



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL
PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE
BOVINOS DE LECHE EN PUJILI (20 DE DICIEMBRE – LA**

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

Autor:

Moreira Zambrano Ana Raquel

Tutor:

Cristian Neptali Arcos Álvarez

LACATUNGA – ECUADOR

Febrero (2025)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Moreira Zambrano Ana Raquel, con cédula de ciudadanía N° 1725903973; declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN PUJILI (20 DE DICIEMBRE – LA MERCED)”**, siendo el DMV. Cristian Neptali Arcos Álvarez, Mg., 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, 18 de febrero del 2025



Ana Raquel Moreira Zambrano
Estudiante
CC: 1725903973

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 **MOREIRA ZAMBRANO ANA RAQUEL**, identificada con cédula de ciudadanía N° 1725903973, de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigsalema, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN PUJILÌ (20 DE DICIEMBRE – LA MERCED)**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico:

Inicio de la carrera: Octubre 2019 – Marzo 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2024 – Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de diciembre del 2024

Tutor: MVz. Cristian Neptalì Arcos Álvarez, Mg.

Tema: “**ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN PUJILÌ (20 DE DICIEMBRE – LA MERCED)**”

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

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

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en 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 17 días del mes de febrero del 2025.


Ana Raquel Moreira Zambrano
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 con el título:

“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN PUJILI (20 DE DICIEMBRE – LA MERCED)”, de Ana Raquel Moreira Zambrano, de la carrera de Medicina Veterinaria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedora 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, 17 de enero del 2025



DMV Cristian Neptali Arcos Álvarez, Mg

C.C: 1803675634

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: Moreira Zambrano Ana Raquel, con el título de Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN PUJILI (20 DE DICIEMBRE – LA MERCED)”** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometida al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 19 de febrero del 2025



MVZ. Cristian Fernando Beltrán, Mg
C.C: 0503001000
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



MVZ. Edie Gabriel Molina, Mg.
C.C: 1722547278
LECTOR 2 (MIEMBRO)



MVZ. Dina Marcela Veloz Veloz, MSc
C.C: 1720299302
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Primero de ante mano, quiero dar mis agradecimientos a la Universidad Técnica de Cotopaxi y especialmente a la carrera de Medicina Veterinaria la cual me ha dotado de conocimiento y experiencia durante esta etapa de mi vida, así como también a los docentes que impartieron su sabiduría para avanzar y mejorar a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco a mi familia que con su gran apoyo y cariño que me brindaron a lo largo de mis estudios vieron crecer a una joven con una mentalidad libre, humilde y respetuosa.

A mis padres por ser los pilares de apoyo incondicional, de amor y paciencia que con su gran esfuerzo, sacrificio y consejos me hicieron salir adelante demostrando que su hija puede alcanzar sus logros y metas propuestas.

A mi esposo e hijo cual los amo con todo mi corazón, que me han brindado su paciencia, su amor, su apoyo y su tiempo, haciéndome alcanzar mis metas y convertirme en una mejor persona.

Ana Raquel Moreira Zambrano

DEDICATORIA

Principalmente quiero dedicar esto a mis queridos padres Luis Gerardo Iza Copara y Deyci del Roció Zambrano quien con sus consejos, amor y sacrificios lograron forjar a una mujer con un gran carácter y con un corazón bondadoso.

A mi querido tío John Stalin Zambrano, que con su esfuerzo, dedicación y motivación ha sido una gran inspiración para demostrar que todo se puede lograr. A mis hermanos Mildred, Estefanía, Niurka, Luis y Steven que con su gran cariño y felicidad han sido pilares de motivación.

A mí querida pareja Andrés Stalin Salazar e hijo André Emilio Salazar que con su cariño y dedicación ha sido un pilar fundamental en mi vida y una gran inspiración.

Que Dios los guarde, proteja y que le dé una vida plena a mi lado.

Ana Raquel Moreira Zambrano.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE EN PUJILI (20 DE DICIEMBRE – LA MERCED)

Autora:

Ana Raquel Moreira Zambrano

RESUMEN

A pesar de que la región de Cotopaxi es considerada como una de las zonas más significativas de la nación para la producción de ganado vacuno y productos lácteos, no existen muchas apuestas estratégicas para impulsar su valor genético y potencial productivo, ya que carece de datos fenotípicos y genotípicos del ganado vacuno. Para ello se realizó el presente estudio en las parroquias La Merced y 20 de Diciembre del Cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, con el fin de evaluar el índice de selección en un programa de desarrollo genético de ganado lechero que sea sostenible. Con el fin de mejorar la genética bovina en la zona, se buscó determinar qué características se evaluaron, qué peso se le dio a cada una y cómo estas características afectaron la producción de leche y la eficiencia reproductiva. A lo largo de cinco meses (de octubre a febrero) se recogieron datos de 70 animales (terneros, novillas, vacas y vaconas) propiedad de 13 productores colaboradores. Entre los resultados notables cabe citar una ganancia media diaria de peso de [299,52] en gramos, una producción media de leche de [1767,16] litros de leche por lactación, una densidad media de leche de [29,94] en gramos por mililitro y una altura media a la cruz de [122,36] en centímetros. La explotación no es económicamente viable en las circunstancias actuales, a pesar de que el beneficio mensual previsto era de [306] dólares, cifra sensiblemente inferior al salario mínimo de \$460 dólares.

Palabras clave: Mejoramiento genético, Rentabilidad, Índice de selección, Producción lechera, Sostenibilidad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**“PROFITABILITY ANALYSIS OF THE SELECTION INDEX OF THE
SUSTAINABLE DAIRY CATTLE BREEDING PROGRAM IN PUJILI (LA MERCED
– 20 DE DICIEMBRE)”**

Author:

Ana Raquel Moreira Zambrano

ABSTRACT

Despite the fact that the Cotopaxi region is considered one of the most significant areas of the nation for the production of cattle and dairy products, there are not many strategic bets to boost its genetic value and productive potential, since it lacks phenotypic and genotypic data of cattle. For this purpose, the present study was carried out in the parishes of La Merced and 20 de Diciembre in the Pujilí Canton, Cotopaxi province, in order to evaluate the selection index in a genetic development program for dairy cattle that is sustainable. In order to improve cattle genetics in the area, we sought to determine which traits were evaluated, what weight was given to each one and how these traits affected milk production and reproductive efficiency. Over five months (October through February), data were collected from 70 animals (calves, heifers, cows and cows) owned by 13 collaborating producers. Notable results included an average daily weight gain of [299.52] in grams, an average milk production of [1767.16] liters of milk per lactation, an average milk density of [29.94] in grams per milliliter, and an average withers height of [122.36] in centimeters. The farm is not economically viable under the current circumstances, even though the expected monthly profit was [\$306] dollars, which is significantly less than the minimum wage of \$460 dollars.

Keywords: Genetic improvement, Profitability, Selection index, Dairy production, Sustainability.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. BENEFICIARIOS.....	3
3.1. Directos.....	3
3.2. Indirectos	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS	5
5.1. Objetivo general	5
5.2. Objetivos específicos	5
6. FUNDAMENTACIÓN TÉCNICO-CIENTÍFICA.....	5
6.1. La producción lechera en el Ecuador.....	5
6.2. Ganadería en el Ecuador.....	6
6.3. Producción de leche en la provincia de Cotopaxi y su mejoramiento	7
6.4. Mejoramiento genético	9
6.5. Parámetros genéticos.....	9
6.6. Heredabilidad	10
6.7. Índice de herencia	10
6.8. Genotipo y fenotipo.....	10
6.9. Correlación genética.....	11
6.10. Índice de mérito total	11
6.11. Pesos económicos.....	12
6.12. Respuesta de selección.....	12
7. VALIDACIÓN DE HIPOTESIS.....	12
8. METODOLOGÍA.....	13
8.1. Área de investigación.....	13
8.2. Tipo de estudio	14
8.2.1. Población de estudio	14
8.2.2. Valor económico.....	14
8.3. Valor genético.....	14
8.4. Costos de producción	15

8.5.	Ganancia diaria de peso	15
8.6.	Calidad de la leche.....	15
8.7.	Producción de leche	15
8.8.	Sanidad	15
8.9.	Respuesta a la selección	16
8.10.	Análisis de los datos.....	16
8.11.	Método BLUP.....	16
9.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	17
9.1.	Valor genético.....	18
9.5.	Producción de leche	23
9.6.	Valor genético.....	23
9.7.	Densidad de la leche – calidad.....	25
9.8.	Valor genético.....	25
9.9.	Costos de producción	26
9.10.	Respuesta a la selección	29
9.11.	Escenario económico.....	31
9.12.	Respuesta a la selección	32
9.13.	Escenario económico.....	33
9.14.	Respuesta a la selección	34
9.15.	Escenario económico.....	35
10.	IMPACTOS.....	36
10.1.	Impacto técnico	36
10.2.	Impacto económico	36
11.	CONCLUSIONES.....	36
12.	RECOMENDACIONES.....	37
1.	BIBLIOGRAFÍA	38

INDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Localización de sectores Merced y 20 de Diciembre, cantón Pujilí - Cotopaxi.....	13
----------------------	---	-----------

INDICE DE GRAFICAS

Grafico 1	GDP en Vacas.	18
Grafico 2	GDP en Vaconas	19
Grafico 3	GDP en terneras.....	19
Grafico 4	GDP en Terneros.	20
Grafico 5	Altura en Vacas.....	21

Grafico 6 Altura en Vaconas	22
Grafico 7 Altura en Terneras	22
Grafico 8 Valor genético de producción de leche.....	24
Grafico 9 EBV Densidad.....	25
Grafico 10 Valor genético de la densidad de leche.....	25
Grafico 11 Costos de producción de leche, parroquias La Merced – 20 de Diciembre	28
Grafico 12 . Respuesta a la selección de Ganancia Diaria de Peso	30
Grafico 13 Respuesta Selección de producción de leche	32
Grafico 14 Respuesta Selección de la densidad de leche	34

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ganado bovino productor de leche	6
Tabla 2 Ganado de doble propósito	7
Tabla 3 Promedios según el método BLUP	16
Tabla 4 EBV producción de leche	23
Tabla 5 Costos de producción por litro de leche.....	27
Tabla 6 Respuesta a la selección de Ganancia Diaria de Peso	29
Tabla 7 Respuesta a la selección - Producción de leche.....	32
Tabla 8 EBV Densidad	34

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto: Análisis de rentabilidad del índice de selección del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en Pujilì (20 de diciembre – La Merced)

Fecha de inicio: octubre – 2024

Fecha de finalización: marzo – 2025

Lugar de ejecución: Parroquias La Merced y 20 de diciembre - Cantón Pujilì - Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Unidad Académica que auspicia: Universidad Técnica de Cotopaxi

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: Ana Raquel Moreira Zambrano (anexo 1) – Cristian Neptalì Arcos Álvarez (anexo 2)

Área de conocimiento: Agricultura

Línea de investigación: Análisis, Conservación y Aprovechamiento de la Biodiversidad Local

Sublíneas de investigación: Biodiversidad, mejora y conservación de recursos zoogenéticos.

2. JUSTIFICACIÓN

Avanzar hacia una industria ganadera sostenible es crucial en un contexto global en el que las preocupaciones por el medio ambiente y el bienestar animal son cada vez más importantes (1). Por consiguiente, un programa de mejora genética sostenible tiene como objetivo promover métodos respetuosos con el medio ambiente y asegurar la conservación sostenible de los recursos naturales a futuro, además de impulsar la producción de leche (2).

Entre las actividades económicas más importantes del área rural de la provincia de Cotopaxi se encuentra la producción de lácteos. En este sentido, los métodos de selección genética-animal adecuados son esenciales ya que tienen un impacto directo en la productividad, rentabilidad y sostenibilidad del sector. (3). Los índices de selección que combinan datos sobre varias características son cruciales para optimizar este procedimiento e identificar con mayor precisión los mejores animales para la reproducción. Sin embargo, las características propias de cada región y del sistema industrial influyen considerablemente en la utilidad de estos índices (4).

