



POSGRADOS

Maestría en **AGROECOLOGIA**

RPC-SO-34-NO.778-2021

Opción de Titulación:

Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo

Tema:

ESTUDIO COMPARATIVO DEL MODELO DE GANADERÍA BOVINA LECHERA AGROECOLÓGICA Y CONVENCIONAL

Autora

HELEN TATIANA LEÓN JARAMILLO

Director:

NANCY FABIOLA BONIFAZ GARCÍA

QUITO – Ecuador

2026



Autor(es):



Helen Tatiana León Jaramillo

Ingeniera Agropecuaria
Candidata a Magíster en Agroecología por la Universidad
Politécnica Salesiana – Sede Quito.
hleonj@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Nancy Fabiola Bonifaz García

Doctora en Medicina Veterinaria y Zootecnia
Magister en Producción Animal
nbonifaz@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2026 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Helen Tatiana León Jaramillo

Estudio comparativo del modelo de ganadería bovina lechera agroecológica y convencional

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi Dios Jehová por darme sabiduría, resiliencia, capacidad y fortaleza, así mismo de manera especial a mis hijos Carolina, Josué, Emily, Gandy, David por su cariño comprensión y empatía.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a mi tutora de tesis, la Dra. Nancy Bonifaz, así como a mis profesores de la maestría, por compartir sus conocimientos y su empatía a lo largo de este proceso. De igual forma, expreso mi gratitud a los propietarios de las fincas donde realicé los muestreos de leche: el Ing. Pablo Maldonado, de la finca “La Esperanza”, y el Ing. Juan Maldonado, de la finca “San Juan”, en el sector de Pintag; así como al Ing. Diego Navas, propietario de la finca “La Guadalupe”, en el sector de San Miguel de los Bancos. Asimismo, agradezco a los trabajadores Cristian, Anita, Segundo y María, quienes, con su constante colaboración y disposición, facilitaron cada uno de los muestreos y contribuyeron al desarrollo del trabajo de recolección de la leche.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract.....	8
1. Introducción.....	9
2. Determinación del Problema	16
3. Marco teórico referencial.....	19
3.1 Ganadería lechera bovina Agroecológica.....	19
3.2 Ganadería lechera bovina convencional	19
3.3 Calidad de la leche.....	20
3.3.1 Calidad composicional	20
3.3.2 Calidad higiénica	21
3.3.3 Calidad sanitaria	22
4. Materiales y metodología	24
4.1 Perspectiva metodológica.....	24
4.2 Diseño de investigación.....	24
4.3 Selección de las Unidades de Estudio	24
4.4 Recolección de Información.....	26
4.4.1 Fase de campo	26
4.4.2 Fase de laboratorio.....	27
5. Resultados y discusión	28
5.1 Calidad composicional	28
5.2 Calidad Higiénica	35
5.3 Calidad Sanitaria	37
5.4 Factores productivos.....	40
5.4.1 Razas.....	40
5.4.2 Rutina de ordeño.....	42
5.4.3 Producción de leche.....	43
5.4.4 Análisis de costos de producción de leche	44
6. Conclusiones y recomendaciones.....	48
Anexos.....	50
Referencias	53

ESTUDIO COMPARATIVO DEL MODELO DE GANADERÍA BOVINA LECHERA AGROECOLÓGICA Y CONVENCIONAL

Autora:

Helen Tatiana León Jaramillo

Resumen

La producción lechera bovina en Ecuador se desarrolla principalmente bajo un modelo convencional intensivo, no obstante, la agroecología surge como una alternativa sostenible orientada a conservar recursos, mejorar la salud animal y reducir impactos ambientales. El presente estudio comparó ambos sistemas mediante análisis composicional, higiénico-sanitario, productivo y económico de la leche, a partir de 253 muestras obtenidas en tres fincas agroecológicas y una convencional. Los resultados evidenciaron ventajas del sistema agroecológico en calidad de leche: mayores valores de grasa (4,2%), proteína (3,7%), sólidos totales (>13%) y sólidos no grasos (>8,9%), además de una calidad higiénica superior, con el 89,78% de muestras calificadas como excelentes (<158.000 UFC/ml). Asimismo, la prevalencia de mastitis subclínica fue significativamente menor (23,36%) frente al sistema convencional (78,45%). En términos productivos, la finca convencional obtuvo el mayor rendimiento (16 L/vaca/día), superando a las agroecológicas (6–12 L/vaca/día), debido a mayor suplementación, manejo intensivo y uso de razas especializadas. No obstante, el sistema agroecológico mostró menor dependencia de insumos externos, lo que puede favorecer su viabilidad económica en pequeñas y medianas explotaciones. Se concluye que la producción agroecológica ofrece leche de mejor calidad higiénico-composicional, mientras que el sistema convencional maximiza la productividad. Se recomienda fortalecer el manejo sanitario, estandarizar el lavado de ubre y promover comercialización diferenciada que revalorice la leche agroecológica por su calidad y sostenibilidad.

