



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“SELECCIÓN MASAL DE LOS BOVINOS DEL PROGRAMA  
UTC GEN EN LA PARROQUIA DE MULLIQUINDIL DEL  
CANTÓN SALCEDO”**

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

**AUTORA:**

Villarreal Ortiz Karen Samira

**TUTOR:**

Beltrán Romero Cristian Fernando

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Julio 2025**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Villarreal Ortiz Karen Samira, con cédula de ciudadanía No. 0450172051, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“SELECCIÓN MASAL DE LOS BOVINOS DEL PROGRAMA UTCGEN DE LA PARROQUIA DE MULLIQUINDIL DEL CANTÓN SALCEDO”**, siendo el Médico Veterinario Zootecnista, Mg. Cristian Fernando Beltrán Romero, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 24 de julio del 2025



Karen Samira Villarreal Ortiz  
C.C: 0450172051  
**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 **VILLARREAL ORTIZ KAREN SAMIRA**, identificada con cédula de ciudadanía **0450172051** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**SELECCIÓN MASAL DE LOS BOVINOS DEL PROGRAMA UTCGEN EN LA PARROQUIA DE MULLIQUINDIL DEL CANTÓN SALCEDO**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril - Agosto 2021

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2025

Tutor: MVZ. Cristian Fernando Beltrán Romero, Mg.

Tema: “**SELECCIÓN MASAL DE LOS BOVINOS DEL PROGRAMA UTCGEN EN LA PARROQUIA DE MULLIQUINDIL DEL CANTÓN SALCEDO**”

**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.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 24 días del mes de julio del 2025.



Karen Samira Villarreal Ortiz

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“SELECCIÓN MASAL DE LOS BOVINOS DEL PROGRAMA UTCGEN EN LA PARROQUIA DE MULLIQUINDIL DEL CANTÓN SALCEDO”**, de Villarreal Ortiz Karen Samira, 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, 24 de julio del 2025



MVZ. Cristian Fernando Beltrán Romero, Mg.  
C.C: 0501942940  
**DOCENTE TUTOR**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Villarreal Ortiz Karen Samira, con el título de Proyecto de Investigación: **“SELECCIÓN MASAL DE LOS BOVINOS DEL PROGRAMA UTCGEN EN LA PARROQUIA DE MULLIQUINDIL DEL CANTÓN SALCEDO”**, 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, 26 de julio del 2025



Dr. Jorge Washington Armas, Mg.  
C.C: 0501556450  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



MVZ. Dina Maricela Veloz Veloz, MSc.  
C.C: 1720299302  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



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

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios y a la Virgen de la Purificación, gracias por cuidarme en todo momento, por interceder en mis momentos de incertidumbre. A ti encomiendo mis pasos y mis sueños, hoy y siempre.*

*A mi tutor y amigo doctor Cristian Beltrán, por su paciencia, apoyo y enseñanzas. Su acompañamiento no solo fortaleció mi formación académica sino también mi crecimiento personal.*

*A mis amigas, por el compañerismo incondicional y por las experiencias compartidas que han hecho más significativos estos años de formación.*

*A mi familia, por su amor constante y por ser mi mayor motivación. Y a todas las personas que aportaron a mi crecimiento personal y académico, gracias sinceras.*

***Karen Samira Villarreal Ortiz***

## **DEDICATORIA**

*Dedico este logro a quienes me han acompañado con amor, esfuerzo y fe en mí, porque a lo largo de este camino no he estado sola.*

*A mi madre, mi ejemplo de vida, gracias por enseñarme con tu lucha diaria lo que significa ser una mujer fuerte, trabajadora y responsable.*

*A mi padre, gracias por cada sacrificio, por cada jornada dedicada a darnos lo mejor, por enseñarme que el verdadero amor se demuestra en los actos, en los detalles, y en el esfuerzo de todos los días.*

*A mis hermanos, gracias por ser mi refugio y compañía, por estar siempre pendientes de mí y brindarme sus palabras de aliento cuando dudaba.*

*A mis cuñados y sobrinos, gracias por su cariño y por estar siempre presentes. En especial a mi pequeño Isaak que, con su amor incondicional, sus abrazos sinceros y alegría, ha sido un rayo de luz en mis días más nublados. Gracias por enseñarme el amor puro e inocente.*

*Y la familia que me acogió y llegó a mi vida como una bendición inesperada, gracias por hacerme sentir parte de su hogar, por acompañarme con cariño sincero y por tenderme la mano cuando más lo necesité.*

***Karen Samira Villarreal Ortiz***

## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “SELECCIÓN MASAL DE LOS BOVINOS DEL PROGRAMA UTCGEN EN LA PARROQUIA DEL MULLIQUINDIL DEL CANTÓN SALCEDO”.**

**Autor:**  
Villarreal Ortiz Karen Samira

## **RESUMEN**

La presente investigación tuvo como propósito implementar un programa de selección masal en los bovinos del programa UTCgen en la parroquia Mulliquindil, cantón Salcedo, con el fin de mejorar los parámetros productivos, genéticos y económicos del sistema lechero local. El problema abordado radica en el bajo rendimiento productivo y reproductivo de los animales, derivado de la falta de criterios técnicos en la selección de reproductores, manejo nutricional deficiente y escasa asistencia técnica, lo que afecta directamente la rentabilidad y sostenibilidad de las pequeñas unidades ganaderas. Para enfrentar esta problemática, se planteó una metodología cuantitativa, descriptiva y de campo, que incluyó la evaluación de 64 bovinos mediante registros fenotípicos (ganancia diaria de peso, altura a la cruz, densidad de la leche y producción a 305 días), cálculos de valor genético (EBV) utilizando el modelo BLUP, y análisis económico de los costos de producción. Los resultados evidenciaron una variabilidad significativa entre los animales evaluados, destacando aquellos con mejores indicadores productivos y genéticos como potenciales reproductores para futuras generaciones. Asimismo, se observó una correlación positiva entre el manejo nutricional adecuado y mejores valores de densidad láctea. La evaluación integral permitió seleccionar individuos con buen desempeño fenotípico y genético, lo cual aporta significativamente a la formación de una base sólida para futuros programas de mejora genética. Entre los principales aportes de este trabajo se destaca la viabilidad del uso de selección masal en contextos rurales de bajos recursos, con impactos positivos en la productividad animal, sostenibilidad económica de los productores, conservación de recursos genéticos locales y fortalecimiento de la seguridad alimentaria. Además, la investigación fomenta la aplicación práctica de herramientas de evaluación genética en comunidades agrícolas, promoviendo la toma de decisiones técnicas informadas para el desarrollo rural.

**Palabras clave:** selección masal, mejoramiento genético, bovinos, valor genético, producción lechera.

## **TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI** **FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: “MASS SELECTION OF CATTLE IN THE UTCGEN PROGRAM AT MULLIQUINDIL PARISH, SALCEDO CANTON”.**

**Author:**  
Villarreal Ortiz Karen Samira

## ABSTRACT

This research aim was implementing a mass selection program for cattle within the UTCgen initiative at Mulliquindil parish, Salcedo Canton, in order to improve the productive, genetic, and economic parameters of the local dairy farming system. The core issue addressed in this study is the animals' low productive and reproductive performance, which stems from the lack of technical criteria for selecting breeding stock, inadequate nutritional management, and limited technical assistance—factors that directly affect the profitability and sustainability of small-scale farming operations. Tackling this problem, a quantitative, descriptive, and fieldbased methodology were applied. It involved the evaluation of 64 cattle through phenotypic records (daily weight gain, withers height, milk density, and 305-day milk yield), estimation of genetic values (EBV) using the BLUP model, and an economic analysis of production costs. The results revealed significant variability among the evaluated animals, with those exhibiting superior productive and genetic indicators identified as potential breeders for future generations. A positive correlation was observed between proper nutritional management and improved milk density values. The comprehensive evaluation enabled the selection of individuals with strong phenotypic and genetic performance, contributing significantly to the foundation of future genetic improvement programs. Among the main contributions is the demonstrated feasibility of applying mass selection in low-resource rural contexts, yielding positive impacts on animal productivity, economic sustainability for producers, conservation of local genetic resources, and the food security enhancement. Furthermore, this research promotes the practical use of genetic evaluation tools in farming communities, supporting informed technical decision-making for rural development.

**Keywords:** mass selection, genetic improvement, cattle, breeding value, milk production.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	xv

1.	INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3.	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
3.1	Directos: .....	3
3.2	Indirectos: .....	3
4.	EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
5.	OBJETIVOS .....	4
5.1	Objetivo general: .....	4
5.2	Objetivos específicos: .....	4
6.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	4
6.1	Historia y evolución del mejoramiento genético. ....	4
6.2	Mejoramiento Genético en Bovinos: BLUP .....	5
6.3	Índice de Selección y Valor Genético en bovinos .....	5
6.3.1	Índice de selección como herramienta estadística. ....	5
6.3.2	Selección masal .....	6
6.3.3	Valor estimado de cría (EBV) .....	6
6.3.4	Heredabilidad de caracteres productivos. ....	7
6.4	Producción de Leche .....	7
6.4.1	Factores que afectan la producción .....	7
6.4.2	Fisiológicos .....	7
6.4.3	Genéticos .....	8
6.4.4	Ambientales .....	8
6.4.5	Sanitarios .....	8
6.5	Producción de leche en Ecuador, Cotopaxi .....	8
6.5.1	Calidad de la Leche .....	9
6.5.2	Densidad de la leche como parámetro composicional. ....	9
6.5.3	Uso del lactodensímetro y factores que influyen en la densidad. ....	9
6.5.4	Composición fisicoquímica: grasa, proteína, sólidos totales. ....	9
6.6	Aspectos Económicos en la Producción Lechera .....	9
6.6.1	Costos de producción: fijos y variables. ....	9
6.6.2	Precio por litro de leche, ingresos y márgenes de beneficio. ....	10
6.7	Importancia de la suplementación vitamínico-mineral .....	10
6.7.1	Relación entre alimentación y eficiencia productiva. ....	10

6.8	Registros Productivos y Genealógicos .....	11
6.8.1	Importancia del registro en programas de selección. ....	11
7.	METODOLOGIA .....	12
7.1	Tipo y Enfoque de Investigación .....	12
7.2	Ubicación y Situación Geográfica .....	12
7.3	Población y Muestra .....	12
7.4	Sistemas de Producción .....	13
7.5	Manejo del Estudio .....	13
7.6	Manejo Sanitario Previo .....	13
7.7	Procedimientos de Recolección de Datos .....	14
7.7.1	Registro de datos morfométricos y productivos .....	14
7.7.2	Ganancia diaria de peso (GDP) .....	14
7.7.3	Altura a la cruz .....	15
7.7.4	Predicción de lactancia en 305 días .....	15
7.7.5	Densidad de la leche .....	15
7.8	Análisis Económico .....	16
7.8.1	Costos de Producción .....	16
7.8.2	Ingreso por litro de Leche .....	16
7.8.3	Relación costo/beneficio .....	16
7.9	Valor genético .....	16
7.10	Respuesta a la selección .....	17
8.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	17
8.1	Rasgos fenotípicos y productivos .....	17
8.1.1	Rango fenotípico de ganancia de peso .....	17
8.1.2	Rasgo fenotípico de altura a la cruz (cm) .....	20
8.1.3	Rasgo productivo de densidad .....	21
8.1.4	Rasgo productivo de predicción de lactancia en 305 días .....	23
8.2	EBV .....	25
8.2.1	EBV GDP .....	25
8.2.2	EBV altura a la cruz .....	27
8.2.3	EBV densidad .....	28
8.2.4	EBV predicción de lactancia en 305 días .....	30
8.3	Evaluación integral para selección .....	31

8.3.1	Selección para GDP (Ganancia Diaria de Peso)	31
8.3.2	Selección de altura a la cruz	32
8.3.3	Selección densidad	33
8.3.4	Selección de lactancia	34
8.4	SELECCIÓN GRUPAL	34
8.5	COSTO DE PRODUCCION	36
8.5.1	Análisis económico actual	36
8.5.2	Proyección productiva con animales seleccionados	37
8.5.3	Simulación de impacto económico por productor	37
9.	IMPACTOS DEL PROGRAMA GENETICO	38
9.1	Impacto técnico y productivo	38
9.2	Impacto social y ambiental	38
9.3	Impacto económico	38
10.	CONCLUSIONES	38
11.	RECOMENDACIONES	39
12.	BIBLIOGRAFIA	40
13.	ANEXOS	1
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>		

Ilustración 1.	Ubicación de la parroquia Mulliquindil de Santa Ana	12
----------------	---	----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Categorización de los animales	17
Tabla 2:	Valores de fenotipo en ganancia de peso	18
Tabla 3:	Valores de fenotipo en altura a la cruz	20
Tabla 4:	Valores de densidad	22
Tabla 5:	Valores de predicción de lactancia en 305 días	24
Tabla 6:	Valores de EBV en ganancia diaria de peso	26
Tabla 7:	Valores de EBV en altura a la cruz	28
Tabla 8:	Valores de EBV para densidad	29
Tabla 9:	Valores de EBV en predicción de leche en 305 días	30
Tabla 10:	Valores de los animales evaluados para GDP	31
Tabla 11:	Valores de los animales evaluados en altura a la cruz	32
Tabla 12:	Valores de los animales evaluados para densidad	33
Tabla 13:	Valores de animales evaluados para predicción de leche	34
Tabla 14:	Valores de selección	35
Tabla 15:	Análisis económico actual	36
Tabla 16:	Proyección en relación producción- ganancia	37

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Fenotipo de ganancia de peso .....	17
Gráfica 2: Fenotipo de altura a la cruz .....	20
Gráfica 3: Densidad de la leche. ....	21
Gráfica 4: Predicción de lactancia en 305 días .....	23
Gráfica 5: EBV en ganancia de peso .....	25
Gráfica 6: EBV altura a la cruz .....	27
Gráfica 7: EBV densidad .....	28
Gráfica 8: EBV predicción de lactancia en 305 días .....	30
Gráfica 9: Relación de ingresos .....	37

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del Proyecto:** Selección masal de los bovinos del programa UTCgen en la parroquia Mulliquindil del cantón Salcedo.

