



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EFECTO ECONÓMICO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN SISTEMAS LECHEROS FAMILIARES DEL PROGRAMA UTCGEN EN LATACUNGA OCCIDENTAL”

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

Autora:

Vinueza Beltrán Madeleine Sofia

Tutor:

Beltrán Romero Cristian Fernando

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Vinueza Beltrán Madeleine Sofia, con cédula de ciudadanía No. 1723096234, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“EFECTO ECONÓMICO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN SISTEMAS LECHEROS FAMILIARES DEL PROGRAMA UTCGEN EN LATACUNGA OCCIDENTAL”**, siendo el Médico Veterinario Zootecnista Mg. Cristian Fernando Beltrán Romero, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Madeleine Sofia Vinueza Beltrán

C.C: 1723096234

ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTORA

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **VINUEZA BELTRÁN MADELEINE SOFIA**, identificada con cédula de ciudadanía de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EFECTO ECONÓMICO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN SISTEMAS LECHEROS FAMILIARES DEL PROGRAMA UTCGEN EN LATACUNGA OCCIDENTAL**”, 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 2021 – Marzo 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Dr. Cristian Fernando Beltrán Romero, Mg.

Tema: “**EFECTO ECONÓMICO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN SISTEMAS LECHEROS FAMILIARES DEL PROGRAMA UTCGEN EN LATACUNGA OCCIDENTAL**”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 24 días del mes de febrero del 2026.

Madeleine Sofia Vinueza Beltrán

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EFECTO ECONÓMICO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN SISTEMAS LECHEROS FAMILIARES DEL PROGRAMA UTCGEN EN LATACUNGA OCCIDENTAL”, de Vinuesa Beltrán Madeleine Sofia de la carrera de Medicina Veterinaria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 24 de febrero del 2026

Dr. Cristian Fernando Beltrán Romero, Mg.

C.C: 0501942940

DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Apellidos y Nombres completos, con el título del Proyecto de Investigación: **“EFECTO ECONÓMICO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN SISTEMAS LECHEROS FAMILIARES DEL PROGRAMA UTCGEN EN LATACUNGA OCCIDENTAL”** 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, 24 de febrero del 2026

MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Mg.

CC: 1722547278

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

MVZ. Cristian Neptali Arcos Álvarez, Mg.

CC: 1803675634

LECTOR 2 (MIEMBRO)

MVZ. Dina Maricela Veloz Veloz, Msc.

CC: 1720299302

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más profunda gratitud a toda mi familia, la cual ha estado conmigo brindándome su apoyo incondicional en todo este trayecto de mi carrera universitaria. A pesar de los tropiezos en el camino y la dificultad de estar lejos de casa, siempre estuvieron ahí para alentarme, consolarme y aconsejarme, incluso a través de una pantalla. Gracias por darme la confianza de cumplir mi sueño lejos de ustedes, sé que este momento les llena de tanta felicidad y orgullo como a mí.

A mi padre, Henry Vinueza, quien, a pesar de ser un hombre de pocas palabras, me ha enseñado que ante cualquier adversidad uno debe buscar las formas de seguir adelante, pues cada esfuerzo tiene su recompensa.

A mi madre, Sylvia Beltrán, por no dejarme sola en mis momentos más difíciles y ofrecerme un amor incondicional que llena mi corazón de paz. Gracias por vencer tus propios temores por amor a mis sueños.

A mi hermana menor, Nicole Vinueza. Aunque seamos tan diferentes y veamos el mundo de distinta manera, te agradezco por estar presente en mis logros y permitirme ser parte de los tuyos. Tu apoyo ha sido esencial para recordarme que, sin importar el camino que elijamos, siempre caminaremos juntas.

Finalmente, agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas para desarrollarme y ofrecerme un lugar confortable de aprendizaje. A sus docentes, por impartir sus conocimientos con dedicación; y de manera especial, al Dr. Cristian Beltrán, director de la carrera y mi tutor, por su guía y acompañamiento en este proceso.

Madeleine Sofia Vinueza Beltrán

DEDICATORIA

A mi abuelita, Carmen Toscano, por cada fin de semana en que me hizo sentir el aroma de casa y el sabor de mi infancia; gracias por recordarme siempre que el amor es el motor para seguir adelante. También a mi abuelito Rodrigo Vinueza y a mi tío Christian Vinueza por ser un apoyo incondicional.

A mi madre, por acompañarme en las jornadas más difíciles. A pesar de sacarte de juicio y de que tuvieras que salvarme en cada momento inesperado, te dedico este título, ya que lleva tu paciencia y tu coraje en cada página.

A mis amigos, Alejandra Canchig y Michael Freire, por acompañarme en cada recolección de datos y por transformar el rigor de este proyecto en anécdotas inolvidables. Gracias por ser mi equipo en el campo y en la vida. De igual manera a mi mejor amigo Diego Sánchez que me ha brindado su inmenso apoyo en mis momentos más difíciles, por cuidarme siempre como una hermana y ver por mi bien ayudarme a crecer a en lo laboral, me brindo estabilidad necesaria para enfocarme en mi meta gracias por creer en mi potencial más que yo mismo y por caminar conmigo.

A mí abuelita Olga Piedra, que me cuida desde las estrellas desde mis 10 años. Gracias por ser mi ángel de la guarda durante toda mi vida y aunque no estés para verme graduar sé que desde el cielo celebras conmigo este título. De manera muy especial, honro la memoria de mi Fiorella, mi única y fiel compañera en mi vida de foránea durante los primeros semestres. Aunque tuviste que partir antes de ver el final, tu ronroneo fue la calma necesaria para continuar con este sueño y terminar lo que un día comenzamos juntas.

Madeleine Sofia Vinueza Beltrán

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EFECTO ECONÓMICO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y
REPRODUCTIVA EN SISTEMAS LECHEROS FAMILIARES DEL PROGRAMA
UTCgen EN LATACUNGA OCCIDENTAL”**

Autora:

Vinueza Beltrán Madeleine Sofia

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto económico de la eficiencia productiva y reproductiva en sistemas lecheros familiares del programa UTCgen en las parroquias rurales de Latacunga occidental (San Juan de Pastocalle, Tanicuchi y Toacaso). El estudio evalúa la relación entre indicadores biométricos, calidad en la composición de la leche y rentabilidad económica de los productores. Se determinó una evaluación morfológica consistente, siendo el perímetro torácico el cómo la medida lineal de mayor precisión para la estimación del peso vivo ya que se obtuvo una correlación positiva ($R^2 = 0,71$). Sin embargo, se encontró una relación crítica entre el tamaño de un animal y su productividad láctea, lo que indica que la rentabilidad está más relacionada con el manejo nutricional y la eficiencia reproductiva que con la biometría. El estudio destaca que Pastocalle es el sistema más equilibrado con una tasa de lactancia del 40,7%, mientras que Tanicuchí enfrenta un alto riesgo económico por su baja tasa de lactancia (14,3%), a pesar de tener los animales más productivos por individual. Finalmente, las implicaciones financieras muestran que el beneficio por litro varía mucho (de 0,07 a 0,46 dólares), dependiendo de la capacidad del productor para optimizar sus costos fijos, ya que algunos productores enfrentan un riesgo financiero de alerta con utilidades marginales. Con los resultados obtenidos se concluye que la sostenibilidad económica no depende del volumen de leche individual, sino en la capacidad de mantener una tasa de lactancia superior al 30%. Debido a que la eficiencia reproductiva es baja siendo la principal causa del lucro cesante, ya que al mantener animales improductivos perjudica al capital familiar. Por lo cual es importante mejorar la detección de celos y estandarizar el manejo de recría para optimizar la rentabilidad familiar

Palabras clave: perímetro torácico, calidad de leche, UTCgen, tasa de lactancia, lucro cesante

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EFECTO ECONÓMICO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA EN SISTEMAS LECHEROS FAMILIARES DEL PROGRAMA UTCGEN EN LATACUNGA OCCIDENTAL”

Author:

Vinueza Beltrán Madeleine Sofia

ABSTRACT

The present study evaluated the economic effect of productive and reproductive efficiency in family dairy systems within the UTCgen program in the rural parishes of western Latacunga (San Juan de Pastocalle, Tanicuchí, and Toacaso). The research analyzed the relationship between biometric indicators, milk composition quality, and the economic profitability of producers.

A consistent morphological evaluation was determined, with thoracic perimeter identified as the linear measurement with the highest precision for estimating live weight, as a positive correlation was obtained ($R^2 = 0,71$). However, a critical relationship was found between animal size and milk productivity, indicating that profitability is more closely related to nutritional management and reproductive efficiency than to biometric characteristics.

The study highlights that Pastocalle represents the most balanced system, with a lactation rate of (40.7%), whereas Tanicuchí faces a high economic risk due to its low lactation rate (14.3%). Despite having the highest individual animal productivity.

Finally, financial implications show that profit per liter varies significantly (from 0.07 to 0.46 USD), depending on the producer's ability to optimize fixed costs, as some producers face a financial risk alert with marginal profits.

Based on the obtained results, it is concluded that economic sustainability does not depend on individual milk volume, but rather on the ability to maintain a lactation rate above 30%.

Low reproductive efficiency was identified as the main cause of lost profits, since maintaining unproductive animals negatively affects family capital. Therefore, improving heat detection and standardizing heifer rearing management are essential strategies to optimize family profitability.

Keywords: Thoracic perimeter, milk quality, UTCgen, lactation rate, lost profits

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTORA.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
3.1 Directos	3
3.2 Indirectos	3
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
5. OBJETIVOS	5
5.1. <i>General</i>	5
5.2. <i>Específicos</i>	5
6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	7
7.1 GENERALIDADES DEL BOVINO EN ECUADOR	7
7.1.1 <i>Origen y Domesticación</i>	7
7.1.2 <i>Historia del bovino en Ecuador</i>	7
7.2 PRODUCCIÓN DE LECHE	9
7.2.1 <i>Producción de leche en Ecuador</i>	9
7.2.2 <i>Impacto económico y productivo de la leche</i>	10
7.2.3 <i>Producción de leche en la provincia de Cotopaxi</i>	10
7.2 MEJORAMIENTO GENETICO	11
7.2.1 <i>Importancia del mejoramiento genético en bovinos lecheros</i>	12
7.2.2 <i>Razas de ganado lechero mejoradas genéticamente</i>	12
7.2.3 <i>Técnicas de mejoramiento genético en bovinos</i>	13
7.3 REPRODUCCION BOVINA.....	14
7.3.1 <i>Edad de Pubertad</i>	14

7.3.2 Ciclo Estral	15
7.3.3 Gestación y parto	15
7.3.4 Periodo postparto.....	16
7.4 EFICIENCIA REPRODUCTIVA	16
7.4.1 Índices productivos y reproductivos	16
7.5 PROBLEMAS DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA	17
7.5.2 Problemas Reproductivos.....	18
7.5.2.1 Quistes Ováricos.....	18
7.5.2.2 Enfermedades infecciosas.....	20
7.5.2.3 Factor Nutricional.....	23
7.4.3 Tasa de inseminación.....	24
7.4.3.1 Detección de celo.....	24
7.4.3.2 Celos de baja intensidad	26
7.5 VALORACIÓN ECNONÓMICA DE LA REPRODUCCIÓN BOVINA.....	26
7.5.1 Costos Directos	26
7.5.2 Costos indirectos.....	27
8. PREGUNTA CIENTÍFICA	27
9. METODOLOGÍA	27
9.1 Ubicación	27
9.2 Localización Geográfica	27
9.3 Población de estudio	29
9.4 Tipo de estudio.....	29
9.5 Manejo de estudio	30
9.6 Procedimiento de metodología	30
9.6.1 Morfología animal	30
9.6.2 Evaluación de la producción	31
9.6.3 Calidad de leche	31
9.6.4 Procedimiento de Análisis Multivariado	31
9.6.5 Procedimiento para análisis el efecto económico	31
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	31
10.1. Edades de los animales.....	31
10.2 Categoría de los animales	33
10.2.1 Morfología y peso de los animales	35

10.2.2 Modelo de regresión lineal para el peso	36
10.2.3 Relación entre el perímetro torácico y el peso	37
10.3 Producción de leche y Peso vivo	39
10.3.1 Producción de Leche y su Variabilidad.....	40
10.3.2 Producción de leche por parroquia.....	41
10.3.3 Calidad de leche	42
10.4 Análisis multivariado.....	44
10.4.1 Correlación Producción-Calidad.....	45
10.1 Análisis del impacto económico	46
11. IMPACTOS	48
11.1 Impacto Social.....	48
11.2 Impactos Económicos.....	49
11.3 Impacto Técnico	49
12. CONCLUSIONES.....	50
13. RECOMENDACIONES.....	50
14. BIBLIOGRAFÍA	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades relacionadas a los objetivos planteados en la investigación.	6
Tabla 2. Índices corporales por edad.	34
Tabla 3. Matriz de correlación.....	35
Tabla 4. Comparativa descriptiva	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agentes infecciosos implicados en abortos e infertilidad bovina	23
Figura 2. Sector de San Juan de Pastocalle	28
Figura 3. Sector de Toacaso	28
Figura 4. Sector de Tanicuchi.....	29
Figura 5. Distribución de edades por parroquia	32
Figura 6. Relación Perímetro torácico – peso estimado	37
Figura 7. Relación entre peso vivo y producción de leche.....	39
Figura 8. Distribución de producción por parroquia	41
Figura 9. Composición de la leche	43
Tabla 5. Matriz de correlación entre producción y calidad	45
Tabla 6. Análisis del impacto económico.....	47

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: Efecto económico de la eficiencia productiva y reproductiva en sistemas lecheros familiares del programa UTCgen en Latacunga Occidental.

Fecha de inicio: octubre 2025

Fecha de finalización: marzo 2026

Lugar de ejecución: El sector occidental de Latacunga abarca las parroquias de San Juan de Pastocalle, Tanicuchi y Toacaso

Facultad que auspicia: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales - CAREN

Carrera que auspicia: Medicina Veterinaria

Equipo de Trabajo:

Tutor: Dr. Cristian Fernando Beltrán Romero, Mg. Anexo 1

Estudiante: Madeleine Sofia Vinueza Beltrán Anexo 2

Área de Conocimiento:

3109.02 Ciencias Agrarias, Ciencias Veterinarias, Genética

Sub área: 64. Veterinaria

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

Línea de vinculación de la carrera: Biodiversidad, mejora y conservación de recursos zoogenéticos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este estudio es relevante porque la producción y reproducción ineficiente representa uno de los principales factores de pérdidas económicas en lechería familiar. Al analizar su efecto económico en hatos UTCgen de Cotopaxi, se podrá cuantificar el verdadero costo de la baja fertilidad y diseñar estrategias accesibles para estos productores. Los resultados aportarán: datos concretos para ajustar el programa UTCgen con enfoque en rasgos reproductivos, y herramientas de gestión para reducir costos improductivos.

La eficiencia reproductiva se le considera un factor clave para el desempeño productivo en leche y se lo define como el intervalo de partos que existe en la granja y de cómo esto llega afectar a la producción de leche por día en aquella explotación y también el nivel del descarte de bovinos debido a fallos reproductivos que estos presenten. Cuando la eficiencia reproductiva no se encuentra afectada existen beneficios económicos contribuyendo a una mejor rentabilidad para los programas reproductivos de las explotaciones que se dedican a ser productores de leche. (1,2)

Debido a esto, para que una producción lechera sea eficiente lo más importante es el nacimiento de una cría al año por cada vaca y que se mantenga un corto periodo de concepción después del parto. Al igual en vaconas o conocidas como novillas, se logra conseguir que sean ya inseminadas aproximadamente a los 15 meses de edad, esto asegura ingresos para los productores. En cambio, los indicadores productivos se mantendrán bajos y con un número de crías disminuidos. En consecuencia, una ineficiencia reproductiva afecta en la tasa de producción lechera. (3)

En estudios realizados mencionan que en el Ecuador produce un aproximado de 6,15 millones de litros diarios de leche cruda, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) con datos del 2020 mencionan que, la producción de leche es una fuente de ingresos para prácticamente 1,2 millones de personas, en donde la industria láctea mantiene un 4% del PIB Agroalimentario del país, generando un enorme impacto económico con un alto potencial de exportación” (4). Al centro de la Sierra ecuatoriana se registraron casi 200.000 litros diarios de leche producidos por los ganaderos. En Cotopaxi siendo una de las 5 provincias más productora de leche, se estima que 12.250 litros producen al día, arrojando un promedio diario de 5.5 litros por vaca (5), dada la coexistencia de varias unidades productivas, las cuales su sustento financiero radican en la explotación agropecuaria. (6)

En cambio, un 80% de las producciones se centra en los pequeños y medianos productores, aquellos a la falta de rentabilidad en sus explotaciones se ven en la obligación de abandonar esa actividad y buscar nuevos sustentos económicos. (7)

La sostenibilidad y rentabilidad es muy importante pero también es un gran reto para los grandes, medianos o pequeños ganaderos que se encuentran en esta provincia y más en el cantón de Latacunga a su lado occidental, debido a que existen grandes pérdidas significantes en sus producciones lecheras debido a que son familias limitadas sobre información económica suficiente para reconocer el valor importante de la eficacia productiva y reproductiva en sus explotaciones.

Para los ganaderos es fundamental renovar sistemas tradicionales para la producción con el fin de mejorar su eficacia y sean beneficiosos, determinando fundamentos administrativos y egresos que serán útiles para que los ganaderos puedan perdurar a largo plazo, favoreciendo sus márgenes de producción y garantizando la calidad láctea permitiendo que el ganadero aumente sus ganancias considerando el progreso de las ganaderías mediante el mejoramiento genético del ganado potenciando una descendencia de mayor calidad y garantizando una eficiencia reproductiva superior. (6,7)

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1 Directos

- Investigadores principales del proyecto, requisito previo a la obtención del título de Médico Veterinario

3.2 Indirectos

- Ganaderos asociados al programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos (UTCgen) del sector occidental de Latacunga
- Ganaderos productores de leche de bovinos de la parroquia.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las parroquias lecheras de Cotopaxi, los sistemas familiares enfrentan bajos índices reproductivos que limitan su productividad y sostenibilidad económica. Problemas como largos intervalos entre partos, baja tasa de concepción y elevados días abiertos lo cual incrementan costos por pérdida de lactancias, gastos en inseminaciones repetidas y tratamientos

de infertilidad. Aunque el programa UTCgen promueve mejoramiento genético, no se ha evaluado cómo la eficiencia reproductiva y productiva de estos animales, se impacta en la economía de pequeños productores, donde los márgenes de ganancia son estrechos y la ineficiencia puede llevar al endeudamiento o abandono de la actividad.