La ganadería lechera y de cría de animales domina actualmente la economía rural de Ecuador, sobre todo en zonas como Cotopaxi. Por ello, estudios que examinen los índices de mejora genética pueden ayudar a impulsar la sostenibilidad, rentabilidad y capacidad productiva del sector. Esto permitirá identificar las áreas en las que se deben mejorar las características biológico-genéticas del ganado de la zona. Al aumentar la competitividad de los productores, la economía local puede beneficiarse de la aplicación de estas tácticas.

A nivel local, las parroquias La Merced y 20 de Diciembre, que se encuentran en el cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi, son comunidades rurales cuyas principales fuentes de ingresos son la ganadería bovina y lechera. A pesar de ello, estas regiones afrontan desafíos importantes debido a la gestión inadecuada y a la falta de datos fenotípicos y genotípicos de los bovinos, lo que limita el potencial productivo de los pequeños y medianos productores de la zona y dificulta la determinación del valor genético de los animales. (5).

En este sentido, será factible evaluar en qué medida estos algoritmos optimizan importantes características genéticas del ganado lechero, como la eficiencia alimentaria, la resistencia a las enfermedades y el volumen y la calidad de la leche, mediante el análisis de los índices

de selección (6). Según esa secuencia de conceptos, este proyecto de investigación producirá datos objetivos que servirán tanto para orientar a los productores en su toma de decisiones como para desarrollar políticas gubernamentales enfocadas en optimizar la cría de vacas.

3. BENEFICIARIOS

3.1. Directos

- Investigadores del proyecto – requisito previo a la obtención del título
- Pequeños y medianos productores de bovinos de leche en el Cantón Pujilí pertenecientes a las parroquias 20 de Diciembre y la Merced.

3.2. Indirectos

- Pobladores dedicados a la producción bovina en el cantón Pujilí y dentro de los distintos sectores, pertenecientes a la Provincia de Cotopaxi.
- Estudiantes pertenecientes a la carrera de Medicina Veterinaria que desempeñan actividades conjuntas a la salud de los animales en la industria bovina, además del pedido obligatorio de vinculación con la sociedad y elementos pertenecientes a la malla curricular.

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la provincia de Cotopaxi, más especialmente en el cantón Pujilí, la falta de capacitación adecuada de los productores en la gestión del hato lechero representa un desafío para garantizar la rentabilidad y sostenibilidad de un programa de mejoramiento genético bovino, así como su eficiencia en la producción de leche. Esto indica que, al momento de adquirir ganado, los ganaderos de la zona no consideran los rasgos genotípicos requeridos para potenciar la productividad de los animales.

Por otra parte, otro de los retos radica en la posibilidad de equilibrar los considerables costos iniciales con los beneficios a largo plazo (que muchas veces toman tiempo en materializarse) (6). Estas inversiones incluyen no solo tecnología avanzada y la adquisición de animales de alta calidad genética, sino también la capacitación de productores y la implementación de sistemas de gestión eficientes. Para muchos productores, especialmente

los de pequeña escala, este retraso en la obtención de ganancias puede resultar desmotivador y limitar su disposición a participar activamente en el programa (7).

Además, la capacidad de adaptar las mejoras a las condiciones locales -lo que implica tener en cuenta elementos como el clima, la disponibilidad de recursos, las técnicas agrícolas y las necesidades particulares de las comunidades- es crucial para la eficacia de la modificación genética. (8). Este proceso requiere de análisis técnicos especializados que no siempre están al alcance de los productores, sobre todo en regiones en las cuales el acceso a la educación y a la asistencia técnica es bastante limitado (9).

Sin embargo, si se gestiona de forma inadecuada, el programa puede tener efectos perjudiciales para el medio ambiente que pongan en peligro su sostenibilidad a largo plazo. La intensificación de la producción puede generar un incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero o un uso excesivo de recursos naturales, como la tierra y el agua (10). Por ejemplo, un aumento en el tamaño y la intensidad de los rebaños para maximizar la producción podría ejercer una presión desproporcionada sobre los sistemas de riego, agotando fuentes de agua subterránea o superficiales (11).

De igual forma, el sobrepastoreo o el uso intensivo de tierras agrícolas podría degradar los suelos, reduciendo su fertilidad, incrementando la erosión y disminuyendo la capacidad productiva del terreno a largo plazo (12). Otros riesgos asociados incluyen la contaminación de fuentes de agua por el manejo inadecuado de desechos animales, lo que podría afectar tanto los ecosistemas acuáticos como las comunidades humanas (13).

Por tanto, es crucial que los programas de mejoramiento genético incluyan estrategias de gestión ambiental que minimicen estos riesgos. Adoptar técnicas agroecológicas, programas eficaces de gestión de residuos y una estrategia global que dé prioridad a la reducción de emisiones y a la preservación de los recursos naturales pueden ayudar a conseguirlo. (14). Solo al abordar estos desafíos ambientales de manera proactiva será posible garantizar que los beneficios económicos del programa sean verdaderamente sostenibles y que no se obtengan a costa del deterioro del entorno natural (15).

Estos efectos no solo representan un riesgo para el entorno, sino que también pueden afectar la percepción pública del programa y generar restricciones regulatorias que dificulten su continuidad. Por lo tanto, es esencial que el diseño e implementación de estos

programas incluyan estrategias que promuevan la sostenibilidad económica, social y ambiental, integrando prácticas que minimicen los impactos negativos y potencien los beneficios para los productores y las comunidades involucradas (16).

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

-Analizar la rentabilidad del índice de selección del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en los sectores La merced y 20 de Diciembre.

5.2. Objetivos específicos

- Determinar el valor genético de fenotipos seleccionados dentro de cada sector de estudio.
- Estimar el peso económico del índice de selección de los fenotipos del programa de mejoramiento genético en los sectores de la merced y 20 de Diciembre.
- Simular mediante escenarios económico la respuesta a la selección el programa de mejoramiento genético.

6. FUNDAMENTACIÓN TÉCNICO-CIENTÍFICA

6.1. La producción lechera en el Ecuador

La producción lechera de Ecuador ha aumentado significativamente en el último tiempo. Según el Ministerio de Agricultura, la producción de leche aumentó un 2% respecto al año anterior hasta alcanzar una media de 5 millones de litros diarios en 2023. (17). Las provincias de Pichincha, Manabí, Azuay y Cotopaxi se encuentran entre las principales regiones productoras. A pesar de su expansión, la industria se enfrenta a numerosos obstáculos. Debido a consideraciones económicas y climáticas, los productores han expresado su preocupación por los crecientes costes de la alimentación del ganado y de los insumos (18). Además, los precios locales se ven presionados por la competencia de los productos lácteos importados, lo que repercute en la rentabilidad, sobre todo de los pequeños y medianos productores. (19).

Ante estos problemas, el gobierno ha implementado medidas de apoyo al sector lácteo, como programas de asistencia técnica, financiamiento para tecnología y mejoras en la cadena de frío. El objetivo de estas iniciativas es elevar el nivel y la competitividad de la leche ecuatoriana en el mercado nacional e internacional. (20). A nivel global, la producción de leche ha mostrado un crecimiento considerable en las últimas décadas. La FAO calcula que la producción mundial aumentará un 77%, de 524 millones a 930 millones de toneladas, entre 1992 y 2021. (21).

Los productos importados, que con frecuencia entran en Ecuador sin cumplir las normas de higiene y calidad exigidas, son otra amenaza para la industria lechera del país. A pesar de todos estos retos, las condiciones climáticas y la fertilidad de los suelos en Ecuador favorecen el crecimiento de pastos y forrajes que optimizan la producción y calidad de la leche, representando una valiosa oportunidad para el desarrollo y expansión de la industria lechera en el país (22).

6.2. Ganadería en el Ecuador

En Ecuador, la ganadería presenta una actividad fundamental para las zonas rurales, con la producción de leche concentrada en la Sierra, la de carne en la Costa y sistemas de doble propósito en regiones tropicales (23). Si bien existen grandes haciendas tecnificadas, la mayoría de los ganaderos son pequeños productores que enfrentan desafíos como el incremento en los costos de insumos, la competencia de productos extranjeros y los efectos del cambio climático. Para garantizar su competitividad y sostenibilidad, es necesario mejorar la sanidad animal, modernizar las prácticas productivas y facilitar el acceso a los mercados (24).

Tabla 1 Ganado bovino productor de leche

Tipo de ganado	Características	Objetivo principal
Holstein	Alta producción láctea, requiere climas templados y buenos cuidados.	Es una de las razas más comunes para la producción de leche en Ecuador.

Jersey	Resistente, eficiente en pastoreo y adaptable a diversas condiciones.	Productora de leche de alta calidad con mayor contenido de grasa y proteínas.
Brown Swins	Buena producción de leche y resistencia a enfermedades.	Se adapta bien a climas diversos, especialmente a zonas templadas y altas.

Tabla 2 Ganado de doble propósito

Tipo de ganado	Características	Objetivo principal
Gyr	Resistente al calor y a condiciones adversas.	Adaptada a climas cálidos, con buena producción de leche y carne.
Simbrah (cruce de Simmental y Brahman)	Produce tanto leche como carne, con buena adaptabilidad.	Popular en áreas tropicales, combina resistencia y productividad.
Criollo	Rusticidad, resistencia y rendimiento moderado en leche y carne	Es una raza adaptada a las condiciones locales, utilizada en sistemas de producción tradicional.

En relación a la provincia de Cotopaxi esta se posesiona en una de las más resaltadas en cuanto a la producción ganadera, contando con ganado vacuno (313.391), porcino (130.610), ovino (198.816), asnal (12.057), caballo (12.873), mular (4.723) y caprino (1.142) (7). Con el fin de apoyar a la industria agropecuaria, el Ministerio de Agricultura y Ganadería destinó más de 1 millón 515 mil dólares en mayo de 2023 en beneficio de más de 24 460 personas de la zona rural de Cotopaxi. (8).

6.3. Producción de leche en la provincia de Cotopaxi y su mejoramiento

Cotopaxi, una de las provincias productoras de leche más importantes de Ecuador, contribuye sustancialmente a la industria láctea del país. (25). Su producción diaria oscila entre 650.000 y 755.000 litros, posicionándola como líder en este ámbito (26). No obstante, problemas como las sequías y las heladas han afectado la disponibilidad de alimento para

el ganado, reduciendo la producción en algunos casos hasta un 50%, lo que equivale a cerca de 384.000 litros diarios (27).

Para ayudar a los pequeños y medianos productores a hacer frente a estos problemas, se han introducido programas de formación y asistencia. Mejorar la calidad de la leche, racionalizar los procedimientos de recogida y comercialización y fomentar prácticas más sostenibles son los objetivos de estas iniciativas, que ayudarán al sector a afrontar mejor los retos económicos y climáticos (28).

La promoción de la producción lechera de Cotopaxi se ha enfocado en diversas estrategias para mejorar tanto la calidad como la cantidad del producto y, al mismo tiempo, hacer más competitivos a los productores locales. (29). Entre las principales acciones se incluyen la capacitación técnica para pequeños y medianos productores, con énfasis en prácticas sostenibles, nutrición adecuada para el ganado y manejo eficiente de los recursos (30). Además, se han llevado a cabo proyectos para modernizar los sistemas de acopio y transporte, lo que asegura que la leche se mantenga en buenas condiciones durante su distribución.

También se ha mejorado el acceso a insumos, tecnología y financiamiento, lo que permite a los ganaderos invertir en infraestructura como establos, sistemas de riego y conservación de pastos (31). El fortalecimiento de las asociaciones de productores ha sido esencial para optimizar la comercialización y obtener mejores precios en el mercado (32). Estas acciones han ayudado a aumentar la producción y a enfrentar desafíos como las condiciones climáticas desfavorables y la competencia en la industria láctea.

La provincia de Cotopaxi, ubicada en la región central de la Sierra ecuatoriana, abarca un territorio de 6.569 km². Entre sus actividades económicas más destacadas se encuentran la producción de leche y la cría de ganado bovino para carne. Se calcula que en esta provincia se producen diariamente 590.000 litros de leche, de los que el 84% se vende y el 16% se destina a otros usos. El precio oficial de la leche en aquel momento era de 0,42 céntimos, pero debido a la baja demanda, se redujo a 0,35 céntimos. Esto provocó pérdidas en la inversión y una economía débil. (9).