**Fecha de inicio:** febrero 2025

**Fecha de finalización:** agosto 2025

**Lugar de ejecución:** Mulliquindil Santa Ana - Cotopaxi

Unidad Académica que auspicia: Facultad de 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:**

Tutor/a: MVZ. Cristian Fernando Beltrán Romero Mg. (Anexo 1)

Estudiante: Villarreal Ortiz Karen Samira (Anexo 2) **Área**

### **de Conocimiento:**

3109.02 Ciencias Agrarias, Ciencias Veterinarias, Genética **Línea**

### **de investigación:**

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

### **Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Biodiversidad, mejora y conservación de recursos zoogenéticos.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La producción lechera en Ecuador, especialmente en la provincia de Cotopaxi, constituye una de las principales actividades económicas del sector agropecuario. Esta actividad aporta aproximadamente el 7,68 % al PIB agropecuario nacional, y Cotopaxi produce entre 498 000 y 657 000 litros de leche diarios, ubicándose entre las tres provincias más productivas del país.(1)

Esta región posee un alto potencial para el desarrollo pecuario debido a sus condiciones agroecológicas favorables, como el clima templado, una altitud óptima (2 800–3 500 m s. n. m.) y la disponibilidad de recursos forrajeros. Tales características permiten el desarrollo eficiente de la cría de bovinos especializados en producción láctea. Se estima que al menos 15 000 familias dependen directa o indirectamente de esta actividad, la cual representa una fuente significativa de empleo e ingresos económicos para la zona.(2)

En la parroquia Mulliquindil, cantón Salcedo, la producción lechera representa una fuente clave de sustento para numerosos hogares. Esta zona, situada entre los 2 650 y 3 900 m s. n. m., ofrece un entorno ambiental adecuado para la implementación de programas de mejoramiento genético. (3)

No obstante, los pequeños y medianos productores enfrentan diversas limitaciones, entre ellas la baja productividad animal, consecuencia de una alimentación inadecuada, acceso limitado a asistencia técnica y, principalmente, la falta de criterios técnicos en selección, reproducción y sanidad.(2)

Esta situación ha favorecido el establecimiento de animales con características fenotípicas poco adaptadas al entorno, lo que reduce la eficiencia de los sistemas de producción. En este contexto, la implementación de un programa de mejoramiento genético sostenible, basado inicialmente en la selección masal, se plantea como una estrategia viable, económica y aplicable a unidades productivas de pequeña y mediana escala.

El programa de mejora genética desarrollado en Santa Ana de Mulliquindil permite identificar y reproducir únicamente aquellos individuos que presentan características productivas deseables, sin requerir herramientas tecnológicas complejas ni costosas.(4) Su aplicación favorece una mejora progresiva del hato bovino, orientada al incremento de la rentabilidad y la sostenibilidad de la actividad ganadera.

Dado que este proyecto ha sido planteado desde periodos anteriores en la zona, se dispone de información genealógica de los animales, así como de datos productivos y reproductivos. Esta

evaluación objetiva de los criterios de selección permite establecer líneas base y medir el impacto económico en los productores beneficiarios.(5)

A largo plazo, esta estrategia no solo mejora los índices productivos, sino que también contribuye a la conservación de los recursos genéticos locales, promoviendo una ganadería sostenible alineada con los objetivos de desarrollo rural y seguridad alimentaria.(6)

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

#### **3.1 Directos:**

- Investigadores principales del proyecto, requisito previo a la obtención del título de médico veterinario

#### **3.2 Indirectos:**

- Ganaderos productores de leche asociados al programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos (UTCgen) de la parroquia Mulliquindil, de los barrios: Jesús del Gran Poder, Los Pinos, Sur Oriente y San Isidro Nuevo.

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

En la parroquia Mulliquindil Santa Ana, en el cantón Salcedo (Cotopaxi), la producción de leche constituye una actividad económica común a pequeña escala para las familias rurales. Aunque la zona presenta condiciones agroecológicas favorables, la falta de instrucción técnica en selección y crianza ha generado un bajo rendimiento productivo, con promedios de 2.000 litros por lactancia, es decir, entre 500 y 1.500 litros por debajo de los valores de referencia. (7) Además, el rendimiento reproductivo también es limitado, ya que muchas novillas alcanzan la madurez sexual recién a los dos años, superando el rango óptimo de 14 a 18 meses.(8)

Factores como la ausencia de registros genealógicos, el escaso control de producción, la falta de estrategias claras para la selección de reproductores y el limitado apoyo técnico provocan que las decisiones de manejo se basen en la experiencia empírica. (9) Esta situación restringe el progreso económico, mantiene una producción láctea irregular y da lugar a animales con características fenotípicas poco adaptadas al entorno. (10)

En el aspecto financiero, se observa una diferencia entre el costo de producción y el precio de venta del litro de leche el cual en la parroquia oscila entre los \$ 0,36 hasta 0,45 dólares. (2)

El bajo precio se atribuye a la intervención de intermediarios o empresas que transportadoras, lo que reduce considerablemente las ganancias de los productores. (11)

Además , la falta de organización y de estrategias para optimizar el uso de recursos limita la posibilidad de invertir en biotecnologías reproductivas tales como la inseminación artificiales, sincronización del celo y chequeos ginecológicos periódicos.(12)

Por tanto, es fundamental implementar un programa de mejoramiento genético sostenible, iniciando con la selección masal de los bovinos con mejores características. Esta estrategia permitirá identificar animales con mayor rendimiento en producción, salud y adaptación, fortaleciendo progresivamente la calidad genética del hato y mejorando los resultados productivos alcanzando promedios cercanos a 2.500 litros de leche por lactancia. (13)

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general:**

Implementar un programa de selección masal en los bovinos del programa UTCgen de la parroquia Mulliquindil

### **5.2 Objetivos específicos:**

- Identificar los bovinos de leche con mayores cualidades genéticas en las parroquias del cantón Latacunga.
- Implementar un programa de selección masal basado en criterios genéticos y productivos específicos.
- Evaluar el impacto del programa de selección masal en la rentabilidad de los productores de leche de la parroquia Mulliquindil.

## **6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **6.1 Historia y evolución del mejoramiento genético.**

Desde tiempos antiguos, los ganaderos han escogido animales basándose en su apariencia o comportamiento, sin tener claro qué parte de esas características podían heredarse. Con el tiempo, y gracias a avances como los estudios de Mendel y el desarrollo de modelos estadísticos, fue posible comprender mejor cómo funcionan los genes y cómo seleccionarlos estratégicamente. Un hito fundamental fue el trabajo de Gregor Mendel en el siglo XIX, quien formuló las leyes de la herencia mediante experimentos con plantas. Más adelante, a inicios del siglo XX, se incorporaron herramientas estadísticas que permitieron analizar la genética desde un enfoque más sistemático.

En la década de 1970, se introdujo un método que permite predicciones precisas del valor genético de los animales, el método BLUP, considera datos de producción, genealogía y

ambiente. (18) Este método fue desarrollado por Charles R. Henderson entre las décadas de 1950 y 1960, este método se basa en la inferencia estadística mediante modelos mixtos, que permiten separar los efectos ambientales (fijos) de los genéticos (aleatorios), mejorando así la precisión de las evaluaciones. (15)

Posteriormente, con el avance en la secuenciación del ADN, surgió la selección genómica, la cual prescinde de registros fenotípicos y ha reducido considerablemente el intervalo generacional. No obstante, su implementación requiere condiciones técnicas, económicas y organizativas que suelen estar fuera del alcance de los sistemas productivos de pequeña escala.

## **6.2 Mejoramiento Genético en Bovinos: BLUP**

El mejoramiento genético tiene como objetivo potenciar características fenotípicas deseables, como la producción, la eficiencia reproductiva y la resistencia, a través de la selección de animales con alto mérito genético, de modo que dichas cualidades sean transmitidas a su descendencia.(14)

En este contexto, el método BLUP, por sus siglas en inglés Best Linear Unbiased Prediction, ha revolucionado la predicción genética al permitir estimaciones lineales insesgadas del valor genético de los animales. (15)

La estimación con BLUP utiliza datos productivos, la genealogía del animal y las condiciones ambientales en las que se desarrolla. Al descomponer los factores que influyen sobre el fenotipo, permite estimar con mayor exactitud qué proporción del rendimiento es atribuible a la genética.(16) Esto facilita una selección más objetiva de los reproductores, optimizando las decisiones y acelerando el progreso genético en la población animal. (17)

## **6.3 Índice de Selección y Valor Genético en bovinos**

### **6.3.1 Índice de selección como herramienta estadística.**

El índice de selección funciona como una especie de promedio ponderado, donde se combinan diferentes características productivas y reproductivas de los animales para facilitar la toma de decisiones. Esta herramienta permite mirar más allá de un solo rasgo, ayudando a identificar animales con buen desempeño global.(19)

De este modo, permite seleccionar animales con mayor eficiencia global, al considerar un conjunto de atributos deseables, en lugar de enfocarse en un solo carácter. Esto brinda a los productores mayor precisión para mejorar la rentabilidad de sus sistemas productivos.(20)

### **6.3.2 Selección masal**

La selección masal es un método de mejoramiento animal basado en la elección de individuos superiores según su rendimiento fenotípico, es decir, sus características observables. Esta estrategia es especialmente útil en contextos con recursos limitados y sin registros genealógicos adecuados, aunque puede verse afectada por la influencia del ambiente sobre el fenotipo.(21)

El método tradicional de selección genética, que se basa en observar los antecedentes productivos y genealógicos del ganado. Esto nos permitió calcular un valor que refleja su capacidad para transmitir ciertos rasgos. Para lograrlo, fue necesario aplicar métodos estadísticos, como BLUP, que ayudan a separar lo que realmente es genético de lo que está influenciado por el ambiente. Así pudimos tomar decisiones más fundamentadas sobre qué animales conservar como reproductores. (22)

En contraste la selección genómica es más reciente y avanzada, se fundamenta en el análisis de marcadores moleculares distribuidos a lo largo del genoma. Esto permite estimar el mérito genético desde etapas tempranas, incluso en animales sin descendencia ni historial productivo, acelerando el progreso genético con alta precisión.(23)

### **6.3.3 Valor estimado de cría (EBV)**

El EBV, o valor genético estimado, representa una herramienta clave en el mejoramiento bovino, ya que permite predecir, con cierto grado de certeza, qué tan probable es que un animal transmita sus características a la descendencia. Esta predicción no surge al azar, sino que se basa en datos como su desempeño productivo y la información disponible sobre sus padres o parientes cercanos. A través de este enfoque, se busca seleccionar animales que puedan mejorar la calidad del hato de manera progresiva.(24)

Este valor se estima mediante modelos estadísticos como BLUP, que permiten separar los efectos genéticos de los ambientales, proporcionando así una evaluación más precisa del mérito genético.(25)

La respuesta a la selección se refiere al progreso genético alcanzado en el hato tras aplicar un programa de mejora.(26) Esta depende de factores como la heredabilidad del rasgo, la precisión en la selección de los reproductores y la diferencia entre las características de los animales seleccionados respecto al promedio poblacional. El uso de un índice de selección permite optimizar este proceso, al integrar múltiples rasgos relevantes en lugar de enfocarse en uno solo.(27)

### **6.3.4 Heredabilidad de caracteres productivos.**

Cuando se habla de heredabilidad, nos referimos a qué tanto influye la genética en un rasgo observado, en comparación con los efectos del ambiente. Si este valor es alto, quiere decir que es más fácil mejorar esa característica a través de la selección; si es bajo, será necesario enfocarse más en el manejo y la nutrición.(28)

En bovinos, este valor se expresa entre 0 y 1. Cuando la heredabilidad de un carácter es alta, la selección genética tiene un mayor impacto en las generaciones futuras. En cambio, si es baja, indica que el ambiente tiene mayor influencia, por lo que la mejora dependerá más de factores como el manejo o la nutrición.(29)

La estimación de este parámetro se realiza mediante modelos estadísticos como BLUP, que permiten separar la varianza genética de la ambiental, basándose en información genealógica y fenotípica. Conocer la heredabilidad de un rasgo permite: diseñar programas de selección eficientes mediante índices o caracteres correlacionados, elegir el sistema de cruzamiento más adecuado (híbrido o puro) y optimizar los recursos para maximizar el retorno de la inversión genética.

