las altas temperaturas y la falta de precipitación pueden llevar a la escasez de pasto y forraje de calidad, lo que resulta en una disminución en la producción de leche. Además, el estrés por calor puede afectar el bienestar de los bovinos y su capacidad para producir leche de manera óptima (25).

Por otro lado, en regiones con climas fríos, como en zonas montañosas o en invierno, la producción lechera también puede verse afectada. Las bajas temperaturas pueden dificultar el acceso a pasto y forraje, lo que requiere una planificación cuidadosa de la alimentación y posiblemente la provisión de suplementos nutricionales adicionales. Además, se deben tomar medidas para garantizar el acceso a agua potable y proteger a los bovinos de las condiciones climáticas extremas (36). Mientras en áreas con climas variables, como en algunas zonas templadas, se deben implementar estrategias de manejo adaptativas. Esto implica ajustar la alimentación y el manejo del ganado de acuerdo con las condiciones climáticas cambiantes. Por ejemplo, durante períodos de sequía, se pueden implementar sistemas de riego para garantizar la disponibilidad de pasto y forraje. Durante los meses más fríos, se pueden proporcionar refugios adecuados y suplementos nutricionales para mantener la producción de leche (37).

Además, es importante tener en cuenta que el cambio climático puede tener impactos significativos en la producción lechera de bovinos (38). Los patrones climáticos extremos y las variaciones impredecibles pueden afectar la disponibilidad de alimentos y agua, así como el bienestar y la salud del ganado. Por lo tanto, es crucial implementar prácticas de manejo sostenibles y adaptativas para mitigar los efectos del cambio climático en la producción lechera de bovinos.

#### **iv. Producción lechera en pastoreo**

La producción lechera en pastoreo es un sistema que se basa en el aprovechamiento de pastos y forrajes naturales como principal fuente de alimentación para el ganado bovino (31). Este sistema tiene numerosas ventajas, tales como la reducción de costos de alimentación y la mejora en la calidad de la leche producida. Además, permite un mayor bienestar animal al permitir que los bovinos se muevan libremente y se alimenten de manera natural. Por otro lado, es importante mencionar que la producción lechera en pastoreo requiere de una planificación adecuada en términos de la rotación de pastizales. Esto implica dividir el terreno en diferentes parcelas y permitir que los bovinos pasten en una parcela mientras se deja descansar y regenerar el pasto en las demás. Esta rotación asegura un suministro constante de pasto fresco y de calidad para el ganado (32).

Además, la producción lechera en pastoreo puede ser complementada con la suplementación nutricional en momentos específicos, como durante la época seca o cuando los pastizales no son suficientes para satisfacer las necesidades nutricionales del ganado. Esto se puede lograr mediante la provisión de alimentos concentrados o forraje conservado, como heno o silo (34). Asimismo, es importante destacar que la producción lechera en pastoreo requiere de un manejo adecuado del ganado. Esto implica asegurar que los bovinos tengan acceso a agua limpia y fresca en todo momento, así como brindarles un adecuado control sanitario y de parasitación. Además, se deben realizar monitoreos regulares del estado corporal y la producción de leche de cada animal para detectar posibles problemas de salud o nutrición. En cuanto al ordeño, este puede realizarse de manera manual o utilizando ordeñadoras mecánicas (35). Ambas opciones tienen sus ventajas y desventajas, y la elección dependerá de diversos factores, como el tamaño del hato y los recursos disponibles. Sin embargo, es importante garantizar que se sigan prácticas adecuadas de higiene y manejo durante el ordeño para asegurar la calidad e inocuidad de la leche producida.

#### **d. Contexto de la mejora genética**

La mejora genética implica un cambio. Para que un cambio sea una mejora, los efectos globales del cambio deben aportar beneficios positivos a los propietarios de los animales en cuestión o a la comunidad de propietarios (39). Además, para ser una mejora, los efectos del cambio deben aportar beneficios positivos tanto a corto como a largo plazo o, como mínimo, un beneficio a corto plazo no debe suponer un perjuicio a largo plazo.

Por ello, es fundamental que la planificación de los programas de mejora genética tenga muy en cuenta el contexto social, económico y medioambiental en el que se van a desarrollar (40). La mejor manera de conseguirlo es hacer que estos programas formen parte integrante de los planes nacionales de desarrollo ganadero, que deben establecer objetivos generales de desarrollo para cada entorno de producción.

#### **e. Cambio de la demanda**

Tradicionalmente, la cría de ganado sólo ha interesado a un reducido número de profesionales: empleados de empresas de cría, agricultores y algunos zootecnistas. Sin embargo, la producción de alimentos está pasando de estar impulsada por los productores a estarlo por los consumidores (37). La confianza del consumidor en la industria ganadera se ha resquebrajado en muchos países. Los temores sobre la calidad y la seguridad de los productos animales se han acentuado en los últimos años debido a diversas crisis: la encefalopatía espongiforme bovina (EEB), la dioxina y, más recientemente, la gripe aviar altamente patógena (IAAP).

El bienestar también se ha convertido en un elemento importante en la percepción que tienen los consumidores de la calidad de los productos, especialmente en Europa (productos ecológicos y animales criados en libertad) (34). Al mismo tiempo, la mayoría de los consumidores están menos conectados con el campo y saben menos de agricultura. Hay una demanda creciente de producción "natural", pero a menudo sin una comprensión clara de lo que esto debería abarcar.

#### **f. Diversos entornos de producción**

Los sistemas de producción sostenibles deben adaptarse a las condiciones físicas, sociales y de mercado. Para las organizaciones de crianza de animales vacunos, esto plantea la cuestión de si deben diversificar sus objetivos de cría, o si deben criar un animal que pueda rendir bien en una amplia gama de entornos (entorno físico, sistema de gestión y condiciones de mercado) (5). Hasta la fecha, sin embargo, sólo se han logrado conocimientos limitados sobre la genética subyacente de la adaptación fenotípica al entorno (40).

#### **g. Mayor reconocimiento de la importancia de la diversidad genética**

La crianza de ganado requiere variabilidad dentro de las poblaciones y entre ellas si se quiere mejorar los rasgos de interés. La diversidad genética es importante para responder a las necesidades actuales, pero sobre todo a las futuras (41). Por ejemplo, el paso de sistemas de producción con muchos insumos a sistemas de producción con pocos insumos favorecerá a distintas razas y a distintas características dentro de las razas.

En términos más generales, la creciente importancia concedida a factores como el bienestar animal, la protección del medio ambiente, la calidad distintiva de los productos, la salud humana y el cambio climático exigirá la inclusión de una gama más amplia de criterios en los programas de crianza (40). A menudo, estos criterios los cumplen las razas locales.

Así pues, es posible que las estrategias más adecuadas para gestionar estas razas sólo impliquen un cambio genético limitado (39). Por ejemplo, puede ser prudente mantener la adaptación al entorno local y a las enfermedades, e incluso mantener el nivel de un rasgo de producción, como el tamaño corporal o la producción de leche, si actualmente se encuentra en un nivel óptimo o cerca de él.

#### **h. MEJORAMIENTO GENÉTICO**

El mejoramiento genético es un proceso mediante el cual se busca mejorar las características deseables de las plantas, animales o microorganismos mediante la manipulación de sus genes (37). Este proceso puede ser realizado de manera natural, a través de la selección y reproducción

de individuos con características deseables, o de manera artificial, utilizando técnicas como la ingeniería genética.

El objetivo principal del mejoramiento genético es obtener organismos con características mejoradas, como mayor rendimiento, resistencia a enfermedades, adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, entre otras (38). Esto se logra mediante la identificación de genes responsables de estas características y su introducción en los organismos de interés.

El mejoramiento genético tiene aplicaciones en diferentes áreas, como la agricultura, la ganadería y la medicina. En la agricultura, por ejemplo, se busca obtener variedades de cultivos con mayor resistencia a plagas y enfermedades, mayor rendimiento y mejor calidad nutricional (39). En la ganadería, se busca obtener animales con mayor producción de carne, leche o huevos, así como mayor resistencia a enfermedades.

En la medicina, el mejoramiento genético se utiliza para desarrollar terapias génicas, que consisten en la introducción de genes sanos en células o tejidos de pacientes con enfermedades genéticas (40). Esto permite corregir o compensar los defectos genéticos responsables de estas enfermedades.

Sin embargo, el mejoramiento genético también plantea preocupaciones éticas y medioambientales (41). Algunas de estas preocupaciones incluyen la posibilidad de efectos no deseados en la salud humana o en el medio ambiente, así como la concentración de poder en manos de empresas que controlan las patentes de los organismos genéticamente modificados.

#### **i. Importancia del mejoramiento genético en la producción de bovinos de leche**

El mejoramiento genético juega un papel fundamental en la producción de bovinos de leche, ya que permite obtener animales con características deseables que contribuyen a mejorar la eficiencia y rentabilidad de esta industria (40). A través del mejoramiento genético, es posible seleccionar y criar animales con mayor producción de leche, mejor calidad de la misma, mayor eficiencia alimentaria y mayor resistencia a enfermedades.

Uno de los principales objetivos del mejoramiento genético en bovinos de leche es aumentar la producción de leche por animal. Esto se logra seleccionando y criando animales con mayor capacidad de producción, lo que permite obtener mayores volúmenes de leche por vaca (41). Además, se busca mejorar la calidad de la leche, aumentando su contenido de grasa y proteínas, lo que tiene un impacto directo en la calidad de los productos lácteos derivados.

Otra característica importante en el mejoramiento genético de bovinos de leche es la eficiencia alimentaria. Se busca obtener animales que sean capaces de convertir de manera más eficiente los alimentos en leche, reduciendo así los costos de alimentación y mejorando la rentabilidad de la producción lechera (39). Esto se logra seleccionando animales con un mejor balance entre la ingesta de alimento y la producción de leche.

La resistencia a enfermedades también es un aspecto clave en el mejoramiento genético de bovinos de leche (40). Se busca obtener animales que sean más resistentes a enfermedades comunes en esta especie, como mastitis o enfermedades respiratorias, lo que reduce los costos de tratamiento y mejora la salud y bienestar de los animales.

Además de estas características productivas, el mejoramiento genético también puede contribuir a la selección de animales con mejores características reproductivas, como una mayor fertilidad y una menor edad al primer parto (41). Esto permite un mayor número de crías por animal a lo largo de su vida reproductiva, lo que aumenta la eficiencia de la producción de bovinos de leche.

## **ii. Métodos y técnicas utilizadas en el mejoramiento genético de bovinos de leche**

En el mejoramiento genético de bovinos de leche se utilizan diferentes métodos y técnicas para seleccionar y criar animales con características deseables (42). Estos métodos se basan en el análisis de la información genética de los animales y en la aplicación de técnicas de reproducción asistida.

Uno de los métodos más utilizados es la selección genética. Este método consiste en identificar animales con características deseables, como alta producción de leche, buena calidad de la misma, eficiencia alimentaria y resistencia a enfermedades, y utilizarlos como reproductores (43). A través de la selección, se busca aumentar la frecuencia de los genes responsables de estas características en la población de bovinos de leche.

Otro método utilizado es la inseminación artificial. Esta técnica consiste en la introducción del semen de un toro seleccionado en una vaca en celo, sin la necesidad de que haya un apareamiento natural (44). La inseminación artificial permite utilizar el semen de toros con características deseables en un mayor número de vacas, lo que facilita la difusión de estos genes en la población.

La transferencia de embriones es otra técnica utilizada en el mejoramiento genético de bovinos de leche. Esta técnica consiste en la recolección de embriones de vacas seleccionadas y su transferencia a otras vacas receptoras (43). De esta manera, se pueden obtener un mayor número de crías de animales con características deseables en un corto período de tiempo.

La utilización de marcadores moleculares es otra herramienta importante en el mejoramiento genético de bovinos de leche. Los marcadores moleculares permiten identificar genes específicos asociados a características de interés, como la producción de leche o la resistencia a enfermedades (42). Esto facilita la selección de animales con base en su información genética y aumenta la precisión de los programas de mejoramiento genético.