Como se menciona la eficiencia reproductiva la determinamos como el intervalo de partos que existe en una producción bovina, es el lapso transcurrido desde que la vaca haya parido hasta la próxima concepción efectiva periodo en días el cual va desde la fecha de parto hasta que la vaca queda preñada nuevamente para el siguiente parto, lo normal es que los días abiertos pueden redondear aproximadamente a los 90 días lo que quiere decir que se quiere conseguir una cría por año. Este indicador es clave para que el negocio sea rentable. (8)

Existe casos en los cuales los días abiertos se extienden más allá de los 90 días debido a que las vacas presenten infecciones uterinas, desequilibrios hormonales afectando la ovulación e implantación etc, o hasta por estrés, aunque también se debe a una ineficiente detección de celo por ciclos irregulares, ciclos silenciosos o una mala observación del personal encargado (9). Cuando esto ocurre en un hato ganadero los productores comienzan a tener una serie de problemas como es el aumento de costo sea por el consumo de alimento de los animales sin dar ingresos por producción de leche o hasta por pagar tratamientos veterinarios a las vacas con alguna patología que presente en el aparato reproductor, también generan un déficit en la producción láctea y eficiencia reproductiva generando grandes pérdidas económicas. (10)

Debido a que los días abiertos tienen un rango de 90 días al sobrepasar este dígito se ha mencionado que en la provincia de Cotopaxi existen pérdidas económicas de \$5 dólares diarios por días abierto, considerando que vacas se logran preñar aproximadamente a los 5 a 7 meses post parto, de 3 a 5 meses post parto la pérdida económica es de \$300 y desde los 3 a 7 meses es de \$600 dólares (11). Los productores que están vinculados al proyecto UTCgen de Latacunga occidental confrontan una crisis en su rentabilidad resultado del déficit en la eficiencia reproductiva ya que mantienen un incremento en los días abiertos lo cual les impide cumplir su objetivo de una cría por año, generando impactos económicos por el alto costo de tratamientos reproductivos y gastos para mantener a las vacas vacías. Estos animales que están fuera de su pico de producción ya no son financieramente viables para la unidad productiva. (12)

5. OBJETIVOS

5.1. General

- Evaluar el efecto económico de la eficiencia reproductiva y productiva en sistemas lecheros familiares del programa UTCgen en las parroquias de la provincia de Cotopaxi.

5.2. Específicos

- Determinar los indicadores reproductivos y productivos en sistemas lecheros familiares mediante trabajo de campo para establecer parámetros de eficiencia dentro del programa UTCgen.
- Cuantificar el impacto económico de la eficiencia reproductiva y productiva mediante los costos para establecer la sostenibilidad.
- Proponer un plan de manejo reproductivo basadas en evidencia bibliográfica y de campo para mejorar la sustentabilidad de los sistemas lecheros familiares.

6. ACTIVIDADES RELACIONADAS A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Tabla 1. Actividades relacionadas a los objetivos planteados en la investigación.

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar los indicadores reproductivos en sistemas lecheros familiares mediante trabajo de campo para establecer parámetros de eficiencia dentro del programa UTCgen.	Aplicar las fórmulas para poder analizar los indicadores reproductivos	Recopilación de información: UTC gen app	Propuesta de acciones para mejorar la productividad lechera mediante manejo reproductivo eficiente
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Cuantificar el impacto económico de la eficiencia reproductiva mediante los costos para establecer la sostenibilidad.	Tabulación de datos económicos de cada propietario.	Recolección de datos en campo	Costos de producción, rentabilidad e impacto generado por la eficacia el programa
OBJETIVO 3	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Proponer un plan de manejo reproductivo basadas en evidencia bibliográfica y de campo para mejorar la sustentabilidad de los sistemas lecheros familiares.	Recomendaciones	Impartir los conocimientos	Recomendaciones específicas

Fuente Directa

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1 GENERALIDADES DEL BOVINO EN ECUADOR

7.1.1 Origen y Domesticación

La historia de los bovinos comienza con su evolución y domesticación iniciando hace miles de años principalmente en la era Neolítica, teniendo un ancestro en común al *Bos primigenius*. Aquel ancestro dejó una huella genética la cual fue determinante para las dos subespecies (*Bos taurus* y *Bos indicus*) que hoy en día mantienen la producción a nivel mundial, son un pilar fundamental para la evolución del ganado bovino (13). Aunque sus progenitores presentaban una altura impresionante ya que alcanzaban hasta los dos metros. El proceso de domesticación y las intervenciones humanas que se dieron en estas especies se observa en la actualidad animales con un tamaño estandarizado (14). A nivel histórico de la domesticación se determinan tres hitos precisos, empezando con el linaje del *Bos primigenius* que se presentó hace 8.000 años, siguiendo del *Bos taurus* hace 9.000 años y, finalmente con el *Bos indicus* el cual lo domesticaron en el sector Valle del Indo en Pakistán. (15)

En América para determinar el origen del ganado bovino se adelanta a la historia de la conquista española. La llegada de esta especie al continente se dio en el año de 1521, mediante un proceso de desarrollo, se desencadena una gran variedad de razas que se acostumbraron al nuevo medio. Las razas nuevas se denominaban los bovinos criollos de América que eran como los *Bos Taurus*. Al llegar estos animales a tierra firme se los desplazaron por primera vez a Santa Marta en Colombia en julio de 1525, pero el 6 de septiembre de 1521 Panamá se volvió un punto principal para diseminación de estos animales con destino al Norte, Centro América y también hacia el Sur en el periodo del Imperio Inca (16),

7.1.2 Historia del bovino en Ecuador

La ganadería en el Ecuador parte de los siglos XVII en el que las fincas se especializan en la cría de ganado ovino para la producción de lana, debido a la necesidad de un producto básico para los obrajes y demás actividades destinadas al sacrificio del animal de carga y transporte, ya que los únicos medios de transporte existentes eran mulas y caballos que se movilizaban a través de los caminos de herradura que existía en la época. En aquella época en la que prácticamente era casi única actividad desarrollada en el territorio, la producción estricta de ganado bovino así sea de carne o leche no era primordial. Cuando la industria textil enfermó

a finales del siglo XVII y comienzos del XVIII debido a una crisis en la industria textil, un problema que se extendió, hasta que se inauguró el ferrocarril en 1900. Este nuevo medio de transporte facilitó la conexión entre la región costera y la Sierra, con mayor enfoque en las provincias de Cotopaxi y Pichincha. Así, las fincas comenzaron a cambiar hacia la producción de ganado bovino, aunque en condiciones muy rudimentarias, con animales de escasa calidad genética y técnicas de manejo básicas, sin establos ni pesebres, y un ordeño manual que se realizaba solo una vez al día. (17)

Existe una diferencia en el manejo entre el ganado lechero con el ganado cárnico, el primero se lo apacentaba en las llanuras próximas a las casas de las haciendas para así facilitar su ordeño y en cambio el ganado cárnico no tiene mayores cuidados se apacentaban en los arenales en cuanto los bovinos alcancen lo que es un peso suficiente para su venta. En la misma época se registra la primera introducción de ejemplares de la raza Holstein Friessian provenientes de Estados Unidos, es una raza especializada en la alta producción láctea, su intención en Ecuador era de visualizar su aclimatación del entorno ecológico que presenta la Sierra ecuatoriana, lo cual si se observaron algunas alteraciones relevantes para la producción ganadera particularmente en la lechera, teniendo lo que es también el aumento notorio en número y condición del ganado ya que siguieron las exportación de más razas de bovinos como la Duraham, Normando, Agashine. Estos ejemplares se destacan por la capacidad de aclimatación, su notable resiliencia ya que han desarrollado una resistencia a enfermedades locales a pesar de las diferentes condiciones ambientales y medio rural. En Ecuador a su región norte, el Pizán es determinado como un biotipo, mientras algunas investigaciones ratifican que en la provincia de Manabí se encuentran poblaciones grandes de ganado criollo. (17)

Entre los primeros ganados que se presentaron en Ecuador algunos llegaron a la Sierra, pero su dispersión no fue tan rápida como en los trópicos, debido a que estos se demoraron en adaptar a la altura y poder propagarse, pero en 1900 se dio la entrada de la raza Holstein Friessian desde Estados Unidos. En 1910 ocurren cambios importantes en lo que es la producción pecuaria, principalmente lechera ya que, se dio la proximidad de los mercados debido al ferrocarril que atravesaba la zona, también hubo una creciente en los ingresos que había por que los envíos eran cada vez mayores en los alimentos lácteos como la mantequilla, queso y animales en pie. (18).

7.2 PRODUCCIÓN DE LECHE

El ciclo de producción lechera en las vacas constituye a un proceso fisiológico complejo en donde se involucran varios elementos desde la genética y la alimentación hasta lo que es el manejo y bienestar animal, se define como el proceso fisiológico de síntesis y secreción de leche de la ubre siendo este un órgano complejo que alberga a las glándulas mamarias. Para una vaca produzca leche debió pasar por lo que es el proceso de parto y gestación. (19,20). Su ciclo productivo comienza con la preñez, que dura aproximadamente 9 meses. Tras el parto, la vaca entra en la fase de lactancia, durante el cual produce leche para alimentar a su cría. Esta fase dura unos 300 días. Mientras tanto en este período, la vaca debe ser ordeñada regularmente para asegurar la estimulación de la glándula mamaria y maximizar el rendimiento de la leche. Pero también se debe tomar en cuenta que la vaca tiene un período de descanso o periodo seco de alrededor de dos meses antes del siguiente parto. (19)

Este periodo de secado se lo realiza para preparar a las vacas en su siguiente parto y también para que puedan recuperarse para lo que es su siguiente lactancia, este periodo se basa en dejar de ordeñar a las vacas aproximadamente de 40 a 60 días. (21)

7.2.1 Producción de leche en Ecuador

Ecuador goza de una heterogeneidad ambiental y climas propicios que fomentan la actividad ganadera . La Revista Gestión menciona que los datos del Centro de la Industria Láctea (CIL), la producción nacional de leche en el 2023 alcanzo aproximadamente los 5,7 millones de litros diarios , dando un 51,8% que pertenece al mercado formal. A nivel geográfico la producción se centra en las provincias de Pichincha, Santo Domingo, Cotopaxi, Manabí y Carchi, las cuales componen más del 60% del volumen total de producción. (22)

La producción lechera es el principal eje económico de los sistemas ganaderos familiares de la Sierra ecuatoriana, ya que los últimos datos del Censo Agropecuario indica la región interandina es una zona lechera donde se lidera la actividad representando el 73% del volumen de la producción nacional. (23)

En la Sierra ecuatoriana que a pesar de que se encuentre a una altura desde los 2.500 hasta 3.500 msnm se la considera un nicho productivo muy especial ya que el ganado bovino se fue adaptando durante los años para llegar a producir grandes cantidades de leche. En esta región con sus diferentes provincias como: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi,

Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja, se caracterizan por tener un entorno climático favorable permitiendo un pico importante parte de la producción, comercio, artesanía e industria de la leche. (18)

7.2.2 Impacto económico y productivo de la leche

El 1 de junio de 2025 el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador comunicó el nuevo precio base por litro de leche cruda será acoplado a \$0,5043. Siendo una estrategia ante las exigencias del gremio ganadero que busca disminuir las problemáticas identificadas en algunos sectores. (24)

El acuerdo de \$0,5043 por litro de leche, pretende asegurar la sostenibilidad del sector pecuario local. El MAG destacó que esta regulación del precio ofrece estabilidad para los productores siendo fundamental estimular la inversión en el equipamiento y mejorando las capacidades productivas en el campo. (24)

Por otro lado, este anuncio sobre el precio actual ha provocado diversas posturas entre los integrantes que pertenecen a la cadena de valor ganadera. A pesar de que ciertos gremios apreciaron el rigor técnico en la determinación del costo, hubo sectores de los cuales mencionaban que aquel ajuste era escaso para compensar el alza de los gastos operativos y logísticos. (24)

Las personas de la zona rural, en particular de la región interandina y el Austro, han solicitado una supervisión cercana en el cumplimiento de este valor por parte del sector industrial, adicionalmente creación de estímulos que faciliten la obtención de certificaciones de calidad, permitiendo que los ganaderos accedan a bonificaciones económicas superiores. (24)

7.2.3 Producción de leche en la provincia de Cotopaxi

En Cotopaxi la producción lechera registró aproximado de 657.756 litros de leche por jornada, siendo así un sector clave para la economía del país ya que se fundamenta en las actividades agropecuarias y comerciales, dando prioridad a la elaboración de derivados como yogurt, mantequilla y queso. En esta provincia más en su sector rural, se integra principalmente de comunidades indígenas, los cuales constituyen siendo el pilar de la actividad agroindustrial local. (25)

Como se mencionó el Ministerio de Agricultura estableció el valor mínimo por cada litro de leche cruda siendo de \$0.50 con el objetivo de fortalecer toda la cadena láctea, garantizando una base económica que sea justa para impulsar la comercialización e industrialización en este sector. (26)

Para Renán Lara, parte del directorio del Centro Agrícola de Latacunga, la fijación del litro de leche cruda en 50 centavos de dólar nos parece favorable para los ganaderos, pero para acceder este precio los productores deberán cumplir algunos parámetros de calidad, por lo cual el sector beneficiario será el que entregue el producto a la industria. (26)

Santiago Naula, representante legal de la red de productores de leche de Cotopaxi, menciona que los pequeños y medianos ganaderos fueron omitidos por las autoridades del Ministerio de Agricultura en la elaboración de la tabla de costos del litro de leche cruda, debido a que ellos tienen poco ganado de leche, sin las condiciones y facilidades de poder vender el producto directamente a la industria seguirá vendiendo al intermediario quien terminará pagando un valor de \$0.42 centavos que es menor de lo establecido en la normal. (26)

7.2 MEJORAMIENTO GENETICO

Al día de hoy el mejoramiento genético animal tiene un rol importante en el aumento para la eficiencia, sostenibilidad y productividad de todas las unidades ganaderas (27).

El mejoramiento genético en bovinos es considerado un proceso sistemático y controlado donde busca lo que es modificar y optimizar las características genéticas de las especies animales para lograr perfeccionar parámetros productivos que sea en leche y carne (28). Como tal el mejoramiento genético se enfoca en identificar y utilizar animales con ciertas particularidades que sean superiores como:

- Alta tasa de crecimiento
- Mayor rendimiento lechero o de carne
- Optima eficiencia alimentaria
- Mayor robustez y fortaleza
- Mejor adaptación al entorno

7.2.1 Importancia del mejoramiento genético en bovinos lecheros

La optimización genética es una herramienta crucial para la ganadería moderna logrando asegurar la eficiencia, permitiendo no solo lo que es el aumento de la producción sino la consecución de los productos de mayor calidad a menor costo. (28,29)

Algunos de los beneficios del mejoramiento genético en bovinos son. (29)

1. **Resistencia de las especies a ambientes adversos:** Puede mejorarse la adaptación de las especies a condiciones climáticas extremas y hacerlos más resistentes a enfermedades propias de este tipo de regiones.
2. **Producción de leche:** Incrementar en la productividad por cada vaca permite mejorar la rentabilidad sectorial para que los ganaderos obtengan beneficios económicos.
3. **Calidad de la leche:** Fortalecer el perfil nutricional de la leche incrementando sus componentes específicamente sólidos totales, grasa y proteína, permitiendo a la industria una ventaja económica estratégica por su alta demanda en la cadena de valor.
4. **Reducción del impacto ambiental del sector ganadero:** Las especies genéticamente superiores para la producción de materias primas suelen necesitar menor cantidad de agua y alimento, por lo que no se sobre explotan los recursos naturales.
5. **Competitividad en mercados nacionales e internacionales:** Poder producir con mayor rendimiento productos de mayor calidad y a menos costos, hace que el productor pueda no solo entrar sino destacarse en nuevos mercados.
6. **Eficiencia reproductiva:** Mejorar los indicadores de fertilidad y optimizando el intervalo entre partos para maximizar la vida útil productiva de cada vaca lo que eleva el rendimiento general del hato.

7.2.2 Razas de ganado lechero mejoradas genéticamente

La evolución de la ganadería lechera se ha basado en procesos de selección genética desarrollando linajes de razas específicas (29). Las razas que lideran son. (29)

➤ **Holstein:** Se destaca como un líder en el rendimiento lácteo ya que ha sido objeto de una rigurosa selección genética para garantizar una mejor respuesta inmunitaria y

capacidad de ajuste a diversos climas, lo cual son factores claves para la sostenibilidad económica de establos lechero modernos.

➤ **Jersey:** Distinguida por producir leche con una concentración superior en grasa y proteína, esta raza ha evolucionado en priorizar la resistencia a patologías y eficiencia alimentaria, debido a su menor tamaño corporal mantiene una demanda baja de alimentos para mantenerse siendo así una opción predilecta para modelos de pastoreo directo.

➤ **Pardo Suizo:** Esta variedad bovina es un referente de versatilidad en la ganadería, logrando un gran desempeño en condiciones geográficas variables. Las líneas genéticas actuales han sido perfeccionadas para potenciar su rendimiento lácteo y optimizando los indicadores reproductivos, se la consolida como una raza altamente rentable.

7.2.3 Técnicas de mejoramiento genético en bovinos

Para lograr una mejora genética ideal en de nuevas generaciones de las especies se llega a utilizar tanto métodos tradicionales de selección como también lo que son procesos tecnológicos avanzados de reproducción asistida y combinaciones entre diferentes técnicas las cuales son. (29)

1. Selección artificial

Según las cualidades productivas de cada especie, es la mano del hombre la que selecciona aquellos especímenes que se van a reproducir. Es uno de los métodos más básicos y que necesita menos recursos económicos, sin embargo, los resultados de los cruces suelen tardar generaciones es percibirse.

2. Inseminación artificial (IA)

Se define como la selección de ejemplares con un alto valor genético superiores para la recolección de muestras de semen que, más tarde será transferido a la vaca de manera artificial, a partir de herramientas especializadas como pajillas, pistolas de inseminación, entre otros. Favorece la tasa de preñez a partir de genes sobresalientes, pero requiere material y personal capacitado.