Factores como el ambiente, el tamaño de la muestra y la estructura genética de la población pueden afectar la heredabilidad. Es importante tener en cuenta que no se trata de una constante, sino de un valor que varía según las condiciones.(30)

## **6.4 Producción de Leche**

### **6.4.1 Factores que afectan la producción**

La producción de leche no se basa en un solo factor, sino en la combinación entre el potencial genético del animal y el entorno en el que se desarrolla. Aunque la genética determina aspectos clave como la cantidad y calidad de la leche, esto no es suficiente por sí solo. Si factores como la alimentación, el manejo, el clima y la sanidad no satisfacen las necesidades del animal, este no podrá expresar completamente su potencial genético.(31)

### **6.4.2 Fisiológicos**

Entre los factores fisiológicos, se incluyen el período de lactancia, el número de partos previos, el estado reproductivo, la salud de la glándula mamaria y la edad del animal. Por ejemplo, las vacas que han tenido su segundo o tercer parto suelen alcanzar los niveles más altos de producción lechera.(32)

### **6.4.3 Genéticos**

Los factores genéticos, como la raza y la selección por características deseables, también determinan el rendimiento lechero. Por ejemplo, la raza Holstein se destaca por su alta producción de leche; la Jersey, por su elevada concentración de grasa y proteína; y la Brown Swiss, por su buena adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas. En contraste, las razas criollas, que no han sido sometidas a una intensa selección genética, suelen presentar niveles de producción más bajos. (33)

### **6.4.4 Ambientales**

Los factores ambientales también tienen un impacto significativo. En climas extremos, la eficiencia productiva se ve alterada. En ambientes fríos, el gasto energético para mantener la temperatura corporal es mayor, reduciendo la producción. En climas cálidos, el estrés térmico disminuye el consumo de alimento y, por ende, la producción de leche. La altitud influye tanto en la disponibilidad de oxígeno como en la calidad del forraje. Además, un manejo deficiente agrava estas condiciones y afecta negativamente el desempeño del hato.(34)

### **6.4.5 Sanitarios**

En cuanto a la sanidad, enfermedades como la mastitis, infecciones uterinas, parasitosis o enfermedades respiratorias comprometen la salud del animal y reducen su producción.

La prevención, el diagnóstico temprano y el tratamiento oportuno son fundamentales para asegurar la rentabilidad de la producción lechera.(35)

## **6.5 Producción de leche en Ecuador, Cotopaxi**

Según cifras difundidas por instituciones como el MAG y medios agropecuarios, en Ecuador se producen más de cinco millones de litros de leche diariamente. Las provincias de Cotopaxi, Pichincha y Tungurahua se destacan como líderes en esta actividad, gracias a sus condiciones agroclimáticas y a una tradición ganadera bien arraigada.(36)

En Cotopaxi, cantones como Latacunga, Salcedo y Saquisilí destacan por su actividad lechera, la cual representa una fuente de ingreso esencial para las comunidades rurales. A pesar de la limitada tecnificación en muchos sistemas productivos, se emplean animales mestizos y de raza Holstein, los cuales han sido adaptados a las condiciones de altitud media y alta, propias de la región. (37)

### **6.5.1 Calidad de la Leche**

La calidad de la leche está estrechamente ligada a la salud del animal, las prácticas de sanidad durante el ordeño, el tipo de alimentación y el manejo general del hato. Una leche de buena calidad es aquella que presenta propiedades óptimas en su composición fisicoquímica y microbiológica, libre de contaminantes y apta tanto para el consumo humano como para la industrialización. (38)

### **6.5.2 Densidad de la leche como parámetro composicional.**

La densidad es uno de los principales criterios utilizados para evaluar la leche cruda, ya que permite estimar el contenido de sólidos totales, como grasa, proteínas, lactosa y minerales, expresada en kilogramos por litro (kg/L) a 20 °C. Este parámetro puede alterarse debido a cambios en la composición o por adulteraciones, como la adición de agua. (39)

### **6.5.3 Uso del lactodensímetro y factores que influyen en la densidad.**

Para medirla, se utiliza un instrumento denominado lactodensímetro, ampliamente empleado tanto en el campo como en laboratorios. Consiste en un flotador calibrado que se introduce en una probeta con leche; la profundidad a la que flota indica el valor de la densidad. Si el valor obtenido está fuera del rango normal (1.028 a 1.034 kg/L), puede indicar alguna alteración o adulteración del producto. (40)

### **6.5.4 Composición fisicoquímica: grasa, proteína, sólidos totales.**

Es fundamental considerar que la composición fisicoquímica de la leche determina no solo su valor nutricional, sino también su aptitud tecnológica para procesos industriales como la elaboración de quesos, yogures y otros derivados lácteos. Componentes como la grasa, proteína y sólidos totales varían según la raza, alimentación, estado fisiológico y manejo del animal, y son claves para definir la calidad final del producto. (41)

## **6.6 Aspectos Económicos en la Producción Lechera**

La producción de leche es una actividad agropecuaria de gran importancia financiera para varias regiones del país, donde representa una fuente directa de ingresos y empleo. Su sostenibilidad depende de factores técnicos, biológicos y económicos. En este contexto, es determinante evaluar los costos, ingresos y márgenes de ganancia, especialmente en pequeñas explotaciones lecheras donde los recursos son limitados. (42)

### **6.6.1 Costos de producción: fijos y variables.**

Los costos fijos son aquellos que no dependen del nivel de producción, tales como infraestructura, equipos, personal y su mantenimiento. En contraste, los costos variables están

directamente relacionados con el volumen de producción e incluyen gastos como alimentación, suplementos, medicamentos y mano de obra directa. El adecuado control de estos costos permite calcular la rentabilidad y evaluar la eficiencia productiva del hato lechero. (43)

### **6.6.2 Precio por litro de leche, ingresos y márgenes de beneficio.**

El precio de venta por litro de leche se considera como el ingreso base del productor, aunque generalmente está condicionado por la oferta y la demanda del mercado. En Ecuador, este precio oscila entre USD 0,35 y 0,45, aunque normativas públicas proponen valores superiores a USD 0,50. (44)

Sin embargo, la intermediación comercial y la falta de acceso a mercados formales reducen los márgenes de beneficio, afectando la rentabilidad final del productor. A esto se suman otros factores como la baja eficiencia reproductiva, la deficiente conversión alimenticia y la presencia de enfermedades, los cuales generan pérdidas económicas significativas. (45)

Rol de la nutrición y suplementación en el rendimiento productivo del ganadoLa nutrición del ganado bovino de leche constituye una base fundamental en los sistemas de producción, ya que no solo influye directamente en la salud general del animal, sino que también repercute en la cantidad de leche producida, en la ganancia de peso y en la edad óptima para alcanzar su potencial productivo y reproductivo. (46)

El manejo nutricional se sustenta en la disponibilidad de forrajes de buena calidad, el suministro adecuado de concentrados, el acceso a agua limpia y el diseño de dietas ajustadas a la etapa fisiológica del animal (como crecimiento, gestación o lactancia). (47)

## **6.7 Importancia de la suplementación vitamínico-mineral**

En caso de deficiencias nutricionales, la suplementación vitamínico-mineral se vuelve esencial, dado que muchos de estos micronutrientes no se encuentran en cantidades suficientes en los forrajes o concentrados. Entre los minerales más demandados por los bovinos en producción lechera se encuentran el calcio, fósforo, zinc, selenio y cobre, mientras que las vitaminas A, D y E son fundamentales por su papel en la inmunidad, reproducción, crecimiento, producción de leche y prevención de enfermedades metabólicas. (48)

### **6.7.1 Relación entre alimentación y eficiencia productiva.**

La carencia de estos micronutrientes puede ocasionar trastornos reproductivos, pérdida de apetito, retraso en el crecimiento, baja calidad del calostro, inmunosupresión y disminución de la producción lechera. Por tanto, la administración adecuada de suplementos representa un

componente clave en el manejo sanitario y productivo del hato, especialmente en sistemas donde la dieta base es deficiente o de baja calidad nutricional. (49)

Los animales que reciben una dieta equilibrada y bien formulada convierten de manera más eficiente el alimento en leche o carne, y presentan menor incidencia de enfermedades relacionadas con desequilibrios metabólicos, energéticos o proteicos, como la cetosis o la hipocalcemia. (50)

## **6.8 Registros Productivos y Genealógicos**

### **6.8.1 Importancia del registro en programas de selección.**

En el contexto de los pequeños productores bovinos de la provincia de Cotopaxi, los registros productivos y genealógicos constituyen una herramienta valiosa, aunque poco empleada de forma sistemática. (11) Estos registros permiten recopilar información relevante sobre el rendimiento lácteo y la procedencia genética del ganado, aspectos fundamentales para mejorar la eficiencia del hato y tomar decisiones más acertadas a nivel de finca.

Su implementación, aunque limitada por factores como el acceso a tecnología, la falta de capacitación y el escaso acompañamiento técnico, puede ser clave para evaluar el progreso productivo y genético a lo largo del tiempo, especialmente en sistemas familiares o de pequeña escala.(51)

Los registros productivos permiten llevar un control ordenado de variables como la producción diaria de leche, los periodos de lactancia, el comportamiento reproductivo y los eventos sanitarios relevantes, tales como enfermedades tratadas o abortos.(52) Esta información facilita la identificación de vacas más productivas o con mejor adaptabilidad al entorno local.

Por su parte los registros genealógicos, aunque poco frecuentes en este tipo de sistemas permitirían establecer los vínculos de parentesco entre animales, lo cual es esencial para evitar la consanguinidad y sus efectos negativos, tales como la disminución de la fertilidad, la aparición de enfermedades hereditarias o la pérdida de vigor productivo.

La incorporación de estas prácticas en las comunidades rurales de Cotopaxi no solo mejoraría el control y manejo del rebaño, sino que también fortalecería los programas de mejora genética, incluso a pequeña escala, favoreciendo la sostenibilidad y competitividad del productor local.(53)



productores) y San Isidro Nuevo (1 productor), con un total de 64 animales pertenecientes al proyecto.

La reducción del número de participantes respondió a distintas situaciones que afectaron la continuidad del proyecto. Varios productores abandonaron el proceso, principalmente por la venta de sus animales, motivada por la ineficiencia económica de sus sistemas de producción y las consecuencias de la sequía que afectó a la provincia en años anteriores. Estas condiciones dificultaron el acceso a alimento y agua para el ganado, llevando a muchas familias a reorientar su actividad económica.

#### **7.4 Sistemas de Producción**

En esta parroquia, el modelo más común de producción es el semi-intensivo. En él, los bovinos se mantienen atados o en espacios delimitados, y su alimentación depende de pastos que son cortados y llevados al sitio donde están. Aunque esto facilita el control, también requiere una mayor dedicación diaria por parte del productor.(48)

Este modelo permite un control eficiente del ganado mediante la supervisión individual de cada animal; sin embargo, requiere mayor mano de obra diaria. La producción de leche está estrechamente ligada al manejo, y, por ende, a la nutrición que se le proporciona al animal.

#### **7.5 Manejo del Estudio**

El estudio se llevó a cabo durante tres meses: marzo, abril y mayo de 2025. Se procuró realizar visitas periódicas a los productores con la finalidad de recopilar datos sobre sus prácticas productivas ganaderas. Toda la información obtenida fue registrada en una base de datos (Excel), con el objetivo de valorar costos de producción, ganancia diaria de peso, así como parámetros productivos, reproductivos, genéticos y sanitarios.

#### **7.6 Manejo Sanitario Previo**

Dado que en el sector no se dispone de recursos para pruebas clínicas o de laboratorio que confirmen diagnósticos específicos, las intervenciones se basaron en la observación directa de signos clínicos y en el análisis de los síntomas presentes en el hato. En función de las patologías detectadas, se aplicaron tratamientos acordes a las afecciones o deficiencias que comprometían la producción y la reproducción.

Las vitaminas, como compuestos esenciales para el desarrollo y la salud animal, fueron administradas mediante suplementos orales o inyectables, debido a que no pueden ser sintetizadas por el propio organismo y deben ser incorporadas externamente.(49)

Los principales problemas identificados incluyeron: deficiencias nutricionales, particularmente por la ausencia de sales minerales en la dieta, manejo ineficiente, evidenciado por la presencia de parásitos internos y externos y trastornos reproductivos, asociados a carencias de aminoácidos y vitaminas.(50)

Asimismo, se llevaron a cabo medidas de inmunización preventiva frente a enfermedades infecciosas que afectaban significativamente la producción, como la rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR) y la diarrea viral bovina (BVD), patologías de alta incidencia en este tipo de sistemas de producción.(54)

## **7.7 Procedimientos de Recolección de Datos**

### **7.7.1 Registro de datos morfométricos y productivos**

Durante las visitas a las fincas, se recopilaron datos específicos de cada ejemplar, como su peso, altura, producción láctea y composición de la leche. Estos registros fueron fundamentales para analizar las diferencias individuales y facilitar la posterior evaluación genética.

Toda la información fue anotada manualmente en fichas de campo diseñadas previamente, las cuales permitieron un registro ordenado y sistemático de los datos. En el (Anexo 3) se muestra una de estas fichas, utilizada durante el proceso de recolección de datos, donde se pueden observar claramente los valores anotados para peso, altura, peso de la leche y densidad correspondientes a uno de los animales evaluados. Este tipo de registro fue fundamental para llevar un control riguroso y confiable de los datos que más adelante serían utilizados en la selección masal de los bovinos.

### **7.7.2 Ganancia diaria de peso (GDP)**

La ganancia de peso representa el incremento promedio diario del peso de los animales, factor que influye directamente en el crecimiento y rendimiento. Para su medición se utilizó una cinta bovino métrica, que mide la circunferencia torácica, tomada en la parte trasera de las patas delanteras, en el punto de mayor volumen del tórax con la finalidad de estimar el peso en kilogramos. (Anexo 4)

Este procedimiento se realiza con el animal de pie, sobre una superficie plana, y de manera que la cinta este ajustada, pero sin ejercer presión excesiva sobre el cuerpo del animal.