La tecnología de la genómica también ha tenido un impacto significativo en el mejoramiento genético de bovinos de leche. La genómica permite secuenciar el ADN de los animales y analizar su información genética de manera más detallada (45). Esto proporciona información valiosa sobre los genes responsables de las características de interés y facilita la selección de animales con base en su perfil genético.

Además de estos métodos y técnicas, también se utilizan programas de cría dirigida, en los cuales se establecen objetivos claros y se aplican estrategias de selección y cruzamiento para obtener animales con características específicas (43). Estos programas se basan en la información genética y en la evaluación de los animales a través de pruebas de rendimiento, como la medición de la producción de leche y el análisis de su composición.

Es importante mencionar que todos estos métodos y técnicas deben ser aplicados de manera ética y responsable, teniendo en cuenta el bienestar de los animales y los impactos medioambientales (44). Además, es necesario contar con una base de datos genéticos confiable y actualizada, así como con la colaboración de productores y expertos en genética bovina.

## **i. INDICE DE SELECCIÓN**

### **i. Variables del índice de selección y su relación con la mejora genética**

El índice de selección es una herramienta utilizada en genética para la mejora de las características deseables en una población de organismos. Se basa en la combinación de diferentes variables que representan las características que se desean mejorar (45). Estas variables se seleccionan en función de su importancia y su relación con el objetivo de mejora genética.

Las variables del índice de selección pueden ser tanto características fenotípicas como genéticas. Las características fenotípicas son aquellas que se pueden observar directamente en el organismo, como el peso, la altura, la producción de leche, entre otros (46). Estas características son de fácil medición y su relación con la mejora genética es directa.

Por otro lado, las características genéticas son aquellas que se transmiten de generación en generación a través del material genético. Estas características no se pueden medir directamente en el organismo, pero se pueden estimar a través de pruebas genéticas y análisis de parentesco (47). Estas características son de gran importancia en la mejora genética, ya que permiten seleccionar individuos con mayor potencial de transmitir las características deseables a su descendencia.

La selección de las variables del índice de selección se realiza en función de su importancia y su relación con el objetivo de mejora genética. Es importante considerar que no todas las variables son igualmente importantes, por lo que se deben asignar pesos o coeficientes a cada una de ellas (48). Estos pesos se determinan en base a la contribución de cada variable al objetivo de mejora genética.

Además de la importancia de cada variable, también es importante considerar la relación entre las variables del índice de selección. Algunas variables pueden estar correlacionadas entre sí, lo que significa que la mejora de una variable puede tener un efecto positivo o negativo en las otras variables (49). Por lo tanto, es importante evaluar la relación entre las variables y seleccionar aquellas que sean compatibles entre sí.

## **ii. Estudios previos relacionados con el índice de selección en bovinos de leche**

El índice de selección en bovinos de leche es una herramienta fundamental en la mejora genética de estas especies (50). Para comprender su importancia, es necesario analizar los estudios previos relacionados con este tema.

En primer lugar, diversos estudios han demostrado que el índice de selección es una herramienta eficaz para mejorar la producción de leche en bovinos (51). Investigadores han encontrado una correlación positiva entre el índice de selección y la producción de leche, lo que indica que aquellos animales con un índice más alto tienen una mayor capacidad para producir leche.

Además, se ha comprobado que el índice de selección también influye en la calidad de la leche (49). Estudios han demostrado que los animales con un índice de selección alto tienen una

mayor proporción de grasa y proteína en la leche, lo que se traduce en una mayor rentabilidad para los productores.

Otro aspecto importante que se ha estudiado es la relación entre el índice de selección y la salud y longevidad de los animales (51). Investigaciones han encontrado que los bovinos con un índice de selección alto tienen una menor incidencia de enfermedades y una mayor esperanza de vida, lo que se traduce en menores costos veterinarios y una mayor duración de la vida productiva del animal.

Además, algunos estudios han analizado la relación entre el índice de selección y la eficiencia alimenticia de los bovinos de leche (49). Se ha encontrado que aquellos animales con un índice de selección alto tienen una mayor capacidad para convertir el alimento en leche, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la producción y menores costos de alimentación.

Por otro lado, también se han desarrollado estudios para evaluar la heredabilidad del índice de selección en bovinos de leche (50). Estos estudios han demostrado que el índice de selección tiene una alta heredabilidad, lo que significa que la selección de los mejores animales para la reproducción tiene un impacto significativo en la mejora genética de la especie.

Además, se ha investigado la relación entre el índice de selección y la fertilidad de los bovinos de leche (51). Estudios han encontrado que los animales con un índice de selección alto tienen una mayor tasa de concepción y una menor incidencia de problemas reproductivos, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la reproducción y un mayor número de crías por año.

También se han realizado estudios para evaluar el impacto del índice de selección en la resistencia a enfermedades y parásitos en bovinos de leche. Se ha encontrado que aquellos animales con un índice de selección alto tienen una mayor resistencia a enfermedades y una menor incidencia de parásitos, lo que se traduce en menores costos de tratamiento y una mayor salud general de la especie (52).

Por último, se ha estudiado la relación entre el índice de selección y la adaptabilidad de los bovinos de leche a diferentes condiciones ambientales (53). Investigaciones han demostrado que los animales con un índice de selección alto tienen una mayor capacidad de adaptación a diferentes climas y condiciones de manejo, lo que se traduce en una mayor resistencia a situaciones adversas y una mayor rentabilidad para los productores.

### **iii. Índice de selección en el programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en la parroquia Mulaló**

El índice de selección es una herramienta fundamental en el programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en la parroquia Mulaló (38). Este índice permite seleccionar y reproducir los animales que poseen las características deseadas para mejorar la producción y calidad de la leche, así como la adaptabilidad y resistencia a enfermedades en esta región.

En primer lugar, el índice de selección tiene en cuenta diversas características importantes en los bovinos de leche, como la producción de leche, la calidad de la misma, la eficiencia alimenticia y la resistencia a enfermedades (39). Estas características son fundamentales para asegurar una producción sostenible y rentable en la parroquia Mulaló.

Además, el índice de selección se basa en información genética y fenotípica de los animales, lo que permite tomar decisiones informadas sobre qué animales deben ser seleccionados para la reproducción (37). Esta información incluye datos sobre la producción de leche, la calidad de la misma, la fertilidad, la resistencia a enfermedades y otros aspectos relevantes para el programa de mejoramiento genético.

Otro aspecto importante del índice de selección en el programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en Mulaló es su enfoque en la adaptabilidad de los animales a las condiciones locales (34). Esto implica seleccionar animales que sean capaces de sobrevivir y prosperar en el clima, el manejo y los recursos disponibles en la parroquia. De esta manera, se busca asegurar la sostenibilidad a largo plazo del programa de mejoramiento genético.

Además, el índice de selección también tiene en cuenta la diversidad genética de los animales de la parroquia Mulaló (35). Esto implica seleccionar animales que provengan de diferentes líneas genéticas y que posean una variabilidad genética óptima para evitar problemas de consanguinidad y mantener la salud y vigor de la población bovina.

El uso del índice de selección en el programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en Mulaló también implica la colaboración y participación activa de los productores locales. Esto se logra a través de la recopilación de datos y la retroalimentación constante entre los productores y los técnicos encargados del programa (36). Esta participación activa es fundamental para asegurar que las características y necesidades específicas de la parroquia Mulaló sean tomadas en cuenta en el proceso de selección.

Además, el índice de selección también promueve la conservación de razas locales y autóctonas de bovinos de leche en Mulaló (37). Esto se logra seleccionando y reproduciendo animales que pertenezcan a estas razas, lo que contribuye a preservar la diversidad genética y cultural de la región.

Por último, el uso del índice de selección en el programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en Mulaló tiene como objetivo principal mejorar la rentabilidad y calidad de vida de los productores locales (39). Al seleccionar y reproducir animales con características deseables, se busca aumentar la producción y calidad de la leche, lo que se traduce en mayores ingresos para los productores y una mejora en su calidad de vida.

#### **iv. Componentes y criterios utilizados en el cálculo del índice de selección**

El cálculo del índice de selección es una herramienta clave en el mejoramiento genético de diferentes especies, incluyendo bovinos de leche. Este índice se utiliza para evaluar y seleccionar los animales que poseen las características deseadas en función de los objetivos de mejora genética establecidos (39). Para su cálculo, se utilizan diferentes componentes y criterios que permiten asignar un valor numérico a cada animal y clasificarlos en función de su potencial genético.

Uno de los componentes principales utilizados en el cálculo del índice de selección es la información genética de los animales. Esto incluye datos como el pedigrío, los registros de prole y los resultados de pruebas genéticas (36). Estos datos permiten estimar el valor genético de cada animal y su contribución a la mejora genética de la especie.

Otro componente importante es la información fenotípica, que se refiere a las características observables en los animales. Esto incluye datos como la producción de leche, la calidad de la misma, la fertilidad, la adaptabilidad y la resistencia a enfermedades (32). Estos datos permiten evaluar el desempeño de los animales en función de los objetivos de mejora genética establecidos.

Además, se utilizan diferentes criterios para asignar un peso o importancia relativa a cada componente en el cálculo del índice de selección. Estos criterios pueden variar dependiendo de los objetivos específicos del programa de mejoramiento genético (41). Algunos criterios comunes incluyen la heredabilidad de las características, la correlación genética entre ellas y la importancia económica de cada característica.

En el cálculo del índice de selección, también se utilizan diferentes métodos estadísticos y modelos matemáticos. Estos métodos permiten combinar la información genética y fenotípica de los animales de manera objetiva y precisa (38). Algunos de los métodos más utilizados incluyen el índice de selección múltiple, el índice de selección indexado y el índice de selección basado en ecuaciones de regresión.

En el caso de los bovinos de leche, los componentes y criterios utilizados en el cálculo del índice de selección pueden variar dependiendo de los objetivos específicos de mejora genética (41). Algunas características comúnmente consideradas incluyen la producción de leche, la calidad de la misma (porcentaje de grasa y proteína), la eficiencia alimenticia, la fertilidad, la adaptabilidad y la resistencia a enfermedades.

Además, en el cálculo del índice de selección también se pueden considerar otros factores como la edad y el peso de los animales (42). Estos factores pueden influir en el desempeño de las características evaluadas y deben ser tomados en cuenta para una evaluación precisa.

Es importante destacar que el cálculo del índice de selección es una tarea compleja que requiere de la colaboración y participación de expertos en genética animal, así como de una recopilación y análisis riguroso de datos (50). Además, los criterios y componentes utilizados pueden variar dependiendo de los objetivos específicos del programa de mejoramiento genético y las características de la especie en cuestión.

#### **v. Beneficios y mejoras esperadas en la producción de bovinos de leche a través del uso del índice de selección**

El uso del índice de selección en la producción de bovinos de leche ofrece una serie de beneficios y mejoras esperadas en el rendimiento y la calidad de la producción (43). Este índice es una herramienta que permite evaluar y seleccionar a los animales con las características genéticas más favorables para la producción lechera, lo que conlleva a una serie de ventajas para los productores.

Uno de los beneficios más destacados del uso del índice de selección es la mejora en la producción de leche. Al seleccionar animales con una mayor capacidad de producción, se puede incrementar el rendimiento lechero del rebaño de manera significativa (40). Esto se traduce en un aumento de los ingresos para el productor, al poder comercializar mayores volúmenes de leche.

Además, el índice de selección permite mejorar la calidad de la leche producida. Al seleccionar animales con características genéticas que favorecen la composición y las propiedades de la leche, se puede obtener un producto de mayor calidad, con un mayor contenido de grasa y proteínas, lo que aumenta su valor comercial y su demanda en el mercado (42).

Otro beneficio del uso del índice de selección es la mejora en la eficiencia de la producción. Al seleccionar animales con una mayor eficiencia alimentaria, es decir, que convierten de manera más eficiente los alimentos en leche, se reduce el costo de producción y se optimizan los recursos utilizados (43). Esto se traduce en una mayor rentabilidad para el productor.

