



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

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

Autor:

Mendoza Viturco Bryan Andrés

Tutor:

Arcos Álvarez Cristian Neptalí

LATACUNGA – ECUADOR Julio 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Mendoza Viturco Bryan Andrés, con cédula de ciudadanía No. 0504372038, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA GUAYTACAMA”**, siendo el Doctor Mg. Cristian Neptalí Arcos Álvarez, 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, 21 de julio del 2025



Bryan Andrés Mendoza Viturco

C.C: 0504372038

ESTUDIANTE

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 **MENDOZA VITURCO BRYAN ANDRÉS**, identificado con cédula de ciudadanía **0504372038** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

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

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2020 – Marzo 2021

Finalización de la carrera: Abril 2025 – Agosto 2025

Tutor: MVZ. Arcos Álvarez Cristian Neptalí, Mg.

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

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de julio del 2025.


Bryan Andrés Mendoza Viturco
EL CEDENTE

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

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA GUAYTACAMA”, de Mendoza Viturco Bryan Andrés, 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, 21 de julio del 2025



MVZ. Cristian Neptalí 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, el postulante: Mendoza Viturco Bryan Andrés, con el título del Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA GUAYTACAMA”**, 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.

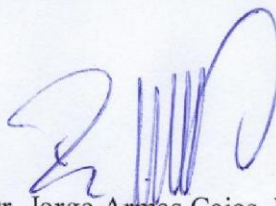
Latacunga, 21 de julio del 2025



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



MVZ. Edie Molina Cuasapaz, Mtr.
C.C: 1722547278
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Dr. Jorge Armas Cajas, Mg.
C.C: 0501556450
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, cada paso dado en este proceso ha sido sostenido por el afecto y la Fortaleza que siempre encuentre en ustedes. No aha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, quienes siempre han sido mi motivación a seguir triunfando y haciendo que mi vida sea llena de bendiciones, mi hermosa familia.

Agradezco infinitamente a nuestra prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi por ser el apoyo en mi formación académica y humanista.

Esta tesis es reflejo no solo de un esfuerzo académico, sino también del amor y respaldo familiar que me ha acompañado desde el inicio.

Bryan Andrés Mendoza Viturco

DEDICATORIA

vi
i
i

Quiero dedicar a los seres que son el motor e inspiración de mi vida, en especial a mis queridos Padres, Elvia Viturco y Enrique Mendoza por su amor incondicional, por sus sacrificios, y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y por inspirarme siempre a crecer y superarme. A mis hermanos, por su compañía, por los consejos y las risas compartidas. A mis abuelos, fuente de sabiduría y cariño, por sus enseñanzas que me han guiado y por su presencia que me reconforta en los momentos de dificultad. Cada logro alcanzado es reflejo de la confianza y el apoyo que me han brindado. Este Proyecto de tesis es también suyo, porque cada palabra que aquí escribo lleva el orgullo y la gratitud de tenerlos a mi lado.

Bryan Andrés Mendoza Viturco

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO SOSTENIBLE DE BOVINOS DE LECHE DE LA PARROQUIA GUAYTACAMA”

Autor:

Mendoza Viturco Bryan Andrés

RESUMEN

La rentabilidad de una ganadería dedicada a la producción de leche en el Ecuador depende en seleccionar animales que maximicen el beneficio económico en el hato ganadero. Los índices de selección, que integran valores económicos de distintos rasgos productivos, reproductivos y de salud, son herramientas eficaces para la selección genética de los animales. En la parroquia Guaytacama se utilizó una metodología observacional, que se basó en la recolección de información de los bovinos registrados en la base de datos UTCgen para evaluar los fenotipos como: edad en meses, altura a la cruz, días abiertos y lactancia a los 305 días, para analizar estos datos en Excel y BLUP que un mejor predictor lineal insesgado para obtener valores genéticos predichos. Los resultados para los diferentes fenotipos son: la edad en meses de vacas en producción (42 meses), la altura a la cruz en vacas de producción (1.30 cm), la ganancia diaria de peso en terneras (119gr/día), lactancia a los 305 (3014 litros) y días abiertos (90 días). En conclusión, los valores fenotípicos de los animales seleccionadas de la parroquia Guaytacama, tienen un bajo impacto económico en la rentabilidad para los productores.

Palabras clave: Rentabilidad, Selección Genética, Mejoramiento Genético, Fenotipos, Hato.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “PROFITABILITY ANALYSIS OF THE SELECTION INDEX IN THE SUSTAINABLE GENETIC IMPROVEMENT PROGRAM FOR DAIRY CATTLE IN GUAYTACAMA PARISH”

Author:

Mendoza Viturco Bryan Andrés

ABSTRACT

The profitability of dairy farming in Ecuador depends on selecting animals that maximize the herd's economic benefit. Selection indices, which integrate economic values for various

productive, reproductive, and health traits, are effective tools for the genetic selection of animals. In the Guaytacama parish, an observational methodology was used, based on the collection of information from cattle registered in the UTCgen database. This methodology was used to evaluate phenotypes such as age in months, height at the withers, days open, and lactation at 305 days. These data were analyzed in Excel and BLUP, which provided a better unbiased linear predictor to obtain predicted genetic values. The results for the different phenotypes are: age in months of lactating cows (42 months), height at the withers in lactating cows (1.30 cm), daily weight gain in heifers (119 g/day), lactation at 305 (3014 liters), and days open (90 days). In conclusion, the phenotypic values of the selected animals from the Guaytacama parish have a low economic impact on profitability for producers.

Keywords: Profitability, Genetic Selection, Genetic Improvement, Phenotypes, Herd.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	x
INDICE DE CONTENIDOS.....	xi
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE TABLAS.....	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	2

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 Producción láctea en Ecuador.....	4
6.2 Mejoramiento Genético	5
6.3 Valor Genético	7
6.4 Peso Económico.....	8
6.5 Longevidad	9
7. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:	10
8. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	11
8.1 Área de la investigación.....	11
8.2 Población de estudio	12
8.3 Duracion del estudio	12
8.4 Diseño del estudio.....	12
8.5 Recopilación de Datos	12
8.6 Manejo Del Estudio	12
8.7 Análisis Económico	13
8.7.1 Pesos Económicos	13
8.7.2 Ganancia diaria de peso.....	13
8.7.3 Litros de leche a 305 días	14
9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	14
9.1 Altura a la cruz.....	15
9.2 Edad en Meses	16
9.3 Días Abiertos	17
9.4 Ganancia De Peso Diaria (GDP).....	18
9.5 Lactancia a los 305 días	20
9.6 Costos de producción de la leche.....	21
9.7 Escenarios económicos para la respuesta a la selección (RS)	22
10. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	22
10.1 Impacto Técnico.....	22

10.2 Impacto Económico	23
11. CONCLUSIONES.....	23
12. RECOMENDACIONES	24
13. BIBLIOGRAFÍA.....	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa Guaytacama	12	Figura
2 Diagrama boxplot para la altura en la cruz de todos los animales	15	
Figura 3 Diagrama boxplot para edad en meses	17	
Figura 4 Diagrama boxplot para los días abierto de vacas	18	
Figura 5 Diagrama boxplot para la ganancia diaria de peso	19	
Figura 6 Diagrama boxplot para la estimación del valor genético de lactancia	20	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Animales mejores alturas a la cruz, según el EBV calculado	16
Tabla 2 Animales mejor longevidad, según el EBV calculado	17
Tabla 3 Animales con menores días abiertos, según el EBV calculado.....	18
Tabla 4 Animales con mejor ganancia de peso en terneras, según el EBV calculado.....	20
Tabla 5 Animales con mejor Lactancia a 305 días, según el EBV calculado	21
Tabla 6 Costos de producción de la parroquia Guaytacama	21
Tabla 7 Respuesta a la selección (RS) en 4 generaciones, simulador.	22

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Análisis de rentabilidad del índice de selección del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche de la parroquia Guaytacama

Fecha de inicio: Septiembre 2024

Fecha de finalización: Febrero 2025

Lugar de ejecución: Parroquia Guaytacama - Cotopaxi

Facultad 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:

Estudiante: Bryan Andrés Mendoza Viturco. (Anexo 1)

Tutor: MVZ, Arcos Álvarez Cristian Neptalí Msc. (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 rentabilidad de una ganadería dedicada a la producción de leche en el Ecuador depende en seleccionar animales que maximicen el beneficio económico en el hato ganadero. Los índices de selección, que integran valores económicos de distintos rasgos productivos, reproductivos y de salud, son herramientas eficaces para la selección genética de los animales.