Palabras clave:

Agroecología, ganadería, calidad de leche.

Abstract

Bovine milk production in Ecuador is mainly developed under an intensive conventional model; however, agroecology emerges as a sustainable alternative aimed at conserving resources, improving animal health, and reducing environmental impacts. This study compared both production systems through compositional, hygienic-sanitary, productive, and economic analyses of milk, based on 253 samples collected from three agroecological farms and one conventional farm. The results revealed advantages in the agroecological system regarding milk quality, with higher levels of fat (4.2%), protein (3.7%), total solids (>13%), and non-fat solids (>8.9%), as well as superior hygienic quality, with 89.78% of samples classified as excellent (<158,000 CFU/ml). Likewise, the prevalence of subclinical mastitis was significantly lower (23.36%) compared to the conventional system (78.45%). In productive terms, the conventional farm obtained the highest yield (16 L/cow/day), exceeding agroecological farms (6–12 L/cow/day) due to greater supplementation, intensive management, and the use of specialized dairy breeds. However, the agroecological system showed lower dependence on external inputs, which may enhance its economic viability in small and medium-scale operations. It is concluded that agroecological production offers milk with better hygienic and compositional quality, while the conventional system maximizes productivity. Strengthening sanitary management, standardizing udder washing, and promoting differentiated marketing that values agroecological milk for its quality and sustainability is recommended.

Keywords:

Agroecology, cattle production, milk quality.

1. Introducción

Según la FAO, (2012), la actividad lechera de vacas es uno de los principales caminos de producción para el desarrollo económico en Ecuador, sin embargo, se ha expresado preocupación por las consecuencias sociales y ambientales que han resultado del deterioro de los suelos, la contaminación del agua, la erosión de los recursos naturales y la expansión de la frontera agrícola.

En este contexto, la producción de leche agroecológica ha emergido como una opción viable y respetuosa con el medio ambiente. La agroecología se concentra en elaborar alimentos a través de métodos agrícolas que fomentan la biodiversidad, preservan el suelo y utilizan los recursos naturales eficientemente

A pesar de las ventajas ambientales de la producción agroecológica de leche, hay escasez de información acerca del impacto social y ambiental que tiene en comparación con la leche convencional (Jaramillo et al., 2023). Por ende, la meta de este estudio es cotejar la sostenibilidad de la producción lechera bovina en Ecuador, tanto en el ámbito agroecológico como convencional, teniendo en cuenta los factores económicos, sociales y medioambientales.

Las pautas fundamentales de un agroecosistema sostenible son: la conservación de los recursos naturales renovables, la adaptación de las cosechas al entorno y el mantenimiento de una productividad alta pero sustentable, con el fin de asegurar la sostenibilidad ecológica a largo plazo por encima de la productividad y la dinámica con el agroecosistema (Restrepo et al., 2000)

Los criterios que posibilitan la categorización de las clases de agroecosistemas en una zona: con la combinación de la agricultura y la ganadería estas técnicas y métodos para la crianza y los cultivo que generan plazas de empleo a base de trabajo, organización

y la producción finalizada, con la posibilidad de que existan productos para el consumo como punto de partida todos estos criterios, se pueden identificar diferentes sistemas agrícolas en un área destinada (Restrepo et al., 2000).

La Agroecología se refiere a los valores o sistemas de pensamiento hegemónicos en una sociedad, en un momento determinado (revolución verde-agronegocio), uno emergente (agroecología) es aquel en construcción y opuesto, orgánicamente vinculado y suscrito por los miembros de una comunidad de personas que, comparten un quehacer científico, investigativo y/o de estudio, se presenta algunos hitos referenciados desde 2005 a 2020 que marcan y legitiman a la agroecología como un paradigma emergente en la República Argentina (Goites, 2022).