Además, el índice de selección contribuye a la reducción de problemas de salud y enfermedades en el rebaño (44). Al seleccionar animales con una mayor resistencia a enfermedades y una mejor salud general, se reducen los costos asociados al tratamiento veterinario y se disminuye la mortalidad en el rebaño.

El uso del índice de selección también permite mejorar la adaptabilidad de los animales a diferentes condiciones ambientales (45). Al seleccionar animales con características genéticas que les permiten resistir y adaptarse a condiciones adversas, como altas temperaturas o escasez de alimento, se reduce el impacto de los cambios climáticos y se garantiza la continuidad de la producción en distintas situaciones.

Además, el índice de selección contribuye a la mejora de la fertilidad y la reproducción en el rebaño (46). Al seleccionar animales con características genéticas que favorecen la fertilidad y la reproducción, se aumenta la tasa de concepción y se reducen los problemas de infertilidad, lo que garantiza una mayor productividad y una renovación adecuada del rebaño.

Otro beneficio del uso del índice de selección es la mejora en la longevidad y la vida útil de los animales (47). Al seleccionar animales con una mayor longevidad y una vida productiva más prolongada, se reduce la necesidad de reemplazar constantemente a los animales en el rebaño, lo que disminuye los costos asociados a la adquisición y el entrenamiento de nuevos animales.

Además, el índice de selección permite mejorar la uniformidad y la consistencia del rebaño (48). Al seleccionar animales con características genéticas similares, se obtiene un rebaño más homogéneo en términos de producción y calidad de la leche, lo que facilita la gestión y el manejo del rebaño.

El uso del índice de selección también contribuye a la sostenibilidad y la conservación de los recursos naturales (50). Al seleccionar animales con una mayor eficiencia alimentaria y una

menor huella ambiental, se reduce el impacto ambiental de la producción de leche y se contribuye a la conservación de los recursos naturales, como el agua y la tierra.

Por último, el uso del índice de selección promueve la competitividad de los productores en el mercado (51). Al contar con animales con características genéticas superiores, se puede ofrecer un producto de mayor calidad y mayor valor agregado, lo que permite competir de manera más efectiva y obtener mejores precios en el mercado.

## 8. VALIDACIÓN DE LA HIPOTESIS

La hipótesis alternativa se valida al examinar rasgos de relevancia económica en la producción lechera de bovinos, en línea con el propósito de mejoramiento genético en la parroquia de Mulaló. Este enfoque permitió calcular el valor genético de cada animal en relación con la selección de características, simplificando de esta manera la elección de reproductores bovinos para la propagación de su material genético.

## 9. METODOLOGÍA

### a. Ubicación

El presente proyecto se realizó en la parroquia Mulaló, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi.

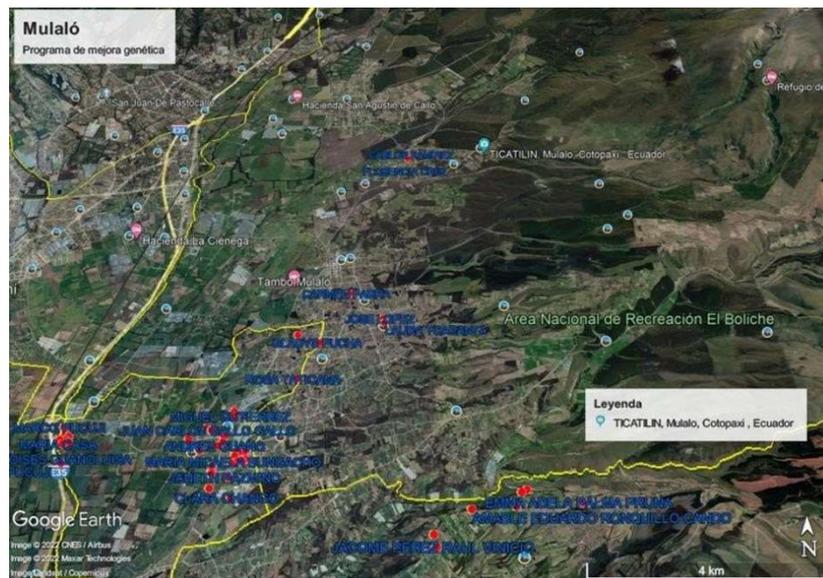


Figura 1. Mapa satelital de la parroquia Mulaló

### b. Tipo de estudio

La presente investigación es de carácter investigativo descriptivo, de tipo observacional esta elección se debe a la presencia de diversas características en el campo de estudio que fueron evidentes durante la elaboración del trabajo. Los datos recopilados a través del proyecto están

orientados hacia aspectos productivos, específicamente para la selección de bovinos productores de leche, estableciéndolos como ejemplares prácticos para la mejora genética.

Y se clasifica como no experimental, ya que se llevó a cabo sin manipulación de variables, centrándose en la observación de eventos en el entorno para su posterior análisis.

### **c. Situación geográfica**

Mulaló constituye una de las 10 parroquias rurales que componen el cantón Latacunga, ubicado en la provincia de Cotopaxi. Se encuentra a una distancia de 19 km al norte de la ciudad y comparte límites: al norte con el cantón Mejía, al sur con las parroquias Joseguango Bajo y Alaquez, pertenecientes al mismo cantón, al este con la provincia de Napo, y al oeste con tres parroquias rurales: Pastocalle, Tanicuchí y Guaytacama (52).

Con una extensión territorial de 436 km<sup>2</sup>, la parroquia Mulaló presenta variaciones en la altitud, oscilando entre 10 y 17 °C. La cabecera parroquial se sitúa a 3000 msnm, en las faldas del volcán Cotopaxi, donde las temperaturas pueden descender hasta 0 °C (53).

### **d. Población de estudio**

El análisis de datos se llevó a cabo en un grupo de 71 cabezas de ganado bovino de diversas razas y edades, propiedad de 11 ganaderos participantes en el proyecto de mejoramiento genético. Este grupo incluyó un total de 57 vacas en producción provenientes de los barrios y comunidades de San Ramón, Joseguango Alto, Rumipamba de Espinozas, Macaló Grande, Callo Mancheno, Salatilín y El Rosal, ubicadas en la parroquia Mulaló.

En la ejecución del proyecto de mejoramiento genético, se prosiguió a la recopilación de datos de cada ganadero asociado al proyecto, visitando sus respectivos predios. La información recabada se introdujo en la base de datos de la Universidad para llevar a cabo análisis estadísticos. El análisis incluyó los pesos mensuales (kg) de los animales, la altura a la cruz de las vacas (cm), la evaluación de la densidad de leche mediante un lactodensímetro, así como el peso de leche producida por cada animal. Estas mediciones se realizaron en días específicos de cada mes, independientemente del periodo de lactancia en el que se encontrara el animal. Además, se llevaron a cabo pruebas de mastitis, se registraron los días de parición de las vacas, así como su tiempo de preñez en el caso de animales gestantes. También se recopiló información sobre la realización de inseminaciones artificiales o si los ganaderos optaban por la monta natural en sus animales.

#### **e. Caracterización del proyecto**

Este proyecto de investigación se centró en la actualización de datos de los barrios y comunidades de la parroquia Mulaló. Se proporcionó asesoramiento técnico durante las visitas a cada productor, que incluyó la aplicación de vitaminas, desparasitantes y vacunas. Estos procedimientos se complementaron con chequeos ginecológicos programados en fechas específicas, con el objetivo final de implementar un plan completo de inseminación. Todo esto se llevó a cabo con el propósito de beneficiar a los pobladores.

#### **f. Sistema de producción en la parroquia**

En la parroquia Mulaló, se llevan a cabo dos modalidades de ordeño: manual y mecánico. La leche producida por los animales tiene como propósito la venta, así como el consumo propio de los productores en algunos casos. Se observó que, en algunos propietarios, el costo de producción es elevado en comparación con los ingresos generados por la venta del producto, lo que resulta en una rentabilidad baja en la actividad. Anexo 3.

#### **g. Relación peso de las vacas y producción lechera**

En lo que respecta a la relación entre el peso de las vacas y la producción lechera, se deben considerar varios parámetros, como la altura a la cruz, altura a la cadera, ancho de cadera, profundidad de pecho y perímetro torácico (55). En el estudio presentado, se evaluó el perímetro torácico y la altura a la cruz, ya que comprende una medida zoométrica. Los datos fueron recopilados con una cinta bovinométrica, teniendo en cuenta el peso en kg y la altura en cm para su registro. Es fundamental considerar que los pesos de los animales pueden fluctuar entre predios debido a las diversas condiciones a las que están expuestos individualmente.

La producción lechera total de cada propietario fue evaluada mediante el pesaje de la leche en dos ordeños, registrando los datos en kg con la ayuda de una balanza.

Adicional a esto, se llevó a cabo un test de mastitis utilizando el reactivo CMT (California Mastitis Test, por sus siglas en inglés), basándose en la detección de cambios en la composición física de la leche causados por la inflamación mamaria asociada con la mastitis. **Anexo 4.**

#### **h. Valor genético**

Con el propósito de evaluar la calidad de la leche, se recopilaron datos de cada una de las vacas productoras involucradas en el proyecto, centrándose en la valoración de la densidad de la leche.

Para realizar la medición de la densidad de la leche, se empleó la técnica de lactodensimetría, utilizando lactodensímetros, instrumentos de vidrio diseñados para la medición precisa de la

densidad de la leche. Esto permitió determinar si la leche había sido combinada con agua o alguna otra sustancia líquida. Se tomó una muestra de cada animal en los predios visitados y se sumergió la herramienta en la muestra recolectada. Después de esperar unos segundos, se observaron los indicadores del instrumento para determinar la medición de la densidad y la temperatura de la leche.

$$Y = \mathbf{x}b + \mathbf{Z}u + e$$

Donde:

- $Y$  es el fenotipo
- $\mathbf{x}$  es la matriz de efectos fijos
- $b$  es el rebaño
- $\mathbf{Z}$  es la matriz de efectos aleatorios
- $u$  pertenece al parentesco
- $e$  es el error

#### i. Selección de reproductores

Se llevó a cabo la selección de reproductores mediante un análisis estadístico en Excel. En dicho análisis, se consideraron características de importancia económica, tales como la ganancia diaria de peso, la producción de leche, la calidad de la leche y los cm a la cruz. **Anexo 4**. Esto se realizó con el objetivo de identificar a los animales que se encuentran en condiciones óptimas y que cumplen con los criterios establecidos para avanzar a la etapa de selección.

El cálculo de la respuesta a la selección se llevó a cabo mediante la aplicación de la siguiente fórmula para cada característica seleccionada:

$$R = \frac{h^2 + i + a}{IG}$$

Donde:

- $h^2$  es la heredabilidad de carácter
- $i$  es la intensidad de selección
- $a$  es la precisión de la estima del valor genético obtenido en el BLUP
- $IG$  es el intervalo generacional

La diferencia en valor genético entre los animales seleccionados y la población media representa la mejora genética esperada en la población en relación con el carácter seleccionado.