Luego se contabilizó la cantidad de días transcurridos entre la primera, segunda y tercera visita, clasificando los pesos en inicial y final. Posteriormente, se promedió la ganancia de peso obtenida en centímetros pero que se traduce directamente a kilogramos, lo que fue transformada

a gramos multiplicando por 1.000, con el fin de optimizar la expresión del fenotipo y la precisión en la estimación del valor genético (EBV) mediante el modelo BLUP.

### **7.7.3 Altura a la cruz**

La medición del fenotipo “altura a la cruz” se realizó con una cinta métrica común colocada desde la cruz, punto más alto del lomo, entre la base del cuello y el dorso hasta la base del piso donde se ubica el animal (Anexo 5). Este indicador permite registrar la altura en centímetros, ayudando a seleccionar animales con buen desarrollo corporal, especialmente en terneros y vacunos jóvenes.

El promedio se obtuvo a partir de tres mediciones realizadas durante los tres meses de estudio, expresadas en centímetros.

### **7.7.4 Predicción de lactancia en 305 días**

El periodo de lactancia en bovinos es de 305 días, y no sigue un patrón lineal, sino una curva biológica denominada curva de lactancia. Este valor fue estimado a partir de la última fecha de parto y el peso de la leche en kilogramos, con el fin de predecir la producción durante los días restantes. El peso de la leche en kg se tomó con referencia mensual durante tres veces, usando una balanza de 10kg. (Anexo 6)

El resultado calculó la aproximación de litros que el bovino podría producir durante un periodo completo de lactancia.

### **7.7.5 Densidad de la leche**

Para calcular la densidad de la leche se utilizó un termo lactodensímetro (Quevenne), calibrado a 20 °C, que permite determinar la densidad relativa y la temperatura. Las mediciones se realizaron tres veces, utilizando una probeta de 250 ml llena de leche, repitiendo el procedimiento tres veces por muestra en cada uno de los animales. (Anexo 7).

Los valores obtenidos fueron ajustados según la temperatura registrada, aplicando la corrección correspondiente a la densidad en función de la desviación respecto a los 20°C. Posteriormente se calculó el promedio corregido de la densidad por animal, representativo del periodo de lactancia, con la finalidad de estimar de manera más precisa la composición de los productos lácteos.

Para el cálculo del valor genético, se consideró únicamente el valor corregido en grados Quevenne, para garantizar uniformidad en el análisis genético comparativo.

## **7.8 Análisis Económico**

### **7.8.1 Costos de Producción**

Se cuantificaron con el objetivo de determinar el costo total de producción de leche. Se consideraron los costos fijos (servicios, instrumental, instalaciones) y variables (alimentación, atención veterinaria, inseminaciones, mantenimiento).

El costo por animal se obtuvo dividiendo el costo total mensual del productor por el número de vacas en producción. En cambio, el costo por litro de leche se determinó dividiendo el costo total mensual entre los litros producidos en ese periodo.

### **7.8.2 Ingreso por litro de Leche**

Este parámetro establece el ingreso económico generado por la venta de leche, considerando la fluctuación del precio en el mercado y el volumen producido. Se obtuvo dividiendo el ingreso total mensual (por concepto de leche) entre la cantidad de litros vendidos en ese mes.

### **7.8.3 Relación costo/beneficio**

El beneficio se refiere a la ganancia obtenida por la venta de leche, animales o subproductos derivados de la explotación. Esta relación permite establecer si la actividad lechera es rentable. Se calcula mediante la división entre ingresos totales y egresos.

## **7.9 Valor genético**

Para el análisis del valor genético de los animales se utilizó un modelo animal unicaracter bajo el sistema Best Linear Unbiased Predictor (BLUP), el cual permite integrar información genealógica junto con los datos productivos individuales. Este enfoque proporciona estimaciones precisas del potencial genético de cada individuo para transmitir determinadas características a su descendencia.

A partir de los valores genéticos estimados (EBV), se calculó la media para cada característica evaluada con el fin de obtener una representación general del mérito genético del grupo. Las variables consideradas en este análisis fueron: ganancia de peso, altura a la cruz, densidad de la leche y producción láctea, todas de interés productivo y económico en el contexto del mejoramiento del hato.

## **7.10 Respuesta a la selección**

En este apartado se describe el efecto observado tras la aplicación de selección masal, basada en la identificación y elección de animales con mejores características fenotípicas dentro del grupo evaluado. La selección se enfocó en comparar y destacar a los individuos con mayores

valores observados en ciertos caracteres productivos, como ganancia de peso, altura a la cruz, densidad de la leche y producción láctea. Esta aproximación práctica permitió orientar la toma de decisiones reproductivas hacia los ejemplares con mejor desempeño, sin recurrir a modelos predictivos o medias poblacionales.

## 8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El tamaño de la muestra consta de 64 animales, entre ellos vacas, vaconas, toretes, terneras y terneros diferenciándolo según sus edades, de esta manera, para mayor facilidad en la interpretación de datos:

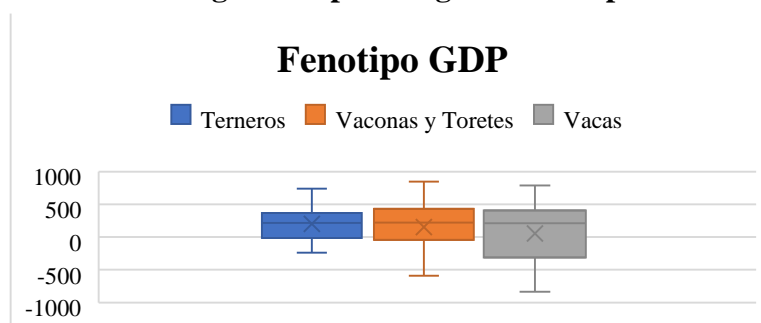
**Tabla 1:** *Categorización de los animales*

<b>Terneros y terneras</b>	<b>Vaconas y toretes</b>	<b>Vacas</b>
<b>Machos y hembras de 0-6 meses de edad.</b>	Machos y hembras de 6 meses hasta el primer servicio.	Hembras de primer servicio en adelante.

En la tabla, se identifican los bovinos con mejores cualidades productivas en el sector de Santa Ana de Mulliquindil, cantón Salcedo, mediante el análisis de sus valores fenotípicos, valor genético estimado y nivel de confiabilidad. Para ello, se consideraron los datos obtenidos de cada animal en cuanto a ganancia diaria de peso, altura a la cruz, densidad de la leche y predicción de producción láctea a 305 días.

### 8.1 Rasgos fenotípicos y productivos

#### 8.1.1 Rango fenotípico de ganancia de peso



**Gráfica 1:** *Fenotipo de ganancia de peso*

Los resultados presentados en la Gráfica 1 evidencian que, en vaconas, el valor medio de la ganancia diaria de peso fue de 151,65 gramos. Dentro de este grupo, el bovino con mayor ganancia alcanzó un incremento de 847,62 gramos por día, mientras que el valor más bajo registrado fue de -589,28 gramos por día. En el caso de las vacas adultas, la ganancia promedio de peso fue de 54,45 gramos diarios, con un valor máximo de 789,47 gramos y un mínimo de

–833,33 gramos. Estas variaciones están influenciadas principalmente por el estado reproductivo de los animales, el cual afecta significativamente su metabolismo y el consumo alimenticio. Respecto a los terneros y terneras, se observó un valor medio de incremento diario de peso de 203,09 gramos, con un máximo de 740,38 gramos y un mínimo de –239,58 gramos. Es importante destacar que el estado de salud de estos animales influyó directamente en los resultados obtenidos. Los valores negativos de ganancia de peso corresponden, en su mayoría, a individuos que presentaron patologías digestivas o una posible presencia de parásitos gastrointestinales, lo cual compromete su eficiencia productiva.

En la tabla a continuación se observa que animales obtuvieron mayores niveles de ganancia de peso como rasgo fenotípico, tomando en cuenta la sección de este acorde a su etapa de crecimiento:

**Tabla 2:** *Valores de fenotipo en ganancia de peso*

<b>Categoría</b>	<b>Animal</b>	<b>GDP</b>
<b>Tenera</b>	Victoria37	740,38
<b>Tenera</b>	Luquita39	437,5
<b>Tenera</b>	Lunita45	296,29
<b>Vacona</b>	La Brayan40	847,62
<b>Torete</b>	Comandante67	619,04
<b>Torete</b>	Mocho52	493,66
<b>Vaca</b>	Polaca61	789,47
<b>Vaca</b>	Mocha 16	778,11

En la tabla se observa que algunos animales, como Victoria37, presentan una ganancia diaria de peso (GDP) elevada. Sin embargo, este valor aún se encuentra por debajo del rango ideal de hasta 800 g/día, considerado óptimo para bovinos de reemplazo bajo condiciones ideales de manejo y alimentación. Según Vargas y Arce (2019), para lograr un desarrollo óptimo en bovinos de reemplazo, es fundamental optimizar tanto los niveles de nutrientes como las estrategias de manejo.(55)

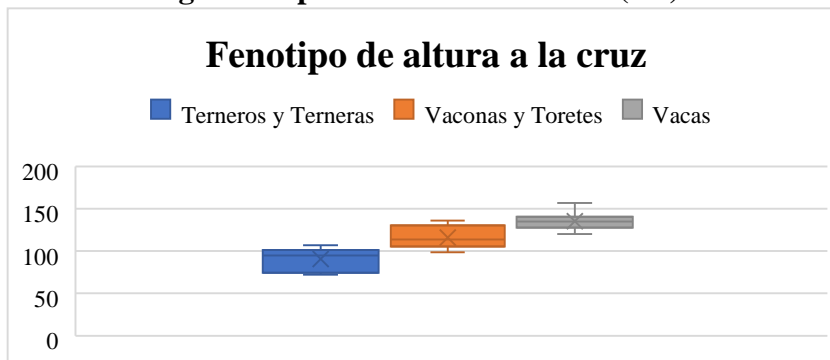
Aunque Victoria<sup>37</sup> ha mostrado un rendimiento notable, su rendimiento podría mejorar aún más con una mejora en las condiciones de manejo y alimentación, lo que permitiría alcanzar el rango ideal de incremento de peso y aumentar su eficiencia productiva.

Por otro lado, la vaca La Brayan<sup>40</sup> sobresale al superar los valores promedio de GDP registrados en el grupo evaluado. Este resultado es indicativo de un desarrollo corporal superior al esperado, lo cual podría estar relacionado con una alta eficiencia de conversión alimenticia o con una mejor adaptabilidad al entorno de manejo y alimentación. Bell y Greenwood (2016) sugieren que una adecuada nutrición y manejo en la etapa de crecimiento puede promover un mayor rendimiento, lo que respalda la importancia de prácticas de manejo eficientes que favorezcan un desarrollo físico adecuado. La suplementación nutricional y el acceso a forraje de calidad son determinantes clave para maximizar la eficiencia en la conversión de nutrientes.<sup>(56)</sup>

En cuanto a los toretes, como Comandante<sup>67</sup> y Mocho<sup>52</sup>, sus elevados valores de GDP son coherentes con las características fisiológicas propias del sexo masculino, que generalmente se traducen en una mayor eficiencia en la conversión alimenticia y un crecimiento acelerado. Esto es consistente con los hallazgos de NRC (2016), quienes destacan que los machos tienden a aprovechar los nutrientes de manera más eficiente, especialmente durante la fase de desarrollo puberal. Este fenómeno está relacionado con una mayor capacidad metabólica para acelerar el crecimiento debido a la influencia de las hormonas anabólicas, lo que les permite alcanzar mayores ganancias de peso en sus primeras etapas de desarrollo.<sup>(57)</sup>

En el caso de las vacas Polaca<sup>61</sup> y Mocha<sup>16</sup>, las ganancias significativas de peso observadas pueden estar relacionadas con su avanzado estado de gestación. Durante el último tercio de la gestación, se produce un aumento considerable del peso debido al crecimiento fetal, los anexos placentarios y la acumulación de líquidos fetales. Bell y Greenwood (2016) afirman que este incremento puede sumar entre 350 y 500 g/días adicionales al peso de la vaca, lo que explica en parte el aumento en la GDP registrado en estas vacas. Este fenómeno refleja la carga metabólica adicional que enfrentan las vacas gestantes, lo que influye considerablemente en su ganancia diaria de peso, un factor importante a tener en cuenta al evaluar la productividad de estos animales.<sup>(56)</sup>

### 8.1.2 Rasgo fenotípico de altura a la cruz (cm)



**Gráfica 2:** Fenotipo de altura a la cruz

El Gráfico 2 muestra los valores de altura a la cruz, clasificados según la etapa de crecimiento de los bovinos evaluados. En el grupo de terneros, la altura promedio fue de 90 cm, valor que se encuentra dentro del rango considerado normal para esta categoría etaria (80 a 100 cm). El valor máximo fue registrado en “Julian35” con 107 cm, mientras que el mínimo fue de Niño68. Respecto a vaconas y toretes, se observó una media de 116 cm, con una mayor variación debido a las diferencias de edad dentro del grupo. “Tomasa33” alcanzó la mayor estatura con 136 cm, mientras que el mínimo fue observado en “Comandante67” con 98 cm. En cuanto al grupo de vacas adultas, la altura promedio fue de 135 cm. “Dominga18” fue la vaca de mayor alzada con 156 cm, mientras que el valor mínimo se registró en “Mocha16” con 125 cm.