6.4. Mejoramiento genético

El mejoramiento Genético es un proceso científico que tiene como objetivo mejorar las características hereditarias de animales o plantas para obtener individuos con cualidades más beneficiosas, como mayor productividad, resistencia a enfermedades o una mejor adaptación a diferentes condiciones (33). Este proceso se lleva a cabo seleccionando y cruzando aquellos individuos que muestran las mejores características, con el propósito de transmitir esas cualidades a las siguientes generaciones.

Por ejemplo, se emplea en ganadería para aumentar la producción de leche, carne o lana, mejorando la sostenibilidad y eficiencia del sector. Además, el uso de tecnologías como la genética molecular y la inseminación artificial ha permitido avances significativos en la obtención de resultados más rápidos y precisos, lo que optimiza los rendimientos y reduce los costos de producción (34).

En la provincia ecuatoriana de Cotopaxi, diversos programas han establecido como objetivo mejorar la genética del ganado para incrementar la producción de leche.

6.5. Parámetros genéticos

Las medidas conocidas como parámetros genéticos explican cómo se transmiten los rasgos hereditarios a lo largo de las generaciones de una población (35). Entre los más importantes se encuentran la heredabilidad, que indica qué proporción de la variación de un rasgo es genética, y el valor de cría, que refleja la contribución genética de un individuo a su descendencia (36). También se consideran la correlación genética (que muestra la relación entre diferentes rasgos hereditarios) y la desviación estándar (que mide la variabilidad genética en una población).

Además, el índice de selección es utilizado para combinar varios rasgos de interés y seleccionar a los mejores individuos para la reproducción, con el fin de mejorar características específicas de la población. Estos parámetros son esenciales en los programas de mejoramiento genético para optimizar la calidad y rendimiento de las especies (37).

6.6. Heredabilidad

Heredabilidad es un parámetro genético que mide la proporción de la variación total de un carácter en una población que es atribuible a la variabilidad genética, es decir, a las diferencias hereditarias entre los individuos. Esta medida ayuda a entender qué tan influenciado está un rasgo por la genética en comparación con los factores ambientales (38). Si un carácter tiene una alta heredabilidad, significa que es más probable que los descendientes hereden ese rasgo de sus progenitores y, por lo tanto, es más fácil mejorar dicho rasgo a través de la selección genética. En cambio, un rasgo con baja heredabilidad está más influenciado por el ambiente, lo que dificulta la mejora genética (39).

6.7. Índice de herencia

Es un indicador que refleja la efectividad en la transmisión de características hereditarias de los padres a su descendencia. Este índice puede incluir varias características de interés, ayudando a los genetistas y criadores a seleccionar individuos que no solo sean genéticamente superiores en un aspecto, sino que también transmitan una combinación deseada de características a su descendencia (40). Dicho de otro modo, el índice de heredabilidad es una herramienta que ayuda a los programas de cría a tomar decisiones combinando múltiples características genéticas en un único valor. (41).

6.8. Genotipo y fenotipo

El conjunto de información genética que contiene el ADN de un individuo transmitido por sus padres se denomina genotipo. Representa la constitución genética interna de un organismo, es decir, los genes específicos que posee para ciertos rasgos (42). El genotipo es la base genética que determina las características potenciales de un organismo, pero no siempre se manifiesta de manera directa debido a la influencia de factores ambientales (43).

Por el contrario, el fenotipo es la expresión visible o expresiva de las características de un organismo que surge de la interacción entre su entorno y su genotipo. El color de los ojos, la estatura, el grupo sanguíneo, la capacidad de una vaca para producir leche y la resistencia a las enfermedades son ejemplos de fenotipos. (44). Mientras que el genotipo es constante y heredado, el fenotipo puede cambiar a lo largo de la vida del individuo debido a factores ambientales, aunque siempre estará limitado por la información genética que posee.

6.9. Correlación genética

Desde la percepción de la estadística, las correlaciones genéticas describen la relación entre dos o más características heredables dentro de una población, indicando cómo los genes que influyen en un rasgo también afectan a otros (45). Del mismo modo, la mayoría de los sistemas dedicados a la producción y a la mejora genética se centran en todos los caracteres pertinentes para el productor y no en uno solo. En esta situación, las respuestas derivadas dependerán del grado de conocimiento de la correlación -la relación actual entre los rasgos-, por lo que es esencial comprender el grado de asociación entre los rasgos elegidos (10). Existen tres tipos principales de correlaciones genéticas:

- Correlación genética positiva: Se da cuando los genes que afectan un rasgo también favorecen otro. Esto implica que, si un individuo tiene una característica favorable en un rasgo, es probable que también la tenga en otro. Por ejemplo, un ganado que es genéticamente eficiente en la producción de leche también podría tener una buena calidad de carne si ambos rasgos están positivamente correlacionados.
- Correlación genética negativa: Sucede cuando los genes que afectan un rasgo tienen un efecto contrario en otro. Esto significa que mejorar un rasgo podría perjudicar al otro. Un ejemplo es cuando se busca aumentar la producción de leche, pero eso puede reducir la calidad de la leche si los rasgos están negativamente correlacionados.
- Correlación genética nula: Ocurre cuando no hay relación genética entre dos rasgos, es decir, los genes que afectan uno no influyen en el otro. Esto implica que mejorar un rasgo no tendrá impacto directo sobre el otro.

6.10. Índice de mérito total

En las iniciativas de mejora genética, sobre todo en la cría de ganado vacuno, el Índice de Mérito Total (IMT) es una técnica utilizada para evaluar y elegir los mejores animales para la cría. Este índice combina varias características significativas, como la salud, la fertilidad, la calidad de la carne y la producción lechera, en una única puntuación numérica que representa el rendimiento total de un animal.

El objetivo principal del IMT es identificar aquellos individuos que, en conjunto, presenten las mejores cualidades genéticas, maximizando la productividad y eficiencia de la

población. El índice toma en cuenta tanto las características deseadas como los costos asociados a la mejora de cada rasgo (46). Además, su cálculo puede variar según los objetivos específicos del programa de mejoramiento, permitiendo priorizar ciertos rasgos en función de las necesidades del productor o las condiciones del mercado. El uso del IMT facilita la selección de animales con alto potencial genético, mejorando las características deseadas a largo plazo (47).

6.11. Pesos económicos

El peso económico, según Legarra et al. (7), es el valor de los cambios en beneficio de la modificación genética en estos términos, manteniendo los demás rasgos en su nivel medio. En consecuencia, los animales se eligen para maximizar la rentabilidad de las generaciones siguientes.

Ante lo mencionado, los pesos económicos indican el valor aumentado en el beneficio económico al mejorar genéticamente una característica determinada. En otras palabras, si la producción de leche por vaca aumenta, el productor puede obtener mayores ingresos, siempre que los costos relacionados no crezcan en la misma proporción. Por lo tanto, comprender y calcular oportunamente estos pesos es importante para orientar los esfuerzos de selección hacia características que maximicen la rentabilidad del sistema productivo (7).

6.12. Respuesta de selección

Con el fin de identificar y elegir con precisión los animales con los mejores valores genéticos para servir de progenitores, la respuesta de selección busca maximizar la tasa de cambio genético. Se fundamenta en la diferencia entre el promedio del valor fenotípico de los animales seleccionados como progenitores y la media de las generaciones anteriores a la selección. Dicho de otro modo, la diferencia entre el valor fenotípico medio de la descendencia elegida y la media de la descendencia antes de la selección determina la respuesta de selección.

7. VALIDACIÓN DE HIPOTESIS

Hipótesis Nula (H_0):

La rentabilidad de los productores de los sectores La Merced y 20 de Diciembre no se ve impactada significativamente por el índice de selección del programa de mejoramiento genético sustentable para ganado lechero.

Hipótesis Alternativa (H₁):

La rentabilidad de los productores de los sectores La Merced y 20 de Diciembre se ve significativamente impactada por el índice de selección del programa de mejoramiento genético sustentable de ganado lechero.

8. METODOLOGÍA

8.1. Área de investigación

Este estudio se llevó a cabo en las parroquias Merced y 20 de Diciembre, pertenecientes al cantón Pujilí, en la provincia de Cotopaxi. Pujilí está situado en la zona media occidental, a una altitud que varía entre 2.900 y 3.300 metros sobre el nivel del mar. La parroquia abarca un área de 21,6 kilómetros cuadrados.

Ilustración 1 Localización de sectores Merced y 20 de Diciembre, cantón Pujilí - Cotopaxi



Fuente: Google Maps

8.2. Tipo de estudio

Dado que la información sobre los animales registrados y los costes de producción se recopiló con el fin de determinar qué ejemplares serían los más adecuados para los programas de mejora genética, el estudio fue observacional descriptivo.

8.2.1. Población de estudio

Las parroquias Merced y 20 de Diciembre del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi fueron los sitios de recolección de datos. Había siete productores en la parroquia 20 de Diciembre y seis en la parroquia Merced. En cada sección había setenta vacas lecheras en producción.

8.2.2. Valor económico

Para calcular el valor económico, se han identificado tres atributos clave para optimizar la producción láctea: el incremento de peso (IP), el rendimiento lechero (RL) y la concentración de sólidos en la leche (CSL). Estos factores buscan maximizar las ganancias de los ganaderos mediante la mejora en la calidad del producto, lo que permite acceder a mejores precios y aumentar la rentabilidad.

8.3. Valor genético

El acopio de la información particular de cada vaca fue llevado a cabo en los meses correspondientes a noviembre, diciembre y enero considerando datos relevantes como el peso, la mastitis, la concentración de sólidos, la temperatura y el número de litros de leche producidos. Por lo tanto, en las descripciones se incluyó información mensual sobre los costes de producción, el peso de los animales (en kilogramos), los litros de leche obtenidos (en kilogramos), la densidad del producto, la altura de los animales (en centímetros) y la incidencia de la mastitis.

Para obtener estas mediciones, se emplearon distintas herramientas, incluyendo la prueba de mastitis de California (CMT) para detectar la enfermedad, un lactodensímetro para evaluar la calidad de la leche y una cinta métrica bovina para estimar el peso del ganado. Aunque el valor genético de cada animal se determinó mediante el método BLUP, el lactodensímetro también permitió registrar la temperatura y la densidad de la leche.

8.4. Costos de producción

Trece productores lácteos facilitaron información. El registro contenía información sobre la cantidad de leche recibida cada mes, los gastos extraordinarios, el dinero obtenido por la comercialización de terneros y el valor de las ventas de leche. A partir de estas estadísticas se examinaron los costes e ingresos de cada productor.

8.5. Ganancia diaria de peso

Se empleó una cinta métrica bovina como una herramienta eficaz para estimar el peso del ganado. Para realizar la medición, la cinta se colocó alrededor del pecho del animal, justo detrás de las patas delanteras y a la altura de la cruz.

8.6. Calidad de la leche

La temperatura y la densidad de la leche se midieron con un lactodensímetro para evaluar su calidad. Para medir estos parámetros, la leche también se introdujo en un tubo de ensayo sin espuma.

8.7. Producción de leche

Para medir este parámetro, fue esencial utilizar una balanza electrónica. Se tuvo en cuenta la frecuencia con la que los socios ordeñaban diariamente (una o dos veces al día). Para aquellos que realizaban dos ordeños diarios, se registraron los pesos en ambas ocasiones y luego se sumaron los resultados obtenidos para obtener el valor final.

8.8. Sanidad

Se identificó que los 13 socios realizaban el ordeño de manera exclusivamente manual. Para detectar posibles afecciones en la ubre, se aplicó la prueba de mastitis de California (CMT). Se tomó una pequeña muestra de leche de cada cuarto de la ubre tras separar los pezones. Luego, se agregó el reactivo a cada muestra y se mezcló suavemente con movimientos circulares para asegurar una combinación adecuada y obtener el resultado esperado.

Tomando en cuenta los aspectos mencionados, es relevante destacar que las mediciones se llevaron a cabo cada 30 días en los meses de noviembre, diciembre y enero. Esto permitió monitorear la ganancia de peso, la producción de leche y la densidad láctea de cada animal.