#### Anexo 5.

### 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

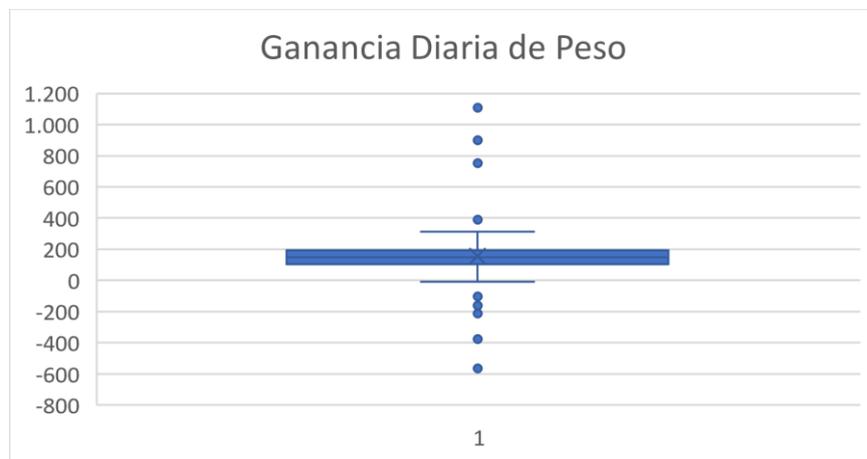
Se recopilaron datos de 71 bovinos pertenecientes a la parroquia Mulaló. Durante el análisis de los datos, se observaron las siguientes distribuciones en diferentes barrios:

En el barrio San Ramón, se registraron 3 personas, de las cuales 13 vacas son productoras y 4 son vaconas; en el barrio Salatilín, se registraron 2 personas con 6 vacas productoras y 1 ternera; barrio Mácalo Grande, una persona fue registrada, contando con 26 vacas productoras y 1 vacona; barrio José Guango Alto, se registraron 2 personas, de las cuales 6 vacas son productoras, 1 toro y 1 ternero; barrio Rumipamba de Espinozas, una persona fue registrada con 2 vacas productoras y 2 vaconas; barrio Callo Mancheno, una persona fue registrada con 1 vacona y barrio El Rosal, una persona fue registrada con 5 vacas en producción y 2 vaconas, todas con edades comprendidas entre 2 y 8 años.

#### a. Datos fenotípicos

##### i. Fenotipo en Ganancia Diaria de Peso

Figura 2. Ganancia Diaria de Peso (GDP)



Al examinar la información recolectada en la parroquia Mulaló, se observa fenotípicamente que la media de GDP es de 156 gr, con valores máximos de 900 gr y valores mínimos de -564,6 gr.

Considerando al mejor animal 28 (Juliana) con una GDP de 900gr y a la vaca 19 (Golosa) con una baja GDP de -564gr, esta última influenciada por su parto durante la recopilación de datos.

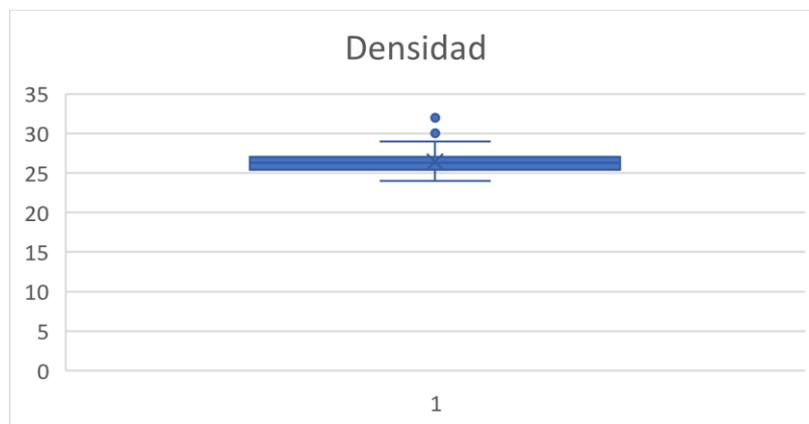
De acuerdo a un estudio realizado por (Vargas C.) en vacas de la raza Jersey y en animales  $\frac{1}{2}$  Reyna-  $\frac{1}{2}$  Jersey, evidenciando que los animales  $\frac{1}{2}$  Reyna -  $\frac{1}{2}$  Jersey presentaron una mejor tasa de crecimiento que los animales Jersey puros superándolos en un 16% ( $p < 0,001$ ). Los primeros ganaron peso a razón de 727g/día mientras que los animales puros promediaron 627g/día. En otro estudio realizado por Romero. C, quien aduce que animales con pesos menores a 340 kg tienen ganancias de hasta 800g/día.

Algunos estudios realizados por (Pirlo G.) consideran que ganancias superiores a los 600 g/día podrían tener efectos contraproducentes en la producción de leche durante la primera lactancia.

Surge una considerable controversia respecto a los datos recopilados en la parroquia Mulaló, ya que se observa que la GDP alcanza hasta los 900 gr, superando los valores indicados en el artículo mencionado previamente.

## ii. Fenotipo en Densidad

Figura 3. Densidad



Al analizar los datos recopilados en la parroquia, se nota fenotípicamente que la densidad media es de 1,026 gr/ml, con valores máximos de 1,032 gr/ml y valores mínimos de 1,024 gr/ml.

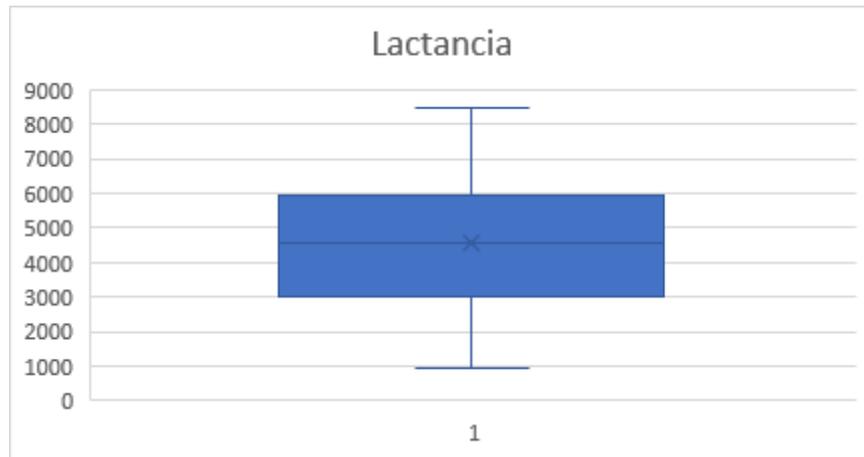
Reconociendo a la vaca destacada número 3 (Cuenca), con la mayor densidad de 1,032 gr/ml, y, por otro lado, a la vaca número 8 (Linda), con una densidad más baja de 1,024 gr/ml. Cabe resaltar que ambas vacas pertenecen al mismo predio Natali Catota, si bien la última fue adquirida en los últimos meses.

Según la norma NTE INEN 9-11 sobre la prueba de leche cruda, la densidad relativa debe ubicarse en un rango mínimo de 1,028 g/ml a 15 °C y 1,029 g/ml a 20 °C, así como en un rango máximo de 1,033 g/ml a 15 °C y 1,032 g/ml a 20 °C (56).

En estudios previos llevados a cabo por (Arteaga. L y Quevedo. E), se reportaron densidades de 1,030 g/ml y 1,029 g/ml, respectivamente. En este estudio, con una temperatura de 32 °C, se registra una media de 1,026 g/ml. Estos resultados se sitúan por debajo de los informes mencionados y no cumplen con los límites establecidos por la norma INEN 9:2015.

### iii. Fenotipo Lactancia ajustada a 305 días

Figura 4. Lactancia



Al observar los datos recopilados en la parroquia, se aprecia fenotípicamente que la lactancia ajustada a 305 días presenta una media de 4564,712 litros, con valores máximos alcanzando los 8491,432 litros y valores mínimos descendiendo a 964,4253 litros.

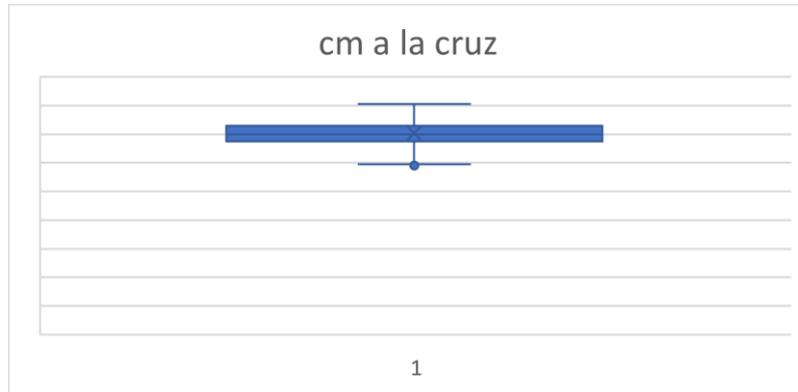
Tomando en cuenta a mejor vaca productora número 30 (Luna), con una producción anual de 8491,43 litros, y, en contraste, al animal número 43 (María), cuya producción anual es más baja, alcanzando los 964,42 litros.

Los resultados de este estudio revelan producciones que oscilan entre 964,42 litros y 8491,43 litros, evidenciando que solo el 23,2% de vacas en producción dentro del proyecto en la parroquia Mulaló se encuentran por encima de los rangos de 6000 a 10465 litros durante 305 días reportados para vacas Holstein en Colombia y Estados Unidos, según la Holstein Association USA Inc. Asimismo, contrastan con los 4077 litros ajustados a 305 días encontrados en Tuntatacto, provincia de Chimborazo, según (Gallardo M.)

En otro contexto, en La Paz, Bolivia, se registró un rendimiento de  $2418,93 \pm 746,54$  litros de leche por lactancia en vacas Holstein mestizas, según (Tambo H.) cifra inferior a las obtenidas en el presente estudio, lo cual podría atribuirse a distintos factores como el grupo genético y los sistemas de alimentación.

#### iv. Fenotipo de Cm a la cruz

Figura 5. cm a la cruz



Analizando la información recopilada en la parroquia, se nota fenotípicamente que la altura a la cruz presenta una media de 140 cm, con valores máximos que llegan a 161 cm y valores mínimos que descienden hasta 118 cm.

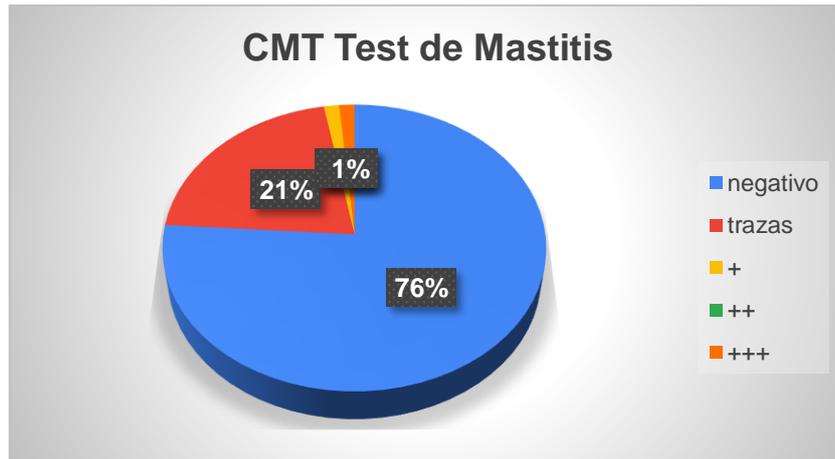
Considerando a la vaca número 69 (Barby), con la estatura más baja de 127 cm a la cruz, y, en comparación, a la vaca número 48 (Samara), con 161 cm a la cruz. Ambas forman parte del mismo predio Erika Robayo.

De acuerdo a un estudio realizado por (Villavicencio E.) la altura a la cruz en las hembras de ganado criollo, localmente conocido como Chinampo, en Mexico un animal de tamaño pequeño y extremadamente resistente de  $101 \pm 5$  a  $117 \pm 5$  cm en animales de 1 a más de 6 años de edad, respectivamente. En los machos, la altura fluctuó entre  $100 \pm 4$  cm en animales de 1 año, hasta  $120 \pm 7$  cm en toros de 4 años de edad o más. Un tamaño inferior fue observado por Hernández, G. en ganado criollo para rodeo de 11 meses de edad (94 cm).

A diferencia de la información recolectada en la parroquia de Mulaló, se nota que solo un reducido 5,63% de las vacas se encuentra dentro del rango establecido en el artículo mencionado anteriormente. Esta circunstancia podría ser resultado de una combinación de factores genéticos, ambientales y de manejo específicos de la región.