Por otra parte, los datos de la Tabla 3 muestran las alturas de seis bovinos criados a altitudes entre 2677 y 2763 msnm, observándose que los individuos ubicados en mayores altitudes tendieron a presentar menores alturas a la cruz.

**Tabla 3:** Valores de fenotipo en altura a la cruz

Categoría	Nombre	Altura	Altitud
Ternero	Julian35	107cm	2677msnm
Ternera	Lucero46	101cm	2695msnm
Vacona	Tomasa33	136cm	2677msnm
Torete	Comandante	98cm	2763msnm
Vaca	Dominga18	156cm	2677msnm

Vaca                    Martina44            125cm            2695msnm

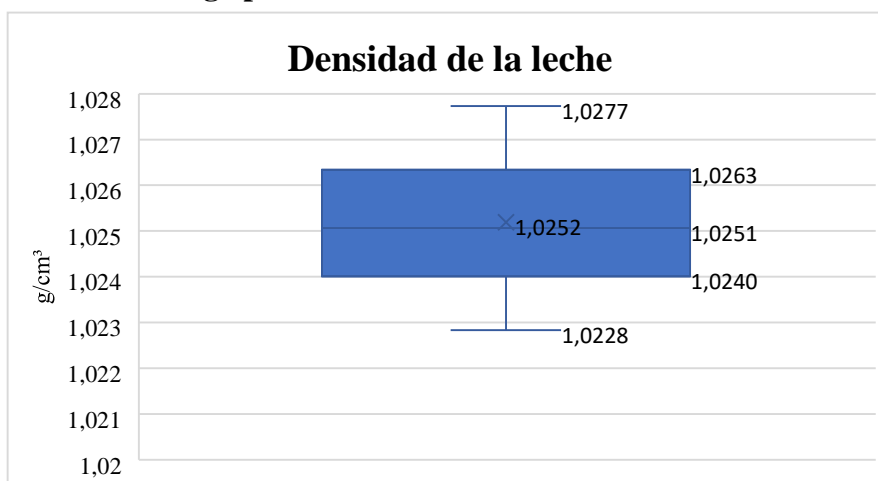
Los resultados muestran que las alturas corporales observadas se encuentran dentro de los rangos fisiológicos esperados para cada grupo etario, lo cual concuerda con lo descrito por Vargas y Arce (2019), quienes señalan que la altura a la cruz en bovinos jóvenes varía en función de la edad y del sexo, siendo los machos generalmente más altos debido a un crecimiento óseo más acelerado.(55)

En el caso de los toretes, como “Comandante67”, su menor estatura puede relacionarse con el biotipo racial, ya que algunas razas doble propósito o adaptadas a zonas de altura presentan una talla corporal moderada, como señalan Greenwood y Bell (2016), quienes afirman que factores ambientales y adaptativos influyen significativamente sobre el desarrollo estructural de los animales.(56)

La diferencia de estatura entre vacas como “Dominga18” y “Mocha16” podría deberse a la edad y condición física. Greenwood y Café (2007) indican que vacas longevas tienden a mostrar desgaste articular y posturas arqueadas, lo que afecta negativamente las mediciones morfométricas. (56)

Finalmente, la posible relación inversa entre altitud y altura a la cruz también ha sido documentada en poblaciones bovinas adaptadas a zonas altoandinas. Según Sutter y Bell (2013), los animales criados a mayor altitud pueden presentar una morfología más compacta y de menor talla como estrategia de adaptación para conservar mejor la temperatura corporal en ambientes fríos y con hipoxia. (58)

### 8.1.3 Rasgo productivo de densidad



**Gráfica 3:** Densidad de la leche.

Durante el muestreo, se midió la densidad de la leche producida por vacas activas. En general, los valores estuvieron dentro de lo esperado, aunque ligeramente por debajo del estándar. El valor promedio registrado fue de 1,0251 g/cm<sup>3</sup>, con un valor máximo de 1,0277 g/cm<sup>3</sup> y un mínimo de 1,0228 g/cm<sup>3</sup>. Es decir, en la parroquia los valores de densidad son relativamente bajos en comparación con los valores normales de densidad para la leche bovina. Según Pinto et al. (2013), oscilan entre 1.028 y 1.034 g/cm<sup>3</sup> a una temperatura de referencia de 20 °C.(59)

Con base en estos resultados, los animales que presentaron mayores valores de densidad se detallan en el cuadro a continuación:

**Tabla 4:** *Valores de densidad*

<b>Propietario</b>	<b>ID animal</b>	<b>Densidad g/ cm<sup>3</sup>.</b>
<b>Norma Peñafiel</b>	Shalpa29	1,0277
<b>Silvia Espín</b>	Mocha 16	1,0277
<b>Norma Peñafiel</b>	Martina 07	1,0273
<b>Norma Peñafiel</b>	Negra 1-04	1,0269
<b>Segundo Acosta</b>	Fortuna02	1,0266
<b>Silvia Espín</b>	Luna 15	1,0265
<b>Norma Peñafiel</b>	Negra 2-05	1,0261

Con base en la tabla y en el análisis de campo realizado, se deduce que la alimentación reportada por los propietarios, es decir, los cuidados brindados a los animales, repercuten significativamente en los resultados de densidad de la leche.

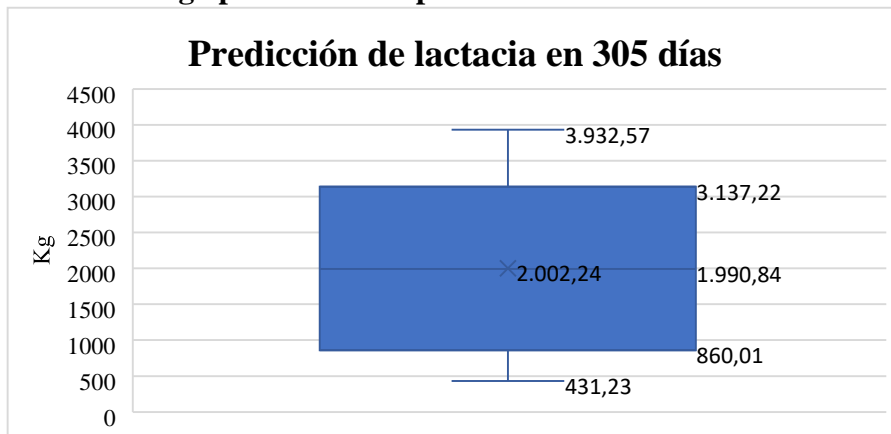
Por ejemplo, la señora Norma Peñafiel suministra a sus animales una dieta compuesta por silo de maíz, balanceado, sales minerales y agua a libre disposición, lo cual constituye una alimentación equilibrada y tecnificada. De manera similar, la señora Silvia Espín alimenta a sus bovinos con balanceado, agua disponible en todo momento, e incorpora rechazo de verde y hojas de choclo en la dieta.

Estos casos permiten concluir que una nutrición adecuada, tanto proteica como energética, contribuye al aumento de la densidad de la leche ya que una nutrición inadecuada impacta la función metabólica del hígado, el rumen y la glándula mamaria, afectando la síntesis de los

componentes de la leche. Estos cambios se reflejan directamente en la densidad, ya que esta depende de la concentración de sólidos frente al agua. (60)

En el caso del animal “Fortuna”, sus altos valores de densidad pueden atribuirse a que se encuentra en las primeras etapas de la lactancia, iniciada en el mes de abril. Este periodo se caracteriza por un mayor contenido de sólidos totales e inmunoglobulinas en la leche, lo que explicaría el incremento observado en la densidad.

#### 8.1.4 Rasgo productivo de predicción de lactancia en 305 días



**Gráfica 4:** Predicción de lactancia en 305 días

En cuanto a la predicción de producción láctea en función del período de lactancia, se estimó un promedio de 2002,24042kg de leche, con un valor máximo de la vaca de 3932,572 kg de lactancia de nombre “Colorada 49” y un mínimo de 431,2253333 de lactancia, la vaca “Suca26”. Cabe destacar que estos valores corresponden a una proyección, ya que los datos fueron tomados en diferentes etapas del período de lactancia.

Cuando se comparan los resultados obtenidos con promedios nacionales en vacas mestizas, se nota una diferencia. Mientras en otras regiones se alcanzan entre 2400 y 2700 kilos por lactancia, en esta parroquia el promedio fue inferior, lo que puede deberse a limitaciones en genética, alimentación o frecuencia de ordeño, según Gavilánez et al. (2020), las vacas en Cotopaxi presentan producciones predichas a 305 días que oscilan entre 2.500 y 5.000 litros, dependiendo de la paridad, genética, alimentación y manejo.(61) Lo cual muestra que la producción promedio en la parroquia está por debajo de los valores normales.

En la siguiente tabla se evidencia los tres valores más altos y los tres más bajos, tomando en cuenta la edad, relativamente relacionado a los posibles números de partos, lo cual explicaría mejor este valor fenotípico.

**Tabla 5: Valores de predicción de lactancia en 305 días**

<b>ID del animal</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Estimación de lactancias previas</b>	<b>de Valor fenotípico de lactancia</b>
<b>Colorada49</b>	4	2-3	3932,57
<b>Morena65</b>	4	2-3	3912,61
<b>Canela30</b>	6	4-5	3434,91
<b>Suca26</b>	4	2-3	431,22
<b>Shalpa29</b>	3	1-2	475,65
<b>Rosita10</b>	3	1-2	475,65

Según la edad de las vacas evaluadas, se estima que el número de lactancias previas corresponde a partos anuales consecutivos, por lo que animales de entre cuatro y seis años, como Colorada49, Morena65 y Canela30, se encontrarían en su segunda a cuarta lactancia. En esta etapa, las vacas suelen alcanzar su máximo rendimiento lechero, debido a que ya han madurado fisiológicamente y presentan un mayor desarrollo de su capacidad productiva.

Este comportamiento ha sido descrito por Ramírez-Restrepo et al. (2019), quienes señalan que “las vacas en su segunda y tercera lactancia muestran entre 15 % y 25 % más producción de leche que las primerizas, gracias a una mayor capacidad ruminal, mayor desarrollo de tejido secretor y mejor adaptación al entorno productivo”. (62) Esta afirmación es coherente con los valores obtenidos, ya que los animales de mayor edad en el presente estudio registraron las producciones fenotípicas más altas, destacando Colorada49 con 3932,57 kg, Morena65 con 3912,61 kg y Canela30 con 3434,91 kg.

En contraste, los bovinos más jóvenes como Shalpa29 y Rosita10, ambas con 3 años de edad y posiblemente en su primera o segunda lactancia, presentaron producciones significativamente menores (475,65 kg). Esto refleja que, de forma natural, su curva de lactancia aún no ha alcanzado su punto de madurez productiva, situación esperada en animales primerizos o en transición hacia su máximo potencial.

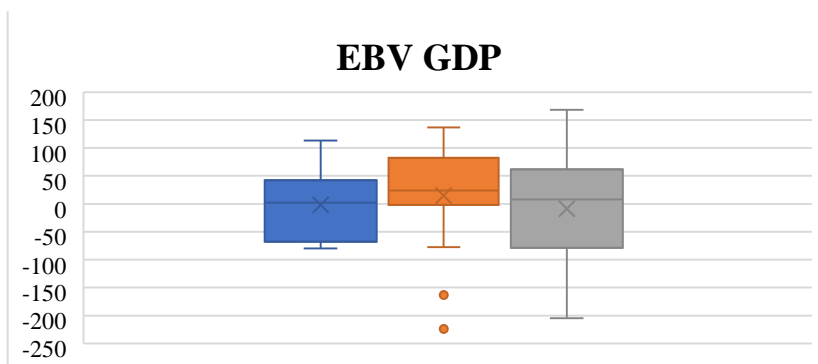
En conjunto, esta relación entre edad, número de lactancias y rendimiento fenotípico apoya la idea de que la madurez fisiológica y el número de partos acumulados son factores determinantes en la expresión de la producción lechera, incluso antes de considerar el mérito genético individual.