3. Fecundación In Vitro (FIV)

Se realiza un proceso de estimulación ovárica en las vacas a partir de hormonas para lograr la mayor producción de óvulos. Luego, se realiza una punción folicular para extraerlos y que puedan ser fertilizados en el laboratorio con espermatozoides previamente seleccionados genéticamente.

Una vez se da la fecundación, y se obtienen blastocitos, estos pueden ser transferidos a la vaca elegida para ser preñada, o pueden ser vitrificados para conservar el material genético y ser transferidos más adelante. Es una técnica bastante eficiente, pero suele acarrear altos costos en herramientas, laboratorios y personal idóneo.

4. Transferencia de embriones

Es una herramienta de biotecnología reproductiva donde se realiza posterior a una fertilización in vitro. Los embriones que se han formado previamente en el laboratorio son desvitrificados y transferidos a la vaca, para que se dé la correcta implantación en el útero. Este tipo de procedimientos son de alta complejidad técnica, por ende, acarrear altos costos.

7.3 REPRODUCCION BOVINA

Es un proceso biológico para la renovación de hatos, es decir capacidad de los ejemplares para generar descendencia que impacta en la sostenibilidad del sector ganadero, considerado como un pilar fundamental ya que mantiene tanto la producción de derivados lácteos, así como la rentabilidad financiera de las exploraciones ganaderas. (30)

7.3.1 Edad de Pubertad

La madurez sexual o reproductiva en hembras bovinas se manifiesta por su primera ovulación o aparición del estro, marcado el inicio de su ciclo fértil. Este proceso puede estar influenciado tanto por el entorno ambiental, su genética, alimentación y sanidad. Un indicador clave para los ganaderos es el peso vivo del animal ya que para iniciar su vida reproductiva se desarrolla del 55% al 60% de su masa corporal adulta, lo cual oscila entre 2080 a 340 kg de peso vivo, si se lo reconoce por edades es variable ya que pueden empezar a los 12 o 40 meses de edad (31,32)

7.3.2 Ciclo Estral

La capacidad que tienen las hembras es permanente, lo que significa que mantienen su actividad reproductiva que es constante durante todo el año. Cuando las vacas ya alcanzan su pubertad, esta adquiere la aptitud para producir células reproductivas otorgándole la capacidad física necesaria para la gestación (31). El ciclo reproductivo se repite aproximadamente a los 21 días y se divide en cuatro periodos biológicos: proestro, estro, metaestro y diestro. Cuando una vaca está en estro se muestra receptiva acepta que la monte otra vaca o un toro. Ese momento puede ser muy breve o durar casi un día, va desde unas 4 horas hasta 27 horas, siendo lo común alrededor de 18 horas. Entre un estro y el siguiente suelen pasar aproximadamente de 20 a 21 días, como si su cuerpo llevase un calendario propio. La ovulación es el momento en que un óvulo listo se libera del folículo. Esto sucede en un intervalo de 24 y 30 horas después de que empieza el estro, o unas 10–12 horas una vez que el estro termina. Cuando el óvulo sale, del folículo este se transforma, primero aparece lo que llaman cuerpo hemorrágico y luego evoluciona a cuerpo lúteo. Ese cuerpo lúteo actúa como un “regulador” del ciclo: durante 15 a 18 días mantiene el control gracias a la progesterona. Si la vaca queda preñada, el cuerpo lúteo se mantiene para sostener la gestación, si no hay fertilización, alrededor del día 16 desde el último calor el cuerpo lúteo se deshace y el ciclo vuelve a empezar, permitiendo que otro folículo madure y libere un nuevo óvulo. (32)

7.3.3 Gestación y parto

El inicio de la gestación se da mediante la fecundación del ovocito el cual sucede en el oviducto y se da como resultado la formación de un embrión o también conocido como blastocisto en el útero, en un lapso de 4 días. De igual manera siguiendo con el periodo de gestación surge inmediatamente la división celular y desarrollo del embrión. Tras los 45 días de la fecundación el embrión es denominado feto. (32)

La gestación del ganado dura un aproximado de 280 días y para el diagnóstico de la preñez se basa en un método de palpación del aparato reproductor de la hembra mediante el recto, esto se realiza en un promedio de 50 días después de la monta o proceso de inseminación artificial. Si existen otros métodos modernos para la detección de preñez, los cuales se basan en biomarcadores hormonales en fluidos (sangre o leche) o también la evaluación mediante ecografía. Cuando la hembra empieza su labor de parto, comienzan tres etapas para expulsar al producto, principalmente se da la dilatación del canal de parto de 2-6 horas, después el producto

procede a ser expulsado en lapso de 30 a 40 minutos y finalmente se expulsan los tejidos extraembrionarios aproximadamente de 2 a 6 horas. Todo este proceso se completa aproximadamente desde las 8 a 12 horas. (32)

7.3.4 Periodo postparto

Existe un proceso llamado involución uterina, esto quiere decir que es la recuperación del aparato reproductivo de la hembra, ya que el útero regresa a su tamaño normal, esto transcurre en unos 25 a 35 días. Pero esto puede variar por algunos factores ya sea por infecciones uterinas debido a una mala sanidad animal, o también por partos distócicos, prolapso uterino incluso por restos placentarios. Después del periodo de postparto es posible que el ciclo estral inicie nuevamente durante los primeros días. (32)

7.4 EFICIENCIA REPRODUCTIVA

El potencial biótico en bovinos se define como la capacidad de un hato o individuo para producir crías de manera regular, en intervalos óptimos y con el menor número de fallas reproductivas. Se mide considerando indicadores técnicos que reflejan el rendimiento reproductivo y la relación entre inversión y retorno en sistemas productivos, especialmente en ganadería de leche. (33)

7.4.1 Índices productivos y reproductivos

Los seguimientos de los indicadores de rendimiento y fertilidad son fundamentales para detectar aquellas áreas que se puede mejorar en un hato ganadero y determinar objetivos alcanzables. Sin embargo, estos índices no solo ayudan a prevenir problemas sino más bien son pilares estratégicos para la toma de decisiones adecuadas y forjar una rentabilidad del negocio. (34)

1. Edad al inicio de la vida reproductiva

Para la crianza de ganado lechero estos animales deben lograr de manera precoz su madurez corporal. Las novillas tienen el objetivo de alcanzar un peso vivo de 350 a 360kg y con una altura aproximadamente de 1.25m, todo esto debe cumplirse a los 13 meses ya que es la edad óptima para empezar su vida reproductiva

2. Edad al primer parto

Se considera el tiempo total que transcurre desde el nacimiento hasta la fecha de su primer parto.

3. Días abiertos

Es un parámetro donde medido en días que existe entre el parto de una vaca hasta la siguiente concepción, eso quiere decir tiempo en el cual una vaca permanece vacía.

4. Intervalo entre partos

Es el lapso de tiempo que se da entre dos partos sucesivos de una vaca, es un parámetro crucial para la eficiencia productiva en los ganados, siendo primordial de 12 a 14 meses de edad para garantizar la producción lechera.

5. Numero de servicios por concepción

Se define como el numero promedio de servicios sea de inseminaciones o mediante monta para lograr la gestación en una vaca. Esto ayuda a supervisar a los animales en el caso de que exista alguna alteración.

6. Tasa de concepción y Tasa de concepción global

Esta tasa se basa en la tasa de concepción en vaconas lo cual es a veces superior que, en las vacas lecheras, debido a que ellas no sufren tanto estrés.

7.5 PROBLEMAS DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Al saber los factores que se miden para que la eficiencia reproductiva sea adecuada y rentable para los productores, pero también puede existir algunos problemas en donde esta eficiencia sea demasiado baja y teniendo como consecuencia una seria de problemas económicos.

7.5.1 *Periodo de días abiertos*

El periodo de días abiertos o también conocido como intervalo entre partos es uno de los principales parámetros que nos ayudan a especificar decisiones económicas de la ganadería para lograr el éxito reproductivo. Para que este parámetro sea económicamente beneficioso es

importante acortar los días abiertos, ya que, favorece en la potencia de la producción láctea frente a los gastos operativos de la alimentación y el personal, aparte de eso se da un aumento en la obtención de crías para determinar la vida útil productiva de las vacas, para que no existan una pérdida de los ingresos de inversión reproductiva y en el descarte involuntario. (35)

También para que el intervalo entre partos sea favorable se debe tomar en cuenta el PEV (periodo de espera voluntario) lo cual es crucial para que la hembra bovina, después del parto se recupere tanto física como fisiológicamente, es decir la involución uterina que se da en un periodo de 45 a 60 días, esto nos ayuda a mantener un control riguroso en las reservas corporales para antes de la siguiente gestación. Para tener un éxito reproductivo y una alta tasa de concepción mantienen una relación de la gestión que se mantenga entre el intervalo para disminuir su balance energético negativo. (36,37)

El intervalo entre partos es aproximadamente de 90 días cuando este límite de días se va superando de manera exagerada se menciona que las vacas sufren de algunos problemas sea a nivel del aparato reproductor femenino hasta problemas nutricionales y de manejo, esto se ve reflejado en la baja eficiencia económica ya que existe una baja producción de leche, menores crías y un mayor descarte de vacas debido a los problemas reproductivos. (38)

7.5.2 Problemas Reproductivos

Los problemas a nivel reproductivo en el ganado son las más comunes que causan grandes pérdidas importantes a nivel económico de los grandes, medianos y pequeños productores, debido a que existen varios costos al presentar cualquier problema reproductivo. (39,40)

Estos problemas reproductivos pueden ser a nivel anatómico, por lo que son bacterias, virus y también por la nutrición. A continuación, se menciona los diferentes problemas reproductivos:

7.5.2.1 Quistes Ováricos

Son una de las patologías comunes en el ganado lechero son muy comunes en presentarse principalmente durante los 45 o 60 días post parto lo cual afecta a la fertilidad y generando extender lo que es el intervalo entre partos. Existen dos tipos de quistes que son los foliculares y lúteos. (41)

- Quistes Foliculares

Los quistes que son foliculares tienden a persistir en el ovario por 10 días o más, en general estos son más grandes de 25mm. Este problema se caracteriza por presentar estro continuo o frecuentemente como anestro. (41)

Para entender mejor por qué se da un quiste folicular es importante conocer que la ovulación ocurre entre las 20-40 horas después de iniciar el celo, el proceso fisiológico se basa en que la vaca está preparada para reproducirse cuando los estrógenos son expulsados por folículos. Bajo esta influencia de los estrógenos la hembra comienza a manifestar los signos característicos propios del celo. Esta hormona es la causante de preparar el aparato reproductivo generando un flujo cervical y promoviendo la apertura del cérvix, etc. Aparte de esto induce a la activación de la hormona GnRH la cual es responsable de suscitar una máxima producción de la hormona luteinizante (LH) para así alcanzar la ovulación, siendo este el proceso biológico y hormonal normal en las vacas, hay algunas hembras que no presentan todo este proceso ya que, aquellas tienen lo que son quiste foliculares porque su perfil de estrógenos es muy bajo para que surja la secreción de GnRH por consiguiente no alcanza el pico de LH, como consecuencia hay un folículo persistente, todo esto quiere decir que cuando el folículo se llega a romper y ovula alcanza un estadio de folículo dominante con una medida aproximadamente de 12-18 mm, pero en cambio al formarse un quiste folicular se da cuando aquel folículo no libera al ovulo en la fase de ovulación y este sigue creciendo. (42)

- Quiste Lúteos

Los quistes lúteos son folículos anovularios que miden aproximadamente unos 25 mm de diámetro y persisten por un periodo prolongado 41, son de paredes gruesas y poseen un líquido más espeso a diferencia de los quistes foliculares estos pueden ser solo unilaterales. (39)

Esta estructura ovárica lo que hace es liberar altas cargas de progesterona de esta manera dificulta la acción de los estrógenos y celo. Los signos más característicos para determinar que es un quiste lúteo es que las vacas solo presentan anestro, lo que hace confundir al organismo como si de verdad existiera un cuerpo lúteo persistente, lo cual puede ocasionar que la hembra en un futuro presentara comportamientos de macho. (42)

7.5.2.2 Enfermedades infecciosas

Los bovinos frecuentemente son afectados por diferentes enfermedades reproductivas ya sean de origen bacteriano, viral o hasta de parásitos lo cual provocan una baja eficiencia en la reproductividad ya que se afectan diversos órganos y tejidos. En vacas o vaconas varios microorganismos perjudican en su ciclo estral, la fertilidad y el ambiente uterino. Pero también hay microorganismos que llegan afectar directamente al embrión y la placenta contribuyendo a la interrupción de la gestación siendo lo que es la expulsión prematura o muerte de los fetos, de igual manera alrededor del momento del parto. (43)

- **Rinotraqueitis infecciosa bovina**

Es una afección contagiosa, por el virus del *Herpes bovino tipo 1* (HVB-1), se caracteriza por infecciones latentes con la presencia de diversa sintomatología que dependerá de ingreso de este virus y su manejo sanitario en los hatos. (44)

Este virus tiene una alta capacidad de abortos causando lo que es fallas reproductivas importantes, aunque afecte principalmente al tracto respiratorio (45). El medio por el que se transmite es de dos formas, de manera directa como: rociadores, secreciones respiratorias u oculares, contacto directo con animales contagiados y mediante el aparato reproductor ya sea por transmisión mediante el semen bovino, y también existe lo que es la transmisión indirecta mediante guantes o ropa del operador. (46)

Esta patología se determina por aumento de la temperatura corporal, Secreción nasal serosa mucopurulenta y baja producción lechera. Provoca cambios en los órganos reproductivos, como perdidas fetales. Así como también, se observa una inflamación en el órgano reproductivo, endometritis aguda o crónica, oforitis, quistes foliculares y necrosis de las células luteales, que se reflejan en caso de dificultades temporales de concepción. Puede causar la muerte temprana del embrión en caso de preñez. (47)

Es importante prevenir y controlar esta enfermedad de manera eficiente el HVB-1 lo primordial es la vacunación del rebaño, por consiguiente, es considerable mantener un control que se base a controles sanitarios, cuarentena de animales, pruebas serológicas y el descarte de animales positivos. (47)

- **Diarrea Viral Bovina**

Es un Pestivirus de la familia *Flaviviridae* que genera manifestaciones subclínicas, agudas o hasta incluso mortales. Se llega a transmitir principalmente por fetos y membrabas rotas también por secreciones nasales y las heces. (49)

Las manifestaciones clínicas se basan en diarreas, una serie de abortos, problemas respiratorios, muertes repentinas y una baja súbita de la producción de leche y las manifestaciones subclínicas llegan a provocar un daño permisible en el tracto digestivo y en los nódulos linfáticos. Por otro lado, causa infertilidad temporal en la hembra y lo que son abortos espontáneos en aquellas que se encuentran preñadas después de los 4 meses de gestación. (50)

Para mantener un control de esta enfermedad es importante optimizar la inmunidad innata de los animales estableciendo dietas balanceadas e implementar parámetros de bienestar animal que disminuyan los factores que causan estrés, pero lo más efectivo es proporcionar un adecuado programa de inmunización con vacunas contra esta patología, tomando en cuenta un calendario sanitario que es de 60 y 15 días antes de iniciar su primer servicio en vacas y toros mientras tanto en las vacas adultas se deben vacunar exagerado 15 días antes de la concepción. Cuando presenta antecedentes de abortos por BVDv, es primordial recomienda una vacuna de refuerzo y como ultimo mantener un buen protocolo de sanidad y descartar animales que salgan positivos. (51)

- **Campilobacteriosis genital**

Es una enfermedad venérea, esto quiere decir que se da mediante la transmisión sexual, provocada por *Campylobacter fetus fetus* (C.f.f.) y *Campylobacter fetus venerealis* (C.f.v.), es muy conocida por reducir la tasa de concepción y que genera mortalidad embrionaria. Tiende a ocasionar grandes pérdidas económicas (52,53).