En la parroquia Guaytacama, la eficacia del programa de mejoramiento genético sostenible en bovinos lecheros se fundamenta en la importancia de lograr un beneficio económico tangible mediante la selección de ejemplares con características genéticas superiores, que conforma el hato ganadero de cada productor, la capacidad predictiva de los índices de selección respecto a la rentabilidad a lo largo de la vida útil de los animales es fundamental para garantizar que las inversiones en mejoramiento genético se traduzcan en beneficios económicos sostenibles para los productores. La necesidad de mejorar al ganado lechero es fundamental, los constantes cambios climáticos, la productividad de los animales y los recursos naturales de la comunidad son limitados.

Esta investigación está sustentada por varias razones necesarias para seguir produciendo leche en la parroquia, como una forma de sustento económico de la población. La disminución de los costos de producción y el incremento en la calidad de la leche permiten al ganadero elevar sus ganancias. Se entiende que la innovación en el sector ganadero está vinculada principalmente al mejoramiento genético del ganado, ya sea de carne o leche. Además, existen cuatro factores clave para una gestión eficiente de la innovación: la genética, la nutrición animal, el manejo del pastoreo y las condiciones climáticas. Los programas de mejoramiento genético dependen de la correcta estimación de los valores económicos, así como de la capacidad para predecir el mérito genético y su impacto en el beneficio económico a lo largo de la vida productiva del animal.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Directos

Los beneficiarios directos fueron 12 productores asociados al programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos (UTCgen) de leche en parroquia Guaytacama.

3.2. Indirectos

Ganaderos productores de leche de bovinos de la parroquia Guaytacama investigadores principales del proyecto.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La economía rural de Guaytacama se sustenta en gran medida en la ganadería lechera, actividad que no solo provee alimentos básicos para las familias locales, sino que también dinamiza la generación de empleo. Sin embargo, la escasez de recursos naturales en la zona podría estar afectando el desempeño de los sistemas de producción láctea, lo que hace imprescindible mejorar la eficiencia productiva, garantizar el bienestar del ganado y promover prácticas sostenibles en este sector clave para la subsistencia de la parroquia (1). Por otro lado, la ausencia de registros adecuados por parte de los pequeños productores dificulta determinar si hay beneficios o pérdidas en la actividad lechera, la correcta identificación del ganado es fundamental para garantizar la estabilidad económica de las familias.

Los productores a pequeña escala crían a los animales bajo un sistema semiestabulado, empleando la técnica del sogueo para su manejo. La densidad ganadera en estas explotaciones alcanza aproximadamente 3,2 UBA por hectárea. La selección de animales para reproducción se basa principalmente en conocimientos heredados y métodos convencionales, lo que en muchos casos perjudica la ganancia económica de los criadores, sobre todo debido a fallas en los criterios de elección. En el caso específico de Guaytacama, los ingresos quincenales de estos pequeños productores lecheros no alcanzan los 150\$, quedando por debajo del salario mínimo establecido en el país (2).

El objetivo de este estudio es evaluar de qué manera los criterios de selección genética empleados en los programas de mejoramiento bovino lechero impactan en la rentabilidad de las granjas, integrando aspectos económicos, productivos y ambientales. Además, se busca

determinar su eficacia y adaptación a distintos sistemas de producción. Los resultados permitirán optimizar las estrategias de selección y fomentar decisiones que impulsen una ganadería lechera económicamente viable y sostenible en el futuro.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general:

Analizar la rentabilidad del índice de selección del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche de la parroquia Guaytacama.

5.2 Objetivos específicos:

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

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

6.1 Producción láctea en Ecuador

Según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la zona andina de Ecuador es la principal productora de leche a nivel nacional, con una participación del 64%. Por su parte, la región Costa genera el 30% de la producción total, mientras que la Amazonía apenas contribuye con un 6%. En 2019, se registró una producción diaria de aproximadamente 6.65 millones de litros de leche, extraídos de alrededor de 996,500 vacas ordeñadas (3). Esta actividad económica desempeña un papel clave en el país, especialmente en la Sierra, donde numerosas familias, incluyendo a mujeres del campo, dependen de ella. La labor de los productores lecheros es clave para asegurar la soberanía y estabilidad alimentaria en Ecuador. A diferencia de otros sectores agrícolas convencionales, la lechería

ha demostrado ser una fuente de ingresos más constante y en aumento para los pequeños campesinos durante los últimos años (4).

La actividad lechera representa un factor clave para el desarrollo del sector agroindustrial, impulsando el crecimiento económico del país. Si bien la obtención de leche está principalmente en manos de productores de pequeña y mediana escala, las etapas de transformación, procesamiento y distribución están controladas por los grandes actores del sector agroindustrial (5).

6.2 Mejoramiento Genético

Mediante el análisis de datos productivos y su linaje, es una estrategia clave para mejorar la rentabilidad de las granjas comerciales. A través del cálculo de valores genéticos estimados (VGE), se puede seleccionar de manera precisa a los ejemplares con mayor potencial genético, asegurando que estos se conviertan en los reproductores de las próximas generaciones (4).

Buscan alterar la frecuencia de genes específicos para que, bajo las condiciones ambientales adecuadas, los animales puedan manifestar al máximo su capacidad hereditaria en características prioritarias. Estas pueden ser tanto cualitativas (pigmentación del pelaje) como cuantitativas (volumen de leche, contenido de grasa o proteína), todas ellas relevantes para la rentabilidad de los sistemas productivos. Mediante esta estrategia, se promueve la reproducción de ejemplares con genotipos favorables (6). El objetivo central de la genética aplicada a la ganadería es potenciar los atributos zootécnicos mediante la modificación de la base genética de los animales. Los criterios de selección dependen de las demandas sociales y económicas, las cuales son dinámicas y evolucionan con el tiempo.

En la actualidad, los programas de mejoramiento genético han integrado tecnologías innovadoras, como la inteligencia artificial (IA) y técnicas reproductivas avanzadas (por ejemplo, la inseminación artificial a tiempo fijo, IATF), con el objetivo de optimizar la producción de razas bovinas de doble propósito (carne y leche). Esto se logra mediante estrategias como el cruzamiento entre razas y la selección genética basada en criterios científicos. Es clave resaltar que estos avances se sustentan en los principios fundamentales del mejoramiento animal, orientados a maximizar la eficiencia productiva, por lo que su

aplicación en las empresas ganaderas debe adaptarse al sistema productivo específico (cárnico, lechero o mixto), permitiendo así mayor competitividad en el sector. Asimismo, estas técnicas están estrechamente vinculadas con un manejo adecuado, basado en Buenas Prácticas Ganaderas (BPG), que garantizan su eficacia (7).

Con las técnicas estadísticas modernas, es posible analizar y combinar toda la información relevante de los individuos en una población. Esto incluye: su desempeño individual (fenotipo), los factores ambientales que afectaron su producción (como manejo del rebaño, año o época de registro) y las relaciones de parentesco entre los animales evaluados. Gracias a estos datos, se puede estimar con precisión el Valor Genético Predictivo (VGP) de cada ejemplar.