La ganadería convencional ha sido criticada por sus impactos negativos en el medio ambiente, la salud del suelo y la biodiversidad. En contraste, la ganadería agroecológica se presenta como una alternativa sostenible que promueve prácticas respetuosas con el medio ambiente, mejora la resiliencia de los sistemas agrícolas y contribuye a la seguridad alimentaria (Zamora et al., 2022).

En la ecorregión Pampas de la Argentina se viene desarrollando la agroecología como respuesta a las fuertes consecuencias negativas ambientales y socioeconómicas del modelo productivo convencional, de esta manera surge la necesidad de caracterizar a las personas que producen de forma agroecológica en el que se analizaron diferencias entre producciones intensivas y extensivas, por ende, los datos de este estudio indican que en la región Pampas las producciones agroecológicas se llevan adelante principalmente por personas de entre 31 y 45 años, identificadas tanto con el género masculino como femenino (Goites, 2022). Poseen producciones diversificadas y las comercializan principalmente de forma directa en sus establecimientos

Las producciones extensivas se diferenciaron de las intensivas en la forma de tenencia de tierra, la producción principal, el modo de comercialización y las corrientes con las que se identifican, es decir, biodinámica, agricultura natural (Agrícola Trivino, 2025). Según el mismo autor la mayoría de las personas evaluadas tienen antecedentes familiares cercanos que trabajaron la tierra, aunque también se evidenció que 33% de las personas no tienen dichos vínculos, pudiendo entrar en lo que recientemente se comenzó a denominar movimientos neorrurales.

Es importante disminuir el consumo de recursos naturales y energía, fomentando la elaboración a nivel local de productos alimenticios que se ajusten al entorno natural en una dinámica ecosistémica y socioeconómica, empleando técnicas de producción viables que restablezcan procesos homeostáticos favoreciendo la estabilidad medioambiental y comunitaria mejorando la recirculación e intercambio de nutrientes y materia al suelo recuperando la capa arable de forma orgánica y la biomasa, estableciendo un agroecosistema variado y potencialmente más flexible con el fin de disminuir los costos aumentando la eficiencia y viabilidad económica de las parcelas pequeñas y medianas (el clima y el suelo) y las labores de manejo la fertilización, la labranza y el riego en la productividad de plantas y animales, además de los seres vivos mismos (Acción contra el hambre, 2022).

Las labores físicas de la agricultura y la forma en que pueden ejecutarse combinando maquinaria, energía, trabajo humano y destrezas, permiten observar los efectos biológicos generados por los factores ambientales, lo que a su vez posibilita avanzar hacia la sostenibilidad. A partir de estos criterios se pueden distinguir seis tipos de sistemas agrícolas en cultivos semipermanentes que dependen tanto de la precipitación como del riego y que se sostienen durante varios años, integrando prácticas como el

pastoreo, la rotación de cultivos de ciclo corto, los cultivos anuales, las asociaciones con forrajes y pastos, así como la incorporación de árboles de sombra (Ruiz, 2025).

El progreso tecnológico en la agricultura eleva la productividad, pero a su vez tiene consecuencias medioambientales, dependiendo de la magnitud de los residuos contaminantes que surgen de su funcionamiento con el nivel de recursos y servicios que se requieren para implementarlo (USDA, 2025). Desde la perspectiva de la agroecología, mantener o incrementar la productividad sería factible a través de una clase de desarrollo tecnológico que pueda mejorar la eficiencia del sistema productivo sin exceder el rango sostenible de explotación de los recursos naturales.

La idea de escala de aprovechamiento de los recursos naturales resulta útil porque permite relacionar el nivel de uso de dichos recursos dentro del proceso productivo con el límite de intervención que un ecosistema puede soportar sin afectar su capacidad de regeneración y su potencial productivo, lo que además ayuda a identificar márgenes dentro de los cuales es posible desarrollar alternativas tecnológicas. La organización de los sistemas productivos y la lógica cultural que los acompaña dependen en gran medida de la capacidad productiva de los recursos biológicos utilizados y de sus ciclos reproductivos, cuya dinámica se encuentra estrechamente vinculada al comportamiento de las condiciones ambientales (Vital, 2007).