#### v. Fenotipo en Mastitis

Figura 6. Test de Mastitis



**Tabla 1.** Interpretación de mastitis

| Categoría | # de animales | Interpretación |
|-----------|---------------|----------------|
| negativo  | 54            | 0              |
| trazas    | 15            | 1              |
| +         | 1             | 2              |
| ++        | 0             | 3              |
| +++       | 1             | 4              |

**Negativo:** El estado de la solución permanece inalterado, **trazas:** Se torna un precipitado en el piso de la paleta que desaparece pronto, **(+):** Hay mayor precipitado, pero no se forma gel, **(++):** El precipitado se torna denso y se concentra en el centro, **(+++):** Se torna un gel muy denso que se adhiere a la paleta.

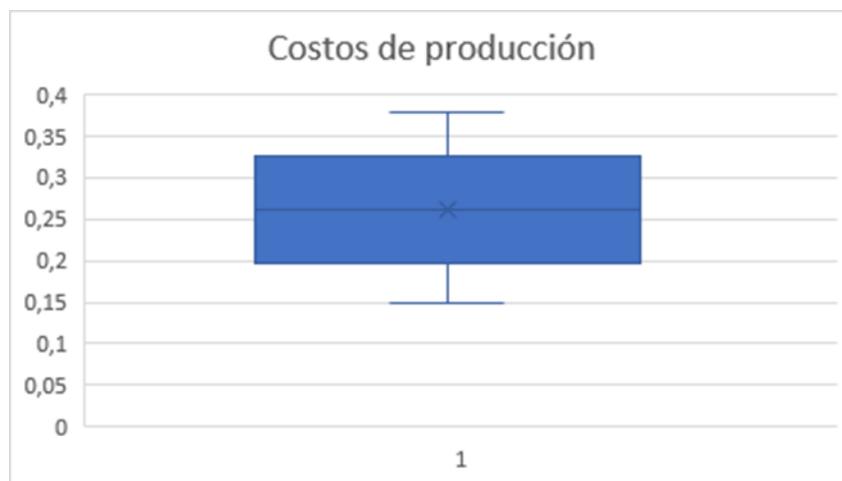
Durante la recopilación de datos, se detectó un número reducido de casos de mastitis, señalando una baja prevalencia entre las vacas de los propietarios del proyecto. Este resultado sugiere que las prácticas de manejo y las condiciones de higiene en los diversos predios son efectivas. La escasa presencia de mastitis es crucial, ya que no solo beneficia la producción lechera, sino que también contribuye al bienestar general de las vacas, fomentando así un entorno más saludable y sostenible en la explotación ganadera.

En cuanto a la técnica de CMT, (Ponce P.) destaca su significativa importancia práctica, ya que posibilita un diagnóstico rápido en el campo sin requerir complicadas habilidades técnicas. No obstante, señala algunas deficiencias asociadas a la prueba, las cuales surgen de la diversidad de errores a los que está expuesta y la variabilidad considerable en su interpretación.

Investigaciones llevadas a cabo en la provincia de Villa Clara por (Suárez Y.) indican que la identificación de grados reactivos a la CMT constituye un criterio válido para señalar una situación de emergencia de mastitis subclínica en un rebaño, correlacionándose con la incidencia de patógenos de alto riesgo. Suárez menciona que la prueba tiene una relevancia práctica al permitir un diagnóstico rápido en el campo sin demandar muchas habilidades técnicas. A pesar de esto, se reconoce que la prueba está sujeta a ciertas limitaciones, siendo una de las principales fuentes de error la variación en la interpretación de la misma prueba por parte de diferentes analistas. Además, factores que afectan la lectura incluyen el tiempo necesario para leer después de combinar el reactivo con la leche, la homogeneización de las muestras, el tiempo transcurrido desde la toma hasta el análisis y la calidad del reactivo.

## b. Costos de producción

**Figura 7.** Costos de producción por litro de leche.



Analizando los datos recopilados en la parroquia Mulaló, se puede evidenciar que se tiene una media de \$ 0,26 en costos por cada litro de leche con valores máximos de \$ 0,37 y valores mínimos de \$ 0,14.

Entonces, podemos inferir que en la parroquia Mulaló, la mayoría de los productores registrados en el proyecto, alrededor del 50%, presentan un costo de producción elevado por litro, oscilando entre \$0,28 y \$0,37, con una media de \$0,32. Además, el 20% de los productores identificados exhiben costos mínimos, situándose entre \$0,14 y \$0,16. Por otro lado, el 30% restante muestra costos que varían de \$0,20 a \$0,24.

Según la información proporcionada por (Carlos J.) los costos de producción para el grupo de semitecnificados promedian 0,1867 centavos de dólar. En este caso, los propietarios de hatos

ganaderos en el cantón Cayambe distribuyen los costos de la siguiente manera: la mano de obra representa el 52%, los balanceados equivalen al 17%, los gastos de operación corresponden al 11%, los gastos de sanidad representan el 6%, y los pastos constituyen el 9%.

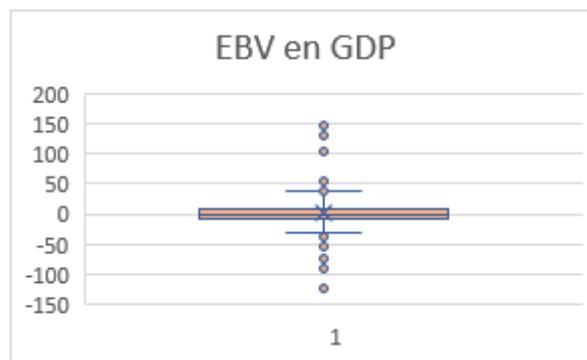
Haciendo referencia a la investigación de (Botero L.) en Colombia, se observa que los costos por litro de leche producido varían en distintas regiones. Concretamente, en la región Caribe, los costos son más bajos en comparación con otras áreas. En el trópico bajo, el costo es de US\$ 0.16 por litro, mientras que en el trópico alto colombiano es de US\$ 0.19 por litro.

Diversas investigaciones han señalado que los costos de producción de leche en bovinos pueden ser impactados por varios factores. Algunos de los elementos principales incluyen la alimentación, el intervalo entre partos, el manejo y la salud del ganado, la infraestructura, la genética y la reproducción, así como el clima y las condiciones ambientales.

Al comparar los resultados de este estudio con la información mencionada, se observa una marcada disparidad originada por la recopilación de datos que reflejan la realidad de los pequeños productores. Factores como los costos mensuales de alimentación, incluyendo rye grass (\$34,5), avena (\$33,5), rechazo de plátano (\$13,7), hoja de maíz (\$13,7), suplementos balanceados (\$33,3), sales minerales (\$21,90), así como gastos como arriendo (solo un productor paga \$1200), servicios veterinarios (\$42,50), servicios básicos (\$16,40), entre otros, contribuyen a esta disparidad. Es crucial tener en cuenta que los pequeños productores no siempre mantienen registros detallados de los costos de producción en comparación con los hatos tecnificados.

### c. EBV de ganancia diaria de peso

**Figura 8.** Estimated Breeding Values (valor genético o valor de cría) en GDP (ganancia diaria de peso)



Al analizar la figura 8, donde se procesaron los datos considerando una heredabilidad de 0,23 la cual fue tomada como referencia de una parroquia vecina, junto con el fenotipo de cada vaca,

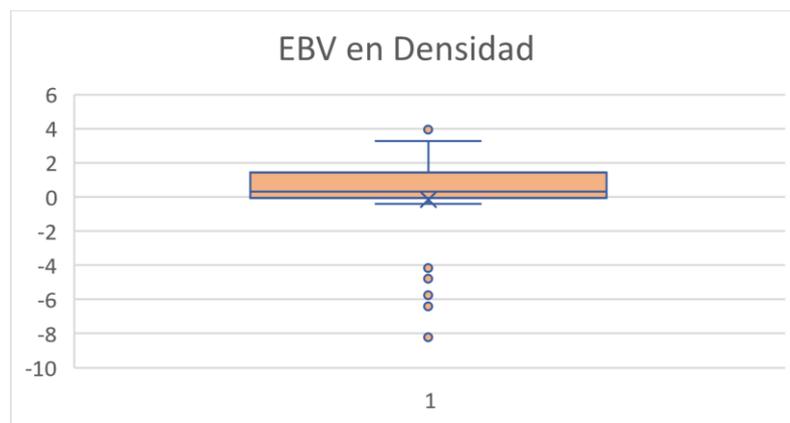
en este caso, la GDP, el número de hatos registrados en el proyecto y la base de registros genealógicos existentes en la parroquia, mediante la aplicación BLUP, podemos estimar una confiabilidad del 44%. Además, se obtuvieron los valores de EBV para las dos primeras vacas, siendo de 148,37 gr/día y 131,16 gr/día, respectivamente.

Se obtuvieron resultados comparables en becerras que recibieron un sustituto de leche con un contenido del 20% de grasa y un 26% de proteína. A pesar de ello, las ganancias diarias de peso observadas en este estudio están por debajo de las recomendaciones para el adecuado desarrollo de las vaquillas.

En comparación con el estudio mencionado, que sugiere que una vaquilla de 15 meses debería tener una GDP de hasta 614 gr, en la presente investigación señala que en futuras generaciones se anticipa una GDP de 157,14 gr, con una confiabilidad del 44%. Esta discrepancia no resulta relevante en este estudio debido a la falta de registros genealógicos y datos exhaustivos sobre la alimentación, lo que impide la aplicación de la metodología BLUP. Por ende, no se obtendrá un EBV significativo.

#### d. EBV en densidad

**Figura 9.** Estimated Breeding Values (valor genético o valor de cría) en densidad de leche



Al examinar y procesar los datos recopilados mediante el método BLUP, utilizando una referencia de heredabilidad del 0,32 proveniente de una parroquia cercana, se puede calcular que la media del EBV en cuanto a densidad es de -0,08 gr/ml. Además, se identifica un punto máximo de 4,81 gr/ml y un límite mínimo de -8,21 gr/ml. Mediante el análisis con BLUP, se estima que la confiabilidad es del 0,52%.

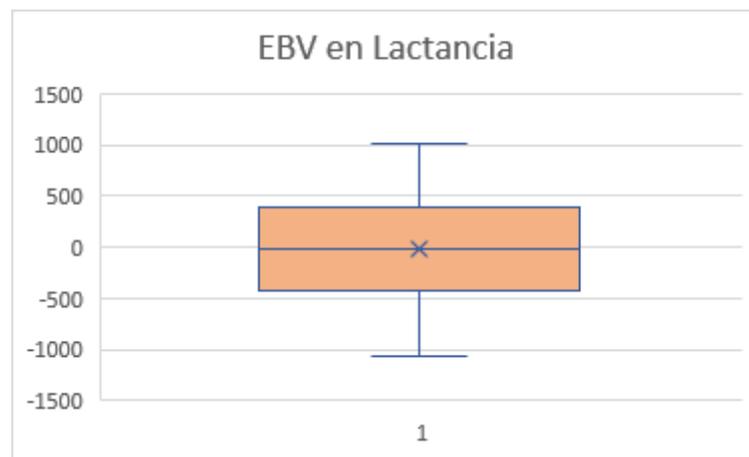
De acuerdo con (Alfredo M.), el 77.9% de las muestras del estudio se ubicaron en el intervalo de 1,030 a 1,033 g/ml, considerado normal en el contexto colombiano. Estos hallazgos resultaron en un promedio de densidad de 1,031, con una frecuencia del 77%.

Al comparar ambas investigaciones, se puede determinar que la confiabilidad de este estudio se mantiene en un intervalo aceptable. Sin embargo, se identifican EBV notablemente bajos en las mejores vacas, los cuales no alcanzan el rango aceptable de densidad en varias regiones del país, coincidiendo con los hallazgos del estudio mencionado.