Como se menciona su medio de transmisión que es más común es por vía sexual lo cual este virus actúa como espermicida en referencia al macho y en la hembra genera algunas alteraciones en el revestimiento del canal cervical impidiendo así la progresión de la gestación. (52)

Uno de los protocolos de prevención para esta patología es que se debe examinar a los animales y diagnosticar las enfermedades de transmisión sexual tanto en ejemplares machos

ingresan al servicio al igual en hembras vacías, al igual se recomienda realizar un plan de vacunación en novillas que inician su vida reproductiva y en toros se debe vacunar con 2 dosis de 60 y 15 días antes del inicio del servicio o inseminación artificial. En cambio, las adultas si ya cuentan con una dosis de vacuna es importante realizar la revacunación 15 días antes del servicio. (51)

- **Tricomoniasis bovina**

Esta enfermedad es más común cuando el servicio se da por monta del toro ya que también se transmite vía sexual. El agente causal es un protozooario que se denomina *Tritrichomonas foetus*, el cual se aloja en las mucosas reproductivas de los bovinos (en el prepucio en los machos y en la hembra vagina, útero y oviducto en las hembras) sin embargo, en los toros se provoca una infección que es permanente, pero en las hembras usualmente es temporaria. (52)

Las manifestaciones de esta enfermedad se presentan solo en la hembra ya que los machos son asintomáticos, se caracteriza por la muerte embrionaria por celos seguidos, abortos en el segundo tercio y piometras. (51)

- **Brucelosis**

Es una patología infectocontagiosa de alcance internacional en donde se contagian varias especies animales, pero más común en los bovinos, esta enfermedad es de carácter zoonótico es decir se puede transmitir a los humanos. En los bovinos la brucelosis es causa por la *Brucella abortus* perteneciente a la familia Brucellaceae, pero habido casos que no son muy frecuentes en donde existen algunos agentes casuales como la *B. melitensis* y *B suis*. (53,54)

El contagio por *Brucella abortus* en hembras bovinas presentan infertilidades funcionales, endometritis, abortos o retenciones de sacos fetales, también hay un déficit en la producción láctea. En los sementales ocasiona orquitis y epididimitis. (54)

Esta enfermedad se menciona como la más común en vacas de aptitud lechera, lo más común en hembras multíparas, es decir las que se encuentran en su cuarto parto, así como en las que tienen antecedentes de abortos o anomalías en su ciclo reproductivo. Del mismo modo se presenta en hembras que han sido sometidas a múltiples servicios reduciendo su potencial reproductivo. La extensión excesiva del intervalo entre partos ocasiona altas pérdidas

financieras relacionadas a los tratamientos de fertilidad y una caída en la producción lechera. (55)

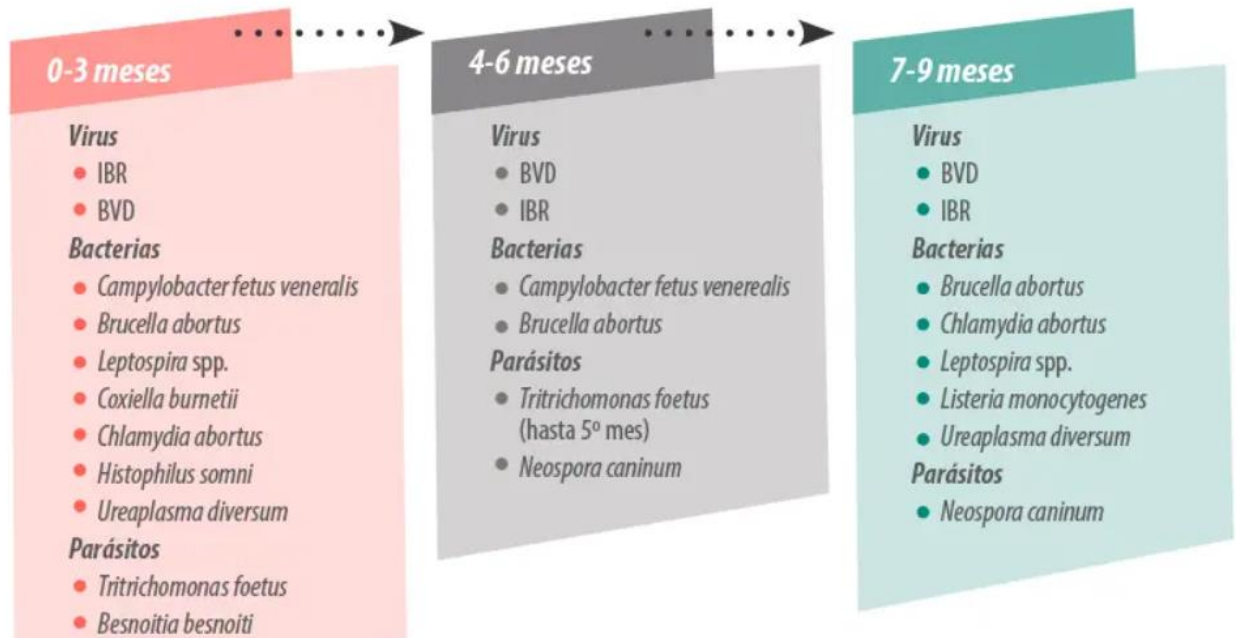


Figura 1. Agentes infecciosos implicados en abortos e infertilidad bovina

7.5.2.3 Factor Nutricional

El factor nutricional incluye mucho en la fertilidad debido a que a veces se ve comprometida por los desbalances que existen en la nutrición, ya que llegan a impactar directamente en el desempeño reproductivo y generando un balance energético negativo, debido a que algunos nutrientes como son las proteínas, aminoácidos, carbohidratos, vitaminas y minerales son deficientes por debidos pastos de mala calidad. (56)

Cuando existe una decreciente a nivel nutritivo, da como consecuencia alteraciones en el rendimiento reproductivo de las vacas causando a veces una reducción en la tasa de crecimiento del folículo dominante, ocasionando anestro y perjudicando la funcionalidad normal de los ovarios. (57)

Todos los nutrientes son esenciales tanto para la producción y reproducción de las vacas, pero a nivel de los minerales cuando se provoca un desbalance, estos desencadenan fallos multisistémicos, con una mayor severidad en el sistema reproductivo, en la hembra bovina este déficit ocasiona infertilidad o subfertilidad que se asocia a la involución uterina debido al cobre o yodo, por otro lado el anestro o la inadecuada función de los ovarios se debe al fosforo, calcio,

cobre y magnesio, cuando existen los celos repetitivos y reabsorción ovárica también se debe al fosforo, cobre, zinc y yodo. (58)

Los problemas de desbalances en los minerales se basan cuando la oferta de los forrajes y la suplementación alimenticia tienen niveles nutricionales que no cubren las altas demandas de energía y minerales de las vacas que se encuentran en lactancia. Estas necesitan aportes superiores para su mantenimiento y también para sus procesos reproductivos. Estas carencias se derivan en un balance energético negativo siendo este prolongado lo que induce a anestros, afectando severamente la fertilidad, predisponiendo al animal a varias patologías reproductivas. (59)

7.4.3 Tasa de inseminación

El índice de inseminación se basa en cuantificar cuantas hembras fueron intervenidas en un lapso de tiempo específico. Para que este índice vaya ascendiendo se requiere de protocolos de inseminación artificial estructurados fundamentando una alta sensibilidad en la detección de celos y la elección de sementales superiores para garantizar la descendencia. (37)

7.4.3.1 Detección de celo

La sintomatología más evidente del celo en las vacas es primordial para tramitar el proceso de inseminación y la fertilidad del ganado. La intensidad de los síntomas del celo está fuertemente ligada al éxito de una inseminación. Un aumento significativo de esta actividad es una condición importante para alcanzar buenos resultados de fertilidad y un signo de que las vacas están sanas y en forma. Así lo han demostrado investigadores canadienses en varias investigaciones. (60)

Se denomina celo a la etapa receptiva que se presenta en las hembras bovinas dando a conocer que se encuentra apta para ser reproducida, se toma en cuenta la sintomatología característica de esta actitud, el cual la vaca es pasible a la monta esto quiere decir que, la vaca permanece inmóvil al momento de ser montada. Esto importante debido a que sólo en este lapso la vaca es posible que quedara preñada. La duración de esta etapa se reinicia a los 21 días promedio en todo el año y dura entre 6 a 30 horas. (61)

Dentro de las características de comportamiento del celo bovino se las determina en

Principales: Pasividad a la monta que es la única referencia en las hembras muestran al encontrarse en celo.

Secundarias: Las vacas intentan montar a otras, comienzan a generar una hiperactividad motora y existe una caída repentina en la producción de leche. Esto se pueden evidenciar antes, durante y después del celo.

Ahora bien, los granjeros mantienen quejas de que sus vacas no muestran el celo con suficiente claridad. Esto se da a entender como una señal de advertencia ya que podría ser que algo no funciona del todo bien, debido a que existen varios factores externos o asociados a la vaca que impactan en los signos del celo. Un celo evidente es también un signo del bienestar de la vaca, las vacas de celo débil o silencioso muestran por el contrario que existen deficiencias en cuanto a la tenencia y la alimentación siendo uno de los problemas más comunes. (60)

Habitualmente la identificación de celo es determinado como un desafío económico debido a que influye en la inseminación artificial en las ganaderías. Si aquella detención falla provoca una rentabilidad negativa por el retraso que existe entre partos, reduce el volumen de leche recolectada y el aumento de gastos en la salud animal, de otra manera también pierde el progreso genético que generaban sus explotaciones. Su éxito depende de identificación correcta entre las alteraciones conductuales y fisiológicas en las hembras para organizar el momento óptimo de la inseminación. (62)

El método principal para la identificación de celos es una observación directa en el cual un operario visualiza un signo muy común que es la aceptación pasiva a la monta, es recomendable que el encardo tenga periodos de 30 min observando a las vacas en el día. Registrar estos eventos y las fechas de cada inseminación es muy importante para estimar con precisión los próximos celos y posibles fechas de partos. (61)

Existen dos tipos de problemas para la adecuada detección de celos. (61)

Fisiológicos: Podría existir que un celo sea simplemente momentáneo, a veces los celos comienzan en horarios complicados para la observación rigurosa.

Manejo: A veces las personas encargadas carecen de conocimientos para la identificación precisa de los signos comunes y el no constar con un adecuado registro de datos

7.4.3.2 Celos de baja intensidad

Los celos de baja intensidad también se los conoce como “Celos silenciosos” siendo esto un fenómeno que sucede principalmente debido a un déficit de minerales que son importantes como es el fósforo, manganeso y el cobre. Debido a este desbalance de los minerales perjudica al personal encargado de detectar correctamente el celo en sus vacas, como consecuencia existe una baja en la tasa de concepción y la salud reproductiva del ganado se encuentra perjudicada. (63)

La baja detección de celo por este fenómeno se basa en que algunos casos las vacas no muestran algún comportamiento o manifestaciones que sean propias del celo. Esto implica que, aunque la vaca se encuentre lista para preñarse el ganadero no se puede dar cuenta debido a la ausencia de los signos clínicos que normalmente deberían presentar. (64)

7.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA REPRODUCCIÓN BOVINA

Según Eloseo Moya las ganancias generadas en una granja lechera se sostienen fundamentalmente en la venta de leche, lo cual representa el 88 % y el 12 % en el caso de la venta de animales. De manera opuesta, los egresos principales en aquellas empresas están representadas especialmente como consecuencia de los costos de alimentación del ganado lechero, el cual representan del 48 al 50 % del costo total de producción, además de la crianza de vaconas de reemplazo, representando el 23%, siendo estos dos rubros los más importantes, por consiguiente, la eficiencia reproductiva, representa uno de los elementos indispensables para optimizar el éxito económico de las empresas lecheras. (65)

7.5.1 Costos Directos

Los costos directos se pueden identificar o estimar absolutamente con los productos elaborados y con departamentos o secciones definidas. Entonces, estos costos se identifican y se relacionan sin ninguna confusión con un valor de costo, que pueden ser fijo o variable. Tomando en cuenta que dentro de los costos directos se incluyen el mantenimiento y reconstrucción de las infraestructuras, la depreciación de la maquinaria, inversiones de las pasturas, productos abastecidos, los medicamentos animales y material genético, además asistencia técnica, servicios básicos y equipo de ordeño, salarios y sueldos. Los ingresos brutos incluyen la venta de leche, y la producción de terneros. (66)

7.5.2 Costos indirectos

Los costos indirectos abarcan los recursos económicos que son indispensables para el desarrollo de la producción, que no se clasifican como materiales directos, ni la mano de obra directa, sino más bien son gastos que no se relacionan con ninguna de las actividades de la empresa, debido a que su identificación resulta difícil. (66)

8. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Cómo afectan los indicadores reproductivos en la eficiencia sostenibilidad y sustentabilidad de los sistemas lecheros familiares del programa UTC gen?

9. METODOLOGÍA

9.1 Ubicación

El presente estudio se llevó a cabo en las parroquias pertenecientes a la zona occidental del cantón de Latacunga, Provincia de Cotopaxi. Sus sectores son: Toacaso, Tanicuchi, San Juan de Pastocalle.

9.2 Localización Geográfica

- **Parroquia San Juan de Pastocalle**

Esta parroquia se encuentra situada al noroccidente de la Provincia de Cotopaxi. Es una zona estratégica ya que se encuentra traspasando el corredor integrando y la carretera Panamericana que une a Latacunga con Quito. La altitud pronunciada que inicia en los 3.197 m.s.n.m y asciende hasta los 5,265 en la cúspide de la Reserva Ecológica de los Iliniza sur. Su clima oscila entre los 12 y 25°C. Esta parroquia cubre un área de 135km² y se ubica a 25 km del centro de la ciudad de Latacunga. (67)

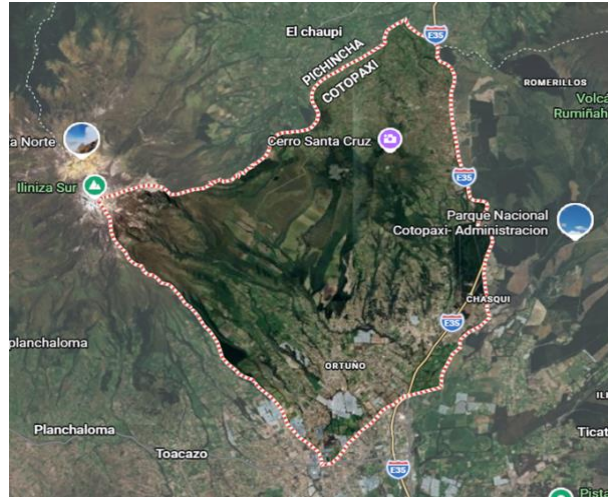


Figura 2. Sector de San Juan de Pastocalle

- **Parroquia Toacaso**

Toacaso se encuentra situada en las Faldas de los Ilinizas, al norte de Latacunga, abarca una superficie de 287 km². Su delimitación geográfica comienza en el nacimiento del Rio Zarapullo hasta el sector de San Juan de Patocalle a nivel norte, en su lado sur se limita con las parroquias Canchagua y Guaytacama, en el este Tanicuchi y finalmente en su zona oeste por el cantón de Sigchos. Su entorno ambiental se caracteriza por un clima frio, con temperaturas que van desde los 6 hasta 12°C, también presenta una altitud hasta los 4000 m.s.n.m y una constante de humedad del 88% (68).

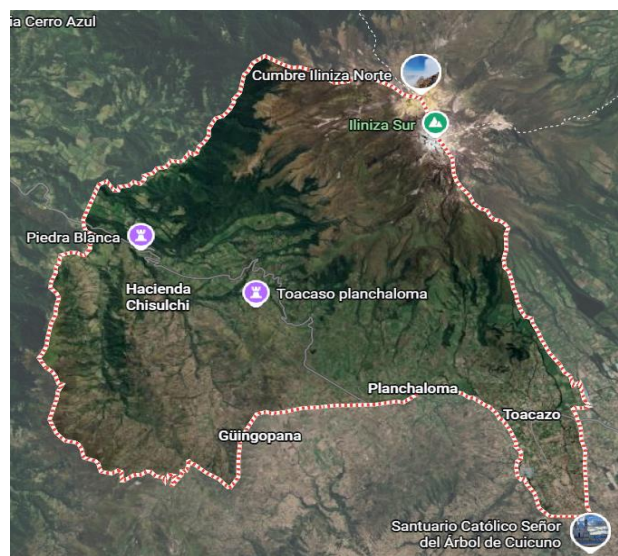


Figura 3. Sector de Toacaso

- **Parroquia de Tanicuchi**

La parroquia de Tanicuchi está ubicada en la región norte de Latacunga; Su topografía es bastante regular, con una pendiente de 0° a unos 70° en el punto más alto, en la Reserva Ecológica Ilinizas. La parte alta se caracteriza por una mayor proporción de arcilla en su suelo, son duros y compactos. En la parte media de la parroquia encontramos un suelo de estructura media, con características físicas más sueltas y retención de humedad. La región baja se caracteriza por suelos planos y ricos (40). 20 kilómetros, al noroccidente de la ciudad de Latacunga. (69)

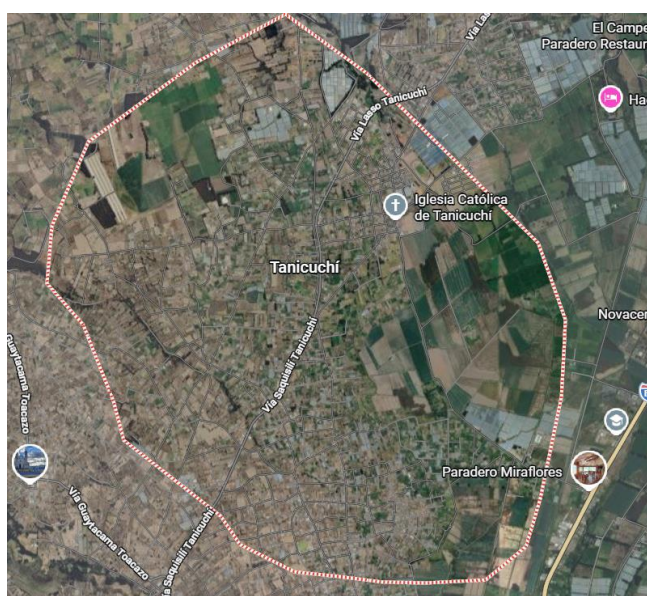


Figura 4. Sector de Tanicuchi

9.3 Población de estudio

La investigación se realizó mediante una población aproximadamente de 96 bovinos de distintas razas y edades pertenecientes al programa de mejoramiento genético UTCgen, las cuales son propiedad de los pequeños productores de la zona occidental de Latacunga.

9.4 Tipo de estudio

El estudio se ejecutó de manera investigativa y cualitativa, teniendo como objetivo identificar los factores relacionados con el rendimiento reproductivo y productivo en los animales de aquellos pequeños productores de las parroquias de Latacunga occidental. También es un estudio observacional no experimental ya que se identificó algunas características en las

zonas que se realizó el estudio y no se causó alteraciones en las variables ya que nos centramos más en observar todo el entorno para realizar un análisis posterior.

9.5 Manejo de estudio

El vigente proyecto de investigación fue aplicado en tres parroquias de la zona occidental del cantón Latacunga, siendo parte de la provincia de Cotopaxi, con una duración establecida en 5 meses, iniciando en octubre del 2025 y finalizando en marzo del 2026.

El proceso comenzó con la ayuda de los tesistas que se encontraban al pendiente, los cuales brindaron con información sobre los productores desde la dirección de sus predios y se realizó un recorrido por todos los productores para la obtención de datos, también este recorrido se implementó lo que es desparasitaciones, vitaminización y vacunación. También se llevó a cabo con chequeos ginecológicos en fechas específicas. Se realizó registros reproductivos para posteriormente analizar el rendimiento reproductivo de cada uno de los animales.

La finalidad de realizar este proyecto de investigación se basó en la evaluación del efecto económico reproductivo y productivo recopilando datos de cada una de las hembras reproductoras involucradas en el proyecto. Para realizar la evaluación de los factores reproductivos y producción. Se estudiaron 59 animales en la Parroquia de San Juan de Pastocalle, 28 en Tanicuchi y 9 en el sector de Toacaso.

Los aspectos evaluados fueron: Morfología animal, producción lechera, calidad de la leche y reproducción.

9.6 Procedimiento de metodología

9.6.1 Morfología animal

Se determinó peso promedio referencial, perímetro torácico e índice corporal mediante la edad de los animales en cada una de las parroquias. Se evaluó en terneras, vaconas, adultas y viejas utilizando como material una cinta bovinométrica, para lo cual se tomaba en cuenta que cada cm de perímetro torácico le corresponde una cantidad en 1,31 kg de peso. Los datos permiten realizar el análisis comparativo del desempeño morfológico y la cantidad y calidad de la producción.