Finalmente, se identificó que la frecuencia de ordeño tuvo un impacto relevante en la producción lechera del sector evaluado. El 18 % de los productores realizaba el ordeño dos veces al día, mientras que el 82 % lo hacía solo una vez, lo cual representa una limitante importante. Si los productores incrementaran la frecuencia de ordeño, las estimaciones de producción láctea podrían aumentar considerablemente, dado que ordeñar una sola vez al día limita el vaciamiento de la ubre, lo que incrementa la presión intramamaria y reduce la síntesis de leche mediante mecanismos de retroalimentación negativa, como la acumulación del factor inhibidor de la lactancia (FIL). (63)

Estudios previos han demostrado que aumentar la frecuencia de ordeño de una a dos veces por día puede incrementar la producción de leche entre un 15 % y 25 %, dependiendo de factores como la genética, la alimentación y el estado fisiológico del animal. (64) Este efecto ha sido atribuido a una mayor estimulación de la glándula mamaria y un aumento en la tasa de renovación celular del tejido secretor.(65)

## 8.2 EBV

### 8.2.1 EBV GDP



**Gráfica 5:** EBV en ganancia de peso

En este gráfico se observan las estimaciones del valor genético (EBV) para ganancia diaria de peso, clasificadas en tres categorías de animales: vacas, vaconas y terneros, con base en el análisis realizado mediante el programa BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). El valor de heredabilidad utilizado para este criterio fue de 0,22, determinado con base en investigaciones previas en bovinos de carne bajo condiciones tropicales. (66)

Con base en el análisis de la gráfica, se observa que los animales de la categoría terneros y terneras presentan un promedio negativo de -8,22 g/día. El valor genético más alto en este grupo lo alcanza el bovino “Victoria37”, con 117,32 g/día, mientras que el valor mínimo corresponde al animal “Niño68”, con -79,89 g/día. En el grupo de toretes y vaconas, se evidencia una mayor

variación en los valores genéticos estimados. El promedio de esta categoría es positivo, con 39,72 g/día, lo que indica una tendencia favorable hacia el crecimiento. El valor más bajo lo presenta “Luciernago41”, con -223,73 g/día, mientras que el mejor valor genético corresponde a “La Brayán40”, con 136,61 g/día. En el caso de las vacas adultas, los valores también muestran una dispersión considerable, aunque con una tendencia negativa al presentar un promedio de -18,83 g/día. Dentro de este grupo, la vaca “Luna23” destaca por su valor genético positivo de 168,17 g/día, mientras que “Patrona57” presenta el valor más bajo, con -204,54 g/día.

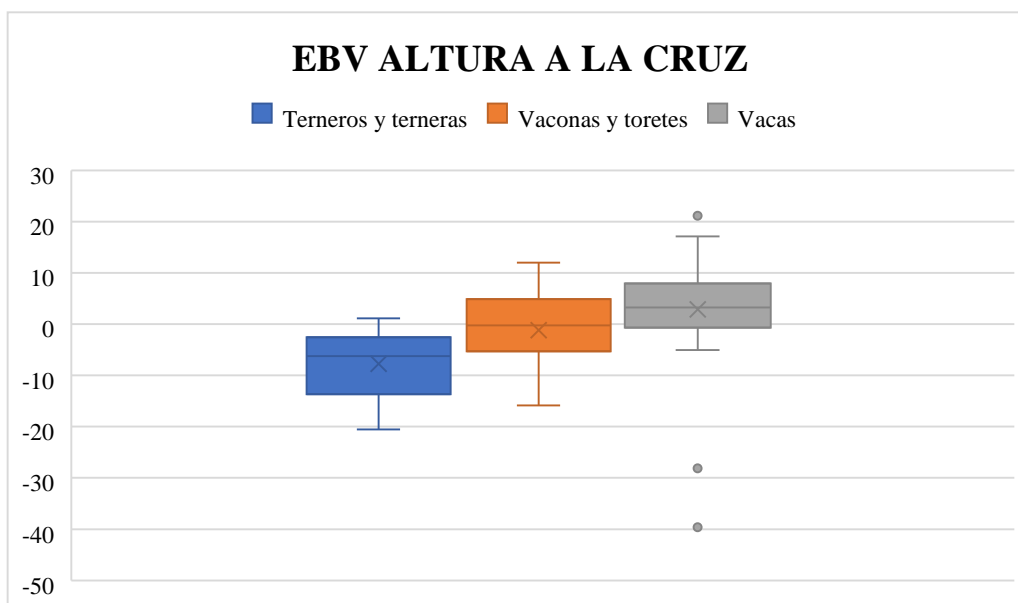
A partir de estos resultados, se puede deducir que los bovinos del grupo de vaconas y toretes presentan los EVB más elevados, lo que indica que poseen mayor potencial genético para mejorar la ganancia diaria de peso. Este es un factor de gran, ya que estos animales, al encontrarse en una etapa cercana a la reproductiva, pueden aportar significativamente al proceso de selección. Por su parte, los terneros y terneras presentan una media más baja, lo cual podría deberse a que estos animales aún no expresan completamente su potencial genético. En estas etapas tempranas, los valores estimados dependen en gran medida de la información de parentesco disponible, más que de datos fenotípicos propios.

**Tabla 6:** Valores de EBV en ganancia diaria de peso

<b>ID</b>	<b>Categoría</b>	<b>EBV GDP</b>	<b>Accuracy</b>
<b>Luna 23</b>	Vaca	168,17	0,43
<b>Polaca61</b>	Vaca	126,28	0,45
<b>La Brayán 40</b>	Vacona	136,62	0,45
<b>Juanita20</b>	Vacona	136,60	0,42
<b>Victoria37</b>	Tenera	113,027	0,45
<b>Luquita39</b>	Tenera	46,39	0,45

En la tabla presentada se observa que, aunque algunas vaconas muestran altos valores genéticos, la confiabilidad de estos valores es inferior a 0,5. Dado que la baja confiabilidad indica una alta incertidumbre en las estimaciones, estos datos no se consideran adecuados para un proceso de selección genética, sino que se optó por basar la selección en características fenotípicas observables.

### 8.2.2 EBV altura a la cruz



**Gráfica 6:** EBV altura a la cruz

La Figura 2 muestra los EBV para altura a la cruz, categorizados en vacas adultas, vaconas, toretes, terneros y terneras.

El valor de heredabilidad empleado fue de 0,42, lo que permitió una estimación confiable de este rasgo morfométrico. (67)

En base a la gráfica de cajas, se establece que el valor promedio genético en terneros y terneras es negativo y es de -7,73 gramos, siendo el mayor el valor de 1,14 de la ternera “Victoria37”, en cambio el menor es de “Julian35” un ternero.

Para los toretes y vaconas el promedio es negativo de -1,18 gramos, el máximo en cambio es de “Dominga34” con 11,96gramos. Y el valor negativo de -15,85 gramos de la vacona “HijaLuna27”

También las vacas “Dominga 11, Martina 54, Negra2-05 y Negra 1-04” son los bovinos en fase adultos que presentan mayores valores de cm en función de altura a la cruz, demostrando ser los animales con mayor capacidad de transmisión en cuando a este valor genético.

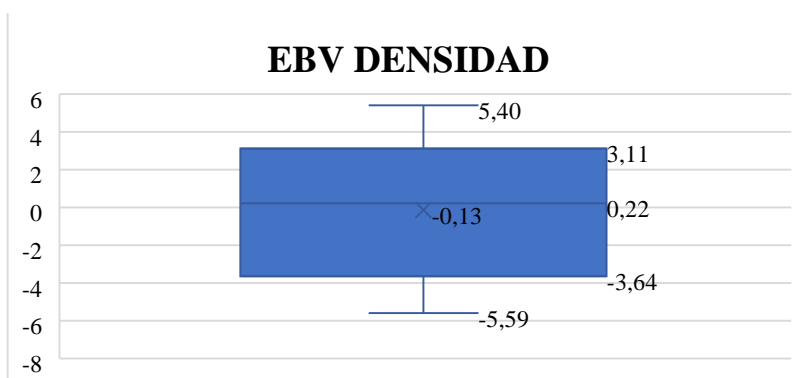
**Tabla 7:** Valores de EBV en altura a la cruz

ID vaca	Categoría	EBV	Accuracy
<b>Dominga11</b>	Vaca	21,12	0,53

<b>Martina54</b>	Vaca	17,12	0,54
<b>Negra 2-05</b>	Vaca	16,56	0,63
<b>Negra 1-04</b>	Vaca	12,60	0,65
<b>Dominga34</b>	Vacona	11,96	0,63
<b>La Brayán 40</b>	Vacona	6,60	0,62
<b>Aracely38</b>	Vacona	6,32	0,62
<b>Victoria37</b>	Tenera	1,14	0,62
<b>Luquita39</b>	Tenera	0,02	0,62

Con esta tabla se puede observar que las vacas poseen un alto potencial genético y una muy buena confiabilidad en estos valores, lo que favorece su transmisión y las posiciona como una base genética sólida y confiable. Las vaconas muestran un potencial genético intermedio y buena confiabilidad, por lo que podrían ser consideradas en caso de presentar homogeneidad con otros criterios. En cambio, las terneras no presentan valores genéticos relevantes debido a su etapa de crecimiento; sin embargo, si se continúa con el monitoreo de su desarrollo, podrían ser consideradas en el futuro.

### 8.2.3 EBV densidad



#### **Gráfica 7: EBV densidad**

El gráfico correspondiente evidencia una gran variabilidad en los rangos de densidad, a pesar de que la heredabilidad estimada para esta característica fue de 0,32, lo que representa un nivel de heredabilidad moderado. (21) El promedio para la densidad obtuvo un valor levemente negativo (-0,134), aunque la mayoría de los valores se representan cerca del promedio. Debido a que este no es un factor tan denotado entre los productores, los valores negativos y la ligera desventaja genética por la presencia de un promedio con valores negativos podría explicar que los animales con bajos niveles de valor genético en base a valores de densidad, han sido

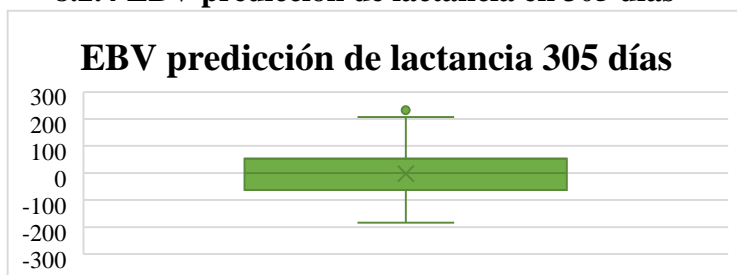
reproducidos de mayor forma, por lo que se tomara en cuenta este carácter en la selección directa para generaciones futuras.

**Tabla 8:** Valores de EBV para densidad

ID vaca	Categoría	EBV	Accuracy
Negra 2-05	Vaca	5,40	0,56
Dominga18	Vaca	5,37	0,51
Martina 07	Vaca	4,82	0,57
Mocha 16	Vaca	4,52	0,49
Fortuna08	Vaca	4,41	0,51
Fortuna02	Vaca	4,34	0,51
Anahi09	Vaca	4,19	0,51
Luna 15	Vaca	4,15	0,49
Maruja25	Vaca	4,09	0,52
Negra 1-04	Vaca	4,00	0,57

En la tabla se identifican los animales con los mejores valores genéticos estimados (EBV) para densidad de la leche, todos ellos correspondientes a vacas adultas. Además, los niveles de confiabilidad son moderados, lo que indica que podrían ser considerados dentro del programa de selección genética. Estos resultados permiten establecer una base para la selección reproductiva, priorizando a los bovinos con mayor mérito genético, los cuales se detallan en la tabla.

#### 8.2.4 EBV predicción de lactancia en 305 días



**Gráfica 8:** EBV predicción de lactancia en 305 días

En cuanto al valor genético de la predicción de lactancia en 305 días, el promedio tiene a ser mínimamente negativo de (-2,88) mientras que los valores máximos lo ocupan bovinos con grandes valores de entre (232 a 185) kg de leche. Además, la variabilidad es extendida pero la mayoría de estos se encuentra con valores de entre 50 a -50 kilogramos. Cabe destacar que, para este análisis específico, se consideró una heredabilidad ajustada de 0,10 debido a que es una estima mas no un valor definitivo. (16)

**Tabla 9:** Valores de EBV en predicción de leche en 305 días

ID vaca	Categoría	EBV	Accuracy
Colorada49	Vaca	232,66	0,28
Morena65	Vaca	207,09	0,30
Luna 15	Vaca	206,96	0,27
Canela30	Vaca	185,17	0,29
Dominga18	Vaca	176,77	0,29
Paty48	Vaca	159,80	0,29
Martina 07	Vaca	153,80	0,34

En esta tabla se evidencian los mejores valores genéticos estimados (EBV) para la producción de leche durante la lactancia, con valores de hasta 230 litros por encima del promedio poblacional. Sin embargo, es importante considerar que estos valores se acompañan de niveles muy bajos de confiabilidad (accuracy), lo que implica un mayor margen de error en las predicciones. Esto sugiere que, aunque el potencial genético aparente sea alto, la transmisión real del carácter a la descendencia podría ser limitada.

### 8.3 Evaluación integral para selección

Se aplicó un sistema de selección, priorizando el rendimiento fenotípico (valores observados) como criterio principal. Sin embargo, de manera complementaria, se consideraron los valores genéticos estimados (EBV) y sus niveles de confiabilidad (accuracy), especialmente en aquellos animales que presentaron una confiabilidad superior a 0,5. Esta estrategia permitió identificar

individuos con alto potencial productivo, respaldados por un mérito genético confiable, con objetivo de fortalecer el programa de mejoramiento genético.

### 8.3.1 Selección para GDP (Ganancia Diaria de Peso)

A continuación, se presentan los valores fenotípicos, genéticos (EBV) y de confiabilidad (accuracy) para el carácter ganancia diaria de peso (GDP).