La falta de datos genealógicos y la variabilidad en la alimentación de los animales en nuestra investigación son factores que influyen en las bajas EBV. Por consiguiente, las vacas no cumplirían el criterio de ser consideradas como posibles reproductoras dentro del proyecto, ya que presentan tanto una baja confiabilidad como una heredabilidad reducida en lo que respecta a la densidad

#### e. EBV en lactancia

**Figura 10.** Estimated Breeding Values (valor genético o valor de cría) en Lactancia



Examinando la información recopilada en la parroquia Mulaló y luego procesada mediante el método BLUP con una heredabilidad del 0,24, se puede calcular que el EBV presenta una media de -12,07 lt/lactancia. Se identifica un valor máximo de 1005,81 y un valor mínimo de -1066,89 lt/lactancia, los cuales se derivan del fenotipo proporcionado por las vacas, específicamente su rendimiento durante los 305 días de lactancia en el año. La confianza en estos resultados, después del análisis del BLUP, es del 45%.

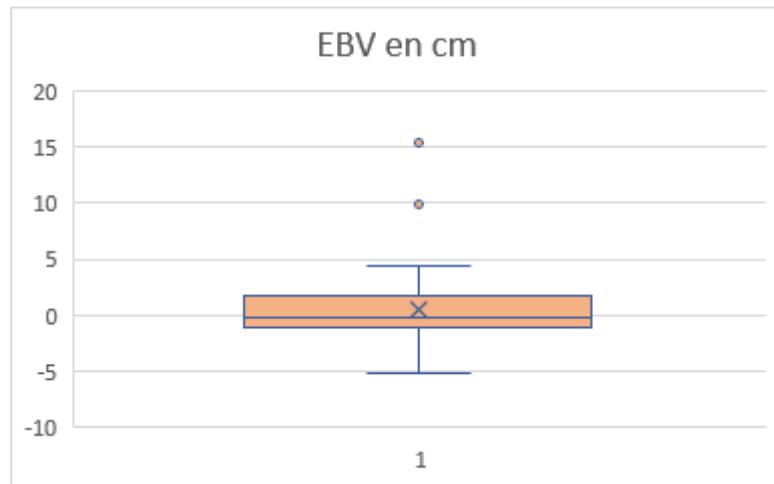
Según la afirmación de (Nathaly E.), indica que los promedios más elevados están vinculados a animales que han abarcado más de cuatro lactancias, con valores medios de lactancia a 305 días que varían entre  $3279.5 \pm 142.3$  y  $3929.3 \pm 588.9$ . Estos valores presentan una tendencia

creciente que se mantiene hasta la octava lactancia. El valor promedio de PL fue de  $2972.1 \pm 51.1$  kg, con un rango que oscila entre 1053.0 y 5843 kg. Se observaron diferencias significativas en el efecto fijo según el número de lactancias y el año ( $p < 0.01$ ).

Al comparar el artículo referenciado, que proporciona valores mínimos, máximos y la media, se puede concluir que las vacas de esta investigación muestran una tendencia estándar a heredar el rasgo de alta producción de leche ajustada a 305 días de lactancia. Sin embargo, no se puede afirmar con certeza que serán excelentes reproductoras, ya que la confiabilidad es inferior al 50%. Por lo tanto, no podemos anticipar una transmisión favorable de este rasgo a las generaciones futuras, especialmente al considerar la cantidad de leche actual producida por las vacas en comparación con la estimada para las generaciones venideras, la cual se sitúa por debajo del rango actual en kilogramos o litros diarios.

#### f. EBV cm a la cruz

**Figura 11.** Estimated Breeding Values (valor genético o valor de cría) en cm a la cruz



Al analizar los datos recolectados en la parroquia Mulaló y posteriormente procesarlos mediante el método BLUP con una heredabilidad del 0,23, se calcula que el EBV tiene una media de 0,55. Se observa un valor máximo de 15,46 y un valor mínimo de -5,12, los cuales se derivan del fenotipo adquirido de las vacas. La confianza en estos resultados, tras el análisis del BLUP, es del 47%.

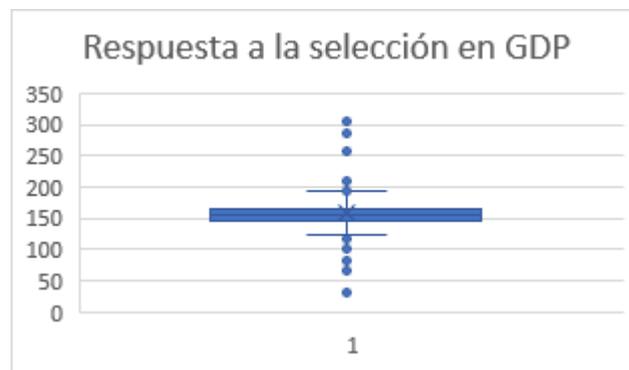
En un estudio llevado a cabo en Vegachí, Antioquia, Colombia, ubicado a una altitud de 980 m.s.n.m, con temperaturas mínimas de 19°C y máximas de 26°C, realizado por (Martínez J.), se observa que las hembras de la raza BON en una finca en el trópico colombiano registraron

los mejores resultados en altura a la cruz, con un promedio de 121,28 cm y un máximo de 145,5 cm. Por otro lado, se encontró que los machos presentaron una altura mínima de 72 cm.

Por consiguiente, en contraposición al artículo mencionado, se puede apreciar una marcada diferencia en la altura a la cruz dentro del rango previsto. Es fundamental destacar que esta variabilidad observada en la altura a la cruz de las vacas en estudio podría atribuirse a una combinación de adaptaciones locales, influencias genéticas, nutrición, manejo del ganado y prácticas de reproducción. Comprender los factores que contribuyen a esta variabilidad es crucial para una gestión efectiva del ganado y para la interpretación precisa de los datos en el contexto del estudio.

**g. Respuesta a la selección en la ganancia diaria de peso**

**Figura 12.** Respuesta a la selección de la ganancia diaria de peso (gr)



Basándonos en la información recolectada y evaluada a través del BLUP en la parroquia Mulaló, se observa un potencial de heredabilidad en la GDP, con una media de 157,14 gr. Los valores extremos comprenden un máximo de 304,37 gr y un mínimo de 32,72 gr.

En términos de la respuesta a la selección en relación con la GDP, es factible clasificar a los animales según su rendimiento, eligiendo los tres principales bovinos potenciales con una heredabilidad ajustada a la zona de 0,22. La vaca más destacada en términos de heredabilidad para la GDP es el animal 28 (Juliana), con una GDP de 304,37 gr. La segunda mejor vaca es el número 5 (Lupe), con una GDP de 287,16 gr, y el tercer animal de categoría vaca destacado en cuanto a heredabilidad es el número 52 (Flor), con una GDP de 209,87 gr.

De acuerdo con la afirmación de (Luis C.), se señala que los valores de heredabilidad para el crecimiento de animales cebú en pastos superan el 0,25. Esto sugiere que es viable mejorar el potencial de crecimiento a través de la selección, contribuyendo así a la reducción de los costos de producción por animal. La tabla 1 del artículo mencionado muestra Ganancias Diarias de

Peso (GDP) que varían desde 0,372 gr hasta 0,561 gr. Es importante tener en cuenta que estas tasas de crecimiento corresponden a animales jóvenes ubicados en zonas tropicales y destinados a la producción de carne.

Gonzales A. escribe que se identificaron valores elevados de heredabilidad total (0,42) para la variable 'ganancia diaria de peso' (GPD). La tendencia observada en los valores genéticos, incluida la heredabilidad para la GDP, en un núcleo de raza cebú es de 393 gr.

Al comparar los artículos mencionados con la investigación, se puede concluir que la relación de la respuesta a la selección en la GDP con una heredabilidad de 0,22 se encuentra dentro de los estándares. En otras palabras, las mejores vacas presentan un rango que va desde 304,37 gr como máximo hasta 32,72 gr como mínimo. Es importante tener en cuenta que las investigaciones citadas fueron llevadas a cabo en climas tropicales y con animales destinados a la producción de carne.

#### h. Respuesta a la selección en densidad

**Figura 13.** Respuesta a la selección en densidad (gr/ml)



Al analizar la información recabada en la parroquia Mulaló sobre la densidad de la leche, se nota una media de 1,026 gr/ml. Los valores extremos registran un máximo de 1,031 gr/ml y un mínimo de 1,018 gr/ml, indicando que estos valores podrían tener potencial para la heredabilidad.

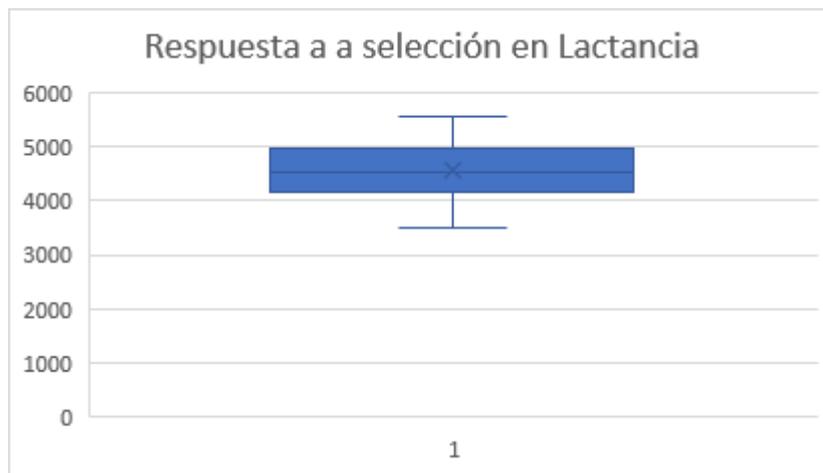
Las tres mejores vacas, seleccionadas en base a la heredabilidad como criterio para la reproducción en función de la respuesta a la selección, son lideradas por el animal 13 (Preciosa), que muestra la mayor heredabilidad en densidad con 1,031 gr/ml. En segundo lugar, la vaca 15 (Federica) exhibe un valor destacado de 1,030 gr/ml, y la tercera mejor vaca en términos de heredabilidad en densidad es el número 18 (Iveth) con 1,030 gr/ml. Teniendo en cuenta que estas dos últimas pertenecen al mismo propietario Julio Flores.

En la opinión de (Calderón A.), al analizar la densidad promedio de la leche Toni a diferentes temperaturas, se observa que, a temperaturas más bajas, la densidad es mayor. Específicamente, dentro del intervalo de (15-24) °C, las densidades cumplen con el límite permisible establecido por la norma NTE INEN 9:2012, que establece que debe estar en un rango de 1,029 a 1,033 gr/ml. Esto señala que la leche no ha sido adulterada, ya que se encuentra dentro de los parámetros aceptables según la normativa.

Al comparar esta investigación con la tesis mencionada, se puede establecer que los parámetros de la densidad de la leche, en relación con la potencia de heredabilidad de 0,32, oscilan entre 1,018 y 1,031 gr/ml. En contraste, el estudio citado, que se basa en parámetros de la empresa Toni, presenta un rango de 1,029 a 1,033 gr/ml. Al evaluar ambas investigaciones, se determina que la densidad de la leche en la parroquia Mulaló está por debajo del rango aceptable. Es de suma importancia tener en cuenta que las empresas recolectoras de leche cruda únicamente aceptarán leche con una densidad de 1,028 gr/ml. Por consiguiente, resulta crucial que la densidad promedio alcance este valor establecido para que los productores reciban una compensación justa por su leche, lo cual contribuirá de manera positiva a su economía.

#### i. Respuesta a la selección en Lactancia

**Figura 14.** Respuesta a la selección en lactancia



De acuerdo con los datos obtenidos en la parroquia Mulaló, se observa que la media de heredabilidad es de 4552,63 lts, con un máximo de 5570,52 lts y un mínimo de 3497,81 lts, considerando una lactancia de 305 días.