8.9. Respuesta a la selección

Para poder seguir con en el análisis de datos, se utilizó la siguiente formula:

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

h^2 : heredabilidad de cada carácter

i : intensidad de selección

a : precisión de la estima del valor genético obtenido del BLUP

IG: intervalo generacional

8.10. Análisis de los datos

Se llevó a cabo un análisis estadístico para relacionar los resultados con la composición genética de cada animal. Para estimar el valor genético mediante el modelo animal, se empleó el método BLUP, el cual considera tanto la variabilidad genética como la influencia del ambiente en las estimaciones genéticas individuales.

8.11. Método BLUP

Este método se emplea para evaluar el valor genético de un animal o de un modelo animal. Se considera una estrategia que incorpora tanto la variabilidad genética como las influencias del entorno, permitiendo una estimación personalizada del valor genético.

Su fórmula se basó en $Y=Xb+Zu+e$

El fenotipo que corresponde al rasgo de selección se denota por «Y», la matriz de efectos fijos por «X», el efecto variable por «b», el efecto aleatorio por «Z», el parentesco por «u» y el error por «e».

Tabla 3 Promedios según el método BLUP

BLUP	
Criterio	Promedio
Leche	1767.16
GDP	299.52
Densidad	26.94
Altura	122.36

El promedio de producción de leche, que se encuentra en 1.767,16 litros, representa una cifra relevante que muestra una producción relativamente alta en comparación con otras unidades de producción de leche, logrando ser un indicativo de una gestión eficiente del rebaño y de una alimentación adecuada, lo que podría implicar que el programa de mejoramiento genético ha tenido un impacto positivo en la productividad de la leche.

Por otro lado, los valores de GDP (299,52 g/día), altura (122,36) y densidad (26,94) también ofrecen información relevante sobre la eficiencia del ganado, esto considerando el crecimiento diario promedio destaca que los animales están ganando peso a un ritmo constante, lo cual es importante para la optimización de la producción. La densidad, aunque no está directamente relacionada con la producción de leche, refleja características físicas importantes del ganado, como la estructura corporal y la capacidad para soportar condiciones de alta producción.

Para calcular el fenotipo correspondiente se utilizaron las siguientes formulas:

GDP

$P \text{ inicial (kg)} - P \text{ final (kg)} / \text{días entre pesos} * 1000$

PL 305 DÍAS

Fecha del último parto - fecha de las mediciones; predicción a los 305 días

DENSIDAD

Promedio de todas las mediciones de densidad ajustadas según la temperatura de la leche.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

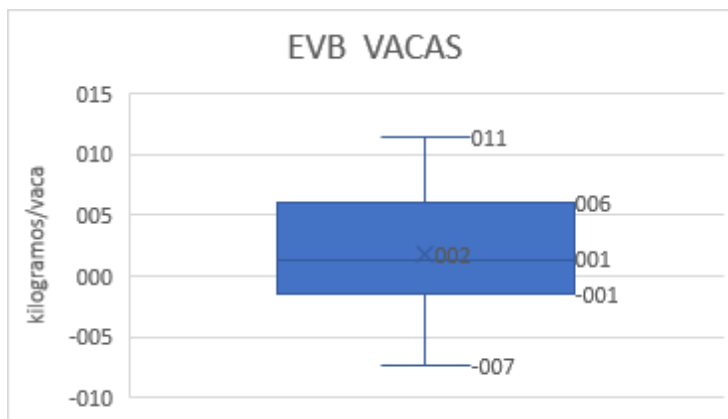
En el análisis de resultados se destacan los datos estadísticos más pertinentes sobre 13 productores de las provincias 20 de Diciembre y La Merced del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi.

9.1.1 Ganancia diaria de peso

Se determinó la Ganancia Diaria de Peso (GDP) de 70 bovinos (terneros, novillas, vacas y vaquillas) de 13 productores de la provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí, parroquias 20 de Diciembre y La Merced.

9.1. Valor genético

Grafico 1 GDP en Vacas.

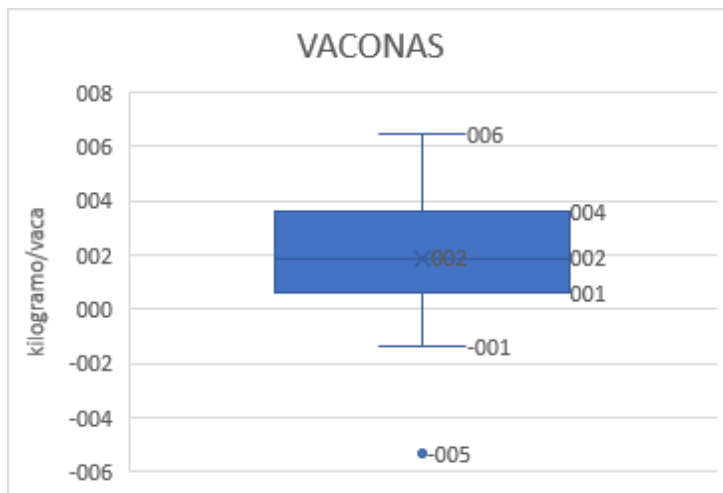


El gráfico muestra los resultados del aumento de peso diario en la parroquia de 20 de Diciembre-La Merced, con kilogramos/vaca representando el eje Y.

En la siguiente grafica el valor genético estimado o EBV se observa que en el PIB el rango de EBV fluctúa desde 300,19 gramos por día en el animal que ha tenido un menor desempeño hasta -730,21 gramos por día en el que menor desempeño ha mostrado, destacando que el términos de heredabilidad y potencial productivo, la selección genética influye directamente en ambos rasgos, aunque en una magnitud y expresión fenotípica diferente.

Por otra parte, se puede evidenciar que el rango de valores negativos en cuanto a la ganancia de peso producida es más amplio, puesto que varias vacas registraron EBV inferiores a -5,30 reflejando que la variabilidad genética en este rasgo puede llegar a ser más pronunciada o con mayor influencia por factores ambientales adversos.

Grafico 2 GDP en Vaconas

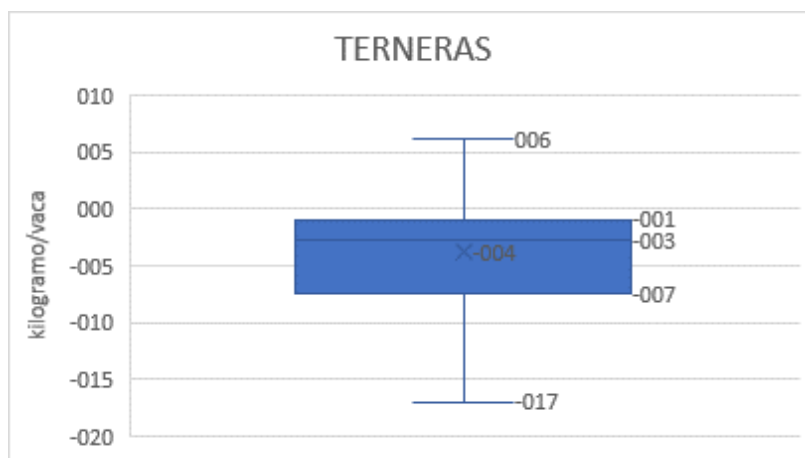


El gráfico muestra los resultados del aumento de peso diario en vaconas en la parroquia de 20 de Diciembre-La Merced, con kilogramos/vaca representando el eje Y.

De manera similar al caso anterior, se comparó el valor genético estimado de la ganancia diaria de peso con el de las vacas. Se comprobó que, en general, la dispersión de los valores en este último grupo es menor que en el vacuno, ya que, en las vacas, los valores máximos superan los 300 gramos diarios, mientras que los mínimos oscilan entre 6,43 y -5,32. Esta variabilidad indica que el potencial genético de crecimiento es más homogéneo.

La diferencia presentada se puede relacionar con factores como la alimentación, la adaptación al entorno o la genética heredada puesto que, a diferencia de las vacas y de los bovinos en general, en las vaconas la variabilidad es más reducida, considerando que la selección genética puede ser más efectiva en este grupo si se enfoca en mejorar progresivamente los valores EBV a través de la reproducción selectiva.

Grafico 3 GDP en terneras

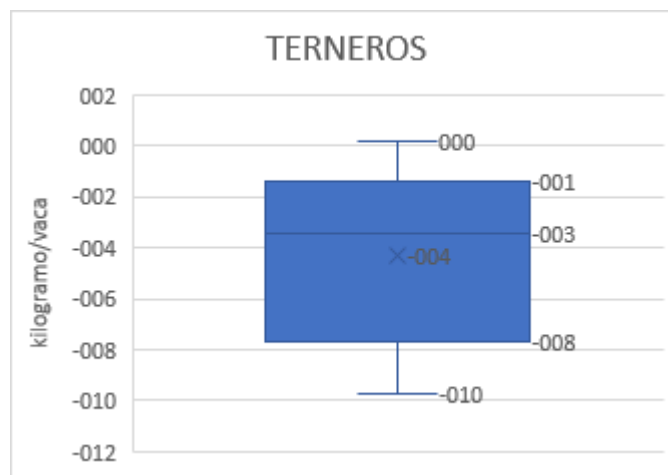


El gráfico muestra los resultados del aumento de peso diario en terneras la parroquia de 20 de Diciembre-La Merced, con kilogramos/vaca representando el eje Y.

En cuando a la gráfica presentada en relación a las terneras se aprecia que mientras el valor más alto registrado es de 6,17, los valores negativos alcanzan hasta -16,97, dejando visible una amplia variabilidad genética dentro de este grupo de modo que, a diferencia de las vaconas, donde la mayoría de los EBV eran positivos, en terneras predominan los valores negativos, sugiriendo que un número significativo de estos animales posee un menor potencial genético para la ganancia de peso.

Además, la diferencia entre la ternera con el mayor EBV (6,17) y la de menor EBV (-16,97) es considerablemente amplia, llevando a determinar que existen grandes variaciones en la capacidad de crecimiento dentro de este grupo etario.

Grafico 4 GDP en Terneros.



El gráfico muestra los resultados del aumento de peso diario en vaconas en la parroquia de 20 de Diciembre-La Merced, con kilogramos/vaca representando el eje Y.

A diferencia de las novillas y las vacas, en las que al menos algunos individuos mostraron valores positivos mayores, la mayoría de los valores genéticos estimados (VGE) de los terneros resultaron negativos, con la excepción de un individuo, que tuvo un VGE de 0,17. Por ende, la distribución de los EBV en terneros indica que, en general, este grupo tiene un menor potencial genético para la ganancia de peso en comparación con otros segmentos del ganado evaluado. Asimismo, la diferencia entre el mejor y el peor ternero en términos de EBV es de aproximadamente 9,93 puntos, la posibilidad de estas variaciones es visibles en el desempeño genético dentro del grupo.

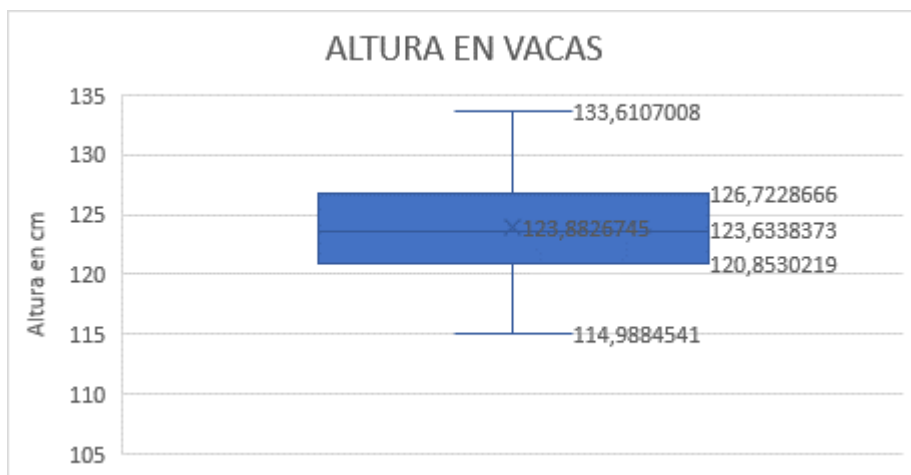
Se analizó el potencial genético de las características reproductivas y productivas en un rebaño de conservación de ganado criollo colombiano Romosinuano. Para estimar el valor genético de los animales, se emplearon las Diferencias Esperadas de Progenie (DEP), considerando rasgos reproductivos en hembras, como la edad al primer parto y los intervalos entre partos, así como características de crecimiento, incluyendo el peso al nacimiento, al destete y a los 16 meses en terneros, además del peso al parto y al destete en vacas. (49).