La integración de estos datos se realiza aplicando modelos matemáticos basados en la ecuación: Fenotipo = Genotipo + Ambiente. En este contexto: Fenotipo: Corresponde a la manifestación observable de un rasgo, resultante de la interacción entre los factores genéticos y ambientales. Puede medirse cuantitativamente, como el contenido de grasa en la leche o el peso corporal de un animal (expresado en kilogramos). Genotipo: Representa el aporte genético del individuo, medido en las mismas unidades que el fenotipo. Ambiente: Incluye todas las influencias externas que afectan el rasgo estudiado, es decir, aquellos factores no relacionados con la genética. Este enfoque permite cuantificar por separado los efectos de la herencia y las condiciones ambientales sobre una característica específica (4).

El avance genético en la ganadería ha sido, y continuará siendo, un factor clave para garantizar la sostenibilidad de la producción animal. Diversas técnicas biotecnológicas, tanto reproductivas como moleculares, se emplean para optimizar la genética del ganado. Su eficacia en acelerar el progreso genético se potencia cuando se integran de manera coordinada dentro de un programa de mejoramiento bien planificado, el cual debe tener objetivos. Una de las herramientas más recientemente desarrolladas y cada vez más populares, la edición de genes, permite a los criadores de animales agregar, eliminar o reemplazar con precisión letras en el código genético para influir en un rasgo específico de interés (por ejemplo, resistencia a enfermedades), en tan solo una generación. Sin embargo, para que la edición genética sea un factor importante para el mejoramiento genético, debe integrarse sin problemas en los programas convencionales de cría de ganado para mantener o acelerar las tasas de ganancia genética (8).

6.3 Valor Genético

El valor genético es la capacidad de producción de un animal y su capacidad de transmisión, para calcular el valor genético estimado (EBV), se utilizan métodos que optimizan la selección y mejoran el rendimiento en poblaciones animales. (9) Naciones con programas avanzados de selección genética y evaluaciones genómicas han implementado un sistema estandarizado para comparar el mérito genético a nivel internacional, conocido como “Multiple Across Country Evaluation” (MACE). Este método analiza características clave como producción láctea, salud de la ubre, estructura corporal, longevidad, facilidad de parto y fertilidad femenina, entre otras. No obstante, en la realidad, el uso repetido de un número limitado de animales reproductores con elevado potencial genético o la preferencia por ejemplares machos ganadores en certámenes ganaderos internacionales puede restringir la variabilidad genética. (10).

La evaluación genética es una herramienta clave en la cría selectiva, ya que permite estimar el rendimiento hereditario de los animales en rasgos específicos, optimizando así la elección de los ejemplares más aptos para la reproducción. Un avance fundamental en este campo fue la implementación de los modelos lineales mixtos en la genética cuantitativa, introducidos por Henderson, los cuales hacen posible separar los componentes genéticos de los factores ambientales o externos. Gracias a este enfoque estadístico, se obtiene el BLUP (Mejor Predicción Lineal Insesgada), un método que calcula el valor genético de los individuos analizando tanto sus propios datos como la información de sus ancestros y descendientes (11).

6.4 Fenotipo y Genotipo

El fenotipo corresponde a los atributos observables de un individuo, fue acuñado en oposición al genotipo, el material heredado transmitido por los gametos. Desde la propuesta inicial de que los genotipos y fenotipos forman dos niveles fundamentalmente diferentes de abstracción biológica el desafío ha sido entender cómo se articulan entre sí, cómo los genotipos se corresponden con los fenotipos (12). El fenotipo representa las características visibles de un ser vivo, abarcando su morfología, procesos fisiológicos y conducta. Por otro lado, el genotipo corresponde a la información genética que influye en la producción de

moléculas, la organización celular, el metabolismo, el uso de recursos energéticos, la formación de tejidos y órganos, así como en las respuestas instintivas y comportamentales. Sin embargo, el fenotipo no depende únicamente del genotipo, sino también de modificaciones epigenéticas y condiciones externas. En esencia, el fenotipo es el resultado tangible de la interacción entre los genes y el entorno (13). El fenotipo corresponde a las características observables o medibles de un organismo, como el rendimiento lechero de una vaca, de una evaluación morfológica. Aunque el fenotipo refleja en cierta medida la información genética del individuo (genotipo), En ciertas situaciones, es posible que este rasgo varíe a lo largo de la existencia del animal por efecto de agentes externos, como su dieta o las condiciones de crianza (14).

El genotipo corresponde a la totalidad de los genes presentes en un organismo, representando su estructura genética única y formando parte de su secuencia genómica. Este conjunto de genes contiene la información necesaria para dirigir el desarrollo y las funciones celulares, por lo que se considera la “guía genética” de la célula. Dicha información está codificada en el lenguaje del ADN. El genotipo influye directamente en los rasgos físicos, las propiedades biológicas y la conducta de un individuo, aunque estas manifestaciones pueden modificarse debido a mecanismos epigenéticos heredables y a la influencia del entorno (15). Un genotipo puede incluir múltiples genes siempre y cuando tenga el número correcto de alelos para cada gen. Después de que los alelos se expresan a través del proceso de transcripción y traducción para producir una proteína, el tipo de proteína o la cantidad de proteína que se produce es el fenotipo medible (16).

6.4 Peso Económico

Los pesos económicos de los sistemas de producción lechera utilizando un modelo bioeconómico en muchos artículos se ha mostrado un fuerte impacto del sistema de precios de la leche, las cuotas y las condiciones de producción en la eficiencia económica de los sistemas lecheros y en la importancia económica de los rasgos evaluados. En el vacuno de carne, algunos trabajos indicaron un impacto comercial de las subvenciones en la rentabilidad, así como en el nivel de los pesos económicos. El impacto de las subvenciones en el valor económico dependía de cómo se relacionaban las subvenciones (17).

Los valores económicos de los rasgos de producción del ganado son sensibles a las circunstancias que cambian a lo largo del horizonte temporal de un programa de cría. Además, los futuros objetivos de cría deben tener en cuenta los rasgos asociados al bienestar animal, como la longevidad y la salud, porque ignorarlos reducirá los beneficios de las explotaciones, aumentará el impacto medioambiental de la ganadería lechera, estimar los valores económicos de los rasgos tradicionales y nuevos de las poblaciones de vacuno lechero (18). los criadores de animales se beneficiarían del uso de índices de selección económica para optimizar la mejora económica en las poblaciones de vacas lecheras cuando los componentes individuales de la leche tienen valores de tasa separativos. Los índices de selección que implican varios rasgos maximizan el progreso genético en mérito económico. Los procesos de índice de selección requieren un vector de pesos económicos conocidos para la definición del genotipo agregado. Las decisiones de selección que maximizan los beneficios económicos para la nación o para la industria pueden ser menos que ideales para el productor individual (19).

El aumento en la rentabilidad asociado a la mejora genética de un rasgo específico se calcula generalmente comparando las ganancias obtenidas en el escenario actual con aquellas en las que dicho rasgo se incrementa en una unidad, manteniendo el resto de características sin cambios. Es importante considerar que los valores económicos atribuidos a estos rasgos en la selección genética animal pueden variar. La rentabilidad puede medirse tanto por la diferencia entre ingresos y gastos como por la relación entre ambos. Sin embargo, en entornos competitivos, potenciar un aspecto en el que una empresa está significativamente rezagada frente a sus rivales adquiere mayor relevancia que cuando dicho factor se encuentra en niveles comparables. Este análisis busca evaluar el panorama actual de este tema y, en lo posible, esclarecer estas cuestiones (20).