Por lo tanto, las tecnologías agrícolas deberían ser desarrolladas considerando los siguientes aspectos, incrementando al máximo la capacidad de producción de los recursos biológicos a su vez optimizar la eficacia en el aprovechamiento de la oferta medioambiental, incrementar la eficacia o reemplazar el uso de materiales artificiales, Ampliar las oportunidades de empleo de los productos y subproductos, e) Reciclar o desintegrar residuos

En esta sección se abordarán los diversos elementos tecnológicos que hacen posible la implementación de la agroecología, empezando por explicar el proceso de producción, desde la siembra hasta después de la cosecha, destacando los principios de manejo que emplea la agroecología. Entre estas características se encuentran métodos como: control biológico, gestión integrada de las plagas, empleo de fertilización orgánica y biológica, reciclaje de residuos, administración y preservación de terrenos utilizando métodos como la labranza mínima, los sistemas agroforestales (Wezel et al., 2020)

Gestión eficaz del agua y del riego, rotación de cultivos, administración de praderas, estabilización de la selección de razas animales y variedades vegetales que sean tolerantes al estrés ambiental, resistentes a plagas y enfermedades. Este tipo de tecnologías ofrece la ventaja de asegurar resultados a corto plazo y es gratificante afirmar que numerosos campesinos y entidades del tercer mundo tienen una amplia trayectoria en su producción y uso en los ecosistemas locales que han estado administrando durante muchos años (Van den Berge, 2020).

La agricultura es la ciencia, el arte y la actividad económica de cultivar plantas y criar animales para obtener comida, forraje, fibras y otros productos beneficiosos para los seres humanos. Un objetivo compartido de la agricultura es incrementar la producción alimentaria para las poblaciones en aumento. Estos proyectos también deben tener en cuenta que el terreno es un sistema de uso diverso que incluye animales y plantas, además de las cosechas usadas para la alimentación. El cultivo puede aumentar la producción mediante estrategias área cultivada.

Elevar la producción de cultivos por cada unidad de área. Así pues, los sistemas de agricultura que presentan una variación significativa en relación con el sistema natural dependen de importantes contribuciones energéticas y métodos para lograr y mantener el nivel de producción que se desea.

La agricultura, en su esencia, es una actividad vinculada con el medioambiente. Es el proceso de artificialización del ecosistema natural con la finalidad de reconducir la energía como alimento para los seres vivos. Esto supone un compromiso consciente y prolongado con el medio ambiente, además de una dinámica sostenible y sustentable con la naturaleza, para asegurar que las generaciones futuras tengan la posibilidad de vivir en un ecosistema equilibrado, ya que, la cantidad y la clase de animales, plantas normalmente se disminuyen cuando la cubierta arbórea es eliminada para dar paso a cultivos agrícolas (BASF, 2025).

Es mejor diseñar sistemas que preserven la diversidad de animales y plantas en la medida de lo posible, como se menciona en la teoría ecológica que es quien sostiene que la diversidad tiene una relación directa con la estabilidad, lo cual quiere decir que los ecosistemas con una gran variedad de especies son más estables que aquellos en los que solo existe una los monocultivos, que permiten la mecanización, son más sencillos de gestionar y requieren menos tiempo de atención; sin embargo, hay distintas opciones que se pueden implementar integrando elementos de los dos sistemas previos, como los policultivos, para reducir la repercusión en los recursos naturales (Gliessman, 2002).

La cobertura vegetal de un bosque o pradera, en ecosistemas naturales, evita la erosión del suelo, restablece su contenido de agua y controla el exceso de humedad a través del incremento de la infiltración y disminuye el escurrimiento superficial. Según Altieri, (1991), para reducir la rápida pérdida de la biodiversidad, la humanidad ha estado implementando ciertas estrategias para preservar los recursos genéticos, que, aunque no consiguen reducir todos los riesgos de la erosión genética, facilitan la conservación de ciertas especies valiosas que podrían ser beneficiosas en el futuro.

La conservación de plantas "in situ", en teoría, posibilita la protección de especies silvestres y cultivadas sin requerir de cuantiosas inversiones económicas, por lo general,

es necesario obtener el respaldo y la regulación del estado en el caso de las especies silvestres, se gestionan reservas ecológicas que requieren de un amplio espacio debido a que las plantas no están en densidades elevadas para aumentar la producción de alimentos de forma sostenible, es fundamental establecer un entorno económico propicio para la agricultura, con el fin de promover prácticas orientadas a conservar la fertilidad del suelo y la productividad. Los agricultores son los individuos fundamentales a la hora de decidir acerca del empleo y gestión de la tierra, por lo que siempre deben ser incluidos en un plan de conservación, manejo del agua y el suelo (Altieri, 1991).