9.6.2 Evaluación de la producción

La producción de leche se evalúa para calcular los rendimientos diarios por parroquia y determinar los promedios para establecer la variabilidad (CV) y las diferencias significativas entre estas localidades. En función de dichas diferencias se hacen o no las pruebas de comparación que determinaron la parroquia con el mayor rendimiento diario de leche (L/día).

El porcentaje de lactancia indicó la proporción de vacas que se encontraban produciendo leche frente al total de animales hembras en edad adulta. Se procedió a identificar el estado de cada animal (lactante o seca) para obtener el porcentaje de vacas en ordeño.

9.6.3 Calidad de leche

Para realizar la evaluación de la calidad de leche se recolectó leche durante los ordeños matutinos y vespertinos de los animales. Aquellas muestras se sometieron a una máquina EKOMILK siendo esta un analizador de leche multiparamétrico robusto, confiable y automatizado basado en tecnología ultrasónica. Es una prueba rápida de grasa, sólidos no grasos, densidad, agua añadida, punto de congelación, proteína.

Los datos fueron sometidos al análisis correlacional para establecer la calidad de la producción.

9.6.4 Procedimiento de Análisis Multivariado

Para identificar los *clusters* naturales se realizó el Análisis de Conglomerados (*Cluster Analysis*) a través del método de ligamiento promedio o Ward que agrupó a los animales basados en la similitud de sus variables. Se agruparon las vacas por su comportamiento productivo y biológico, lo que permitió dar recomendaciones diferenciadas en cada grupo.

9.6.5 Procedimiento para análisis el efecto económico

Se analizaron los gastos e ingresos de los productores del sistema UTCgen para establecer su rentabilidad y generar estrategias que le permitan mejorar los ingresos familiares.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Edades de los animales

Las edades de los animales se las distribuyó por cada parroquia en una figura de violín más determinado como box plot como se representa en la **Figura 5**.

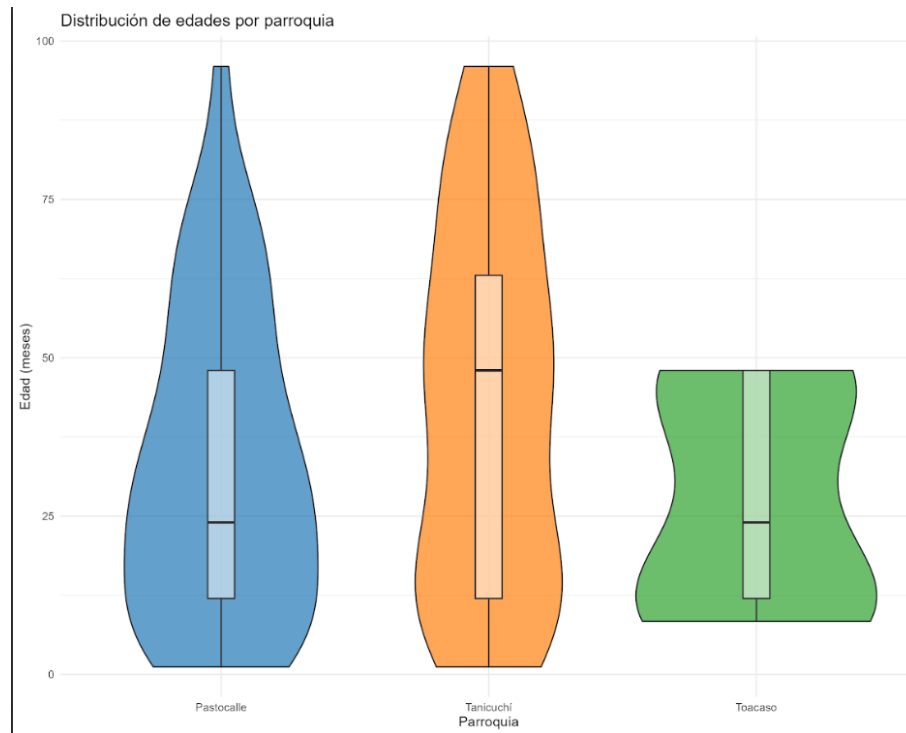


Figura 5. Distribución de edades por parroquia

Fuente directa

En el sector de Pastocalle (azul) mantiene una heterogeneidad debido a que presenta una base ancha por debajo de los 25 meses, lo que sugiere que tiene una alta población de animales jóvenes o que se encuentran en la primera lactancia, pero su distribución se extiende hasta los 95 meses lo cual refleja que este en una constante renovación. En cambio, Tanicuchi (naranja) mantiene una distribución más equilibrada y madura, con una mediana aproximada a los 50 meses. Esto consiste en que una gran parte de su población se encuentra en una etapa de madurez productiva significativa, pero en Toacaso (verde) se observa una estructura paralizada, lo cual ningún animal supera los 50 meses de edad. Siendo un hato exclusivamente joven, con una densidad concentrada entre los 15 y 45 meses.

Toacaso al ser un sector con animales más jóvenes pueden garantizar una menor influencia de enfermedades, pero en cambio sí comprometen al volumen en la producción de leche. Según Wattiaux, M. (2014), determina que una vaca alcanza su pico de producción en la cuarta o quinta lactancia aproximadamente a los 60-70 meses de edad (70). Por lo cual al mantener hatos lecheros con animales muy jóvenes desaprovechan su potencial biológico ya que descartan al animal antes de su pico de producción. En hatos que no tienen animales maduros se basa a que mantienen una tasa de descartes involuntarios agresiva como menciona Nuñez, E. (2017), este

descarte involuntario surge debido a fallas a nivel reproductivo o patologías mamarias impidiendo la persistencia de esos animales en el hato (71). Esto conlleva a grandes pérdidas económicas ya que el ganadero pierde el capital genético antes de que produzca las ganancias netas para financiar su gasto inicial. Pero independiente mente de los descartes involuntarios Murguia, A. (2020) afirma que existen también descartes voluntarios por razones como bajo rendimiento productivo o venta de crías en pie, este

descarte puede ser potenciado al utilizar criterios bioecológicos, esto quiere decir que, al determinar el momento preciso en que la vaca deja de ser rentable, esta debe ser reemplazada. (72)

La disposición de Tanicuchí propone una mayor estabilidad operativa. De Vries, A. (2006), sustenta que la longevidad es un elemento clave en la rentabilidad, considerando que los costos de crianza de una novilla generalmente solo se liquidan después de completar la segunda lactancia. Un hato que logra mantener vacas sanas hasta los 80 o 90 meses, como se observa en Pastocalle y Tanicuchí, reduce la necesidad de criar reemplazos externos, mejorando el flujo de la economía familiar. (73)

En animales de edad avanzada, como los detectados en Pastocalle que llegan ya a los 100 meses de edad, el manejo debe ser más riguroso debido a la fisiología del animal. Cando, L Y Guzman, X. (2024), sugieren que, aunque las vacas multíparas tienen un potencial de producción mayor, pero suelen presentar intervalos entre partos más largos debido a desafíos metabólicos que se dan en el periodo de postparto. Por tanto, la eficiencia de un sector no se mide solo por la longevidad, sino también por la capacidad de mantener a los animales con indicadores reproductivos dentro de los parámetros de sostenibilidad. (74)

10.2 Categoría de los animales

Se dividieron a los animales de las distintas parroquias en diferentes categorías que son: Terneras, novillas, adulta y vieja para diferenciar el peso promedio, índice corporal y cuanta relación existe entre Perímetro torácico (PT) y Altura como se observa en la **Tabla 2**.

Categoría	n	Peso Promedio (kg)	Índice Corporal	Relación PT/Altura
Tenera	47	197.0	2.06	1.25
Novilla	27	265.0	2.21	1.36
Adulta	16	273.0	2.26	1.36
Vieja	6	289.0	2.31	1.39

Tabla 2. Índices corporales por edad.
Fuente directa

Existe un incremento gradual en el Peso Promedio, iniciando en 197.0 kg para las terneras y alcanzando los 289.0 kg en la categoría de vacas viejas. Este aumento de casi 100 kg evidencia un crecimiento sostenido a pesar de las limitaciones nutricionales típicas de los sistemas familiares.

El indicador del índice corporal que destaca la robustez del animal, hay una tendencia ascendente desde 2.06 en terneras hasta 2.31 en las vacas de mayor edad. El salto más significativo se produce entre la categoría de ternera y novilla, coincidiendo con la etapa de preparación para la pubertad.

La tabla muestra que las novillas tienen un peso promedio de 265.0 kg. Según la literatura técnica, las novillas deben alcanzar entre el 55% y 60% de su peso adulto aproximadamente de 280-340 kg para que inicien su vida reproductiva de manera óptima. El dato que se obtuvo menciona que las novillas podrían estar entrando a servicio con un ligero déficit de peso, lo que retrasa la Edad al Primer Parto (EPP) y genera un costo de crianza improductiva más extenso para los productores

El incremento del Índice Corporal hacia la madurez (2.26 - 2.31) es positivo, pero debe analizarse con precaución. Tal como Butler, W. (2003) indica que, un exceso de grasa corporal en vacas adultas o "viejas" puede influir a problemas metabólicos postparto, en cambio una condición deficiente agrava el Balance Energético Negativo (BEN). Para los productores, mantener animales con un índice corporal equilibrado asegura que la vaca reinicie su ciclo estral antes de los 90 días, evitando la pérdida económica por días abiertos. (75)

Según Sarmiento, A y Ricón, J. (2015), determinan la relación PT/altitud se estabiliza a partir de la etapa de novilla (1.36) hasta la adultez, cuando esta relación es mayor a 1.0 es indicativa de un desarrollo torácico adecuado, necesario para alojar un sistema cardiorrespiratorio capaz de soportar las altas demandas metabólicas de la producción de leche en altura. La categoría de vacas "Viejas" presenta los mejores indicadores de peso (289.0 kg) y relación PT/Altura (1.39) (76). Esto coincide con lo señalado por Wattiaux, M. (2014), afirma que las vacas multíparas alcanzan su madurez fisiológica y pico de producción cuando su desarrollo es completo. Por otro lado, desde la perspectiva del lucro cesante, si este desarrollo óptimo no se presenta en un parto anual, el costo de mantener una vaca pesada puede superar los ingresos por venta de leche ya que requiere un mayor requerimiento de mantenimiento. (70)

10.2.1 Morfología y peso de los animales

Para el análisis de la morfología de los animales se evaluó la relación lineal entre algunas variables morfométricas y el peso estimado de los semovientes mediante un coeficiente de correlación como el Pearson, como se observa en la **Tabla 3**.

	Perímetro	Largo	Alto	Ancho	Peso
Perímetro torácico	1.000	0.905	0.965	0.955	0.844
Largo	0.905	1.000	0.895	0.873	0.809
Alto	0.965	0.895	1.000	0.939	0.815
Ancho	0.955	0.873	0.939	1.000	0.804
Peso recomendado	0.844	0.809	0.815	0.804	1.000

Tabla 3. Matriz de correlación (valores de r de Pearson)

Fuente directa

La correlación más fuerte de toda la matriz se presenta entre el Perímetro torácico y el Alto ($r = 0.965$), seguida de cerca por la relación entre el Perímetro torácico y el Ancho ($r = 0.955$). Esto quiere decir que, el crecimiento en circunferencia del animal está íntimamente enlazado a su desarrollo óseo vertical y lateral. Existe una correlación muy alta entre el Largo y el Perímetro torácico ($r = 0.905$), lo que sugiere que los animales con mayor longitud corporal tienden a desarrollar una cavidad torácica más amplia para albergar los sistemas cardiorrespiratorio y digestivo. El Peso recomendado muestra un vínculo firme con todas las medidas, siendo su correlación más alta con el Perímetro torácico ($r = 0.844$) y el Alto ($r = 0.815$). Estos valores confirman que estas medidas son los mejores predictores para evaluar la masa corporal total de los animales en campo.

La alta correlación que existe entre PT y el Peso ($r = 0.844$) se aprueba técnicamente el uso de métodos de pesaje que indirecto. Nuñez, E. (2017), menciona que en los sistemas lecheros familiares donde la accesibilidad de básculas electrónicas es limitada, entonces el uso del perímetro torácico como predictor principal permite al ganadero dar un seguimiento al crecimiento y decidir el momento adecuado para el primer servicio con un margen de error mínimo. (71)

La relación casi impecable entre Perímetro, Largo y Ancho (todos > 0.87) expone un desarrollo corporal armónico. Wattiaux, M. (2014), sustenta que la capacidad torácica y la profundidad corporal son indicadores indirectos de la capacidad de consumir forraje; por esta razón, los animales que representan estas altas correlaciones en las áreas mencionadas tienen un soporte físico necesario para mantener los picos de producción de leche más altos sin comprometer su salud. (70)

Aunque el Peso tiene correlaciones superiores a 0.80 con las demás medidas, es la variable con los coeficientes poco bajos en comparación con las medidas óseas como son el Alto con el Perímetro. Butler, W. (2003), menciona que el peso es una variable más inestable por los cambios en la condición corporal y el balance energético negativo. Por consiguiente, para la valoración económica, no solo se debe basar en el peso máximo, sino también en la armonía entre este y la estructura ósea para evitar problemas de distocia o anestro. (75)

En matriz se demuestra que el crecimiento es multidimensional. Plaizier, J. et al. (1998), indica que el uso de estas correlaciones para modelar el crecimiento ideal permite reducir el tiempo de crianza de las novillas. Al optimizar el desarrollo del Ancho y Alto (correlacionados en 0.939), el productor garantiza que el animal alcance la madurez sexual más rápido, minimizando el impacto económico de los días no productivos en el hato. (77)

10.2.2 Modelo de regresión lineal para el peso

Los resultados del modelo logro un coeficiente de determinación ajustado R^2 de 0.7122. Eso significa que el 71.22 % de la variación del peso de los animales del programa UTCgen se explica por sus medidas corporales lo que muestra una concordancia estadística y confiable. La prueba F mostro un valor de significancia de $p < 0.0001$ lo que confirma que el patrón en su conjunto es altamente significativo y no es un resultado del azar. Al analizar las variables individuales se encontró el perímetro torácico era determinado $\beta = 1.242$ con un $p > 0.008$ seguido de la longitud del animal $\beta = 0.791$ y un $p = 0.056$

El alto valor predictivo del modelo $R^2= 0.71$ es superior a estudios ganaderos de altura, donde su variabilidad ambiental suele afectar el desarrollo del organismo. Este descubrimiento es relevante para el efecto económico ya que el perímetro torácico sea el principal predictor permitiendo que los ganaderos estimen el peso con mucha precisión utilizando solo una cinta bovino métrica. Según Ozkaya, S. y Bozkurt, Y. (2009), los modelos que integran múltiples medidas corporales son más precisos que los que utilizan una sola por que capturan la tridimensionalidad del animal. (78)

El valor del perímetro torácico es $\beta= 1.242$ indica que por cada centímetro de aumento en el pecho de una vaca el peso aumenta aproximadamente 1.24 kg manteniendo las otras constantes variables.

10.2.3 Relación entre el perímetro torácico y el peso

La relación entre el perímetro torácico y el peso estimado se observa detalladamente en el gráfico de dispersión **Figura 6**.

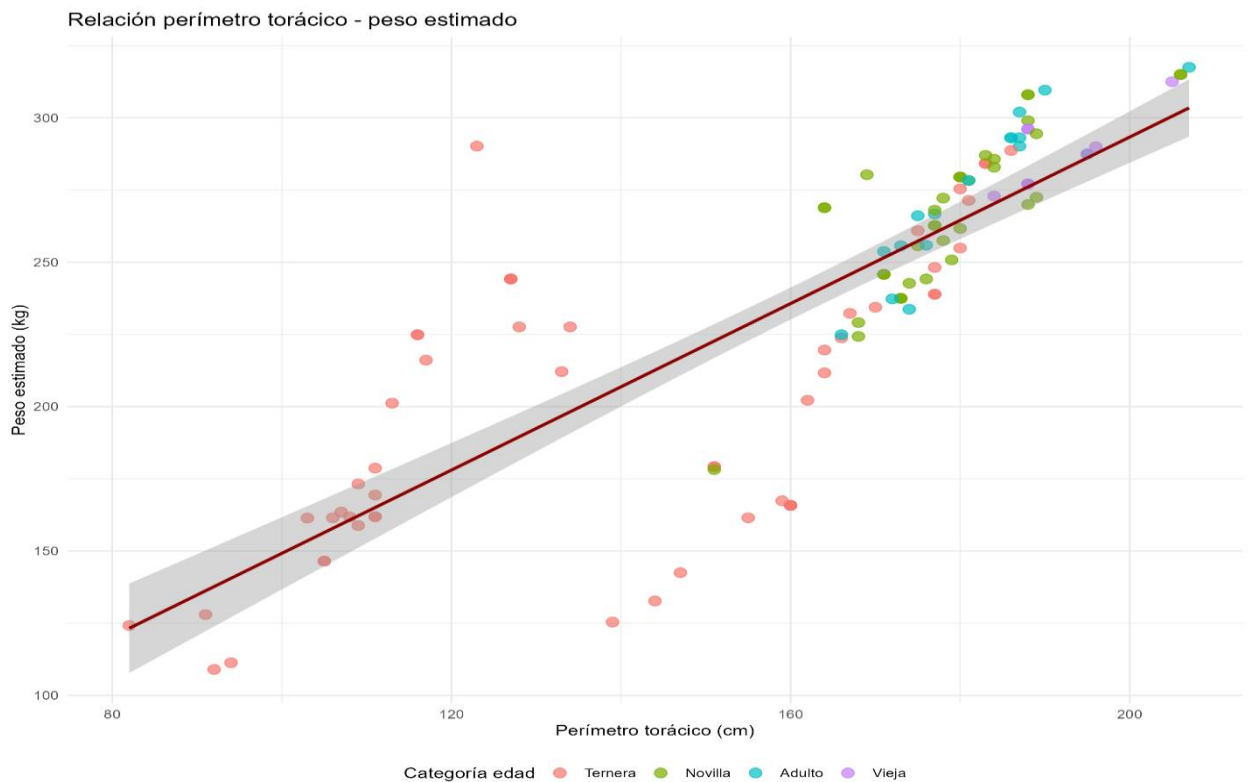


Figura 6. Relación Perímetro torácico – peso estimado
Fuente directa

Se observa una clara estratificación de los individuos según su madurez fisiológica. Las novillas presentan una circunferencia de 80-130 cm y un peso inferior a 200 kg. Este grupo tiene una dispersión residual mayor, lo que sugiere que existen variables alométricas (crecimiento no lineal de órganos y tejidos) en las etapas prepuberales, que añaden más ruido a la predicción lineal. El grupo de terneras actúa como un puente biológico que se extiende a lo largo del gradiente central de la línea. Esta distribución longitudinal indica una tasa constante de aumento de peso en relación con el desarrollo del arco costal durante el crecimiento compensatorio. Las vacas adultas y longevas tienen el índice de detección visual más alto, agrupándose cerca de la línea de tendencia en áreas con circunferencia superior a 180 cm y peso superior a 300 kg. La disminución del error estándar en este segmento confirma que el perímetro torácico es un predictor muy preciso en animales que han alcanzado la madurez esquelética. Se encontró que el índice corporal diferencial era significativamente mayor en las vacas longevas (2,10) en comparación con las novillas (1,87). Desde el punto de vista zootécnico, esta acumulación o retraso en el desarrollo de tejido adiposo en ejemplares seniles debe ser monitoreado, ya que el exceso de grasa puede correlacionarse negativamente con la eficiencia reproductiva y la tasa de concepción del rebaño. La banda de confianza (área gris) sigue siendo estrecha en el rango de 140 a 190 cm, lo que garantiza la aplicabilidad del modelo para el manejo operativo del peso en la mayoría de los rebaños comerciales. La pequeña diferencia en los extremos es característica de los modelos lineales, donde la representatividad de los valores extremos es menor.