**Tabla 10:** Valores de los animales evaluados para GDP

ID Animal	Fenotipo g/día	EBV	Accuracy
Polaca61	789,47	126,28	0,45
Mocha 16	778,11	89,36	0,40
Jesy63	702,88	107,23	0,45
Blancanieves32	692,30	102,45	0,45
Negra 1-04	598,55	63,96	0,47
Dominga11	577,65	113,31	0,38
Morena65	468,59	55,68	0,45
Luna 23	454,36	168,17	0,43
Lolita28	420,32	52,96	0,40
Luna 15	401,21	6,44	0,40
Pintada59	349,46	29,48	0,45

Los animales La Brayán40, Polaca61, Mocha16 alcanzaron valores superiores, lo que indica un desempeño destacado tanto a nivel fenotípico como genético. Además, la precisión de estas estimaciones de La Brayán40 y Polaca61 son los mejores también pero el de Mocha16 no es tan alta como la observada en animales como Victorria37 o Dominga 11. Aun así, sus elevados valores fenotípicos las convierten en candidatas ideales para la reproducción, especialmente con el objetivo de mejorar la ganancia diaria de peso en la descendencia

El animal Negra1-04 presentan altos niveles de confiabilidad, pero sus valores fenotípicos son bajos, lo que limita su utilidad como reproductoras.

Es fundamental considerar la categoría de cada animal (ternera, vaca o vaca), priorizando la selección de individuos que se encuentren en etapas reproductivas activas o próximas a iniciar.

### 8.3.2 Selección de altura a la cruz

Con el objetivo de identificar animales con mayor potencial morfoestructural y un posible valor genético transmisible.

**Tabla 11:** *Valores de los animales evaluados en altura a la cruz*

<b>Animal</b>	<b>Fenotipo (cm)</b>	<b>EBV</b>	<b>Accuracy</b>
Dominga11	141,33	21,12	0,53
Luna 15	150,33	12,29	0,56
Dominga18	156,67	9,15	0,58
Fortuna08	148,00	7,67	0,57
Lolita28	154,67	7,82	0,59
Negra64	142,00	5,21	0,62
Canela30	150,33	6,00	0,59
La Kevin01	140,67	1,94	0,58
Luna 23	140,67	-3,18	0,59
Fortuna02	140,67	-1,58	0,58

Los resultados muestran que Dominga18 y Lolita28 obtuvieron los mayores valores fenotípicos, mientras que Dominga11 y Luna15 presentaron los mejores valores genéticos, incluso con una precisión superior a 0,50. Por ello, se considera que todos estos animales; especialmente aquellos con valores fenotípicos altos y positivos, podrían ser incluidos en el programa de selección.

Este análisis permite priorizar animales con un mayor equilibrio entre el factor fenotípico y el valor genético, fortaleciendo así la base de selección para futuras generaciones orientadas a mejorar la estructura corporal del hato.

### 8.3.3 Selección densidad

En la siguiente tabla se presentan los mejores puntajes en cuanto a fenotipo y valor genético, con el fin de seleccionar animales que transmitan este carácter a su descendencia.

**Tabla 12:** Valores de los animales evaluados para densidad

<b>Animal</b>	<b>Fenotipo (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>EBV</b>	<b>Accuracy</b>
Martina07	1,027	4,82	0,57
Negra2-05	1,026	5,40	0,56
Dominga18	1,025	5,36	0,51
Mocha16	1,027	4,52	0,49
Fortuna02	1,026	4,34	0,51
Negra1-04	1,026	4,00	0,57
Fortuna08	1,025	4,41	0,51
Luna 15	1,026	4,15	0,49
Shalpa29	1,027	2,26	0,51
Canela30	1,025	1,53	0,51

Los animales con mayor índice fenotípico de densidad fueron Martina07, Mocha16 y Shalpa29, reflejando un balance adecuado entre mérito genético y confiabilidad. Esto las posiciona como candidatas prioritarias para la reproducción, con miras a mejorar progresivamente el carácter de densidad de leche en la descendencia.

Por otro lado, animales como Dominga18, Fortuna08 y Canela30 presentan valores fenotípicos menores en comparación con los anteriores. En el caso de Canela30, también muestra valores genéticos bajos, lo que reduce su potencial como reproductora.

### 8.3.4 Selección de lactancia

Se aplicó un índice de selección, priorizando el rendimiento productivo (fenotipo) observado en el hato, teniendo también en cuenta el respaldo genético y su confiabilidad estadística.

**Tabla 13:** Valores de animales evaluados para predicción de leche

<b>Animal</b>	<b>Fenotipo (kg leche)</b>	<b>EBV</b>	<b>Accuracy</b>
Colorada49	3932.57	232.66	0.28
Morena65	3912.62	207.09	0.30
Luna 15	3386.04	206.96	0.27
Canela30	3434.92	185.17	0.29
Roja60	3319.39	147.77	0.30
Paty48	3203.87	159.79	0.28
Jesy63	3230.53	138.88	0.30
Yolita42	2919.49	145.97	0.22
Dominga18	2359.63	176.77	0.29
Martina 07	2046.35	153.81	0.34

En el análisis, las vacas Colorada49, Morena65, Luna15 y Canela30 obtuvieron los índices fenotípicos más altos, posicionándose como los animales con mejor rendimiento integral del grupo evaluado. Este resultado se debe a la combinación de valores genéticos (EBV) elevados, aunque acompañados de niveles de confiabilidad muy bajos.

Les siguieron Roja60, Paty48 y Jesy63, todas con altos valores fenotípicos y EBV competitivos. Es indispensable tener en cuenta que los rangos de confiabilidad son sumamente bajos, por lo que, si estos animales se utilizaran para reproducción genética, los valores heredables serían prácticamente inciertos y poco precisos.

### 8.4 SELECCIÓN GRUPAL

Con el objetivo de identificar los animales más destacados del hato, se realizó un análisis comparativo priorizando los valores fenotípicos, considerando también los valores genéticos y el riesgo asociado a niveles bajos de confiabilidad.

Los resultados se centraron en características clave como la ganancia diaria de peso (GDP), altura a la cruz, densidad de la leche y producción láctea a 305 días, priorizando especialmente las variables fundamentales para una producción lechera sostenible: Lactancia 305, densidad y GDP.

**Tabla 14:** *Valores de selección*

<b>Puesto</b>	<b>Animal</b>
1	Luna 15
2	Canela30
3	Jesy63
4	Dominga18
5	Martina07
6	Mocha16

En base a la selección masal, y considerando principalmente los caracteres fenotípicos, complementados con los valores genéticos (EBV) y sus respectivos niveles de confiabilidad (accuracy), se identificaron seis animales destacados, lo que representa aproximadamente el 10% del total evaluado.

En primer lugar, se encuentra la vaca Luna 15, que presenta un equilibrio general muy favorable. Aunque su altura es relativamente baja, compensa esta característica con una buena ganancia de peso, alta producción de leche y excelente densidad. En segundo lugar, se ubica la vaca Canela 30, previamente mencionada en los criterios de selección por su destacada producción láctea y buena estatura.

En tercer puesto está Jesy63, que posee grandes valores en cuanto a lactancia y ganancia diaria de peso, factores de gran relevancia en la selección. El animal Dominga 18 propiedad del señor Segundo Acosta, es un animal de gran tamaño, con producción media de leche pero pérdida de peso atribuible a su estado de parición durante la toma de datos.

Una situación similar ocurrió con Martina07, que presentó una alta densidad y buena producción, pero también pérdida de peso relacionada con su condición posparto. Finalmente,

Mocha16 ocupa el último lugar, debido a su baja producción de leche, pero valores notorios en ganancia de peso y densidad.

En términos generales, el análisis de los datos permite concluir que el manejo, la alimentación y el cuidado de los animales son factores determinantes en su desempeño productivo, ya sea en ganancia de peso, cantidad o calidad de leche.

## 8.5 COSTO DE PRODUCCION

### 8.5.1 Análisis económico actual

En la siguiente tabla se presentan los ingresos, ganancias, precio promedio por litro de leche y el costo promedio de producción por litro de cada uno de los productores evaluados. Estos datos reflejan el estado actual de la rentabilidad de los sistemas lecheros bajo condiciones reales de manejo y genética disponibles en la parroquia Santa Ana de Mulliquindil.

*Tabla 15: Análisis económico actual*

<b>Propietario</b>	<b>Ganancia actual</b>	<b>Precio prom/litro</b>	<b>Costo prom/litro</b>
David Orozco	124,80	0,38	0,1778
Griselda Orozco	106,66	0,38	0,1722
María Inés Correa	363,88	0,40	0,5728
Mariana de Jesús Acosta	1589,08	0,41	0,1981
Marlene Avilés	69,40	0,36	0,2185
Norma Peñafiel	2747,84	0,43	0,2347
Patricia Avilés	-35,69	0,25	0,4167
Segundo Acosta	135,86	0,39	0,3352
Silvia Espín	96,20	0,36	0,2481
Sixto Jiménez	2350,12	0,42	0,2023
Yolanda Quishpe	1040,44	0,41	0,3320

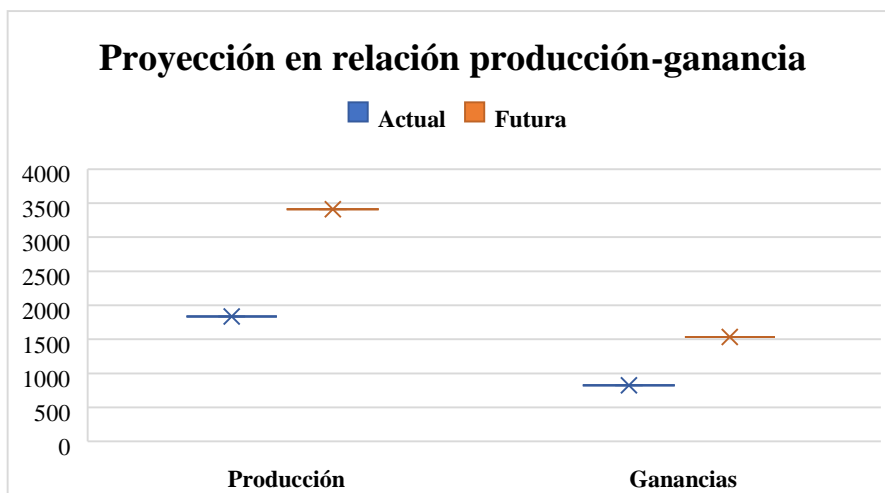
Se observa que productores como Sixto Jiménez, Norma Peñafiel y Mariana de Jesús Acosta mantienen una alta rentabilidad debido a una combinación de precios estables por litro y costos

de producción moderados, entre 0,19 y 0,23 USD. Por el contrario, casos como Patricia Avilés presentan pérdidas, asociadas a un bajo precio de venta (\$0,25/litro) y un alto costo de producción (\$0,4167/litro), lo que deja márgenes negativos de ganancia por litro.

### 8.5.2 Proyección productiva con animales seleccionados

Al implementar una estrategia de selección masal, se puede mejorar significativamente la productividad individual de las vacas sin necesidad de inversiones estructurales. Las vacas Luna 15 y Canela 30, seleccionadas mediante evaluación fenotípica, alcanzaron un promedio de 3.910,48 kg/lactancia, mientras que las vacas en promedio de rendimiento no superaron los 1.574,88 kg/lactancia.

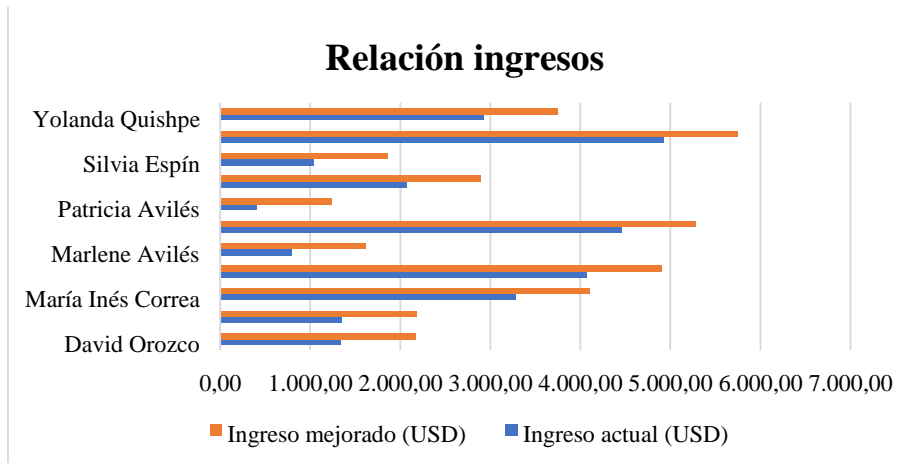
La diferencia de 1.835,60 kg representa un aumento de producción del 116% por animal. Considerando un precio referencial de \$0,45/litro, este incremento equivale a una ganancia adicional de \$826,02/año por vaca mejorada.



**Tabla 16:** *Proyección en relación producción- ganancia*

### 8.5.3 Simulación de impacto económico por productor

La siguiente tabla muestra cómo cambiaría el ingreso de cada productor si reemplazara de 1 vaca de bajo rendimiento por animales como Luna 15 o Canela 30:



**Gráfica 9:** *Relación de ingresos*

Este análisis evidencia que la selección masal, incluso con solo 1 vaca mejorada, puede transformar radicalmente la rentabilidad de los productores con márgenes bajos o pérdidas, como Patricia Avilés o Marlene Avilés. Al mismo tiempo, permite maximizar los beneficios de aquellos que ya presentan buenos resultados, como Sixto Jiménez o Norma Peñafiel

## 9. IMPACTOS DEL PROGRAMA GENETICO

### 9.1 Impacto técnico y productivo

El programa contribuyó a mejorar la toma de decisiones técnicas entre los productores, fortaleciendo la recolección de datos, el manejo reproductivo (mediante inseminación artificial y chequeos ginecológicos) y el uso de registros productivos. Esto resultó en una mejor organización y eficiencia del manejo del hato, promoviendo animales más sanos, productivos y adaptados a las condiciones locales.