6.5 Longevidad

En el sector lácteo, el período de producción de las vacas suele durar de 2,5 a 4 años en promedio. Sin embargo, cuando estos animales tienen su primer parto alrededor de los 2 años de edad, su etapa productiva puede extenderse hasta alcanzar un rango de 4,5 a 6 años. Sin embargo, en las últimas décadas las mejoras en el confort de las vacas, la reproducción y el mérito genético para la vida productiva no han llevado a un aumento notable de la vida

productiva del ganado lechero (21). La edad en la que una vaca tiene su primera cría es un aspecto clave en su rendimiento reproductivo, ya que influye positivamente en la cantidad de leche producida. Además, reduce la ingesta de alimentos, lo que se traduce en un menor gasto durante su etapa de desarrollo.

La longevidad en las vacas lecheras, en gran parte debido a las consecuencias ambientales y económicas asociadas con el corto plazo. La corta longevidad y la práctica de sacrificar vacas lecheras a una edad temprana indican que los animales no se mantienen de tal manera que puedan funcionar en producción durante un período prolongado, Las decisiones de sacrificio suelen estar influenciadas por factores intrínsecos y extrínsecos (22). La longevidad funcional se calcula ajustando la esperanza de vida real del animal según el promedio de producción lechera del rebaño. Existe una percepción extendida entre los productores de que la selección genética enfocada únicamente en el rendimiento lácteo puede perjudicar la condición física del ganado, lo que a su vez reduce su vida útil y rentabilidad. Por esta razón, desde hace años se emplean rasgos morfológicos como predictores indirectos de longevidad, ya que estos datos pueden registrarse en etapas tempranas de la vida del animal (23).

La vida productiva de una vaca está determinada por la producción, fertilidad, salud y funcionalidad del animal, una mayor longevidad reduce los costos de inversión asociados con la cría. La reducción de la fertilidad conduce a mayores costos de producción como resultado del potencial limitado para la selección de novillas de reemplazo dentro de una granja. Una longevidad reducida también es un indicador de un bienestar animal deficiente (11).

7. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:

- Hipótesis nula (H₀): El programa de mejoramiento genético sostenible para ganado lechero, implementado junto a los productores locales, no ha logrado un avance constante en la rentabilidad del hato animal de la parroquia Guaytacama debido a las limitaciones en su índice de selección.

- Hipótesis alternativa (H1): La parroquia Guaytacama ha logrado un avance constante en la productividad ganadera, gracias al sistema de selección implementado en su programa de mejora genética sostenible para vacas lecheras, desarrollado en colaboración con los agricultores locales

8. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

8.1 Área de la investigación

Guaytacama es una parroquia situada en la región serrana de Ecuador, a una altitud de 2.906 metros sobre el nivel del mar, sus límites son los siguientes: Al norte colinda con las parroquias Toacaso y Tanicuchi separándose de la primera por la colina Yugsiloma y de la segunda mediante el fundo San Mateo; Al sur, limita con San Felipe y Poalo, El río Pumacunchi, la quebrada Pucayacu y una zanja que marca los terrenos de Rumipamba y la Calera sirven como frontera con San Felipe. Hacia Poalo, el límite lo define el río Cutuchi, junto con un ejido comunitario. Al oriente el río Cutuchi que separa de las parroquias Mulalo y Alaquez. Al occidente, limita con el cantón Saquisilí, dividiéndose por el río Pumacunchi. Desde el norte hasta el sitio conocido como Calicanto seguido de un camino público que atraviesa un ejido compartido llamado Calzada, el cual conecta con los linderos de Poalo y finaliza nuevamente en el río Pumacunchi (24).

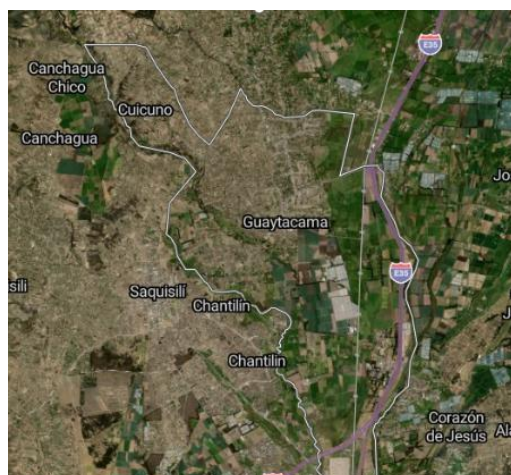


Figura 1 Mapa Guaytacama

Fuente: Google Maps

8.2 Población de estudio

El presente trabajo fue realizado en la parroquia de Guaytacama con el apoyo de 12 productores de la zona de Pupana Sur, dónde se contabilizó un total de 58 animales de ganado bovino de leche. Distribuidos en categorías como: terneras, terneros, vaconas, vacas y toretes.

8.3 Duracion del estudio

El tiempo que duró esta investigación fue de 3 meses, comprendido desde noviembre del 2024, hasta enero del 2025. Este transcurso de tiempo nos permitió observar el desempeño de los productores dentro de la producción láctea, y así poder identificar algunas posibles causas que afectan el sistema de producción lechera.

8.4 Diseño del estudio

Fue de tipo observacional, los datos que fueron recolectados se basaban en la rentabilidad de los productores con las actividades de las ganaderías fueron obteniendo en la parroquia Guaytacama. La Metodología implementada en la siguiente investigación permitió una exploración detallada de los objetivos que se planteó en tema de la investigación.

8.5 Recopilación de Datos

El proceso de recolección de datos inició con la vinculación de ganaderos dedicados a la producción lechera en la parroquia Guaytacama, quienes autorizaron mediante consentimiento el acceso a información de sus hatos. Se documentaron aspectos clave como el linaje del ganado, el incremento diario en peso (mediante evaluaciones periódicas) y los registros de leche (obtenidos diaria o regularmente), densidad de la leche, costos asociados a la explotación en la app para celulares UTC gen.

Para continuar con el registro de la recopilación de datos de la parroquia Guaytacama, se continuo a partir de los registros anteriores de los animales, iniciando con la actualización de datos de animales de cada explotación que estaba en la aplicación UTC gen, se tuvo que seguir con el método observacional en las explotaciones ganaderas, recopilando datos con herramientas necesarias para dicho fin.

8.6 Manejo Del Estudio

En la parroquia de Guaytacama se realizaba visitas constantes a los hatos ganaderos pertenecientes a los asociados al programa UTCgen, al momento del levantamiento de

información con los propietarios de la parroquia fue enfocada en entrar a un proceso de desparasitación y vitaminas de los animales por el motivo de seguir cumpliendo con su calendario establecido ya que este proceso los propietarios cada 3 meses aproximadamente, de igual manera se continuo realizando las inseminaciones artificiales. De igual manera con el único fin de precautelar la sanidad y bienestar de los animales se realizaron pruebas de mastitis en los distintos hatos lecheros con los cuales se pudo observar que en la parroquia tienen un muy sistema de ordeño llevando a cabo todas las medidas de salubridad. Por último, se procedió a realizar encuestas a los propietarios de cada hato con la finalidad de saber cuál es su costo de producción para poder observar si en la parroquia existe rentabilidad en sus producciones.

8.7 Análisis Económico

Para realizar el análisis económico de cada explotación se divierte los costos de producción separados por categorías específicas como alimentación, manejo, atención veterinaria, infraestructura, entre otras. Los datos son ingresados en tablas de excel, con el fin de calcular los ingresos de cada productor basados en la producción de leche. Esto nos ayudará a determinar el ingreso neto restando los costos totales de los ingresos que es una de las realidades que sucede con muchos de pequeños productores de la parroquia Guaytacama.

8.7.1 Pesos Económicos

El análisis económico además se centra en utilizar análisis de regresión u otras técnicas estadísticas para establecer la relación entre las características y el ingreso neto. Calcular los pesos relativos asignando valores proporcionales a la contribución de cada característica al ingreso neto total.