Haciendo referencia a las tres mejores vacas en términos de lactancia en 305 días, calculadas con una heredabilidad de 0,24, se destaca la vaca 38 (Barrosa) con 5570,52 lts, considerada la mejor en heredabilidad para la lactancia en 305 días. Le sigue la vaca 9 (Niña) con 5555,76 lts

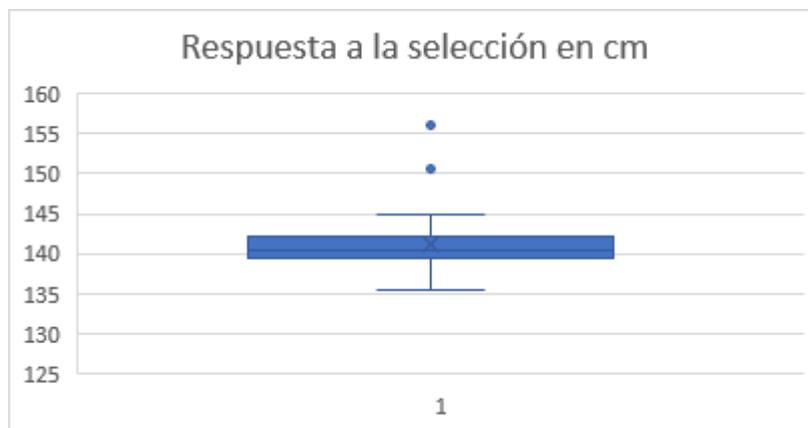
en una lactancia, y la vaca 30 (Luna) con 5535,75 lts en lactancia. Estas tres vacas se posicionan como las mejores opciones como potenciales reproductores.

Según (Izurieta C.), la producción de leche en la primera lactancia de las vacas Holstein mestizas fue de  $2956,99 \pm 173,48$  litros, con una producción diaria promedio de  $10,46 \pm 0,66$  litros. Esta condición se atribuye a factores fisiológicos que impactan a las vacas durante la etapa de lactancia. En comparación, en vacas puras de alto rendimiento, la producción alcanza los 35 litros en el primer tercio de lactancia y 25 litros en el segundo tercio. Además, al suministrar alimento balanceado a vacas durante el segundo tercio de lactancia, se logró una producción de 18,43 litros por vaca por día, una cifra superior a la obtenida en el presente estudio. Esto podría deberse a la falta de sobrealimentación en el presente trabajo, ya que la producción se basó exclusivamente en forraje y sal mineral.

Al comparar el estudio mencionado con la presente investigación, se observa una marcada diferencia entre los individuos estudiados. La vaca con la mayor productividad en la parroquia Mulaló alcanza una producción diaria de 21,66 lts en términos de heredabilidad para futuras generaciones, en contraste con los 10,46 lts mencionados en la investigación citada. Este resultado revela una discrepancia significativa, ya que la producción en esta investigación es notablemente superior.

#### j. Respuesta a la selección en cm a la cruz

Figura 15. Respuesta a la selección en cm a la cruz



Con base en los datos recopilados y analizados mediante el BLUP en la parroquia Mulaló, se identifica un potencial de heredabilidad en centímetros a la cruz, con una media de 141,13 cm. Los valores extremos abarcan un máximo de 156,04 cm y un mínimo de 135,45 cm.

En lo que respecta a la respuesta a la selección asociada a la altura a la cruz en centímetros, es factible categorizar a los animales de acuerdo con su tamaño, optando por los tres principales bovinos potenciales con una heredabilidad ajustada a la zona de 0,23. La vaca más sobresaliente en términos de heredabilidad para la altura a la cruz es la vacona 6 (Angelita), con 135,45 cm. La segunda mejor vacona es el número 32 (Desnuda), con 137,03 cm, y el tercer animal destacado en cuanto a heredabilidad es el número 69 (Barby), con 137,13 cm.

Con base en (Mendoza D.) en investigaciones realizadas en varias regiones de Perú, se ha observado que los bovinos criollos de Ayacucho, ubicados en el valle interandino, alcanzan una altura de cruz de hasta 113,5 cm. Por otro lado, los bovinos de la Quebrada de Llanganuco, caracterizada por un clima semiseco y templado, presentan valores promedio de 115,3 cm. En Colombia, la raza Sanmartinero, originada a partir de animales Bos Taurus, es considerada un bovino de gran importancia biológica y económica. Se sostiene que esta raza tiene su origen en los animales traídos por los colonizadores.

Estos animales se categorizan como del tipo mesolíneo y, en términos de peso, son considerados eumétricos. La altura a la cruz es de 130 cm para las hembras y 135 cm para los machos.

En contraste con los artículos mencionados, se puede apreciar una marcada diferencia en función de las regiones de Perú. Sin embargo, no se observa una variación significativa en comparación con Colombia. Esta distinción podría deberse a que las características zoométricas de los bovinos criollos en Ecuador y en los países de la región latinoamericana exhiben una gran variabilidad, principalmente asociada a la altitud de los lugares donde se han establecido sus poblaciones y han evolucionado mediante la selección natural para adaptarse a las condiciones del entorno.

## **k. COSTO-BENEFICIO**

### **i. Corto plazo**

En un periodo estimado, se contabilizaron 83 horas de trabajo en la parroquia Mulaló. Considerando un sueldo mensual de \$800 para 5 días a la semana, con jornadas de 8 horas diarias, se establece un valor de \$5 por hora. Al multiplicar este valor por las horas trabajadas, se obtuvo un total de \$415, que constituye la contribución proporcionada a la parroquia.

Además, se hace mención de los beneficios para los productores derivados de las inseminaciones artificiales. Se lograron realizar 17 inseminaciones a un costo de \$40 cada una,

generando así un beneficio total de \$680. En resumen, el beneficio a corto plazo asciende a \$1095.

## **ii. Largo plazo**

En la parroquia de Mulaló, se pueden considerar tres aspectos para obtener un beneficio a largo plazo. Comenzando con GDP, ya que lograr una ganancia significativa podría contribuir a reducir el tiempo de lactancia ajustada a 305 días.

También consideramos a la lactancia, con un promedio de 4552.63 litros a \$0.16 por litro, lo que resulta en un total de \$728.42. Este monto representa lo que se pierde al no lograr preñar a las vacas a tiempo. Extrapolando este total a los 71 animales, obtenemos un total de \$51,717.87, reflejando las pérdidas actuales. Sin embargo, si se logran ganancias elevadas, este sería el ahorro potencial.

Además de esto, el precio promedio por litro de leche es de \$0.42. Por lo tanto, si se cumplen los objetivos y se registra un aumento en la densidad a 1,032 gr/ml, podrían llegar a recibir hasta \$0.50 por litro, lo que representa un incremento de 0.08 centavos en comparación con el costo actual.

Considerando la producción anual de 255623,85 litros en la parroquia, se obtendría un ingreso adicional de \$20449,90 si los objetivos a largo plazo se cumplen de manera exitosa.

## **11. IMPACTOS**

### **a. Impacto técnico**

El impacto técnico logrado con el proyecto se centra en mejorar el reconocimiento de los registros de producción y crianza de animales. Esto capacita a los productores para entender la importancia de mantener registros precisos y seleccionar métodos de crianza más apropiados, como la inseminación artificial. Este enfoque contribuye a prevenir altos porcentajes de morbilidad tanto en términos productivos como reproductivos.

## **12. CONCLUSIONES**

- Se evaluó el rendimiento de rasgos seleccionados y ponderados como GDP, densidad, lactancia de los 305 días y altura a la cruz. Se observa que las vacas seleccionadas destacan por su alto potencial en heredabilidad. Los dos mejores bovinos en términos de heredabilidad en GDP muestran actualmente una ganancia de peso favorable (900 gr. y 754 gr., respectivamente) y en respuesta a la selección (304,37 gr. y 287,16 gr.). En cuanto a la densidad, se proyecta un pico máximo de

1,032 gr/ml en las futuras generaciones. Se destaca la lactancia (8491,43 y 8318,14 litros) durante 305 días como un rasgo heredable para las generaciones venideras. Finalmente, la altura a la cruz de las mejores vacas (135,45 cm y 137,03 cm) se presenta como un atributo a heredar en sus futuras generaciones.

- Se evidencia que la densidad y la lactancia emergen como las principales fortalezas en términos de heredabilidad. Esto sugiere que estas características tienen una alta probabilidad de ser transmitidas de una generación a otra dentro de la población de ganado lechero estudiada. La densidad, que se refiere a la cantidad de componentes sólidos en la leche, y la lactancia, medida en la producción de leche durante un periodo específico como los 305 días, son atributos cruciales que influyen significativamente en la calidad y cantidad de leche producida.
- Se describen dos enfoques en el análisis de costo-beneficio: a corto y a largo plazo. El beneficio a corto plazo asciende a \$1095, considerando las horas de trabajo y las inseminaciones artificiales realizadas en un período específico. Mientras tanto, el beneficio a largo plazo en cuanto a densidad podría alcanzar un ingreso adicional de \$20449,90 si se logran cumplir los objetivos establecidos y en cuanto a lactancia se podría evidenciar una ganancia de \$51,717.87.

### **13. RECOMENDACIONES**

- Impulsar el registro de padres en la parroquia es esencial, dado que no se cuenta con información anterior a las vacas en producción. Esta carencia de datos previos impacta directamente en la confiabilidad del análisis estadístico, generando porcentajes más bajos. Al mismo tiempo, la implementación de mejoras genéticas contribuirá positivamente a los valores de heredabilidad, brindando beneficios sustanciales a los productores involucrados.
- Es recomendable mejorar la fertilidad del suelo, una nutrición adecuada proporcionando una dieta equilibrada y nutritiva que cumpla con los requisitos energéticos y proteicos de las vacas. Incluyendo el suministro de forraje de calidad, concentrados y suplementos minerales según las necesidades específicas de cada animal para llegar a tener una mejor GDP.
- Es fundamental mantener registros precisos para garantizar una mayor confiabilidad en las estimaciones. Esto implica la necesidad de llevar registros detallados y minuciosos sobre cada vaca, así como de revisar y verificar la información de manera regular.

#### 14. BIBLIOGRAFIA

1. Requelme N, Bonifaz N. Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. La Granja [Internet]. 2012 Jun 30 [cited 2024 Feb 6];15(1):55–69. Available from: <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/15.2012.05>
2. Grijalva JP. La industria lechera en Ecuador: un modelo de desarrollo [Internet]. 2011 [cited 2024 Feb 6]. Available from: [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8032/1/La industria lechera en ecuador un modelo de desarrollo.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8032/1/La%20industria%20lechera%20en%20ecuador%20un%20modelo%20de%20desarrollo.pdf)
3. Araújo A, Caetana P. AuditModel: A Model for Representation of Continuous Audit Processes Based on ISO 19011. Revista American Scientific for Engineering, Technology, and Sciences. 2021 Febrero; LXXVII(1).
4. Chamorro A. Experimentación Agropecuaria. [Online].; 2022 [cited 2024 Enero 20. Available from: <https://www.cea.org.py/storage/app/uploads/public/636/d31/aa0/636d31aa0b9df918696098.pdf>
5. Gomez AS. Origen y domesticación del bovino. reponameRepositorio Inst la Univ Nac Abierta y a Distancia [Internet]. 2013 [cited 2024 Jan 15]; Available from: <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/46>
6. Parra Cortes RI, Martínez Correal G, Valderrama-Rodas M. Situación actual y perspectivas de la ganadería de bovinos criollos en América Latina. Arch Latinoam Prod Anim [Internet]. 2021 Jan 15 [cited 2024 Jan 15];29(3–4):79–90. Available from: [https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/2830/1409](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2830/1409)
7. Herrera Garcia M, Peña Blanco F, Gutierrez Cabezas M, Rodero Serrano E. Sobre el origen de la raza retinta. Archivos Zootec [Internet]. 1995 [cited 2024 Jan 15];44(166):99–110. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1418603&info=resumen&idioma=SPA>
8. Ramly E, Atan H, Soffian M. Issues and Improvement Opportunities in Management System Internal Audit – A Survey. Journal Industrial Engineering and Operations Management. 2019 Marzo; VII(13).
9. Chin R, Juan M, Segura J, Domínguez R, Estrada R. Índices de selección para el mejoramiento productivo de bovinos suizo europeo en México. Revista Ecosistemas y recursos agropecuarios. 2019 Abril; III(7).
10. Caizapanta A, Yanza K. Estimación del índice del mérito genético total del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche del cantón Latacunga, parroquia