### 9.2 Impacto social y ambiental

El acompañamiento técnico continuo fortaleció el conocimiento de los productores en nutrición, sanidad y manejo, generando un impacto positivo en su calidad de vida. No obstante, se evidenció la necesidad de involucrar a nuevas generaciones en el sector. En lo ambiental, el mal manejo de desechos animales aún representa un reto, aunque se proponen soluciones sostenibles como el uso de estos residuos como abono orgánico para mejorar los potreros.

### 9.3 Impacto económico

Si bien los costos de producción por litro de leche siguen siendo altos (alrededor de \$0.39), el programa ha permitido mejorar los rendimientos, optimizar los recursos y aumentar ligeramente la rentabilidad, alcanzando una ganancia anual de al menos \$826,02. La inseminación artificial gratuita y la asesoría técnica han sido claves para aumentar la calidad del hato y, con ello, el potencial productivo y económico de los pequeños productores.

## 10. CONCLUSIONES

- A lo largo del proceso de evaluación, se identificaron cuatro vacas con desempeño sobresaliente en características clave como la producción de leche, el crecimiento y la conformación corporal, lo que permitió seleccionar a estos animales por su mayor potencial productivo y adaptativo, contribuyendo así a fortalecer el hato ganadero local.
- El programa de selección basado en características observables permitió seleccionar seis ejemplares con resultados consistentes en indicadores productivos y morfológicos. (Luna, Canela, Jesy, Dominga, Martina y Mocha).
- Los resultados sugieren que, al enfocarse en reproducir animales con buen desempeño productivo, los ganaderos podrían obtener mejoras económicas notables. Incluso la incorporación de una sola vaca seleccionada puede representar una diferencia significativa en los ingresos anuales, especialmente en unidades productivas con márgenes ajustados.

## 11. RECOMENDACIONES

- Seguir manteniendo registros de las características fenotípicas en base a la productividad y reproductividad de cada animal (ganancia diaria de peso, densidad de leche, producción en 305 días, altura a la cruz y días abiertos). Con la finalidad de permitir seguir aplicando de forma precisa los criterios de selección genética, aumentando de manera paulatina el valor genético y la confiabilidad.
- Promover la capacitación continua de los productores en temas relacionados con el crecimiento de sus explotaciones, tales como la importancia de una nutrición adecuada según la etapa de crecimiento o reproductiva de los animales, la relevancia del consumo normal de agua en bovinos y el valor de la frecuencia de ordeño en relación con la producción de leche. De esta manera, se fortalecen sus conocimientos y se destaca el impacto de estos factores en la productividad animal y la rentabilidad.
- Optimizar los sistemas de alimentación con dietas balanceadas, integrando fuentes energéticas (ya sea en manera de silo o concentrado) y fibrosas (alfalfa), complementadas con minerales y vitaminas ajustadas a la etapa productiva de cada animal.

## 12. BIBLIOGRAFIA

1. Ecuador F. Estas son las provincias con mayor producción de leche [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.forbes.com.ec/rankings/estas-son-provincias-mayorproduccion-leche-n60834>
2. Ecuador F, FAO Ecuador, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Hammond K, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Bó GA, et al. Situación de la cadena láctea en la región andina [Internet]. Vol. 41, Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Quito: WCGALP; 2021. 35–44 p. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias/>
3. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Agenda de innovación tecnológica agropecuaria 2021–2025 [Internet]. Quito; 2021. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/agenda-de-innovacion-tecnologica-agropecuaria-20212025/>
4. Guevara-Freire D, Montero-Recalde M, Rodríguez A, Valle L, Avilés-Esquivel D. Quality of milk collected in small farms of Cotopaxi, Ecuador. *Rev Investig Vet del Peru*. 2019;30(1):247–55.
5. Gutierrez JP, Cervantes I GF. Evaluacion genética en ganado bovino: conceptos y aplicaciones prácticas. Madrid; 2016.
6. Gutierrez-Reinoso MA, Aponte PM, Garcia-Herreros M. Genomic analysis, progress and future perspectives in dairy cattle selection: A review. *Animals*. 2021;11(3):1–21.
7. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) [Internet]. Quito; 2020. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias/>
8. Bó GA, Baruselli PS, Menchaca A. Manejo reproductivo de vaquillonas de reemplazo en América Latina: aspectos fisiológicos y técnicos. *Rev Arg Prod Anim*. 2021;41(1):35–44.
9. Balarezo E, Flores JL, Toro-Jarrin MA. Milk Quality Improvement Program for SmallScale Dairy Farmers in Angochagua, Ecuador. *Sarhad J Agric*. 2024;40(4):1491–500.
10. Latina C, Cien R, Agropecuarias I. Costo real de producción del litro de leche, en pequeños ganaderos de la comunidad de Sivicusig, cantón Sigchos, Ecuador. *Cienc Lat Rev Científica Multidiscip*. 2021;5(4):4474–89.
11. FAO. Manejo y registro de la información en sistemas de producción bovina lechera familiar [Internet]. Roma; 2017. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i8207s/i8207s.pdf>
12. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome. Small-scale dairy farming manual. 1993;1(136):1–293.
13. Gen EDEM, Para T, Gesti LA, Zoogen SDELOSR. Estrategias de mejora genética para la gestión sostenible de los recursos zoogenéticos [Internet]. 2010. 138 paginas. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19086>

14. Mueller ML, Van Eenennaam AL. Synergistic power of genomic selection, assisted reproductive technologies, and gene editing to drive genetic improvement of cattle. *CABI Agric Biosci*. 2022;3:13.
15. Wikipedia contributors. Best linear unbiased prediction. 2025.
16. Simm G. Genetic improvement of cattle and sheep: putting science into practice. *J - R Agric Soc Engl*. 1997;158:97–107.
17. FM, BL M, BJ VD. Selection indices in Holstein cattle of various countries. *J Dairy Sci*. 2005;88(3):1255–63.
18. Van Vleck LD BK. Prediction of breeding values when records come from multiple herds. *J Dairy Sci*. 1993;
19. González-Recio, Oscar; Pryce JE. Optimizing genetic selection for sustainable dairy farming. *Anim Front*. 2020;10(1):27–36.
20. Meuwissen, Theo HE; Hayes, Ben J; Goddard ME. Genomic selection: A paradigm shift in animal breeding. *Anim Front*. 2021;11(6):8–14.
21. Falconer DS MT. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th ed. 1996.
22. PM V. Genomic measures of relationship and inbreeding. *J Dairy Sci*. 2008;
23. Meuwissen THE, Hayes BJ GM. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genet Sel Evol*. 2001;
24. Van Eenennaam AL, Weigel KA, Young AE, Cleveland MA, Dekkers JCM. Applied animal genomics: results from the field. *Annu Rev Anim Biosci*. 2021;9:163–87.
25. Misztal I, Legarra A, Aguilar I. Using BLUP and genomic models for genetic evaluation of livestock. *Genet Sel Evol*. 2020;52(1):1.
26. Lynch M, Walsh B. *Evolution and selection of quantitative traits*. Oxford: Oxford University Press; 2009.
27. Franco Crespo C, Morales Carrasco L, Lascano Aimacaña N, Cuesta Chávez A, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, Gen EDEM, et al. Composition, coagulation characteristics, and cheese making capacity of yak milk. *J Dairy Sci [Internet]*. 2022;11(2):1276–88. Disponible en: <https://www.veterinariadigital.com/en/articulos/milk-production-in-ecuador/>
28. Hill WG, Mackay TFC. Genetics and the understanding of quantitative traits. *Philos Trans R Soc London Ser B Biol Sci*. 2004;
29. Berry DP, Evans RD. Genetics of animal health and disease in cattle. *Ir Vet J*. 2011;
30. Mrode RA. *Linear Models for the Prediction of Animal Breeding Values*. 3a ed. Wallingford: CABI; 2014.
31. Haile-Mariam M, González-Recio O, Pryce JE. Genetic and environmental factors affecting milk yield and composition. *J Dairy Sci*. 2020;
32. Santos JEP, Risco CA. Factors affecting milk production and quality in dairy cattle. *Vet Clin Food Anim Pract*. 2020;36(3):427–44.

33. García-Ruiz A, Neiberghs HL, Hansen PJ. Genetic diversity and selection in dairy cattle breeds: implications for productivity and adaptability. *Front Genet.* 2016;
34. West JW. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2003;86(6):2131–44.
35. Ruegg PL. A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention. *J Dairy Sci* [Internet]. 2017;100(12):10381–97. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13023>
36. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. Informe nacional de producción lechera 2023. Quito; 2023.
37. GAD Municipal de Salcedo, Lynch M, Walsh B. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2023–2027 [Internet]. Vol. 31, *Ecological Genetics and Genomics*. Salcedo: Oxford University Press; 2024. Disponible en: <https://gadmsalcedo.gob.ec>
38. Silva FC, Barbosa JC, Rodrigues AS. Factors affecting milk quality: animal health and management practices. *J Dairy Sci.* 2020;
39. Poonia A, Jha A, Sharma R, Singh HB. Detection of adulteration in milk. 2023.
40. International Dairy Federation. Milk and milk products—Determination of density—Reference method. 2013.
41. Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ. *Dairy Science and Technology*. 2a ed. Boca Raton: CRC Press; 2006.
42. Romero J, Benavides E, Meza C, Hill WG, Bednarski M, Kupczyński R, et al. Assessing financial impacts of subclinical mastitis on Colombian Dairy Farms. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* [Internet]. 2016;113(1):23–42. Disponible en: <http://www.irishvetjournal.org/content/64/1/5>
43. Agrosavia. Costos de producción de leche. Bogotá: Centro de Investigación en Producción Agropecuaria; 2020.
44. Primicias. Los cinco cambios que impone la Ley para fijar el precio de la leche [Internet]. 2022. Disponible en: [https://www.primicias.ec/noticias/economia/leche-precio-leyecuador/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.primicias.ec/noticias/economia/leche-precio-leyecuador/?utm_source=chatgpt.com)
45. Cabrera Cevallos MR. Intermediación comercial y su impacto en la agricultura familiar campesina. 2023.
46. Wolf P. Nutrition of the high yielding dairy cow. En: Abubakar M, editor. *Bovine Science: Challenges and Advances*. IntechOpen; 2023.
47. Church DC, Pond WG. *Nutrición y alimentación animal*. 2a ed. México D.F.: Editorial Limusa; 2004.
48. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA. *Animal Nutrition*. 7a ed. Harlow: Pearson Education Limited; 2011. 350–380 p.
49. Underwood EJ, Suttle NF. *The Mineral Nutrition of Livestock*. 3a ed. Wallingford: CABI; 1999.

50. Radostits OM, Gay CC, Hinchcliff KW, Constable PD. *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats*. 10a ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2007.
51. Hernández MG, Pérez RG. Importancia de los registros productivos y genealógicos para la mejora genética en sistemas de producción familiar. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2018;9(2):263–77.
52. García HH, González JJ. La gestión de registros en sistemas ganaderos de pequeña escala en América Latina: impacto en la eficiencia productiva. *Rev Cient Agropecu*. 2020;21(1):45–58.
53. Villalba MA, Zambrano RA. Implementación de registros productivos en sistemas de producción familiar: desafíos y beneficios en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. *Rev Lat Am Prod Anim*. 2019;12(1):31–40.
54. Ruegg PL. A 100-year review: mastitis detection, management, and prevention. *J Dairy Sci*. 2017;
55. Vargas B, Arce A. Nutrición y manejo de vaquillas de reemplazo para lograr la edad ideal al primer parto. *Rev INIA*. 2019;33(1):45–52.
56. Bell AW, Greenwood PL. Gestational nutrition affects fetal growth and birth weight in cattle. *J Anim Sci*. 2016;94(suppl\_3):183–95.
57. National Research Council. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8th ed. Washington DC: The National Academies Press; 2016.
58. Sutter N, Bell A. Effects of high-altitude adaptation on cattle morphology: a review. *Livest Sci*. 2013;155(2):122–30.
59. Pinto S, Romero J, Castillo M. Calidad fisicoquímica de la leche bovina cruda en sistemas de producción familiar. *Agroproductividad*. 2013;6(2):42–8.
60. Bauman DE, Griinari JM. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu Rev Nutr*. 2003;23:203–27.
61. Gavilánez J, Ayala R, Simbaña M. Caracterización de la producción lechera en sistemas familiares de altura en Cotopaxi. *Rev Agropecu Andin*. 2020;10(1):52–60.
62. Ramírez-Restrepo CA, Martínez-Pulido JA, Rodríguez JF. Factores fisiológicos y ambientales que afectan la producción de leche en bovinos: una revisión. *Rev Colomb Ciencias Pecu*. 2019;32(3):181–95.
63. Wilde CJ, Henderson AJ KC. Metabolic adaptations in mammary gland during the declining phase of lactation. *J Dairy Sci*. 1997;
64. Erdman RA VM. Fixed milking intervals: Influence on production and mammary function. *J Dairy Sci*. 1995;
65. Hale SA, Capuco AV ER. Milk yield and mammary growth in Holstein cows subjected to different milking frequencies during early lactation. *J Dairy Sci*. 2003;
66. KR K, JP G, C S, JW W. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Anim Breed Abstr*. 1994;62(5):309–38.

67. Unspecified. Estimation of genetic parameters for BW and body measurements in Brahman cattle. Unspecified.