Dado que los coeficientes de regresión (r^2) se situaron en torno a cero, la diversidad genética de los caracteres evaluados se mantuvo a pesar de estas variaciones en los PED. Tras estimar la capacidad de producción más probable (CPMP) de cada vaca (50), se descubrió una asociación lineal elevada entre el valor genético (DEP) y la CPMP para los pesos al nacimiento ($r = +0,91$) y al destete ($r = +0,79$). El intervalo intergeneracional calculado del rebaño fue de 4,96 años, con una diferencia entre machos y hembras de 3,92 y 6,99 años, respectivamente. (51).

9.2. Altura en Vacas

Se examinó la alzada de 40 vacas de 13 ganaderos inscritos en el programa de mejora genética del cantón de Pujilí, en las parroquias de 20 de Diciembre y La Merced.

Grafico 5 Altura en Vacas



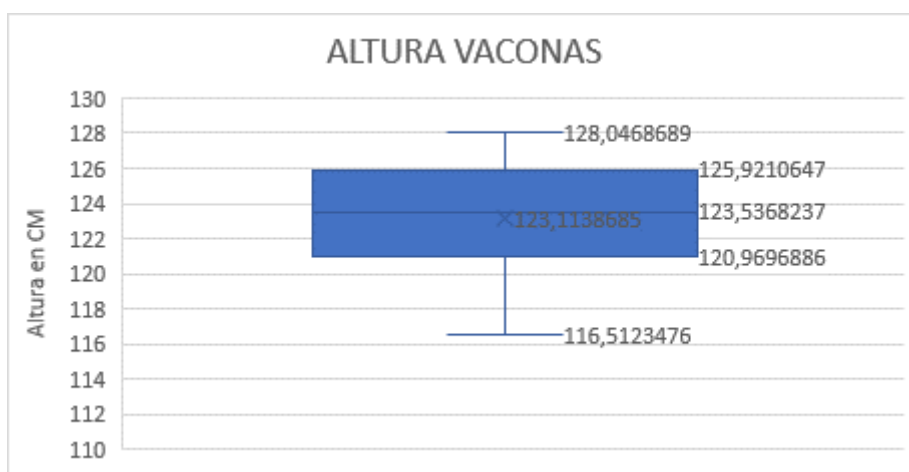
La figura muestra los resultados obtenidos en altura, el eje de la Y está representado en centímetro de la parroquia 20 de Diciembre - La Merced.

Las vacas lecheras tienen un promedio de altura de 122,36 cm. Aunque tradicionalmente se ha favorecido a los ejemplares de mayor tamaño, no existe la opinión de que las vacas más pequeñas, con cuerpos más próximos al suelo, podrían ser más beneficiosas para el medio ambiente ni que sean menos productivas.

9.3. Altura en Vaconas

Se examinó la alzada de 11 vaconas de 13 ganaderos inscritos en el programa de mejora genética del cantón de Pujilí, en las parroquias de 20 de Diciembre y La Merced.

Grafico 6 Altura en Vaconas



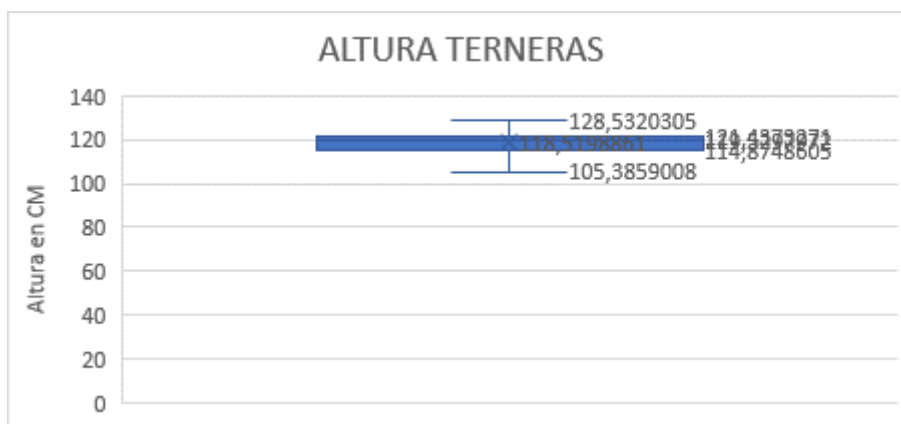
La figura muestra los resultados obtenidos en altura, el eje de la Y está representado en centímetro de la parroquia 20 de Diciembre - La Merced.

El crecimiento en altura de las vaconas es un indicador clave para predecir su desempeño en la producción lechera. Este estudio examina la influencia de la nutrición, la genética y el manejo sobre su desarrollo. Se analizaron 11 vaconas correspondiente a 13 productores midiendo la altura a la cruz, peso corporal y condición física durante 3 meses (noviembre, diciembre y enero). Los hallazgos demuestran que una gestión adecuada favorece el crecimiento al demostrar una asociación favorable entre la talla y el peso.

9.4. Altura en Terneras

Se examinó la alzada de 13 terneras de 13 ganaderos inscritos en el programa de mejora genética del cantón de Pujilí, en las parroquias de 20 de Diciembre y La Merced.

Grafico 7 Altura en Terneras



La figura muestra los resultados obtenidos en altura, el eje de la Y está representado en centímetro de la parroquia 20 de Diciembre - La Merced.

El desarrollo y crecimiento de las terneras lecheras depende de múltiples factores, entre ellos tenemos: altura a la cruz, la cual se considera un indicador esencial del potencial productivo y de la eficiencia en la conservación alimenticia. En este estudio se examinó la altura de terneros de tres meses en relación con su aumento de peso y su desarrollo corporal general.

9.5. Producción de leche

Se calculó la producción de leche (PL) de 40 vacas de las parroquias de La Merced y 20 de Diciembre.

9.6. Valor genético

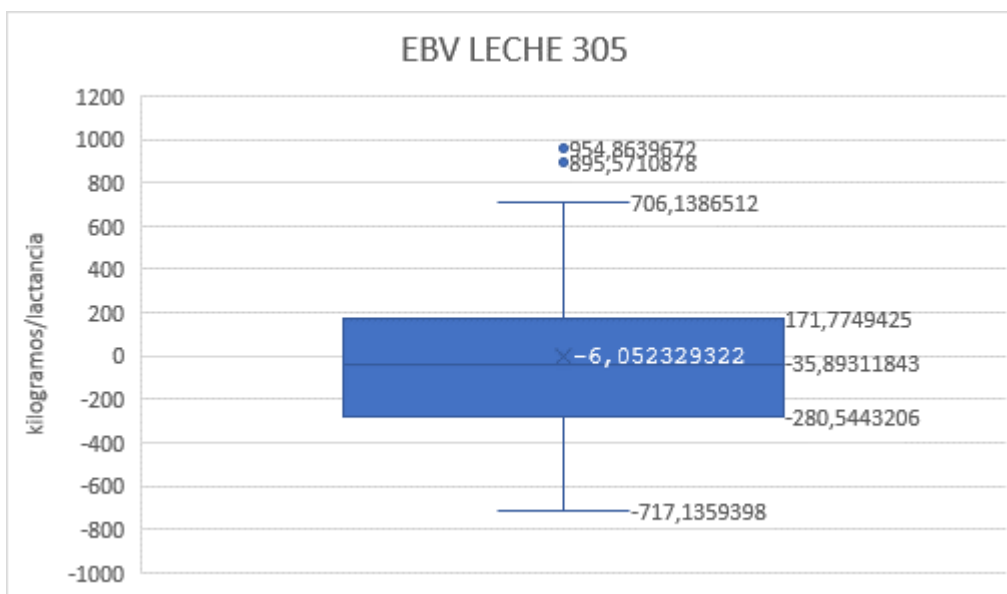
Tabla 4 EBV producción de leche

EBV PRODUCCIÓN DE LECHE	
ID animal	EBV
Coronavirus	954,86 Kg/vaca
Miche	895,57 Kg/vaca
Morocho	690,98 Kg/vaca
Lupe	656,90 Kg/vaca
Pancha	625,26 Kg/vaca
Bronsuiz	558,98 Kg/vaca
Niña	543,09 Kg/vaca

Mocha	539,22 Kg/vaca
Mocha	326,82 Kg/vaca

De acuerdo a la población de estudio comprendidas por 40 vacas, una vez aplicado la herramienta BLUP se obtuvo como muestras de 10 correspondiente a los mejores resultados correspondiente al EBV, las vacas seleccionadas con mayor rendimiento fueron: Coronavirus (954,86 Kg/vaca); Miche (895,57 Kg/vaca); Montes (706,13 Kg/vaca); Morocho (690,98 Kg/vaca); Lupe (656,90 Kg/vaca); Pancha (625,26 Kg/vaca); Bronsuiz (558,98 Kg/vaca); Niña (543,09 Kg/vaca); Mocha (539,22 Kg/vaca); y la vaca que obtuvo la producción de leche más baja fue Capulina con un valor de (-717,13). Por falta de datos de parto.

Grafico 8 Valor genético de producción de leche



La figura muestra los resultados obtenidos en el valor genético de la producción de leche, el eje de la Y está representado en gramos de la parroquia 20 de Diciembre - La Merced.

Una vez recopilados los datos para evaluar la producción de leche a 305 días es la eficiencia productiva individual, que ayudó a poder comparar el rendimiento de cada vaca bajo condiciones similares. Los siguientes factores como (la genética, la alimentación, el manejo sanitario y el bienestar animal) obtenido por cada vaca contribuyendo a obtener los

siguientes resultados para una producción sostenible, se espera que las vacas alcancen un rendimiento que justifique los costos de alimentación y mantenimiento, además valores negativos como el de capulina, pueden indicar problemas en el registro de datos, manejo reproductivo o factores ambientales adversos que deben ser corregidos.

9.7. Densidad de la leche – calidad

Se calculó la densidad de la leche de 70 animales de 13 productores de las parroquias 20 de Diciembre y La Merced.

9.8. Valor genético

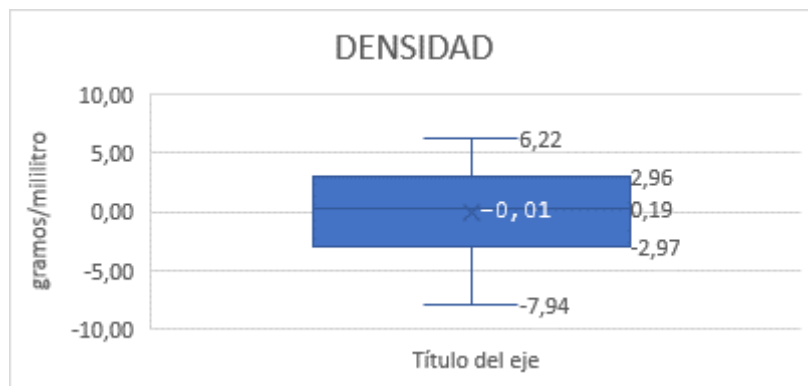
Grafico 9 EBV Densidad

EBV DENSIDAD	
ID animal	EBV
Rubia	6,22 gr/ml
Victoria	6,01 gr/ml
Bronsuiz	5,40 gr/ml
Durazno	5,34 gr/ml
Lupe	5,13 gr/ml
Lupita	5,03 gr/ml
Cachito	4,81 gr/ml
Diabla	4,15 gr/ml
Galleta	4,12 gr/ml
Niña	3,88 gr/ml

La vaca Rubia de 6 años que produjo siete litros de leche tenía el valor genético (VEB) más alto en términos de calidad de la leche, según los datos. La densidad de la leche tiene un valor genético de 6,22 gramos por mililitro. La propietaria es la Sra. Narcisa Tanguila, que vive en el barrio 20 de Diciembre.