La distribución de las Novillas a partir de los 160 cm de perímetro es un indicador clave para la reproducción. Quispe, J. (2020), menciona que la identificación del "peso crítico" mediante las medidas torácicas es el enfoque más eficiente en sistemas limitados para reducir la edad al primer parto, evitando que animales inmaduros sean inseminados prematuramente. (79)

La homogeneidad de la curva en las tres parroquias refleja la adaptación de la genética local. Requelme, N y Bonifaz, N. (2012) señalan que, en la Sierra ecuatoriana, la selección de animales con estructuras torácicas que sean robustas es esencial para garantizar la longevidad productiva. Los datos de la gráfica demuestran que el programa UTCgen está trabajando con ejemplares cuya conformación física responde positivamente al crecimiento esperado. (80)

10.3 Producción de leche y Peso vivo

El análisis de dispersión permite evaluar cómo influye la masa corporal del animal en su rendimiento productivo diario dentro de las parroquias se observa en la **Figura 7**.

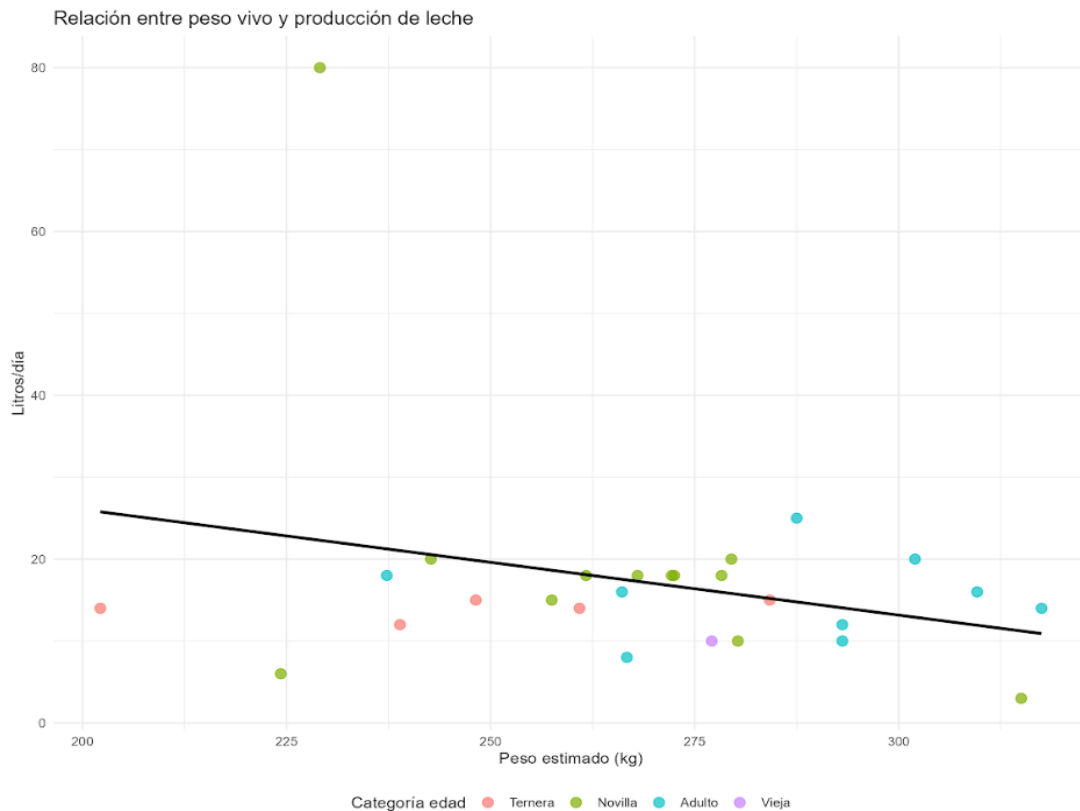


Figura 7. Relación entre peso vivo y producción de leche.

Fuente directa

El diagrama de dispersión muestra la relación entre el peso estimado (kg) y la producción diaria de leche (L/día) categorizada por el nivel de edad del animal en el programa UTCgen. Terneros se agrupan en el rango de menor peso (200-260kg) con producción baja y consistente (12-15L). En las novillas tienen la mayor distribución. Un notable "outlier" alcanza los 80 l/día con un peso aproximado de 230 kg, lo que rompe por completo la tendencia del grupo. En cambio, las vacas adultas pesan entre 260 y 310 kg y la producción es principalmente de 10 a 25 l/día. En su dispersión general se observa la nube de puntos es extremadamente heterogénea, lo que confirma visualmente que el peso no es un predictor confiable de la leche.

La pendiente negativa que se observa en el gráfico contradice la teoría zootécnica convencional, que afirma que los animales con mayor capacidad corporal tienen mayor consumo y por tanto potencial de producción.

Una vaca que pesa más, pero produce menos puede sufrir una acumulación excesiva de grasa en lugar de tejido mamario funcional. De acuerdo con Roche, J. et al. (2009,) las vacas que exceden su peso óptimo suelen tener problemas metabólicos que reducen la eficiencia de la lactancia. Esto sugiere que algunos productores pueden sobrealimentar a animales que no tienen el potencial genético para convertir el alimento en leche. Análisis del valor atípico (80 l/día): la muestra que registra 80 litros y sólo 230 kg es biológicamente única en la zona (81). También Cunningham, J. (2013) menciona que, una producción tan grande en un cuerpo pequeño expone al animal a un grave balance energético negativo (NEB). Económicamente, este animal es muy rentable a corto plazo, pero requiere un manejo nutricional preciso para evitar el colapso metabólico o la muerte prematura. (82)

Falta de selección genética productiva: la distribución caótica de puntos (especialmente en adultos) sugiere una falta de estandarización. Según Peralta, A. et al. (2013), cuando la producción no está relacionada con el peso, el sistema está impulsado por la gestión ambiental y nutricional. (83)

10.3.1 Producción de Leche y su Variabilidad

El análisis estadístico del modelo propuesto (Producción ~ Edad + Peso + Categoría Edad) revela una ausencia total de capacidad predictiva para las variables seleccionadas. El modelo presenta un R^2 ajustado de -0.05641, es un valor negativo en el coeficiente de determinación ajustado, indica que el modelo no es tan preciso para utilizar simplemente el promedio de la producción de leche para realizar algunas predicciones. La Prueba F arroja un valor de 0.7223 con un valor $p= 0.6141$. Al ser el valor p muy superior al umbral estándar de 0.05, se deduce que no existe una relación lineal significativa entre el conjunto de variables independientes y la producción láctea. Los resultados confirman que ninguna de las variables físicas (Peso) o demográficas (Edad, Categoría) explica de manera confiable por qué una vaca produce más leche que otra en estos sistemas.

Berry, D. et al. (2005), quienes señalan que en ganado lechero la producción está influenciada por una cadena compleja de factores genéticos, nutricionales y de manejo. Si el manejo nutricional es deficiente o muy variable entre ganaderías, el potencial productivo ligado a la edad o al peso se ve enmascarado, resultando en modelos con nulo poder predictivo (84). También Lucy, M. (2001) sostiene que, en sistemas de pequeña escala, factores ambientales como el estrés calórico, la calidad del forraje y la sanidad mamaria tienen un impacto mucho

mayor en la producción de leche que en la estructura física del animal. El resultado de $p = 0.6141$ sugiere que vacas jóvenes y ligeras podrían estar produciendo lo mismo que vacas adultas y pesadas debido a una oferta alimenticia homogéneamente limitada o a un manejo sanitario inconsistente. (85)

En los estudios biológicos de campo tienden a aumentar el error experimental al desviar el valor p de la región altamente significativa, en Tanicuchi y Toacaso, la tendencia hacia la significancia está determinada principalmente por el contraste extremo entre los promedios de producción. Como se mencionó anteriormente en Tanicuchi son animales con mayor madurez cronológica, el favor resultado de ANOVA como diferencia entre grupos, efecto sobre el tamaño de la muestra. Es importante recalcar que en Toacaso solo se han evaluado 9 animales, según Gutiérrez, H y Vera, R. (2013), el desequilibrio en el tamaño de la muestra eran los grupos 59 de Pastocalle y con 9 de Toacaso, puede afectar la potencia de la prueba ANOVA. Es muy probable que al aumentar la muestra en parroquias con menos animales este valor disminuya de 0.05. (86)

10.3.2 Producción de leche por parroquia

La producción de leche se la dividió por los sectores estudiados como se observa en la **Figura 8**.

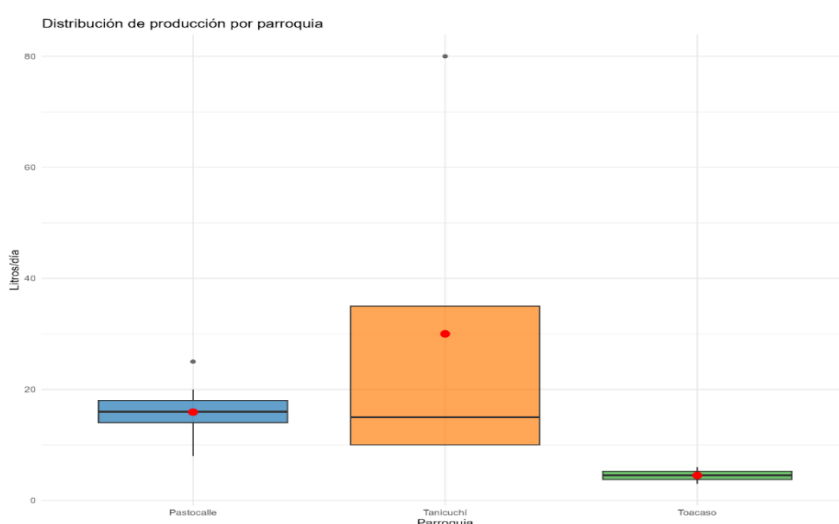


Figura 8. Distribución de producción por parroquia
Fuente Directa

En el sector de Tanicuchi se presenta la mayor variabilidad y el rendimiento promedio más alto, con una media (punto rojo) cercana a los 30 litros/día. Se nota la presencia de un valor atípico

extremo que alcanza los 80 litros/día, lo que desplaza la media significativamente por encima de la mediana, sugiriendo un hato con individuos de alto potencial genético. En Pastocalle se muestra el comportamiento más estable y consistente, con una producción centrándose alrededor de los 15-18 litros/día. La cercanía entre la media y la mediana mencionando una distribución uniforme, con pocos valores atípicos que no superan los 25 litros. Sin embargo, en Toacaso al ser un sector con pocos animales, los niveles de productividad son más bajos y una variabilidad mínima, con un promedio que no alcanza los 5 litros/día. La caja es sumamente compacta, lo que refleja una homogeneidad en la baja producción de esta parroquia.

El punto atípico de 80 litros en el sector de Tanicuchí es indicativo en lo que Berry, D et al. (2005), caracterizo como el techo genético de una población. En los sistemas pequeños, la presencia de estos animales demuestra que se puede lograr altos rendimientos, tomando en cuenta las condiciones ambientales adecuadas, y convertirse en individuos clave para los programas locales de selección y mejoramiento genético (83). La consistencia observada por Pastocalle puede interpretarse desde la perspectiva de Nuñez, E. (2017), quien sostiene que la estabilidad de la producción suele ser más beneficiosa para el pequeño productor que los picos individuales. Un rebaño con baja variabilidad indica un manejo estandarizado de nutrición e higiene, lo que facilita la planificación económica y reduce el riesgo de pérdidas por fluctuaciones bruscas en la producción de leche (71). La situación de Toacaso, donde la producción es inferior a 5 litros, lo que dijeron Requelme, N y Bonifaz, N. (2012), refleja las cuencas lecheras ecuatorianas a gran altura. Los bajos rendimientos suelen estar asociados con la degradación de los pastos o la falta de suplementación, donde la vaca utiliza casi toda su ingesta de energía para el mantenimiento básico en condiciones climáticas adversas, dejando poco sobrante para la lactancia. Al analizar el lucro cesante, las diferencias entre Tanicuchí y Toacaso son significativas (79). Santos, JB. et al. (2025), sostiene que una tasa de producción tan baja como la de Toacaso apenas cubre los costes continuos de mantenimiento de un animal. (87)

10.3.3 Calidad de leche

Los resultados sobre la calidad de leche de las parroquias se representan en la **Figura 9**, donde la producción-grasa dan un valor de $r = 0.360$, el cual existe una relación moderadamente positiva. Al contrario de lo que ocurre en los sistemas industriales donde un aumento de volumen suele diluir la grasa. los resultados que se observa son que las vacas con mayor producción también tienden a mantener o mejorar ligeramente su porcentaje de grasa.

Lactosa- sólidos totales ($r = 0.999$) se registró una correlación positiva. esto indica que la lactosa es el factor principal que determina los sólidos totales en la muestra. lo que tiene sentido fisiológico. por qué la lactosa es el principal osmolito que atrae agua a la glándula mamaria. Producción - proteína ($r = 0.209$) existe una relación positiva débil. un aumento en el volumen de leche no garantiza un aumento significativo en el nivel de proteína, que sigue siendo relativamente independiente del flujo productivo.

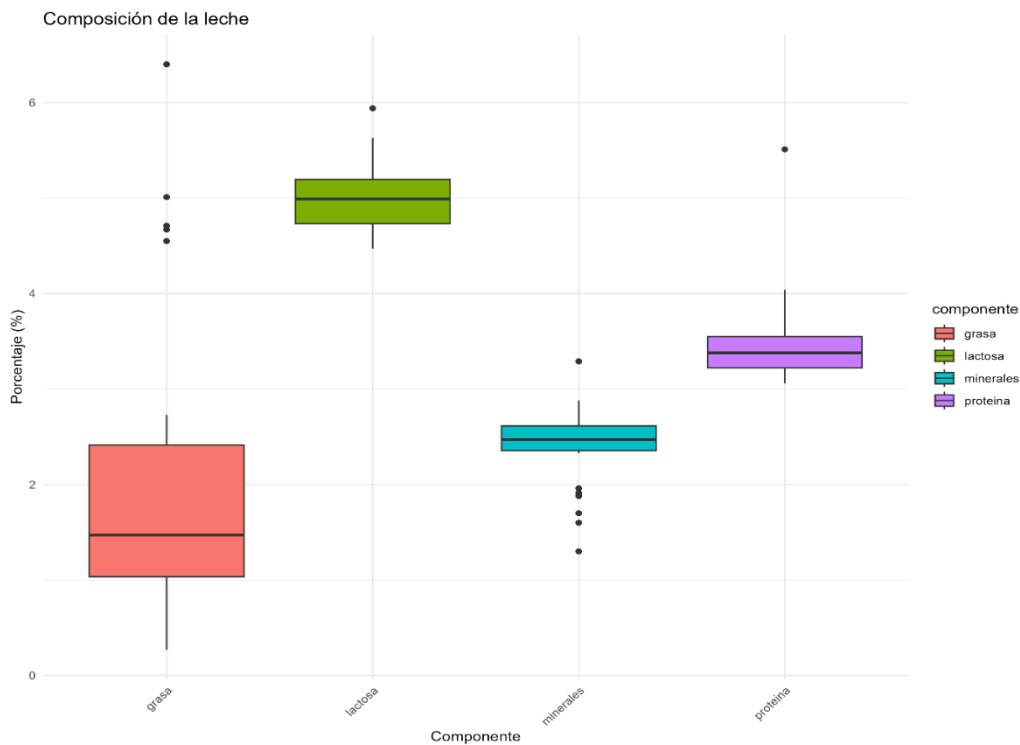


Figura 9. Composición de la leche

Fuente directa

La relación positiva entre la producción y grasa ($r = 0.360$) es un hallazgo atípico pero favorable para el programa UTCgen, según Bauman, D y Griinari, J (2003), las vacas con alta ganancia genética suelen tener un fenómeno de supresión de grasa láctea cuando aumenta el volumen, sin embargo en los sistemas de Latacunga, este resultado sugiere que el manejo nutricional que probablemente este basado en fibras, permitiendo que la síntesis de ácidos grasos en el rumen sea eficiente incluso en los animales más productivos. En función del efecto económico, es una ventaja competitiva del pequeño productor que la producción no reduce la calidad (proteínas y grasas). En Ecuador el pago de la leche incluye bonificaciones de sólidos totales. La correlación casi perfecta entre lactosa y solido ($r = 0.999$), sugiere que la salud de la ubre y la nutrición energética deben abordarse para mejorar los retornos económicos, ya que

cualquier factor que altere la síntesis de lactosa (Mastitis) reducirá inmediatamente los niveles totales de sólidos y, por lo tanto, el precio pagado al productor. Finalmente, la debilidad de la correlación proteica ($r = 0.209$) refuerza la idea de que este componente es el más difícil de modificar en volumen (88). Según Wattiaux, M. (2005), la proteína de la leche está más asociada con el aporte de aminoácidos transferidos y la genética indicando que para mejorar UTCgen debería centrarse en la suplementación proteica específica y no solo en la cantidad total. (70)

10.4 Análisis multivariado

Cluster 1 (adultos mayores/grandes): consta de 35 animales. Es el grupo de mayor madurez con 54,9 meses, mayor peso de 286 kg y mayor altura 135 cm. Representan el máximo potencial productivo del sistema.