- Ignacio Flores. Tesis pregrado. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; 2023.
11. Zurita A. Derivación de valores económicos de la producción de leche de bovinos en la parroquia Tanicuchí utilizando funciones de beneficio. Tesis pregrado. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; 2022.
  12. Carvajal S. Análisis multivariado de factores fenotípicos, fisiológicos y de manejo que inciden en la producción lechera en la Hacienda la Ovejería. Tesis de grado. Tulcán: Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales; 2019.
  13. León M. Sistema de gestión y análisis de datos para bovinos de registro. Tesis posgrado. Villahermosa: Instituto Tecnológico de Villahermosa, División de Estudios de Posgrado e Investigación; 2019.
  14. Pando W. Sistema de producción de leche y desarrollo sostenible en comunidades campesinas del Distrito de Paruro 2021. Tesis posgrado. Cusco: Universidad Andina del Cusco, Escuela de Posgrado; 2022.
  15. Romero E. Crianza de la hembra bovina lechera: Sistema, ventajas y desventajas; garantía de la producción futura de leche. Tesis pregrado. Machala: Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2020.
  16. Vallejo E. Desarrollo sostenible de fincas ganaderas con producción lechera en el cantón Mejía. Tesis pregrado. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2022.
  17. Vega V, Hernández A. Innovación en la ganadería veracruzana. [Online].; 2019 [cited 2024 Enero 20. Available from: <https://www.uv.mx/veracruz/fmvz/files/2020/03/igbook.pdf>.
  18. Morales R, Subiabre I. Incremento de la grasa infiltrada en carne bovina producida en pastoreo para satisfacer la demanda de carne de alto valor nutricional y calidad sensorial. [Online].; 2022 [cited 2024 Enero 21. Available from: [chrome-exhttps://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68770/NR4300.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68770/NR4300.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  19. Villota K. Análisis de la sincronización de celo con benzoato de estradiol y progesterona en hembras bovinas para carnes. Tesis pregrado. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2022.

20. Ortiz T. Estado del arte en tecnología de la producción de ganado de carne. Tesis pregrado. Bogotá: Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2019.
21. Gómez F. Caracterización de variables morfométricas, cinéticas de bienestar animal en ganado blanco orejinegro. Tesis posgrado. Caldas: Dirección de Posgrado, Universidad de Caldas; 2023.
22. Cortes J, Ruiz F, García A. Características de conformación asociadas a producción y composición de la leche de vacas Holstein. *Revista Abanico Veterinario*. 2022 Diciembre; XI(7).
23. Chacón E, Cartuche L, Villavicencio , Toro B, Silva L, Andrade P. Diversidad genética de la población de toros Holstein Friesian importados al Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*. 2023 Junio; X(1).
24. Parra P. Evaluación de las características de tipo y producción en vacas Holstein de la hacienda Nápoles. Tesis pregrado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2022.
25. Tamara M. Eficiencia reproductiva del proyecto de mejoramiento genético por inseminación artificial por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería en la provincia del Guayas. Tesis pregrado. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2023.
26. Carvajal A, Uribe H. Mejoramiento genético y cruzamientos. [Online].; 2023 [cited 2024 Enero 20. Available from: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67572/Capitulo%204.pdf?sequence=5>.
27. Villares M. Efecto de la consanguinidad en los parámetros reproductivos de vacas Holstein friesian, en la provincia e Cotopaxi, Ecuador. Tesis posgrado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Instituto de Posgrado y Educación Continua; 2019.
28. Larrea C, Hurtado E, Macías J, Vera L, More M. Estimación del valor genético predicho en bovinos lecheros mestizos en un hato en la sierra alta de Chimborazo, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2020 Diciembre; XXXI(4).
29. Martínez G, Manrique C. Estimación de parámetros genéticos de edad al primer parto e intervalo entre partos de vacas criollas Sanmartineras (SM). *Revista Orinoquia*. 2019 Diciembre; XIII(2).
30. Rondinel D. Caracterización biométrica de vacunos brown swiss del Centro de Investigación y Desarrollo de Bovinos ACRAQUIA. Tesis pregrado. Huancavelica:

- Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería; 2022.
31. Vivas S, Martínez R. Plan de negocio para ceba de Ganado Cebú-Comercial en la Finca "La Palma" en el Municipio de Acacías Meta. Tesis pregrado. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, Facultad de Administración; 2019.
  32. Balanzátegui R, Sánchez P, Dávalos E, Negrete O. Evaluación de proyectos socio productivos mediante el sistema del marco lógico. Revista Espacios. 2019 Octubre; XL(34).
  33. González Á. Análisis prospectivo de la cadena lactea bovina colombiana. [Online].; 2020 [cited 2024 Enero 20. Available from: [https://www.andi.com.co/Uploads/20200831\\_DT\\_AnalisisProspectivoVF.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/20200831_DT_AnalisisProspectivoVF.pdf).
  34. García F. Biotecnología embrionaria: Transferencia de embriones en ganado vacuno. Tesis pregrado. Compostela: Universidad de Santiago de Compostela, facultad de Veterinaria; 2021.
  35. Vicente J. Implementación de un sistema de información para optimizar el proceso de mejoramiento genético de ovinos en la Comunidad Campesina de Yurajhuanca, Pasco. Tesis pregrado. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería; 2020.
  36. Parra R, Magaña M. Características técnico-económicas de los sistemas de producción bovina basados en razas criollas introducidas en México. Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 2019 Diciembre; VI(18).
  37. Sánchez R. Asociación del genoma completo para fecundidad mediante firmas de selección en ovejas de la raza Katahdin. Tesis posgrado. México D.F.: Colegio de Posgraduados, Posgrado de recursos genéticos y productividad ganadería; 2022.
  38. Solórzano A, Benítez A. Análisis de parametros reproductivos de ganaderías lecheras en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en tiempos del Covid-19. Tesis pregrado. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Dirección de Posgrag; 2021.
  39. Salamanca J. Modelo De Gestión Para Una Ganadería Doble Propósito Intensiva Y Tecnificada En Facatativá Cundinamarca. Tesis pregrado. Madrid: Universidad Nacional Abierta Y A Distancia - UNAD , Escuela De Ciencias Administrativas, Contables, Económicas Y De Negocios – ECACEN; 2020.
  40. Londoño M. Evaluación genética, evaluación genómica y búsqueda de regiones del genoma en ganado blanco orejinegro asociadas a características productivas. Tesis pregado. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias; 2020.

41. Arias A, Henríquez C. Sistematización de experiencias del proceso de transferencia de embriones en dos fincas ganaderas, de los departamentos de Rivas y León Nicaragua. Tesis pregrado. Managua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal; 2022.
42. Cadavid P, Casallas L, Granados M. Diagnóstico económico y gestión de la biotecnología de inseminación artificial a tiempo fijo en un sistema de producción bovino de carne. Tesis pregrado. Bogotá: Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2023.
43. Meza J. Ganadería SilvoAngus. Tesis pregrado. Medellín: Universidad CES, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2023.
44. Viteri S. Evaluación de dos sistemas de pastoreo, para ganado mestizo doble propósito en el cantón Chone provincia de Manabí. Tesis pregrado. Chone: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Unidad Académica; 2020.
45. Fontalvo J. Diseño de un plan de negocios para abrir una empresa de explotación ganadera doble propósito en Bosconia. Tesis posgrado. Bogotá: Fundación Universitaria de América, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas; 2021.
46. Gómez N. Diseño de un plan estratégico para la finca La Esperanza. Tesis pregrado. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas; 2019.
47. Vera W. Parametros productivos y reproductivos del bovino criollo en la parroquia Simón Bolívar, cantón Santa Elena. Tesis pregrado. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias; 2021.
48. Luis C, Pablo A, Luis R, Alex R. "Producción y persistencia de la primera curva de lactancia en "Production and persistence of the first lactation curve in crossbred Holstein cows in the province of Chimborazo" [Internet]. 2015 [citado el 25 de julio de 2023]. Disponible en: <http://www.espam.edu.ec/recursos/sitio/informativo/archivos/ponencias/vinculacion/i/s1/CIV47CASA11.pdf>
49. González Avalos SA, Avalos G, Revuelta P, Patricia B, Reséndiz M, Carrillo R, et al. Revista Mexicana de Agronegocios. Revista Mexicana de Agronegocios [Internet]. 2017; 40:561–9. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14152127005>
50. Calderón a, sc m, Rodríguez v, Vélez r s. Municipio de Montería, Colombia evaluation of milk quality in four processors of cheese in the municipality of Monteria, Colombia. Vol. 12, Rev. MVZ Córdoba. 2007.
51. Izurieta C, Hurtado E, Andrade J, Loor L, Montoya M. Estimation of predicted breeding value in crossbred dairy cattle in a herd in the highlands of Chimborazo, Ecuador. Revista

- de Investigaciones Veterinarias del Peru [Internet]. el 21 de diciembre de 2020 [citado el 25 de julio de 2023];31(4). Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172020000400040](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172020000400040)
52. Situación Geográfica - GAD parroquial MulalóGAD parroquial Mulaló [Internet]. [cited 2024 Feb 3]. Available from: <https://mulalo.gob.ec/cotopaxi/situacion-geografica/>
53. Datos Generales - GAD parroquial GuasagandaGAD parroquial Guasaganda [Internet]. [cited 2024 Feb 3]. Available from: <https://mulalo.gob.ec/cotopaxi/datos-generales/>
54. Elizalde, N. Unidad académica de ciencias químicas y de la salud carrera de ingeniería química machala 2016 elizalde quevedo nathaly estefania influencia de la densidad y temperatura de la leche en su calidad e inocuidad alimentaria [Internet]. 2016 [citado el 25 de julio de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7705/1/elizalde.pdf>
55. Mendoza DA, Marini PR, Zambrano Villacis JJ. Los bovinos criollos un recurso zoogenético de seguridad alimentaria para Ecuador y Latinoamérica. Rev Científica Arbitr Multidiscip PENTACIENCIAS [Internet]. 2022 [cited 2024 Feb 1];4(2):175–85. Available from: <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/83>
56. Peralta H, Solano S. Evaluation of the Quality of Bovine Milk of the Livestock Farms of Suscal, Cañar, Ecuador. J Vet Sci Med. 2019;7(2)
57. Técnicas Aplicadas C, Alfonso Condo-Plaza LI, Danilo Reyes-Silva FI, Francisco Chávez-Cossío III J, Roberto-Marini III P. Persistencia de la lactancia en vacas Holstein mestizas en la sierra ecuatoriana. Dominio las Ciencias, ISSN-e 2477-8818, Vol 7, No 6, 2021 (Ejemplar Dedic a Oct 2021), págs 988-1003 [Internet]. 2021 [cited 2024 Feb 2];7(6):988–1003. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383796&info=resumen&idioma=SPA>
58. Villavicencio E JL, Franco JAG, Espinosa AP. Caracterización morfométrica y faneróptica del bovino criollo Chinampo de México. Arch Zootec [Internet]. 2009 [cited 2024 Feb 2];58(222):277–9. Available from: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0004-05922009000200012&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0004-05922009000200012&script=sci_arttext&tlng=en)
59. Vargas Rodríguez CF. Comparación de ganancias de peso en bovinos Reyna-Jersey y Jersey, durante la etapa de desarrollo. Agron Mesoam [Internet]. 2007 May 29 [cited 2024 Feb 5];19(2):227. Available from: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5004>
60. Manuel J, Hincapié M, Montoya M, Asesor R, Julián S, Cardona C. Evaluación fenotípica de las razas Blanco Orejinegro y Brahman en diferentes regiones de Colombia, como

estrategia de fomento y utilización productiva. 2022 Feb 3 [cited 2024 Feb 2]; Available from: <https://repositorio.uco.edu.co/jspui/handle/20.500.13064/1821>

61. Barrera V, Grijalva J, Leon C. Mejoramiento de los sistemas de producción de leche en la ecorregión andina del Ecuador. Arch Latinoam Prod Anim [Internet]. 2004 [cited 2023 Jun 23];12(2):43–51. Available from: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3317>