En el siguiente gráfico se muestra el valor genético de la densidad de leche.

Grafico 10 Valor genético de la densidad de leche



La figura muestra los resultados obtenidos en la densidad de leche, el eje de la Y está representado en gramo/mililitros de la parroquia 20 de Diciembre - La Merced.

Los 10 mejores animales seleccionados son: Rubia (6,22 gr/ml); Victoria (6,01 gr/ml); Bronsuiz (5,40 gr/ml); Durazno (5,34 gr/ml); Lupe (5,13 gr/ml); Lupita (5,03 gr/ml); Cachito (4,81 gr/ml); Diabla (4,15 gr/ml); Galleta (4,12 gr/ml); y la vaca que obtuvo el valor genético más bajo fue Negra (19,00 gr/ml).

En este contexto, Rubia, que lidera la densidad de leche con 6,22 gr/ml, tiene un EBV en producción de leche de 11,42, ubicándose entre los mejores animales en ambos aspectos. Sin embargo, otras vacas como Victoria y Bronsuiz, que presentan altos valores en densidad de leche (6,01 gr/ml y 5,40 gr/ml, respectivamente), muestran menor desempeño en la producción total de leche. Del mismo modo, hay menos diversidad genética en la densidad lechera entre la población evaluada, como lo demuestra la menor dispersión de los valores genéticos en comparación con otras variables examinadas. Además, los valores de densidad lechera de los mejores animales están razonablemente próximos entre sí, lo que puede estar influido por la composición genética del animal, en contraste con la peor ganancia diaria de peso, en la que la diferencia entre el mejor y el individual fue significativamente grande.

9.9. Costos de producción

Tomando en cuenta la cantidad total de litros de leche producidos mensualmente, su precio de venta y el costo de producción, el cuadro 6 presenta el costo promedio de producción en el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, específicamente en las parroquias 20 de Diciembre y La Merced.

Tabla 5 Costos de producción por litro de leche

PROPIETARIO	Litros leche vendidos (día)	Precio por Lt.	Gastos (total)	Costos de producción	Ingreso (total)	Beneficio
Narcisa Tanguila	63,00	0,38	148,00	0,07	787,78	639,78
Caguano Gladys	22,00	0,40	92,00	0,13	282,52	190,52
Consuelo Suntasig Simaluisa	34,00	0,40	190,00	0,18	413,44	223,44
Delia García	32,00	0,40	205,00	0,21	389,12	184,12
Graciela Suntasig	50,00	0,38	130,00	0,08	597,60	467,60
Guamán Maritza	14,00	0,40	120,00	0,28	170,24	50,24
Isabel Córdova	11,00	0,40	135,00	0,40	133,76	-1,24
Lorena Caillagua	63,00	0,40	155,00	0,08	766,08	611,08
Luisa Tanguila	38,00	0,39	67,00	0,05	650,53	583,53
Luz Elvira Suntasig	16,00	0,38	185,00	0,38	184,83	-0,17
Paulina Rojas	36,00	0,40	125,00	0,11	467,76	342,76
Simaluisa Rosa	37,00	0,40	105,00	0,09	449,92	344,92
Simaluisa María	37,00	0,40	153,00	0,13	499,92	346,92
	34,85	0,39	139,23	0,17	445,65	306,42

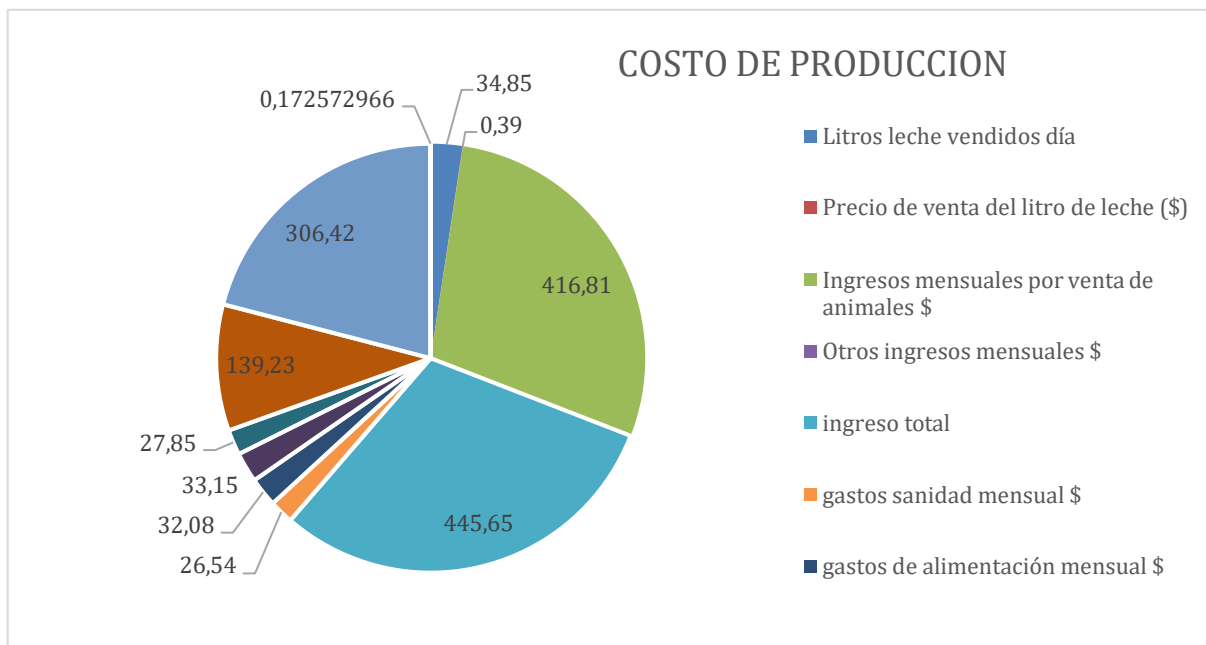
El cálculo del costo de producción se realizó para las vacas en producción, determinando que el costo promedio de la leche en las parroquias La Merced y 20 de diciembre es de 17 centavos por litro, manteniéndose dentro de los parámetros de referencia. Aunque este valor representa un costo promedio, la ganancia mensual estimada es de \$306, sin considerar el sueldo del propietario. Al compararlo con el salario básico de \$460, se concluye que no es sustentable.

Los productores del cantón Pujilí parroquia 20 de Diciembre con un promedio de UBA de (40 vacas) y la parroquia La Merced con un promedio de (29 vacas); que invirtieron en promedio las siguientes cantidades en sus actividades: \$27.85 en otros gasto como (tractor, sal mineral, etc), \$33.15 en gastos de IA, \$32.08 en gasto de alimentación, \$26.54 en gastos

de sanidad, \$34.85 en litros de leche, \$0.39 en promedio de la venta de leche, con un promedio de costo de producción de \$0.17. Se podría proponer una rentabilidad positiva por litro de leche. Sin embargo, los ingresos netos pueden estar disminuyendo debido al elevado coste de los insumos y servicios (piensos, inseminación y saneamiento). Además, la asistencia de los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) permite a muchos productores acceder a una atención veterinaria asequible.

El gráfico 4 muestra los porcentajes de cada gasto mensual, lo que facilita la observación y comprensión de cómo se distribuyen los costes de producción.

Grafico 11 Costos de producción de leche, parroquias La Merced – 20 de Diciembre



El precio de la venta de leche en Ecuador varía dependiendo del sitio y también del perfil del lechero. La remuneración mínima que los ganaderos deben de recibir por cada litro de leche cruda se haya en el 52,4% del precio de la comercialización al usuario en la leche ultra pasteurizada (UHT) en funda. Por ejemplo, si el precio al consumidor es de \$1.00 por litro de leche el ganadero debería de conseguir cerca de \$0.52 por litro de leche que comercializa (52).

Sin embargo, en la práctica, y en especial entre los pequeños ganaderos esta tarifa continuamente no se paga. Pese a que en estado como Carchi múltiples lecheros siembran y reciben un pago menor a alrededor de \$0.40 por litro, pese a la normativa. (53)

Entre tanto, la parroquia Atahualpa, se ha escrito la comercialización de leche fresca a \$0.42 por litro, demostrando lo variable de los precios según la posición y las condiciones como está el mercado.

Los costos de producción en las parroquias La Merced y 20 de Diciembre pueden analizarse en relación con los de otros cantones ecuatorianos, como Carchi. En esta zona, los productores enfrentan una significativa diferencia en el pago por litro de leche, recibiendo alrededor de 0,40 dólares, a pesar de que la legislación establece que los ganaderos deben percibir al menos el 52,4% del precio de venta al consumidor. Esta discrepancia demuestra una importante variación regional que puede estar relacionada con el aumento de la concentración de productores y la rivalidad en mercados como el de Carchi, que pueden reducir el precio de venta que obtienen los pequeños ganaderos.

En este sentido, los ganaderos de Cotopaxi, que obtienen un promedio de \$0.39 por litro, se ubican en una franja intermedia, por debajo de lo ideal, lo que representa un desafío en cuanto a la sostenibilidad económica de sus operaciones.

Los productores de las parroquias La Merced y 20 de Diciembre están en desventaja porque, aunque el costo de producción se mantiene en un promedio de \$0,17 por litro, el diferencial de precios entre el precio de venta y el costo podría resultar en márgenes de ganancia menores que en la parroquia Atahualpa, donde la leche fresca se vende a \$0,42 por litro. En Atahualpa, donde los precios son relativamente más altos, los ganaderos pueden experimentar un mayor ingreso por litro de leche, lo que mejora su capacidad de rentabilidad. Sin embargo, en Cotopaxi, los costos elevados de insumos y servicios relacionados con la producción de leche, como la alimentación, la inseminación y la sanidad, siguen siendo una barrera importante que limita las ganancias a pesar de un precio de venta relativamente comparable.

9.10. Respuesta a la selección

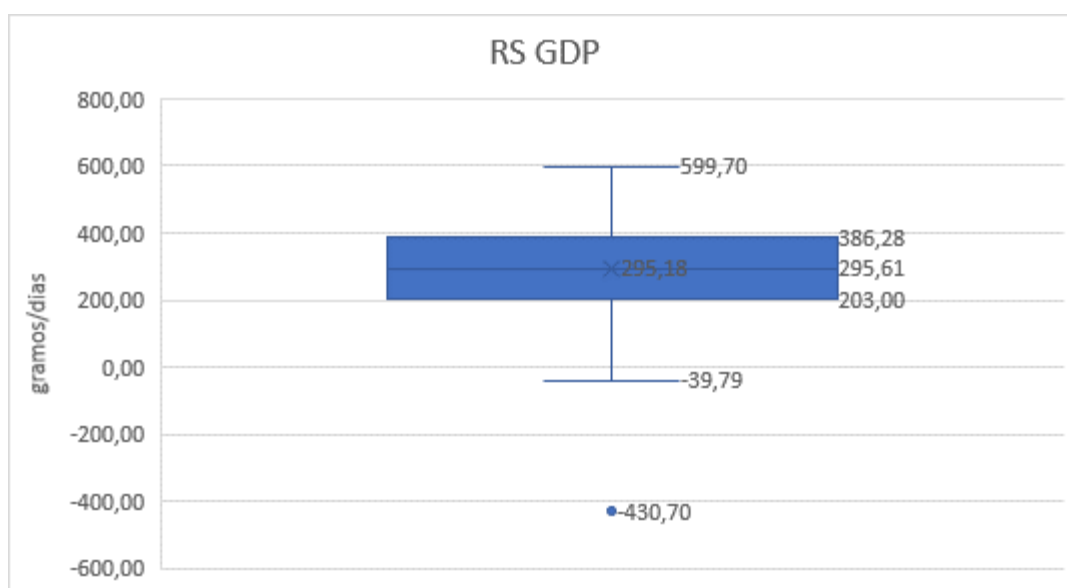
Tabla 6 Respuesta a la selección de Ganancia Diaria de Peso

RS GDP

ID animal	RS
Zuco	599,70 gr/días
Negrita	596,13 gr/días
Durazno	570,25 gr/días
Coronavirus	552,88 gr/días
Estrella	530,81 gr/días
Susi	517,53 gr/días
Lola	501,85 gr/días
Mocha	496,88 gr/días
Doroti	492,73 gr/días
Valentina	439,23 gr/días

Se seleccionaron los 10 animales con la mayor respuesta a la selección de la ganancia de peso (GDP), los cuales fueron Zuco (599,70 g); Negrita (596,13g); Durazno (570,25g); Coronavirus (552,88g); Estrella (530,81g); Susi (517,53g); Lola (501,85g); Mocha (496,88g); Doroti (492,73g); y la vaca con la menor respuesta de selección de peso fue Miche (-430,69g). el promedio en la GDP fue de 299,52 lo que fue un promedio regular.