8.7.2 Ganancia diaria de peso

Se refiere a su habilidad para depositar tejidos (como proteínas, grasas y minerales) y retener agua en un período específico, usualmente evaluado por día (Ganancia Diaria de Peso o GDP). Este factor es clave para determinar su eficiencia productiva. Los ejemplares con altas tasas de crecimiento muestran un mejor desempeño en comparación con aquellos de desarrollo lento, independientemente de su edad. Esto se debe principalmente a cambios en la estructura muscular, como la hipertrofia de las fibras, el incremento en su diámetro y una mayor presencia de grasa entre los músculos, lo que mejora la calidad del rendimiento. Se

encuentra afectados por distintos factores externos a la genética, este carácter puede variar dependiendo la raza del animal, los factores ambientales, alimentación, el tipo de producción, suplementos alimenticios que se utilizan en la formulación de la dieta de los bovinos, etc (14).

8.7.3 Litros de leche a 305 días

La productividad de una vaca lechera se ve mediada por cuantos litros de leche puede producir al día. Esta productividad alcanza su pico más alto dentro de los 2 a 3 meses post parto y tiene su punto más bajo al llegar al séptimo mes de preñez. Es por ello que se realizó la toma de litraje en baldes graduados y se realizó una predicción de los litros de leche en los 305 días productivos de una vaca por medio de una herramienta desarrollada para tal fin.

8.7.4 Desarrollo de Índices de Selección

Implementar criterios de selección que permitan priorizar opciones, que incorporen los pesos económicos calculados. Establecer la fórmula del índice, que podría ser una combinación lineal de las características con sus respectivos pesos o la utilización de la herramienta BLUP. Esto con el fin de ordenar los datos de manera más eficiente y entendible. El uso de estas herramientas permitió el cálculo de los datos obtenidos, en el caso de la herramienta Excel, permitió la creación de las bases y la caracterización de cada criterio, mientras que el BLUP ayudó a comprender cuales fueron los mejores animales para cada característica seleccionada debido a que esta herramienta ayudó a calcular los datos de genética cuantitativa del presente estudio.

En la parroquia de Guaytacama, perteneciente al cantón Latacunga, se llevó a cabo un estudio con un total de 58 animales, entre los que se encontraban vacas, vaconas, terneras, toretes y terneros. La investigación se enfocó en analizar distintos rasgos fenotípicos cuantitativos, como la edad en meses, la altura medida a la cruz, la ganancia diaria de peso (GDP), el período de lactancia (evaluado en 305 días) y los días abiertos. Estos parámetros fueron seleccionados debido a su impacto directo en el valor económico de los sistemas de producción lechera.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

9.1 Altura a la cruz

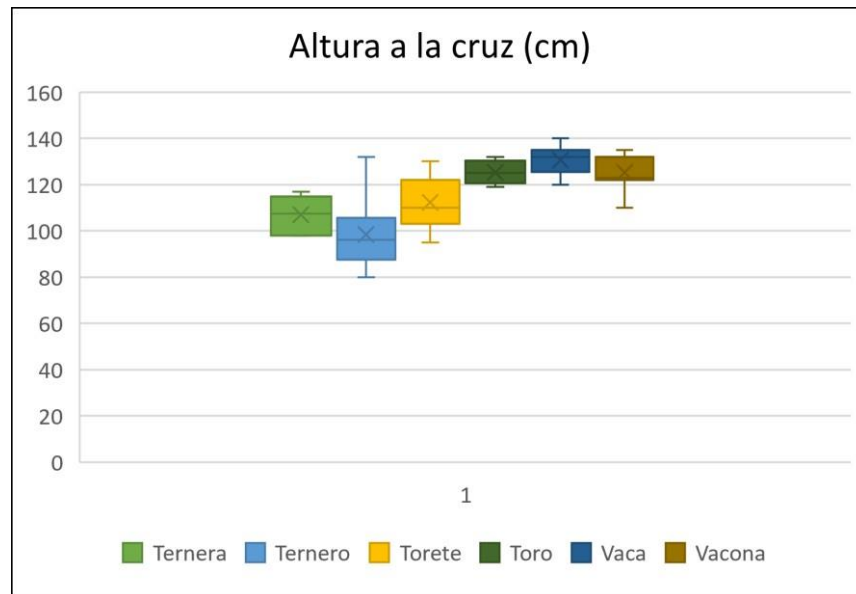


Figura 2 Diagrama boxplot para la altura en la cruz de todos los animales

Cada ejemplar bovino incluido en el plan de mejora genética sostenible para ganado lechero, los mismos que se encuentran divididos de acuerdo a su categoría productiva que corresponde, podemos observar el promedio de la altura de la cruz de las vacas en producción es de 130 cm a la altura de la cruz. Cabe destacar que este promedio es superior a los estándares de algunas razas de bovinos como: Holstein (129,5 cm), Brown Swiss (133, 8 cm), Jersey: (121,8 cm) y Criolla: (123,3 cm), como se muestra en el trabajo de Alvarado y Rodas (25). En Manabí se utilizaron una población de estudio 167 animales, distribuidos en toda la provincia de la costa dando como resultado que la raza criolla tienen una altura a la cruz de aproximadamente 128.20 cm (26).

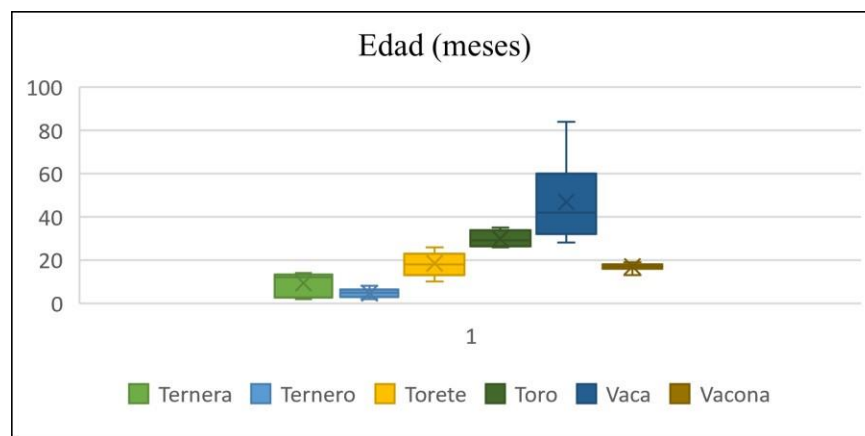
En dos sitios de Argentina, llevaron a cabo un estudio sobre la altura a la cruz como indicadores productivos y reproductivos en vacas Holstein, los estudios realizados en vacas durante su tercera lactancia. Además, se observó que los animales con menor estatura (entre 139 y 140 cm) tienden a tener una mayor producción, mientras que aquellos más altos (145-146 cm) presentan una fertilidad más alta. Esta diferencia de 6 cm en la altura conlleva un incremento en los costos de alimentación y manejo (27).

Tabla 1 Animales mejores alturas a la cruz, según el EBV calculado

ID	EBV	Accuracy
Negra	-0,031	0,601
Princesa	-0,031	0,601
Juana	-0,035	0,601

Para seleccionar a los mejores animales para el fenotipo de altura a la cruz, se relacionó con la productividad de lactancia a los 305 días y longevidad. Un estudio realizado en Colombia se muestra que la heredabilidad o capacidad de transmitir el fenotipo de la altura a la cruz para las demás generaciones es de 0,37 en vacas lecheras (29).

9.2 Edad en Meses

**Figura 3** Diagrama boxplot para edad en meses

En la parroquia de Guaytacama la edad de vacas de producción es de aproximadamente 46 meses de edad, en comparación con hatos lecheros de otros países como; Guatemala que realizaron un análisis productivo y reproductivo de un hato lechero, donde encontraron una edad promedio de 3 años y 8 meses, esto se debe a una alta tasa de descarte debido a las ventas de vacas con problemas reproductivos o productivos (30). En los establos lecheros de Lima, se encontró que el 57% de los animales logra alcanzar los cuatro partos, con una vida productiva promedio en granjas lecheras de 42.9 meses y una desviación de ± 29.4 meses. Los motivos más frecuentes de descarte incluyen problemas reproductivos y afecciones en las glándulas mamarias. (31).