Cluster 2 (jóvenes/adultos de mediana edad): 25 animales en grupos. Con una edad promedio de 42,5 meses y un peso de 244,4 kg, se trata de animales que ya alcanzaron la madurez reproductiva pero aún se encuentran en el desarrollo productivo.

Cluster 3 (terneros): grupo de 18 animales jóvenes 7,8 meses con un peso de 166 kg y una altura de 88,8 cm. Esta es la base para futuros reemplazos.

Cluster 4 (novillas en crecimiento): 14 animales con una edad promedio de 15,5 meses y 187 kg. Es una categoría de transición a la vida reproductiva.

Parroquia	n	Edad (meses)	Peso (kg)	Producción (L/día)	Grasa (%)	Tasa de Lactancia (%)
Pastocalle	59	32.8	234.4	18.3	2.21	40.7
Tanicuchí	28	41.9	244.4	30.0	2.85	14.3
Toacaso	9	27.2	222.0	7.7	2.77	33.3

Tabla 4. Comparativa descriptiva
Fuente Directa

Tanicuchi es la parroquia con los animales más maduros 41.9 meses y también los de mayor peso 244,4kg. Este sector registra un excelente rendimiento de 30,0 L/día y el mayor porcentaje de grasa 2.85%. Por otro lado, presenta el indicador de eficiencia reproductiva más bajo, con una tasa de lactancia únicamente del 14.3%. En cambio, la mayor cantidad de animales se concentra en Pastocalle, mantiene un rendimiento equilibrado con una producción de 18.3 L/día, lo más importante es una tasa de lactancia más alta 40.7%, lo que señala una mejor rotación de partos. Toacaso presenta a los animales más jóvenes 27.2 meses, teniendo el menor

peso corporal 222.0 kg, por consiguiente, su producción es la más baja 7.7 L /día, aunque mantiene niveles de grasa competitivos.

El contraste encontrado en Tanicuchi es una contraindicación económica, a pesar de que los animales son individualmente más productivos y tienen mayor madurez biológica su baja tasa de lactancia (14.3%) representa una deficiencia reproductiva crítica. Según Wattiaux (2005) una tasa de lactancia saludable en los sistemas pequeños se debería exceder el 30% para así garantizar la rentabilidad. Pero en este caso el sector de Tanicuchi se conforma principalmente por vacas secas o improductivas, lo que ocasiona un alto costo de oportunidad ya que se gasta en alimentación para muchos animales sin recuperar la leche de la mayoría. En cambio, Pastocalle es un sistema duradero, su tasa de lactancia de 40.7% determina un manejo reproductivo más eficiente (intervalo entre partos más cortos o mejor detección de celos). En el tema económico esto es conveniente para los productores en esta región, ya que aseguran un flujo de caja constante durante todo el año, a diferencia de Tanicuchi donde su economía depende de muy pocos animales. Por último, en Toacaso ilustra la relación directa entre la madurez y producción (70). Cunningham (2013) menciona que la producción de leche aumenta a medida que el animal alcanza su madurez física y número de lactancia, al ser animales jóvenes (27,2) se encuentran en su primera etapa productiva cuando los nutrientes se reparten entre su propio crecimiento y producción de leche. (82)

10.4.1 Correlación Producción-Calidad

El análisis de la matriz de correlaciones (r de Pearson) permite identificar cómo interactúan el volumen de producción diaria con los principales sólidos constituyentes de la leche de los sectores en estudio como se observa en la **Tabla 5**.

	Producción	Grasa	Proteína	Lactosa	Sólidos totales
Producción	1.000	0.360	0.209	0.354	0.363
Grasa	0.360	1.000	0.204	0.176	0.221
Proteína	0.209	0.204	1.000	0.581	0.584
Lactosa	0.354	0.176	0.581	1.000	0.999
Sólidos	0.363	0.221	0.584	0.999	1.000

Tabla 5. Matriz de correlación entre producción y calidad

Fuente Directa

Se observa una correlación positiva moderada $r = 0.360$ en la relación entre la producción y la grasa. Este avance es relevante, ya que indica que, los incrementos en la producción de leche no están provocando una dilución severa del contenido graso, manteniendo una asociación favorable. También existe una correlación casi perfecta $r = 0.999$ entre la Lactosa y los Sólidos Totales. Esto confirma que la lactosa es el componente osmótico principal que arrastra agua a la leche y que, junto con la proteína presentando $r = 0.584$ con sólidos, define la densidad del producto final. La relación se define como débil $r = 0.209$ entre la producción y la proteína. A diferencia de la grasa, la proteína parece ser más independiente del volumen producido, lo que sugiere que factores genéticos o nutricionales específicos (energía en dieta) están influyendo de forma aislada sobre este componente.

La correlación de $r = 0.999$ entre lactosa y sólidos totales confirma Svennersten-Sjaunja, K et al. (2005), que la lactosa actúa como un importante regulador de la presión osmótica, ya que la síntesis en el tejido mamario determina la cantidad de agua que se secreta. Por tanto, en el análisis, la lactosa no es sólo un indicador de calidad, sino un motor de volumen que garantiza la estabilidad de la composición de la leche en condiciones de gran altitud. (89)

La débil correlación entre producción y proteína, $r = 0.209$, es un indicador importante para la alimentación del rebaño. VandeHaar, M et al. (2006) afirman que el contenido de proteínas es el componente más difícil de modificar con la dieta, que depende en gran medida del flujo de aminoácidos al intestino. Esta baja asociación significa que, para mejorar la ingesta de proteínas en estas parroquias, el programa debería centrarse en mejorar el equilibrio entre energía y proteínas de la dieta en lugar de simplemente aumentar el tamaño o la producción de los animales (90) Dada la estrecha relación entre los componentes fijos analizados, Linn, G. (2016), enfatizan que pagar por calidad se vuelve viable si el productor logra estabilizar los sólidos totales sobre los parámetros industriales. (91)

a matriz muestra tiene una base sólida de $r = 0,363$ entre producción y sólidos para proponer esquemas de bonificación por calidad, ya que el aumento de la producción va de la mano con mayores aportes de nutrientes por litro.

10.1 Análisis del impacto económico

La **Tabla 6.** proporciona una visión heterogénea de la rentabilidad láctea, permitiendo identificar tres perfiles financieros claramente diferenciados entre los productores evaluados, con costos de producción que oscilan significativamente entre los \$0,02 y \$0,36 por litro. Al

igual que en estudios previos de la región, se identifica que la rentabilidad no es una consecuencia directa del volumen de producción, sino de la optimización de la estructura de costos fijos y el manejo del hato.

Productor	Producción (L/mes)	Costo /L	Total Utilidad /L	Estado Financiero
Pablo Toctaguano	2400	\$ 0,15	\$ 0,32	Estable / En Crecimiento
Elena Bonilla	840	\$ 0,36	\$ 0,07	Riesgo Financiero / Alerta
Silvia Paredes	600	\$ 0,18	\$ 0,29	Subsistencia / Margen Estrecho
Daysi Ayala	540	\$ 0,11	\$ 0,36	Subsistencia con Eficiencia
Lenin Acuña	1800	\$ 0,04	\$ 0,41	Estable / Eficiente
Wladimir Zapata	5400	\$ 0,02	\$ 0,46	Exedente / Alta rentabilidad
Evelin Pallasco	420	\$ 0,12	\$ 0,30	Subsistencia Crítica

Tabla 6. Análisis del impacto económico

Fuente directa

Destaca el Sr. Wladimir Zapata con el mayor volumen de producción (5400 L/mes) y el menor precio por litro (\$0.02), obteniendo una ganancia máxima de \$0.46/L. Su estatus está catalogado como de Alta Rentabilidad. Le sigue el Sr. Lenins Acuña (1800 L/mes), quien con un precio de \$0.04 y una ganancia de \$0.41/L mantiene el estatus de “Estable”. Pablo Toctaguano (2.400 L/mes) muestra una posición estable o creciente con una ganancia de \$0.32/L.

Por otro lado, Daysi Ayala y Silvia Paredes, a pesar de sus bajos volúmenes (540-600 L/mes), logran ganancias competitivas (\$0,36/L y \$0,29 /L) gracias a un efectivo control de costos (\$0,11-\$0,18) y alcanzan el nivel de “eficiencia de subsistencia”. Por otro lado, la señora Elena Bonilla representa el caso más vulnerable con mayor costo por litro (\$0,36) y menor utilidad (\$0,07/L), ubicándola en la categoría de “Riesgo/Advertencia Financiera”. Evelin Pallasco con el menor volumen de producción (420 L/mes), a pesar de una ganancia moderada de USD 0,30/L, se encuentra en el "nivel crítico de subsistencia".

La actuación del Sr. Vladimir Zapata ilustra a Mengsitu, S et al. (2016), quienes sostienen que mayores volúmenes de producción de leche permiten una reducción más eficiente de los costos fijos. El precio de \$0,02/litro indica una optimización extrema de los recursos, posiblemente utilizando su propia base de alimentación y una dependencia mínima de fuentes externas, lo que garantiza la resiliencia frente a

las fluctuaciones del mercado (92). El perfil de Daysi Ayala (540 L/mes y \$0.36 de ganancia) lo confirma Vargaray, J et al. (2025), sobre "la eficacia de las pequeñas cosas". Muchos productores familiares compensan la falta de escala mediante un manejo cuidadoso del rebaño y el uso de mano de obra familiar, logrando mayores márgenes de ganancia por unidad por litros que los grandes productores que tienen estructuras de costes más estrictas. (93)

La situación de Elena Bonilla es un ejemplo del "umbral de inviabilidad". Palacio, O. (2001), explican que cuando el costo de producción (\$0,36/L) se acerca demasiado al precio de mercado, la capacidad de reinversión se cancela. Este escenario de "riesgo financiero" suele ser el resultado de una fuerte dependencia de alimentos balanceados externos o de ineficiencias sanitarias que aumentan el consumo por litros, poniendo en peligro la continuidad del negocio. Para productores como Silvia Paredes o Evelin Pallasco, la producción de leche actúa como una caja de ahorro diaria (94). Arvidsson, K et al. (2020), señalan que la utilidad generada en los sistemas de Subsistencia Crítica muchas veces se desvía únicamente al consumo familiar, impidiendo la mejora tecnológica. Sin una intervención que reduzca los costos o aumente ligeramente su volumen, estos productores permanecen en un ciclo de vulnerabilidad económica constante. (95)

11. IMPACTOS

11.1 Impacto Social

Fortalecimiento al ganado familiar: Al proporcionar herramientas simples (como la regresión peso por circunferencia), los pequeños productores se acomodan frente a los intermediarios, dándoles los argumentos técnicos para negociar un precio justo por sus animales.

Sostenibilidad y seguridad alimentaria: Mejorar la eficiencia productiva de las parroquias (especialmente Toacaso, que es la más joven) garantiza que el sector lácteo siga siendo una fuente de empleo digno para las generaciones más jóvenes de la región, evitando la migración rural-urbana.

El papel del programa UTCgen como vínculo académico es el impacto social es que la Universidad Técnica de Cotopaxi se posiciona como un aliado científico que resuelve

problemas reales en las parroquias de Pastocalle, Tanicuchí y Toacaso, generando confianza entre la academia y el sector agrícola.

11.2 Impactos Económicos

El impacto económico de la presente investigación se fundamenta en la corrección de las ineficiencias críticas detectadas en el manejo del hato, transformando pasivos operativos en excedentes financieros mediante tres ejes estratégicos. Los costos oscilan entre \$0,02 y \$0,36 por litro, generando utilidades que van desde un margen de subsistencia (\$0,07/L) hasta niveles de alta rentabilidad (\$0,46/L). Sistemas con baja tasa de lactancia y alta dependencia de insumos externos operan en niveles críticos, donde el costo de mantenimiento de animales improductivos erosiona la utilidad neta.

11.3 Impacto Técnico

Se centra en la transferencia de conocimientos y la precisión del diagnóstico del programa UTCgen. Estandarización de la evaluación del peso: dado que la circunferencia del pecho demostró ser un predictor sólido ($R^2 = 0,71$), el mayor impacto técnico es la introducción de cintas bovino métricas calibradas según el área. Esto permite al fabricante realizar dosis farmacológicas precisas y ajustar el valor nutricional sin utilizar básculas costosas. Segmentación del manejo por clusters: La identificación de 4 grupos biológicos naturales nos permite pasar del “manejo general” al manejo por etapas fisiológicas. Técnicamente, esto implica crear protocolos de alimentación específicos para el grupo 3 (terneros) y el grupo 4 (novillas), acelerando su entrada en edad reproductiva. Identificar barreras reproductivas: el hallazgo de que Tanicuchí tiene alta producción, pero una baja tasa de lactancia 14,3%, impulsa un cambio de enfoque técnico: pasar de un énfasis en “más litros de leche” a un énfasis en “mejorar la tasa de preñez y detección de celo”.

12. CONCLUSIONES

- Un hato del programa UTCgen muestra una desigualdad crítica en su eficiencia reproductiva. La parroquia de Tanicuchí a pesar de tener una madurez biológica (41.9 meses) y de mayor producción individual (30 L/día), muestra una deficiencia grave en su tasa de lactancia ya que es de 14.3%, lo cual genera un alto costo de mantenimiento por vacas improductivas que erosiona la rentabilidad familiar.
- La rentabilidad no es una consecuencia directa del volumen de producción, sino de la optimización de los costos y la eficiencia del hato. Se identificaron márgenes de utilidad que varían desde \$0.07/L considerado un riesgo financiero hasta \$0.46/L, lo cual es una alta rentabilidad. Productores pequeños como Daysi Ayala logran utilidades competitivas (\$0.36/L) gracias a costos operativos bajos, mientras que otros con mayor volumen operan en márgenes críticos de subsistencia
- Se valida que el perímetro torácico es la medida anatómica más eficaz y precisa para estimar el peso vivo en sistemas de altura, presentando una correlación positiva significativa ($R^2=0,71$). Esta herramienta técnica permite que los productores familiares realicen ajustes nutricionales y dosificaciones farmacológicas rigurosas sin depender de básculas costosas, facilitando una gestión más profesional del hato.

13. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un programa de diagnóstico clínico en Tanicuchí para identificar las causas del anestro o días abiertos prolongados, ya que mantener animales longevos con un promedio 41.9 meses sin producción genera un costo de mantenimiento que erosiona la rentabilidad familiar. Es necesario mejorar la detección de celo y protocolos de inseminación artificial para elevar su tasa de lactancia.
- Se recomienda a los productores deben adoptar un manejo diferenciado basado en los 4 grupos biológicos (clústeres) más importantes novillas de reemplazo (Clúster) se debe implementar un protocolo de seguimiento nutricional específico, con el fin de asegurar que alcancen un peso óptimo al servicio aproximadamente a los 15.5 meses. Esto permitirá, reducir el lucro cesante y acelerando el ingreso de reemplazos al hato productivo.

- Socializar la entrega y capacitación sobre el uso de cintas bovinométricas calibradas para la zona. De igual manera, es necesario impartir talleres de educación financiera que permitan a los ganaderos identificar su "estado de subsistencia" y optimizar el uso de recursos internos como mantener forrajes propios para reducir la dependencia de insumos externos que comprometen su estabilidad económica.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Verónica M, Taipe T, Luis A, Guambi, Alexander J, Solorzano S, et al. La genómica como herramienta para mejorar la eficiencia reproductiva del toro [Internet]. [citado el 2026 Mar 2]. Disponible en:

<https://www.espam.edu.ec/recursos/sitio/informativo/archivos/ponencias/vinculacion/ii/s1/CV-01-014.pdf>

2. Risco C. EFICIENCIA REPRODUCTIVA DEL GANADO LECHERO Volver a: Producción bovina de leche [Internet]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/62-eficiencia_reproductiva.pdf

3. IMPORTANCIA DE LOS DIAS ABIERTOS EN VACAS DE LECHE | Correctores Vitamínicos Alhambra S.L. [Internet]. Covialsl.com. 2016. Disponible en: <https://www.covialsl.com/importancia-de-los-dias-abiertos-en-vacas-de-leche/>

4. La producción de leche en Ecuador [Internet]. Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura. Disponible en: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/la-produccion-de-leche-en-ecuador/>

5. Franco-Crespo C, Carrasco LVM, Aimacaña NRL, Chávez GAC. Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador. La Granja Revista de Ciencias de la Vida [Internet]. 2019;30(2):103–20. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4760/476060341009/html/>

6. Sector ganadero [Internet]. FIDA. 2024. Disponible en: <https://www.ifad.org/es/sector-ganadero>

7. Vista de Buenas prácticas en emprendimientos lácteos, desde la economía social y solidaria en Biblián-Ecuador [Internet]. Urbe.edu. 2026 [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en: <https://ojs.urbe.edu/index.php/telos/es/article/view/2776/4238>

8. L A Pro Ducci Ó N D E L E Che E N EEURETEELMRONCLYLAGOAI. LIBRE COMERCIO Y LÁCTEOS :: [Internet]. Edu.ec. [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=42275>

9. IMPORTANCIA DE LOS DIAS ABIERTOS EN VACAS DE LECHE

[Internet]. Covialsl.com. [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en:

<https://www.covialsl.com/importancia-de-los-dias-abiertos-en-vacas-de-leche/>

10. Jimenez A. Vacas repetidoras: un problema silencioso que amenaza la economía de la granja [Internet]. Ceva.pro. Ceva Salud Animal; 2023 [citado el 7 de julio de 2025].