Grafico 12 . Respuesta a la selección de Ganancia Diaria de Peso



La figura muestra los resultados obtenidos de la respuesta selección en la ganancia de peso diario, el eje de la Y está representado en gramos/días de la parroquia 20 de Diciembre - La Merced.

Se espera que la ganancia media diaria de peso (GMD) sea de 500 g. Sin embargo, dado que el valor genético del mejor ejemplar es de 300,19 g/día, esto indica que la población de vacas no es actualmente capaz de alcanzar el objetivo en una sola generación en las condiciones actuales de selección y gestión.

El hecho de que por medio de los resultados obtenidos aproximadamente se necesite dos generaciones para lograr el objetivo, lo que se podría realizar en la mejora genética es un proceso progresivo, influenciando a los productores con mejores características de crecimiento lo que interviene como factores (nutrición, manejo sanitario y las condiciones ambientales).

9.11. Escenario económico

Se espera que la ganancia media diaria de peso (GMD) sea de 500 g. Sin embargo, dado que el valor genético del mejor ejemplar es de 300,19 g/día, esto indica que la población de vacas no es actualmente capaz de alcanzar el objetivo en una sola generación en las condiciones actuales de selección y gestión, procediendo a calcularla de la siguiente manera:

$$Ganancia\ por\ GDP = \frac{Ganancia\ total}{GDP} = \frac{61.39}{299,52} = 0.20\ gdp$$

Considerando que la ganancia a la que se quiere llegar es de \$500 se realizó el siguiente procedimiento:

$$GDP\ necesarios = \frac{500}{0.20} = 2500\ gdp$$

En este sentido, si el ganado ganara 500 kilogramos de peso al año, podemos calcular cuánto ganaría con la misma ganancia de kilogramos de 0.20.

$$Ganacia = 500 \times 0.20 = 100\ GDP$$

Si el productor tiene una ganancia de peso en sus animales de 0.20 kilogramos, esto quiere decir que la vaca ganaría en peso 100 kg al año, y llegaríamos al objetivo de una ganancia de 500 kilogramos.

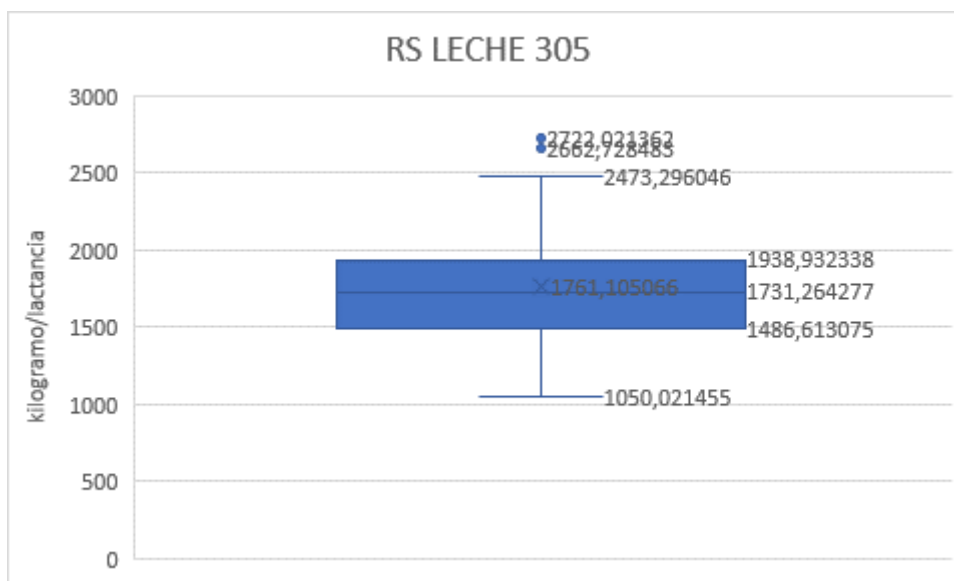
9.12. Respuesta a la selección

Tabla 7 Respuesta a la selección - Producción de leche

RS PRODUCCIÓN DE LECHE	
ID animal	RS
Coronavirus	2722,02 Kg/lactancia
Miche	2662,72 Kg/lactancia
Montes	2473,29 Kg/lactancia
Morocho	2458,14 Kg/lactancia
Lupe	2424,06 Kg/lactancia
Pancha	2392,41 Kg/lactancia
Bronsuiz	2326,14 Kg/lactancia
Niña	2310,25 Kg/lactancia
Mocha	2306,38 Kg/lactancia
Mocha	2093,98 Kg/lactancia

En la evaluación de la selección por producción de leche (PL) a 305 días de lactancia, las 10 vacas con mayor rendimiento fueron: Coronavirus (2722,02 Kg/lactancia); Miche (2662,72 Kg/lactancia); Montes (2473,29605 Kg/lactancia); Morocho (2458,14 Kg/lactancia); Lupe (2424,06 Kg/lactancia); Pancha (2392,41 Kg/lactancia); Bronsuiz (2326,14 Kg/lactancia); Niña (2310,25 Kg/lactancia); Mocha (2093,98 Kg/lactancia); y la vaca que obtuvo más baja producción de leche fue Capulina (1050,02 Kg/lactancia). El promedio fenotípico de la producción de leche es de 1767,16 kg/vaca/lactancia.

Grafico 13 Respuesta Selección de producción de leche



La figura muestra los resultados obtenidos de la respuesta selección en leche 305, el eje de la Y está representado en kilogramos/lactancia de la parroquia 20 de Diciembre - La Merced.

Como puede observarse, existe una diferencia significativa entre la vaca más productiva, «Coronavirus», que pesa 2722,02 kg por lactación, y la menos productiva, «Capulina», que pesa 1050,02 kg por lactación. Esto indica que, además de los factores genéticos, los factores ambientales también afectan a la productividad de las vacas, creando oportunidades para aumentar la eficiencia del rebaño. Dichas vacas con una producción superior al promedio fenotípico pueden seleccionarse y aparearse idealmente, ya que sus características se transmiten a la descendencia, lo que significa que después de muchos años o décadas se podrá ver los resultados.

En términos económicos y en relación a las ganancias generadas por la vaca que mayor producción de leche mostró (Coronavirus) en un periodo de 305 días de lactancia, se estima una ganancia aproximada de 1.063 dólares al tener el litro un costo de \$0.39, esto considerando el rendimiento de la vaca.

9.13. Escenario económico

Dado que la producción media de leche era de 1.767,16 litros, el objetivo era obtener un beneficio de 5.000 \$. Para ello, se estimó el beneficio por litro en 306,42 \$, que se calculó del siguiente modo:

$$\text{Ganancia por litro} = \frac{\text{Ganancia total}}{\text{Litros producidos}} = \frac{306,42}{1767,16} = 0,173\$$$

Considerando que la ganancia a la que se quiere llegar es de \$5000 se realizó el siguiente procedimiento:

$$\text{Litros necesarios} = \frac{5000}{0,173} = 28,899.42 \text{ litros}$$

En este sentido, si el productor produce 3.000 litros de leche al año, podemos calcular cuánto ganaría con la misma ganancia por litro de \$0,173.

$$\text{Ganacia} = 3000 \times 0,173 = 519 \text{ dólares}$$

Si el productor tiene una producción de 1.767,16 litros y gana \$306,42, con 3.000 litros produciría aproximadamente \$519 al año. Asimismo, para alcanzar una ganancia de \$5,000, el productor necesitaría producir aproximadamente 28,899.42 litros al año.

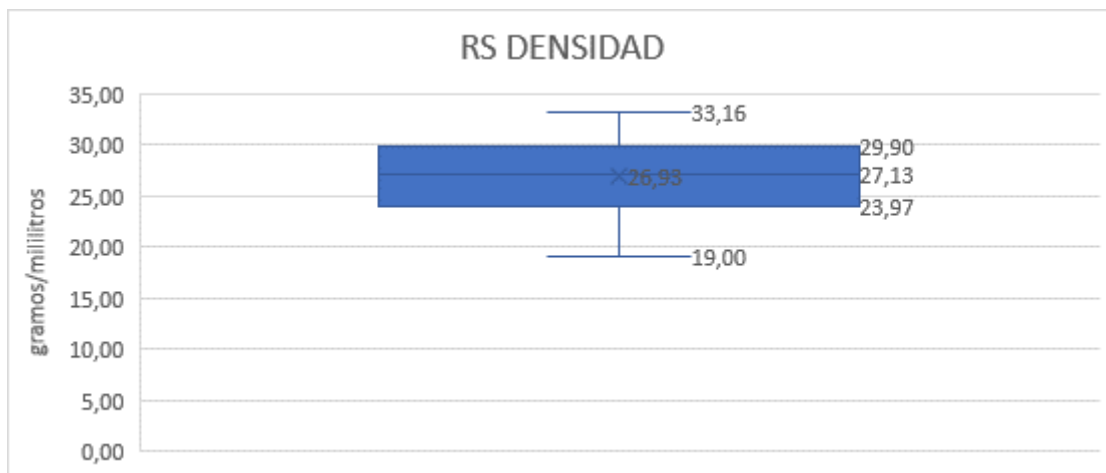
9.14. Respuesta a la selección

Tabla 8 EBV Densidad

RS DENSIDAD	
ID animal	EBV
Rubia	33,16 gr/ml
Victoria	32,95 gr/ml
Bronsuiz	32,34 gr/ml
Durazno	32,28 gr/ml
Lupe	32,07 gr/ml
Lupita	31,97 gr/ml
Cachito	31,75 gr/ml
Diabla	31,09 gr/ml
Galleta	31,06 gr/ml
Niña	30,82 gr/ml

Rubia (33,16 g/ml), Victoria (32,95 g/ml), Bronsuiz (32,34 g/ml), Durazno (32,28 g/ml), Lupe (32,07 g/ml), Lupita (31,97 g/ml), Cachito (31,75 g/ml), Diabla (31,09 g/ml) y Galleta (31,06 g/ml) fueron las diez vacas que obtuvieron mejores resultados en la selección por densidad lechera. Los animales elegidos tienen una densidad lechera media de 26,94 g/ml.

Grafico 14 Respuesta Selección de la densidad de leche



La figura muestra los resultados obtenidos de la respuesta selección de la densidad de leche, el eje de la Y está representado en gramos/mililitros de la parroquia 20 de Diciembre - La Merced.

Para las vacas citadas, la producción media de densidad láctea es de unos 33,16 g/ml.

9.15. Escenario económico

El objetivo es alcanzar una ganancia de 1,34 g/ml, ya que la densidad media de la leche era de 33,19 g/ml. Para ello, se calculó la ganancia por litro, estimando un valor de 1028, de la siguiente manera:

$$\text{Ganancia por litro} = \frac{\text{Ganancia total}}{\text{Litros producidos}} = \frac{1028}{33,19} = 30,97 \text{ g/ml}$$

Considerando que la ganancia a la que se quiere llegar es de 1.34 g/ml se realizó el siguiente procedimiento:

$$\text{Litros necesarios} = \frac{1,34}{30,97} = 0,04 \text{ g/ml}$$

En este sentido, si el productor produce una densidad de 1030 g/ml litros de leche al año, podemos calcular cuánto ganaría con la misma ganancia por litro de:

$$\text{Ganacia} = 1030 \times 0,04 = 41,20 \text{ g/ml}$$

Si el productor tiene una producción de 41.20 g/ml densidad ganarían una producción productiva, con una producción de 3000 litros de leche.