La longevidad en bovinos de leche son perjudicados por muchos factores inherentes (lactancia, salud, rasgos de conformación y desempeño reproductivo) y los factores externos (precio de la leche, nutrición, manejo, políticas, costo de alimentación y novillas de reemplaza), la heredabilidad para la longevidad es baja de 0,01-0,30. Sin embargo, es necesario seleccionar los rasgos de longevidad, que determinan el valor de utilización de las vacas lecheras y mejoren los beneficios económicos de las granjas lecheras (32).

Tabla 2 Animales mejor longevidad, según el EBV calculado

ID	EBV	Accuracy
Patucha	4,048	0,305
Fina	1,797	0,305
Lucero	1,786	0,280

9.3 Días Abiertos

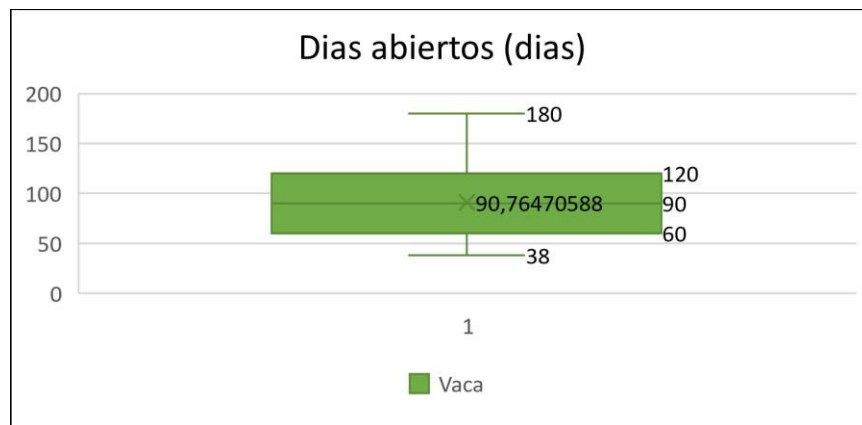


Figura 4 Diagrama boxplot para los días abierto de vacas

El promedio de los días abiertos en vacas lecheras de la parroquia Guaytacama es eficiente a comparación con otros estudios realizados en la provincia de Pichincha, evaluaron la eficiencia productiva y reproductiva de 46 vacas Brown Swiss, con los datos registrado en los periodos 2018-2020, encontrando un promedio de 131 a 138 días abiertos (33).

Tabla 3 Animales con menores días abiertos, según el EBV calculado

ID	EBV	Accuracy
Cachuda	-18,115	0,439
Chispa	-16,736	0,439
Vicky	-16,736	0,439

Los animales listados (Cachuda, Chispa, y Vicky) presentan los valores más bajos en su EBV para días abiertos (entre -18,115 y -16,736), indicando un potencial genético favorable para una mejor eficiencia reproductiva al reducir el período entre parto y concepción. Esta mejora en la fertilidad es valiosa puesto que un menor número de días abiertos generalmente se traduce en un incremento en la eficiencia del ciclo productivo y reproductiva.

En investigaciones sobre la influencia del intervalo entre partos (días abiertos) en la productividad láctea, se ha observado que niveles más altos de producción de leche frecuentemente se correlacionan con una reducción en los índices reproductivos. Autores como Makulska y Stygar evaluaron la interacción entre la duración de los períodos de días abiertos y días secos con respecto al rendimiento lechero por lactancia en vacas HolsteinFriesian, determinando que la optimización del manejo ganadero exige una evaluación integral que considere tanto factores productivos como económicos (34). Goyache encontró que los días abiertos es una característica reproductiva con considerable variabilidad genética, los valores de heredabilidad para días abiertos fueron entre 0,091-0,197 para vacas (35).

9.4 Ganancia De Peso Diaria (GDP)

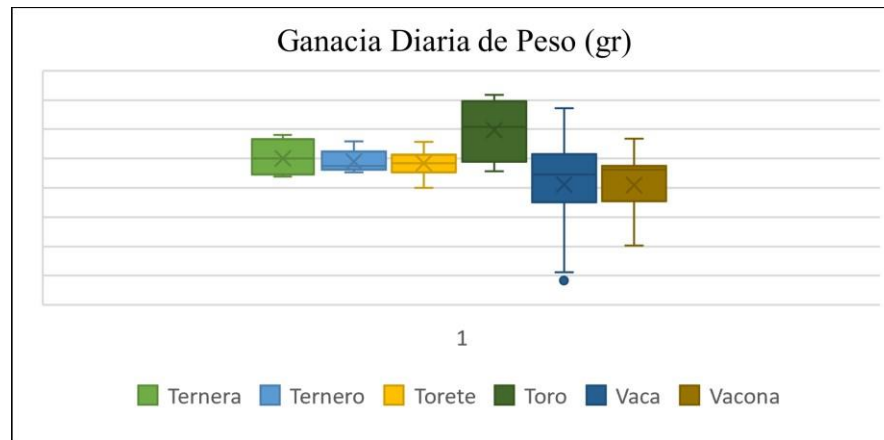


Figura 5 Diagrama boxplot para la ganancia diaria de peso

La ganancia de peso en terneras, 199gr por día, es un valor inferior a estudios realizados en Venezuela, un estudio realizado sobre el peso en novillas al primer servicio obtuvo como promedio de 350g/d y 450g/ en novillas después del destete, el peso promedio para el primer servicio es entre los 300-340 kg, el cual debe buscarse una manera para obtener una mayor ganancia diaria de peso en las novillas para alcanzar la rentabilidad del hato (36).

De igual manera la GDP, en animales menores se ve afectado por múltiples factores, genéticos, alimentación, sanidad. Sin embargo, por factores fisiológicos los terneros tienden a obtener mayor ganancia de peso diaria. Córdova A, menciona en un estudio realizado que la ganancia diaria de peso optima en terneros y terneras oscila entre los 683 gr a 1310 gr al día. La heredabilidad para ganancia diaria de peso es de 0,22 (37).

En la parroquia Guaytacama, la cría de toretes se enfoca únicamente en la obtención de carne, esto se debe a que los ganaderos de la zona prefieren emplear predominantemente la inseminación artificial para la reproducción del ganado.

Tabla 4 Animales con mejor ganancia de peso en terneras, según el EBV calculado

ID	EBV	Accuracy
Luz	98,276	0,710
Claudia	90,443	0,710
salvadora	88,235	0,710

9.5 Lactancia a los 305 días

La producción de leche a sus 305 días o también conocida como lactancia es un aspecto demasiado importante ya que este nos ayuda a evaluar la rentabilidad, producción y eficiencia de los hatos productores de leche,

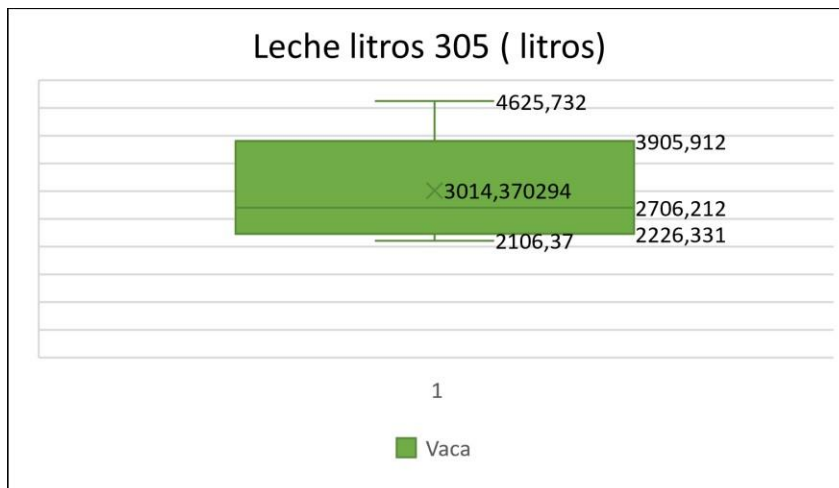


Figura 6 Diagrama boxplot para la estimación del valor genético de lactancia

La media de producción es de 3014 litros por lactancia aproximadamente, siendo un resultado un poco inferior comparada con ganaderías. En Riobamba en el “Criadero Pacaguan” se determinó que el promedio de litros por lactancia ajustada a los 305 días de 60 vacas Holstein, es de 4929.18 litros/lactancia (38). En el ganado Holstein de México, la heredabilidad de la producción lechera varía de 0.13 a 0.57. Dicho carácter se analiza en criterios de selección que integran aspectos reproductivos, de conformación corporal, funcionalidad y vida productiva del animal (39).