2. Determinación del Problema

La problemática de la nutrición y cuidado animal en la producción de leche orgánica es el menor rendimiento respecto a la producción convencional. Este fenómeno se relaciona con un balance energético negativo postparto. En un estudio realizado (Campos et al., 2020) los resultados sugieren que el ganado en desarrollo convencional, llena los requerimientos energéticos lo cual se refleja en el rendimiento lácteo. Por otro lado, también se han encontrado menores rendimientos en la producción de la leche orgánica asociado a los pequeños productores donde generalmente se ubica este sistema.

Los factores asociados son las razas utilizadas, nutrición, administración y bajos niveles de salud animal; en este último caso se reportan altos porcentajes de mastitis subclínicas (Pérez et al., 2022). Por otra parte, los requerimientos energéticos no se satisfacen de manera total durante el invierno, debido a que los animales en producción orgánica no se pueden beneficiar de la pastura fresca durante los picos de lactación (Requelme & Bonifaz, 2012).

Según Salguero et al., (2023) en el Ecuador la ganadería de leche se desarrolla netamente a nivel convencional con pastoreo y sobrealimentación, con una producción 5.500.000 millones de litros de leche/día, se basa en cantidad más que en calidad, pero, en los últimos años surge la necesidad de una transición con la producción lechera agroecológica.

Por lo expuesto surge la necesidad de realizar un estudio comparativo que permita evidenciar las ventajas y desventajas de ambos modelos en términos de producción, calidad y rentabilidad económica.

Este estudio es relevante para aportar evidencia científica sobre la viabilidad de la ganadería agroecológica como una opción sostenible frente al modelo convencional. Los resultados pueden ser útiles para tomadores de decisiones, agricultores, ONG, y

académicos interesados en la transición agroecológica. Asimismo, contribuirá al debate sobre la seguridad alimentaria y el cambio climático (Halffter et al., 2019).

La ganadería constituye una de las principales actividades económicas en muchas regiones del mundo; sin embargo, esta actividad enfrenta diversas dificultades, entre ellas la falta de incentivos económicos para mejorar la calidad de la leche, el limitado nivel de conocimientos y habilidades en prácticas de higiene, así como el manejo, procesamiento y comercialización informal y no reglamentada de los productos lácteos (FAO, 2012). Estas condiciones provocan que los productores lecheros a pequeña escala enfrenten serios desafíos para garantizar la elaboración de productos inocuos y de calidad.

Según Requielme & Bonifaz, (2012), existe algunas dudas sobre la viabilidad de la producción campesina y su capacidad de subsistencia en el contexto capitalista actual. Sin embargo, la misma realidad brinda evidencias sobre su persistencia. Probablemente, su concepción como sector marginal, y condenado a desaparecer, ha generado ciertas dificultades para comprender su potencial y también ha contribuido a que, en la actualidad, a pesar de los avances logrados en los últimos años, no existe un consenso sobre la viabilidad de la producción campesina, ni sea sencillo encontrar propuestas metodológicas para estudiarlas (Villalba et al., 2019).

El presente trabajo se orienta a profundizar en la problemática productiva mediante un enfoque comparativo entre sistemas agroecológicos y convencionales, proponiendo la integración de dos vertientes teórico-metodológicas complementarias: la agroecología, que permite analizar el sistema desde una perspectiva integral, ambiental y social, y los balances de producción, que facilitan la evaluación técnica y económica de los flujos de entrada y salida en cada modelo. De esta manera, se busca contrastar de forma objetiva las diferencias en eficiencia, sostenibilidad y desempeño productivo entre ambos enfoques.

El modelo convencional, basado en el uso intensivo de insumos químicos, antibióticos y concentrados, ha sido señalado como responsable de la degradación de suelos, emisión de gases de efecto invernadero y pérdida de biodiversidad. Por otro lado, ha emergido la ganadería agroecológica como una alternativa sustentable que promueve prácticas respetuosas con el medio ambiente y el bienestar animal (Cammarata & Timpanaro, 2021).

El sector lácteo se enfrenta al reto de producir de manera eficiente mientras se minimiza impactos ambientales y se promueve el bienestar animal (Bermúdez et al., 2024). La producción agroecológica presenta como una alternativa que, en muchos casos, favorece la biodiversidad, reduce el uso de insumos químicos y mejora la calidad de vida de los animales, sin embargo, es necesario contrastar estos beneficios frente al sistema convencional, que se ha optimizado procesos para maximizar el rendimiento (Altieri & Rosset, 2018).