10. IMPACTOS

10.1. Impacto técnico

Este estudio proporcionará información clave a los productores de leche del cantón Pujilí sobre los costos de producción, permitiéndoles tomar decisiones estratégicas e informadas para optimizar la gestión del proceso y aumentar la rentabilidad. Al conocer en detalle sus gastos, podrán ajustar sus métodos de producción para mejorar la eficiencia y competitividad.

En conclusión, evaluar los costes medios y llevar un registro minucioso de los gastos es crucial para poner en práctica una gestión más sostenible y eficaz de la producción lechera en la comunidad, que beneficie tanto al éxito financiero de los productores como a la industria en su conjunto.

10.2. Impacto económico

El productor puede incrementar la producción de leche tanto en calidad como en cantidad, mientras minimiza los costos asociados y maximiza sus ingresos. Esta capacidad de optimización permite un uso más adecuado de los recursos accesibles, además de aumentar la eficacia operativa. Por lo tanto, para aumentar la producción de su rebaño, los ganaderos deben estar dispuestos a adoptar nuevos protocolos y avances tecnológicos.

Además de aumentar la rentabilidad, las formas creativas ayudan a los productores a crecer económicamente y a garantizar la sostenibilidad a largo plazo de sus operaciones. Para seguir siendo competitivas en un mercado que exige cada vez mayores niveles de eficiencia y calidad, las empresas deben mantenerse al día y abiertas a probar nuevos enfoques.

11. CONCLUSIONES

- Según los datos del BLUP, Zuco tuvo el mayor valor genético (EBV) en aumento de peso, ganando 300,19 gramos diarios. Coronavirus tuvo el mayor valor genético en términos de producción de leche a 305 días de lactación (954,86 kg/vaca); Rubia tuvo el mejor valor genético en términos de densidad de leche, alcanzando 6,22 g/vaca.

- El coste de producción de la leche repercute negativamente en la economía de los productores, impidiendo que los socios reciban un beneficio constante y sostenible, según

los datos sobre los costes de producción en las parroquias de 20 de Diciembre y La Merced. La leche tiene un coste medio de producción de 0,17 dólares por litro y un precio medio de venta de 0,39 dólares por litro. Con un coste de producción medio de 0,17 \$ y unos gastos totales generados de 139,23 \$, el propietario medio del proyecto obtuvo 306,42 \$ de beneficio cada mes, lo que supone unos ingresos totales de 445,65 \$.

- Entre los animales evaluados, se observan notables variaciones tanto en la producción de leche como en la ganancia diaria de peso (GDP). El potencial de mejora genética queda demostrado por los 2722,02 litros de leche producidos en 90 días por la vaca «Coronavirus» y los 33,16 g/ml de densidad láctea de la vaca «Rubia». Sin embargo, si no se ajustan otros aspectos como las condiciones ambientales, el manejo sanitario y la alimentación, estos avances son insuficientes.

12. RECOMENDACIONES

- Para identificar con precisión y claridad los factores que contribuyen a aumentar los costes de mantenimiento de los animales, como la alimentación, los cuidados veterinarios, el mantenimiento de las instalaciones y otros, los productores deben mantener un registro exhaustivo y bien organizado de todos los gastos de producción. Además de facilitar la identificación de las áreas en las que podrían reducirse los gastos, este seguimiento continuo permite tomar mejores decisiones de gestión de los recursos.

Además, es necesario un registro exhaustivo para predecir con mayor precisión los precios de la leche, modificarlos para que reflejen los costes reales de producción y garantizar márgenes de beneficio sostenibles a largo plazo. Además, esto favorece una mejor planificación financiera, una mayor rentabilidad y competitividad en el mercado, todo lo cual conduce a una gestión más responsable y eficaz de la producción lechera. Dado el reducido nivel de heredabilidad de los rasgos analizados, es fundamental mantener un registro genético preciso de las vacas y sus crías. Este registro minucioso permitirá realizar una selección más precisa de los animales con características deseables, facilitando así la mejora genética a través de la reproducción.

La fiabilidad y la eficacia del proceso de selección aumentarán gracias a que los productores estarán mejor equipados para reconocer los animales que transmiten las cualidades más ventajosas gracias a una base de datos completa y bien estructurada.

Además, al optimizar el rendimiento global del rebaño, esta estrategia garantiza un progreso continuo en las generaciones siguientes y, en consecuencia, en la productividad y rentabilidad a largo plazo de la explotación ganadera.

- Los bajos resultados en producción de leche y ganancia diaria de peso (GDP) sugieren que la calidad del alimento suministrado podría ser un factor clave en estos desempeños deficientes. Mejorar la alimentación no solo optimizaría la producción láctea y el crecimiento del ganado, sino que también contribuiría a su bienestar general, lo que, a largo plazo, potenciaría su productividad y salud.

1. BIBLIOGRAFÍA

1. Zamorano A, González S, Lazano A, Martínez S, Rosales J. Ganadería sustentable basada en el bienestar animal y su interacción con la naturaleza en el rancho Los Fresnos, Lagos de Moreno, Jalisco. Avances de Investigación Agropecuaria. 2022;; 124-124.
2. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ficha Sectorial Ganadería. Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios. Quito;; 2024.
3. Terán M. Análisis del mercado de la leche en el Ecuador: factores determinantes y desafíos. Valencia;; 2019.
4. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería. [Online].; 2020. Available from: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-nutre-de-leche-y-el-sector-lacteo-se-fortalece-con-apoyo-del-gobierno-nacional/>.
5. FAO. Organización de las Naciones Unidas para La industria y la Agricultura. [Online].; 2022. Available from: <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/?>
6. Dirección Nacional de Estudios de Mercado. Estudio de mercado: "sector lácteo". Quito;; 2021.

7. Muñoz G. Análisis económico de la producción lechera y carnica de la "Asociación de ganaderos 17 de Abril" del cantón El Empalme. Guayaquil; 2023.
8. Quintana D. Forbes Ec. [Online]; 2024. Available from: <https://www.forbes.com.ec/rankings/estas-son-provincias-mayor-produccion-leche-n60834?>
9. La Gaceta. La Gaceta. [Online]; 2024. Available from: <https://lagaceta.com.ec/pequenos-productores-de-leche-y-agricultores-gravemente-afectados-por-la-sequia-y-falta-de-lluvias/>.
10. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería. [Online]; 2023. Available from: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-entrega-paquetes-tecnologicos-a-pequenos-y-medianos-productores-de-cotopaxi/>.
11. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería. [Online]; 2024. Available from: <https://www.agricultura.gob.ec/productores-de-cotopaxi-se-capacitan-en-el-reglamento-a-ley-de-la-leche/>.
12. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería. [Online]; 2020. Available from: <https://www.agricultura.gob.ec/ganaderos-de-cotopaxi-reciben-incentivos-para-implementar-tecnologia-en-el-orden/>.
13. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ministerio de Agricultura y Ganadería. [Online]; 2020. Available from: <https://www.inclusion.gob.ec/la-red-de-lecheros-de-cotopaxi-se-fortalece-con-material-y-equipos-de-primera/>.
14. Galeano P. Notas de campus. Mejoramiento Genético Animal. Bogotá D.C.; 2019.
15. FAO. Situación actual y opciones en relación con las biotecnologías ganaderas en los países en desarrollo. Guadalajara; 2010.
16. Ochoa P. Mejoramiento genético del ganado bovino productor de leche. Ciencia Veterinaria. 1991;: 67-88.

17. Domínguez J, Rodríguez A, Núñez R, Ramírez R, Ruiz A. Parámetros genéticos y tendencias genéticas para características de comportamiento en ganaderías de lida mexicanas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 2014;; 261-271.
18. López C. Índices de selección genética en ganado Blanco Orejinegro en Colombia. Bogotá;; 2022.
19. González J, Dominguez M. Heredabilidad, correlaciones genéticas, análisis de sendero e índices de selección en una población de girasol (*Helianthus annuus*) de la EEA INTA Pergamino. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 2021;; 209-215.
20. Genghini R, Bonvillani A, Wittouck P, Echevarría A. Introducción al mejoramiento animal. Córdoba;; 2002.
21. Roosevelt J, Guevara I. Genética y mejoramiento animal. Loja;; 2023.
22. Montes D, Barragán W, Vergara O. Parametros genéticos de características productivas y reproductivas para ganado tipo carne en Colombia. *Revista colombiana de Ciencia Animal*. 2009;; 302-3018.
23. Olvera S, López J, Sánchez V, Jiménez M. Parámetros genéticos e interacción genotipo-ambiente en ensayos clonales de *Cedrela odorata* L. *Madera y Bosques*. 2022;; 1-16.
24. Andrade E. Las interrelaciones entre genotipo/fenotipo/medioambiente una aproximación semiótica al debate evolución. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*. 2005;; 109-142.
25. Ángel P, Cardona H, Cerón F. Genómica en la producción animal. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*. 2013;; 497-518.
26. Garay O, Sotelo J, Otero R. Heredabilidades, correlaciones y tendencias genéticas para características pre y posdestete en una población multirracial de ganado de carne en Colombia. *Revista Científica*. 2014;; 331-340.

27. Powell R. Programas Genéticos para el Ganado Lechero. Universidad Técnica de Cotopaxi. 2004;: 1-14.
28. Arcos M. Estimación del Índice de Mérito Total del Programa de Mejoramiento Genético Sostenible de bovinos de leche de la parroquia Aláquez. Latacunga; 2023.
29. FAO. Estrategias de mejora genética para la gestión sostenible de los recursos zoogenéticos. Roma; 2010.
30. Saavedra G. Desafíos de mejoramiento genético en hortalizas agroindustriales. Santiago de Chile; 2012.
31. Magrin G. Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile; 2015.
32. FAO. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Roma; 2013.
33. Gómez M. Universidad Santo Tomas. [Online].; 2020. Available from: <https://enlinea.santotomas.cl/blog-expertos/una-alternativa-recuperar-los-suelos/>.
34. FAO. Los 10 elementos de la agroecología. Guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles. Roma; 2018.
35. Ortuño C, Chacón E, Cartuche L, Carrillo I, Guevara G. Pesos económicos para un índice de selección de la raza Holstein Friesian en el Ecuador. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences. 2023;: 164-176.
36. Daza E, Artacker T, Lizano R. Cambio climático, biodiversidad y sistemas agroalimentarios. Avances y retos a diez años de la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria del Ecuador Quito: Abya-Yala - Universidad Politécnica Salesiana; 2020.
37. Sánchez J. Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad. 70 años de pensamiento de la CEPAL Santiago : CEPAL - ONU; 2019.

38. Alquina W. Análisis del Índice de Selección del Programa de Mejoramiento Genético Sostenible de Bovinos de leche de la parroquia Guaytacama, en el periodo 2023. Latacunga; 2024.
39. Ravagnolo O, Soares M, Pravia I, Lema M. Índices de selección: economía y genética en perfecta sintonía. Revista INIA. 2019;: 21-25.
40. Vargas B. Mejoramiento genético del ganado lechero. Asociación de Criadores de Ganado Holstein. 2012;: 7-14.
41. Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, De Han C. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. Roma; 2006.
42. Loo C. Contaminación agrícola por el uso de aguas residuales. Tecnohumanismo. 2021;: 34-58.
43. Albarracín A, Fonseca E, López H. Las prácticas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agroecosistemas. Caso provincia del Sumapaz. Ciencia y Agricultura. 2019;: 39-55.
44. La Hora. La Hora. [Online].; 2022. Available from: <https://www.lahora.com.ec/tungurahua/produccion-ganadera-reduce-ecuador>.
45. Dow K. La ganadería de carne en Ecuador. Publicación Miscelánea. 1975;: 1-29.
46. Orozco K. Situación actual postpandemia de la ganadería lechera en la parroquia Mulaló del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi. Latacunga; 2023.
47. Chiluisa E. La cadena productiva de la leche y la productividad en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga. Ambato; 2019.