Tabla 5 Animales con mejor Lactancia a 305 días, según el EBV calculado

ID ANIMAL	EBV	Accuracy
Negra	476,02	0.353
Fina	376,59	0.344
Colorada	367,37	0.343

La lactancia tiene un alto peso económico en los ingresos de los productores ya que si se mejora la productividad por individuo obtendremos mayores ingresos, sin embargo, debemos

tener en cuenta que estos ingresos superen los costos de producción. La producción en su lactancia depende mucho de la alimentación y de la genética del animal.

9.6 Costos de producción de la leche

Es fundamental para una administración eficiente de una explotación lechera, permitiendo tomar decisiones estratégicas para maximizar los beneficios, los diferentes costos en la lechería, proporcionando información valiosa para productores. Los costos de producción de una producción lechera varían según factores como la ubicación geográfica, el tamaño de la explotación, la eficiencia de la producción.

Tabla 6 Costos de producción de la parroquia Guaytacama

Propietario	Precio de venta Lt/leche	Lt/leches mensuales	Ingresos mensuales	Gastos Mensuales	Costos de producción
Maria Vilca	0,39	240	93.6	100	0,41
Blanca Chuquilla	0,39	210	81.9	80	0,38
Narcisa Tutillo	0,39	240	93.6	80	0,33
Nelly Tutillo	0,39	360	140	50	0,13
PROMEDIO	0,39	262	102.2	77.5	0,31

Podemos observar que los propietarios asociados al programa producen un promedio de 262 lt/leche al mes, lo cual es vendido a 0.39 ctvs. Obteniendo un costo de producción en promedio de 0.31 ctvs. por litro de leche, este costo de producción es elevado por la compra de alimentos (rechazo, balanceado, alfalfa, etc), gastos sanitarios (vacunas, desparasitación), y mano de obra. Este resultado es superior al estudio realizado sobre el costo de producción promedio del litro de leche en el cantón Sigchos, es de 0,21 dólares (40). Un análisis del sistema de producción lechera en Bolívar, enfocado en el modelo de doble propósito (carne y leche), reveló que el costo por litro de leche es de apenas \$0.11, lo que lo convierte en una alternativa altamente rentable para los productores (42). Esto contrasta con otras estimaciones donde el costo alcanza \$0.62 por litro, situación que no resulta viable al considerar la relación entre tiempo invertido y ganancias generadas. (41).

9.7 Escenarios económicos para la respuesta a la selección (RS)

Tabla 7 Respuesta a la selección (RS) en 4 generaciones, simulador.

Rasgos	GDP	Longevidad	Altura	Lactancia	DA
	(gr)	(meses)	(cm)	(litros)	(días)
Categoría	Terneritas	Vaca	Vaca	Vaca	Vaca
Media	199	42	1.30	3014	90
EBV	98	4.04	-0.03	476	-18
Accuracy	0.71	0.30	0.60	0.35	0.43
RS	460	64	1.26	3908	85

Como respuesta a la selección de días abiertos tenemos 85 días, esto puede variar debido a varios factores como: manejo, alimentación y problemas reproductivos que presente el animal. Los problemas reproductivos en las vacas reducen su eficiencia reproductiva, aumentando los días abiertos. Esto eleva los costos del tambo debido a mayores gastos en inseminaciones, tratamientos y períodos improductivos, perjudicando la economía del establecimiento (42). Según estimaciones, la altura a la cruz es de aproximadamente 1.26 cm. Investigaciones en Estados Unidos revelan que los ganaderos dedicados a la cría de bovinos para exhibición priorizan ejemplares de mayor tamaño y robustez. Sin embargo, aunque las vacas de gran talla requieren un mayor consumo de alimento para su mantenimiento, las más pequeñas resultan más eficientes debido a sus menores exigencias nutricionales y una mejor productividad láctea en comparación (43). Las vacas que llegan a ser longevas en un hato lechero son valiosas por su tendencia a tener una mayor producción de leche. La selección por la edad se encuentra influenciada por varios factores como: no tener problemas con enfermedades reproductivas, mastitis, ubres, condición corporal, etc (44).

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

10.1 Impacto Técnico

La producción de leche en el Ecuador es una actividad que representa una gran fuente de trabajo para los profesionales que laboren en el sector ganadero, con la implementación de nuevas biotecnologías de la reproducción como: la inseminación artificial junto con la

trasferencia de embriones ha revolucionado la crianza de ganado lechero, la selección y mejoramiento genéticas de bovinos puede mejorar la eficiencia y la rentabilidad de los hatos lecheros en pequeños productores, siendo la recolección de datos una de las actividades mas importantes que se debe realizar en una producción lechera para obtener una eficiencia en la producción de leche.

10.2 Impacto Económico

El sector agropecuario es importante dentro de la economía regional y nacional del país, la producción de leche promueve mejorar un mejor precio rentable superior a 0.45 ctvs. La calidad para lograr un precio de venta rentable, dependerá mucho de la calidad (grasa, proteína), sanidad animal (vacunas, etc.) Lo que hace que aumente el índice de trabajos para las diferentes ocupaciones en las regiones productoras de leche debido a que en la cadena productiva genera empleos directos e indirectos del sector.

11. CONCLUSIONES

- Los valores fenotípicos de los animales seleccionadas de la parroquia Guaytacama son ineficientes, eg. GDP de 199gr/día en terneras de reemplazo, esto se debe al manejo nutricional que se da en los animales y el suplemento alimenticio nos podría llevar a tener mayores resultados, este fenotipo puede variar a diferencia de los fenotipos lactancia a los 305 días abiertos, altura a la cruz, etc que dependen de la heredabilidad de sus ancestros.
- Los pesos económicos que influyen para el fenotipo de lactancia a los 305 días, tienen diferentes factores que nos puede cambiar los valores de predicción en los diferentes sistemas de producción. Para escoger estas características y mejorarlas genéticamente nos llevaría a tener animales que presente una mayor rentabilidad a los pequeños productores de la zona considerando los costos de producción por litro de leche. Considerado que mientras mas litros de leche produzca mayor remuneración económica tengo en el hato lechero.
- La selección de animales para las siguientes generaciones consiste en minimizar los costos de producción y maximizar los ingresos económicos para los productores de la parroquia. Estas respuestas a la selección que se predice en cuatro generaciones

son fundamentales para tener una referencia al valor genético de los animales que se reproducirá en las siguientes generaciones.