Disponible en: <https://ruminants.ceva.pro/es/vacasrepetidoras>

10. Temesgen MY, Assen AA, Gizaw TT, Minalu BA, Mersha AY. Factors affecting calving to conception interval (days open) in dairy cows located at Dessie and Kombolcha towns, Ethiopia. PLoS One [Internet]. 2022;17(2):e0264029. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0264029>

11. De c, Veterinaria m, brito N, Duverli S, Cajas S, Alejandro J, et al. universidad técnica de cotopaxi facultad de ciencias agropecuarias y recursos naturales [internet]. edu.ec. [citado 13 de diciembre de 2023]. disponible en:

<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10931/1/pc-002912.pdf>

12. Sebastian N, Julio S. Evaluación del retorno al celo a base del uso de vitaminas minerales y amoniaco en vacas lecheras preparto y postparto en la Hacienda San Antonio [Internet]. [Latacunga]: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2023 [citado el 7de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/bd9826f9-e64a-4557-8cc4-609730751296/content>

13. Jhoselyn B. Selección De Reproductores En Base A Los Caracteres De Importancia Economica En La Produccion De Leche De Bovinos Acorde Al Objetivo De Mejora Genetica En La Comunidad De Cumbijin [Internet]. [Latacunga]: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2024 [citado el 7de julio de 2025]. Disponible en:

<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/95e3d86f-488f-4fad-8c54-4f44e6ae6708/content>

14. Pastor F, Picot A, Quintín FJ, Ruiz M, Sevilla E, Vijil E. Características zoométricas de la raza bovina pirenaica en función de su origen geográfico. Arch Zootec [Internet]. 2000 [citado el 7 julio de 2025];49(186):223-227. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/495/49518632.pdf>

15. FAO. Situación de la biodiversidad en el sector ganadero. Fao.org. [En línea] 2006. [Citado el 7 de julio de 2025.] <https://www.fao.org/3/a1250s/a1250s01.pdf>

16. Origen del ganado bovino en América y sus relaciones con otras razas I [Internet]. Rumiantes el portal de rumiNews. 2020. Disponible en: <https://rumiantes.com/origen-ganado-bovino-america-sus-relaciones-otras-razas/>

17. Barsky O, Barril A, Cosse G, Morandi J, Vinueza H. El proceso de transformación de la producción lechera serrana y el aparato de generación transferencia en Ecuador. Biblio. flacsoandes. edu. ec. [En línea] 1980. [Citado el 7 de julio de 2025.] <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41233.pdf>.

18. Leche Del Ecuador L. HISTORIA DE LA LECHERÍA ECUATORIANA [Internet]. Disponible en: http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/La%20Leche%20del%20Ecuador.pdf

19. Romero R. Glándula mamaria del vacuno lechero: Estructura y Función [Internet]. Rumiantes el portal de rumiNews. 2024. Disponible en: <https://rumiantes.com/glandula-mamaria-vacuno-estructura-y-funcion/>

20. franz. Cómo produce leche una vaca [Internet]. Lacteos Franz. 2024 [citado el 21 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://lacteosfranz.org/como-produce-leche-la-vaca/>

21. Galán Madrigal AM. Periodo seco de la vaca lechera [Internet]. Bio Zoo: La Vida Animal; [f.a.] [citado el 21 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://biozoo.com.mx/lavidaanimal/blog/periodo-seco-de-la-vaca-lechera>

22. Ortiz L. Sector lácteo en Ecuador: una mirada a los desafíos y oportunidades [Internet]. Revista Gestión | Primicias.ec. 2024 [citado el 21 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://revistagestion.primicias.ec/analisis-economia-y-finanzas/sector-lacteo-en-ecuador-una-mirada-los-desafios-y-oportunidades/>

23. Aguirre Flores A. La producción de leche en el Ecuador [Internet]. EÑENGI. 2023 [citado el 21 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://enengiedublog.com/la-produccion-de-leche-en-el-ecuador/>

24. Redacción ED. Ajuste del precio de leche en Ecuador: esto es lo que significa frente a otros países de la región [Internet]. El Diario. Medios Ediasa; 2025 [citado el 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://www.eldiario.ec/negocios/leche-cruda-precio-minimo-leche-ecuador-produccion-lactea-ministerio-de-agricultura-26052025/>

25. Quintana D. Estas son las provincias con mayor producción de leche [Internet]. Forbes.com.ec. Forbes Ecuador; 2024. Disponible en: <https://www.forbes.com.ec/rankings/estas-son-provincias-mayor-produccion-leche-n60834>

26. Redacción La Gaceta. Red Lechera de Cotopaxi [Internet]. La Gaceta. 2025 [citado el 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://lagaceta.com.ec/red-lechera-de-cotopaxi/>

27. Club Ganadero. Ventajas del mejoramiento genético animal en la producción bovina [Internet]. Club Ganadero - MSD Animal Health. 2023 [citado el 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://www.clubganadero.com/mejoramiento-genetico-animal/>

28. Garcia L. Mejoramiento genético en bovinos: técnicas y beneficios para el sector [Internet]. Agro Blogger - Blog Agrocampo, Mascotas, Veterinaria y Ganadería. Colombia. 2025 [citado el 22 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://blog.agrocampo.com.co/mejoramiento-genetico-en-bovinos/>

29. Mejoramiento genético del ganado vacuno lechero en Latinoamérica: innovaciones y beneficios para la industria láctea. THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas [Internet]. 2024 [citado el 18 de julio de 2025]; Disponible en: <https://thefoodtech.com/tecnologia-de-los-alimentos/mejoramiento-genetico-del-ganado-vacuno-lechero-en-latinoamerica-innovaciones-y-beneficios-para-la-industria-lactea/>

30. Reproducción Bovina [Internet]. StudySmarter ES. [citado el 18 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.studysmarter.es/resumenes/ingenieria/ingenieria-agricola/reproduccion-bovina/>

31. Gasque Gómez R. Reproducción bovina [Internet]. Sitio Argentino de Producción Animal. 2016 [citado el 18 de julio de 2025]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/245-Reproduccion_bovina.pdf

32. Así es como se reproduce un bovino [Internet]. Ekomilk Americas. Ekomilk Américas; 2021 [citado el 18 de julio de 2025]. Disponible en: <https://ekomilk.us/reproduccion-de-la-especie/>

33. Horrach Junco MN, Bertot Valdés JA, Vázquez Montes de Oca R, Garay Durba M. Eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial. Tendencias actuales y perspectivas. Rev Prod Anim [Internet]. 2020 [citado el 18 de julio de 2025];32(3):70–8. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202020000300070

34. LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA DEL GANADO [Internet]. Com.ec. [citado el 18 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.procampo.com.ec/index.php/blog/10-nutricion/116-la-eficiencia-reproductiva-del-ganado>

35. Cañete V, Vernay HD, Biga P, Lammoglia Villagómez MA, Marini PR. Intervalo parto concepción y su impacto en la producción de primera lactancia y en la vida productiva de vacas holstein y holstein x jersey en sistemas de pastoreo. Rev Biol Agropecu Tuxpan [Internet]. 2024 [citado el 23 de febrero de 2026];12(1):115-124. Disponible en: <https://www.revistabiologicoagropecuario.mx/index.php/rbat/article/view/543>.

36. Temesgen MY, Assen AA, Gizaw TT, Minalu BA, Mersha AY. Factors affecting calving to conception interval (days open) in dairy cows located at Dessie and Kombolcha towns, Ethiopia. Tesfaye D, editor. PLOS ONE. 2022 Feb 17;17(2):e0264029. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8853564/>

37. Ganadero C. 4 factores afectan la eficiencia reproductiva en los hatos lecheros [Internet]. CONtexto Ganadero. 2023 [citado el 18 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/4-factores-afectan-la-eficiencia-reproductiva-en-los-hatos-lecheros>

38. Índices de reproducción, el futuro de su ganadería [Internet]. Procampo.com.ec. 2026 [citado el 23 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://www.procampo.com.ec/index.php/blog/10-nutricion/43-indices-de-reproduccion-el-futuro-de-su-ganaderia>

39. Hinojosa Acosta JA. Determinación de principales patologías reproductivas que ocasionan descarte en bovinos hembras que ingresan a centro de faenamiento en el cantón Rumiñahui, sector Sangolquí mediante un estudio observacional [Internet] Quito: Universidad de las Américas; 2020 [citado el 24 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12131/1/UDLA-EC-TMVZ-2020-28.pdf>
40. Rumiantes. Diagnóstico de problemas reproductivos en el ganado vacuno [Internet]. Rumiantes; 2022 [citado el 24 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://rumiantes.com/diagnostico-de-problemas-reproductivos-en-el-ganado-vacuno/>
41. Andrade JC. Quistes ováricos en bovinos. Rev. colomb. cienc. pecu. [Internet]. 2016 [citado el 24 de febrero de 2026];10(2):76-8. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/27016>
42. Carranza Yupangui PE, Jaguaco Sumba AD. Incidencia De Patologías Reproductivas En Vacas Lecheras En Las Parroquias Nororientales Del Cantón Latacunga [Internet]. [Latacunga]: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2024 [citado el 24 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c701242f-2ac4-4c3b-94b6-25ce6feba3af/content>
43. Welcome To Zscaler Directory Authentication [Internet]. Scielo.sld.cu. 2026 [cited 2026 Mar 3]. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2012000300004
44. Diego J, Alejandro J, María D, Elizabeth S, José D, Orlando M. RINOTRAQUEITIS INFECCIOSA BOVINA (RIB), UNA ENFERMEDAD DE POCO CONTROL EN COLOMBIA. Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias [Internet]. 2022 [citado el 24 de febreo de 2026];14(1):67–88. Disponible en: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/513/5132773005/>
45. Tibary A. Aborto en ganado vacuno [Internet]. Manual de veterinaria de Merck. Manuales Merck; 2021 [citado el 24 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://www.merckvetmanual.com/es-us/sistema-reproductivo/aborto-en-grandes-animales/aborto-en-ganado-vacuno>

2026]. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8a5ac80a-7100-48d4-b92e-a99028f0ed78/content>

54. Barragan Taco EM. Estudio retrospectivo de la prevalencia de brucelosis bovina (*Brucella abortus*) en el Ecuador desde los años 2015 – 2023. provincia de Tungurahua [Internet]. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2024 [citado el 24 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cee79731-0612-4df7-b7e2-4b9f1ffd49d9/content>

55. Nath BD, Khan MS, Arshad M, Avais M, Reichel MP. Seroprevalence and associated risk factors of bovine brucellosis in district Gujranwala, Punjab, Pakistan. *Animals* [Internet]. 2021 [citado el 24 de febrero de 2026];11(6):1744. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/6/1744>

56. Contexto Ganadero. Pastos deficientes no sirven al ganado bovino [Internet]. Bogotá: Contexto Ganadero; 2016 [citado el 24 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/pastos-deficientes-no-sirven-al-ganado-bovino>

57. Diskin MG, Mackey DR, Roche JF, Sreenan JM. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science*. 2003 Oct;78(3-4):345–70. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.003>

58. Otalvaro D, Toquica M. Influencia De Los Minerales En Procesos Reproductivos En Hembras Bovinas [Internet]. Bucaramanga: Universidad Cooperativa de Colombia; 2021 [citado el 24 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a2d961f4-703e-4756-be83-a16278be3ad5/content>

59. Galli I. Carencias minerales que limitan la producción de carne [Internet]. Argentina: Producción Animal; 2007 [citado el 24 de febrero de 2026]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/18-carencias_limitantes_produccion.pdf

60. Problemas con la detección del celo - Swissgenetics [Internet]. Swissgenetics. 2023 [citado el 25 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://www.swissgenetics.com/problemas-con-la-deteccion-del-celo>
61. Detección de Celos en Bovinos [Internet] 2016. Disponible en: https://www.adiveter.com/ftp_public/A1607.pdf
62. Select Sires. Detección de celo y el momento de la inseminación artificial [Internet]. Ohio, SUA: Select Sires Inc.; 2020 [citado el 25 de febrero de 2026]. Disponible en: https://www.selectsires.com/docs/default-source/resources/heatdetectionandtimingofai_spanish_web.pdf?sfvrsn=855e443e_2
63. Chico I. Celos Silenciosos en Bovinos [Internet]. prezi.com. 2026 [citado el 25 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://prezi.com/p/ys6bdljqgr5/celos-silenciosos-en-bovinos/>
64. Contexto Ganadero. 3 razones por las que su vaca no entra en celo y no queda preñada [Internet]. Bogotá: Contexto Ganadero; 2017 [citado el 25 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/3-razones-por-las-que-su-vaca-no-entra-en-celo-y-no-queda-prenada>
65. Olvera EM. Importancia económica de la reproducción en el ganado lechero [Internet]. Ganaderia.com. 2022 [citado el 27 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://www.ganaderia.com/articulos/importancia-economica-de-la-reproduccion-en-el-ganado-lechero>
66. Alzamora E. Análisis De Los Parámetros Reproductivos En La Ganadería “El Puente” Y Su Impacto En La Rentabilidad. [Internet]. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2022 [citado el 27 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/9efccad3-fcd2-496f-b0b6-97e0d23ed2a5/content>
67. La Parroquia San José de Pastocalle PDEDYOT. GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE PASTOCALLE [Internet]. Gob.ec. [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en: https://pastocalle.gob.ec/cotopaxi/wpcontent/uploads/2020/08/PDYOT_PASTOCALLE_FIN_AL.pdf

68. CotopaxiTravel. Parroquia Toacaso [Internet]. Cotopaxi Travel. 2021 [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en: <https://cotopaxi-travel.com/blog/parroquia-toacaso/>
69. La Parroquia Eloy Alfaro CDEIENDGCPDEI “diseño DEUIMSLASAT. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI [Internet]. Edu.ec. [citado el 7 de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/398fd2a3-1ae9-47fe-92c9-743aa8da9f0a/content>
70. Wattiaux, M. Guía técnica lechera: reproducción y selección genética / Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional para la industria lechera 1a ed. Nicaragua: Instituto Babcock [Internet] [citado 27 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/974756348/15>
71. Nuñez, E. Indicadores reproductivos y su relación con la rentabilidad en la pequeña lechería [Internet] [tesis de grado]. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2017 [citado el 27 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11798/1/T-UCE-0004-74.pdf>
72. Murgia, A.Cuál es la vida productiva de una vaca lechera [Internet]. Revista Genética Bovina Colombiana. 2020 [citado el 27 de febrero de 2026]. Available from: <https://revistageneticabovina.com/reproduccion/vaca-lechera/>
73. De Vries A. Economic Value of Pregnancy in Dairy Cattle. Journal of Dairy Science. 2006 Oct;89(10):3876–85.
74. Cando L, Guzman X. Análisis del impacto económico del sector ganadero en la región Sierra-Ecuador, en los últimos años. [Internet] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS; (2024) Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27255/1/UPS-CT011269.pdf>
75. Butler WR. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. Livestock Production Science. 2003 Oct;83(2-3):211–8.
76. Sarmiento A, Rincón J. (2023). Morfometría bovina y su relación con la capacidad productiva en sistemas de altura. Editorial Universitaria. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/6cad98e6-2c44-4ef4-ab27-054d48458816/content>

77. Plaizier JCB, King GJ, Dekkers JCM, Lissemore K. Modeling the relationship between reproductive performance and net-revenue in dairy herds. *Agricultural Systems*. 1998 Mar;56(3):305–22.
78. Ozkaya S, Bozkurt Y. The accuracy of prediction of body weight from body measurements in beef cattle. *Archives Animal Breeding*. 2009 Oct 10;52(4):371–7.
79. Quispe, J. Evaluación del manejo reproductivo y crecimiento de novillas en pastoreo en la Irrigación Majes - Arequipa [Internet] [tesis de grado]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2020 [citado el 27 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/9355/quispe-jara-juan-jose.pdf>
80. Politécnica U, Requelme S, Bonifaz N, De N, De Producción S, De Ecuador L. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047399006.pdf>
81. Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ, Berry DP. Invited review: Body Condition Score and Its Association with Dairy Cow productivity, health, and Welfare. *Journal of Dairy Science* [Internet]. 2009 Dec;92(12):5769–801. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030209712998>
82. Cunningham, J. G. (2013). *Fisiología Veterinaria*. [Internet]. Google Books. 2026 [citado el 27 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=jF8ZVxjas8MC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
83. Peralta, A., et al. (2013). Factores que afectan la producción de leche en sistemas de pequeña escala. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. [citado el 27 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/4825>
84. Berry DP, Buckley F, Dillon P. Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein-Friesian dairy cows. *animal*. 2007 Oct;1(9):1351–9.
85. Lucy MC. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? *Journal of Dairy Science*. 2001 Jun;84(6):1277–93.

86. Gutierrez H, Vera R. Análisis y diseño de experimentos. · Biblioteca Digital [Internet]. Uce.edu.ec. 2023 [citado el 28 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.uce.edu.ec/s/L-D/item/1166#?c=&m=&s=&cv=>
87. Santos JB dos, Freitas BW de, Obando IAM, Oliveira ND de, Penitente-Filho JM, Moreira MVC, et al. Reproductive traits and economic aspects on dairy cattle. *Animal Reproduction*. 2025;22(1).
88. Bauman, D. E., & Griinari, J. M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*.
89. Svennersten-Sjaunja K, Olsson K. Endocrinology of milk production. *Domestic Animal Endocrinology* [Internet]. 2005 Aug 1;29(2):241–58. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15876512/>
90. VandeHaar MJ, St-Pierre N. Major Advances in Nutrition: Relevance to the Sustainability of the Dairy Industry. *Journal of Dairy Science*. 2006 Apr;89(4):1280–91.
91. National Research Council (US). Factors Affecting the Composition of Milk from Dairy Cows [Internet]. Nih.gov. National Academies Press (US); 2016. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218193/>
92. Mengistu S, Alene T. Training report on forage production, feed management and utilization for Africa RISING project farmers in Basona Worena, Ethiopia [Internet]. Cgiar.org. International Livestock Research Institute; 2016 [citado el 28 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/items/fa1b2419-e5fa-49b6-a745-d38787ab721c>
93. Vergaray Huaman JC, Mendoza Virhuez NE, Jara Pajuelo TA, Garcia Soto CE. Ponencia: análisis de la rentabilidad de la ganadería a pequeña escala en SUPE durante el 2023. *CISA* [Internet]. 2025 Dec 10 [citado el 28 de febrero de 2026];7(Especial). Disponible en: <http://revista-cisa.com/index.php/cisa/article/view/115>
94. Palacio O. ACUERDO DE COMPETITIVIDAD DE LA CADENA LACTEA DE ANTIOQUIA. [Internet]. 2001 [citado el 28 de febrero de 2026]. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/server/api/core/bitstreams/3f04e3a0-fec5-4a55-8409-7021ddf3cca3/content>

95. Arvidsson Segerkvist K, Hansson H, Sonesson U, Gunnarsson S. Research on Environmental, Economic, and Social Sustainability in Dairy Farming: A Systematic Mapping of Current Literature. *Sustainability*. 2020 Jul 8;12(14):5502.