12. RECOMENDACIONES

- Llevar un control de sanidad animal periódicamente y la administración de suplementos alimenticios en la dieta alimentaria a los animales, no obstante, debemos de fijar los costos de producción y beneficios que conlleva a mantener un alto rendimiento económico dentro del hato lechero.
- Mejorar el control de obtención de datos o registros de cada productor, esto nos ayudaría a llevar datos precisos que luego serán evaluados en programas de estadísticas y podremos seleccionar los animales que debe seguir en el hato ganadero.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Franco Crespo C, Morales Carrasco L, Lascano Aimacaña N, Cuesta Chávez A. Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador. La Granja. 2019;30(2).
2. SIPAE. Libre comercio y lácteos: La producción de leche en el Ecuador: Entre el Mercado Nacional y la Globalización. SIPAE. 2007;
3. Zamboni V, Martínez D. Agronegocios lecheros y transformaciones territoriales. Los casos de Argentina y Ecuador. Pampa. 22 de julio de 2022;(25):e0047.
4. Obtencion_del_Valor_Genetico_Predicho_en_Animales_.
5. Iglesias GM, Beker MP. Cría y Mejoramiento Genético Animal. IEEE Consumer Electronics Magazine. 2020;(january).
6. Marizancén M, Artunduaga L. Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 2017;8(2):247-59.

7. Ríos Utrera Á, Martínez Velázquez G, Calderón Chagoya R, Montaña Bermúdez M, Vega Murillo VE. Logros, retos y perspectivas de la investigación en mejoramiento genético de bovinos productores de carne en el INIFAP. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2021;12.
8. Mueller ML, Van Eenennaam AL. Synergistic power of genomic selection, assisted reproductive technologies, and gene editing to drive genetic improvement of cattle. Vol. 3, CABI Agriculture and Bioscience. BioMed Central Ltd; 2022.
9. Galvis RD, Múnera EA, Marín AM. Relación entre el mérito genético para la producción de leche y el desempeño metabólico y reproductivo en la vaca de alta producción. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.* 21 de julio de 2016;18(3):12.
10. Chacón Marcheco E, Cartuche Macas LF, Villavicencio Estrella A, Toro Molina B, Silva Déley L, Andrade Aulestia P. Diversidad genética de la población de toros Holstein Friesian importados al Ecuador entre el 2000-2021. *Revista Científica y Tecnológica UPSE.* 15 de junio de 2023;10(1):33-40.
11. Larrea Izurieta CO, Hurtado EA, Macías Andrade JI, Vera Loor LE, More Montoya MJ. Estimación del valor genético predicho en bovinos lecheros mestizos en un hato en la sierra alta de Chimborazo, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú.* 2020;31(4).
12. Orgogozo V, Morizot B, Martin A. The differential view of genotype-phenotype relationships. *Front Genet.* 2015;6(MAY).
13. Panawala L. Difference Between Genotype and Phenotype [Internet]. 2017. Disponible en: <http://pediaa.com/difference>
14. Lecheras E, Wattiaux MA. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera CA A A A ¿QUE ES LA GENETICA?
15. Pontarotti G, Mossio M, Pocheville A. Mendelian genetics to 21st century biology. *Genetica* [Internet]. 2022(4). Disponible en: <https://hal.science/hal-03920056v1>
16. review--genotype-vs-phenotype.
17. Krupová Z, Huba J, Daňo J, Krupa E, Oravcová M, Peškovičová D. Economic weights of production and functional traits in dairy cattle under a direct subsidy regime. *Czech Journal of Animal Science.* 2009;54(6):249-59.
18. Wolfová M, Wolf J, Kvapilík J, Kica J. Selection for profit in cattle: I. Economic weights for purebred dairy cattle in the Czech Republic. *J Dairy Sci.* 2007;90(5):2442-55.

19. Harris BL, Freeman AE. Economic Weights for Milk Yield Traits and Herd Life Under Various Economic Conditions and Production Quotas. *J Dairy Sci* [Internet]. 1 de marzo de 1993 [citado 21 de junio de 2025];76(3):868-79. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293774135>
20. Blasco RA. LOS PESOS ECONÓMICOS EN MEJORA GENÉTICA ANIMAL 1. Vol. 91. 1995.
21. De Vries A, Marcondes MI. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. En: *Animal*. 2020.
22. GANADO FRISÓN UTILIZANDO TÉCNICAS ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA Chirinos E DE. Vo l. E xt ra N.º 24. To rn o 11. JTEA. 2003.
23. Vredenberg I, Han R, Mourits M, Hogeveen H, Steeneveld W. An Empirical Analysis on the Longevity of Dairy Cows in Relation to Economic Herd Performance. *Front Vet Sci*. 2021;8.
24. ACTAS-SESIONES-GADP-GUAYTACAMA-MARZO-2023.
25. Miguel Salinas Salinas J, Parroquia Zurmi E LA, Cantón Guaizimi D, Zamora Chinchipe
P DE. AUTOR: "CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA POBLACIÓN BOVINA ADAPTADA A LAS CONDICIONES UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.
26. Fernando Cevallos Falquez Director O, Vicente Delgado Bermejo Quevedo -Los Ríos - Ecuador J. UNIVERSIDAD DE CORDOBA FACULTAD DE VETERINARIA DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL. 2012.
27. Marini PR, Charmandarian A, Krupick M, Masso D. HIP HEIGHT, MILK PRODUCTION AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE IN DAIRY COWS RAISED UNDER GRAZING. Vol. 60, *Arch. Zootec*. 2011.
28. Lecheras E. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera.
29. Corrales JA, Cerón-Muñoz M, Cañas JA, Herrera CR, Calvo SC. Enero-Abril. Vol. 17, *Rev.MVZ Córdoba*. 2012.
30. Campollo V, Maria J. Analisis productivo y reproductivo del hato lechero de Finca Monte Maria S.A en Guatemala.

31. Orrego J, Orrego J, Delgado A, Echevarría L. Rev Inv Vet Perú 68 Rev Inv Vet Perú 2003; 14 (1): 68-73 VIDA PRODUCTIVA Y PRINCIPALES CAUSAS DE DESCARTE DE VACAS HOLSTEIN EN LA CUENCA DE LIMA.
32. Hu H, Mu T, Ma Y, Wang XP, Ma Y. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: A Review. Vol. 12, Frontiers in Genetics. 2021.
33. Mireya Calero-Vaca GI, Augusto Almeida-López III F, Fahureguy Jiménez-Yáñez S, Fabián Maldonado-Arias DI, Alexandra Toalombo-Vargas P V. Ciencias Técnicas y Aplicadas Artículo de Investigación. 2022;7(5):1739-80. Disponible en: <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>
34. Nzeyimana JB, Fan C, Zhuo Z, Butore J, Cheng J. Heat stress effects on the lactation performance, reproduction, and alleviating nutritional strategies in dairy cattle, a review. Vol. 11, Journal of Animal Behaviour and Biometeorology. 2023.
35. a06v24n2.
36. González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Goicochea-Llaque J, González-Villalobos D, Rodríguez-Urbina MA. First breeding in dual purpose heifers . Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia. 2007;17(1).
37. 69310109.
38. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS CARRERA ZOOTECNIA "CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS. 2024.
39. Lemus-Ramírez V, Guevara-Escobar A, García-Muñiz JG. Aprobado: Septiembre. Vol. 42, Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia. 2007.
40. Lemus-Ramírez V, Guevara-Escobar A, García-Muñiz JG. Aprobado: Septiembre. Vol. 42, Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia. 2007.
41. Botero L, Rodríguez D. Costo de producción de un litro de leche en una ganadería de el sistema doble propósito, Magangué, Bolívar. Rev MVZ Cordoba. 2006;11(2)
42. Costo real de producción del litro de leche, en pequeños ganaderos de la comunidad de Sivicusig, cantón Sigchos, Ecuador. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2021;5.
43. Ríos-Utrera Á, Hernández-Hernández VD, Villagómez Amezcua-MAjarréz E, ZárateMartínez JP. Heredabilidad de características reproductivas de vacas Indubrasil. Agronomía Mesoamericana. 2013;24.

44. Hernández A, Ponce de León R. Índices de selección para la mejora genética de vacas Siboney de Cuba. Archivos de Zootecnia. 2020;69(265).