3. Marco teórico referencial

La ganadería lechera bovina es una actividad económica de gran relevancia a nivel global y en Ecuador, constituye una de las fuentes de ingresos más esenciales para numerosos productores (FAO & OIE, 2009). No obstante, la producción de leche convencional ha recibido críticas por sus efectos perjudiciales en el medioambiente y la sociedad, por ejemplo, cuando se contamina el agua, se agota los recursos naturales o se deteriora la tierra (Altieri & Rosset, 2018). En este escenario, la producción de leche agroecológica ha emergido como una opción sustentable y que respeta el medioambiente.

3.1 Ganadería lechera bovina Agroecológica

La agroecología se concentra en la producción de alimentos sostenible con métodos agrícolas que fomentan la conservación del suelo, el uso adecuado de los recursos naturales y la biodiversidad (Gliessman, 2002).

La ganadería lechera agroecológica consiste en la producción de leche vacuna de forma sostenible, empleando métodos agrícolas que fomentan la preservación del suelo, el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales y la diversidad biológica (Altieri & Rosset, 2018).

El objetivo central de la teoría de la sostenibilidad es la producción de alimentos de forma sostenible a través de métodos agrícolas que fomenten la biodiversidad, el resguardo de los suelos y el uso apropiado de recursos naturales (Gliessman, 2002). La producción de alimentos de forma sostenible es el objetivo del modelo agroecológico, que se centra en la conservación del suelo, el consumo adecuado de recursos naturales y la promoción de la biodiversidad (Altieri & Rosset, 2018).

3.2 Ganadería lechera bovina convencional

La ganadería lechera bovina convencional es la producción intensiva de leche de vaca, empleando técnicas agrícolas que enfatizan la eficacia económica y la productividad

convencional se centra en la producción de alimentos intensiva, empleando prácticas agrícolas que dan prioridad a la eficacia económica y a la productividad (Pretty, 2018).

3.2.1 Dimensiones y variables

La producción de leche tanto agroecológica como convencional tiene el potencial de generar diversos efectos sociales, incluyendo la pérdida de biodiversidad, la contaminación del agua y el deterioro del suelo (Altieri & Rosset, 2018).

3.2.2 Variables sociales

La producción de leche, tanto agroecológica como convencional, puede tener efectos medioambientales diversos; por ejemplo, la creación de puestos de trabajo y el aumento en la calidad de vida de los productores (Gliessman, 2002).

3.2.3 Variables de tipo económico

La producción de leche, tanto agroecológica como convencional, puede tener efectos económicos distintos, como la competitividad en el mercado y los beneficios económicos (Pretty, 2018).

3.3 Calidad de la leche

Los elementos que se pueden medir en cuanto a la calidad de la leche de vaca son: la calidad higiénica (número de bacterias mesófilas), sanitaria (recuento de células somáticas) y composicional (grasa, proteína, sólidos totales). La evaluación organoléptica de color, sabor y olor, así como los parámetros fisicoquímicos medibles como pH, densidad, acidez y punto crioscópico son otros factores que se pueden medir.

3.3.1 Calidad composicional

Se establece mediante el análisis de sus principales componentes fisicoquímicos, que permiten evaluar su valor nutritivo y su aptitud para el procesamiento industrial. De acuerdo con INEN, (2012), entre estos se determina el porcentaje de grasa, como fracción

energética fundamental, el contenido de proteínas totales destacando la caseína como proteína mayoritaria, el contenido de sólidos totales, que corresponde a todos los componentes de la leche excluyendo el agua, y los sólidos no grasos, que representan la fracción de sólidos distinta de la grasa e incluyen proteínas, lactosa y minerales; la leche cruda debe cumplir con valores mínimos de composición establecidos en grasa ($\geq 3,0\%$), proteína ($\geq 2,9\%$), sólidos no grasos ($\geq 8,2\%$) y sólidos totales ($\geq 11,2\%$), parámetros que garantizan la integridad y calidad nutricional de la leche.

3.3.2 Calidad higiénica

La leche cruda de alta calidad no debe tener residuos o sedimentos, no debe carecer de sabor ni presentar color y olor anormales; su concentración bacteriana debe ser baja; no debe incluir productos químicos (como detergentes y antibióticos) y su composición y acidez deben ser normales. Para obtener leche y productos lácteos que sean seguros e idóneos para sus usos, es necesario implementar buenas prácticas de higiene en toda la cadena de producción láctea.

Métodos de pruebas para valorar la leche para los procesadores y productores lecheros a pequeña escala en naciones en vías de desarrollo, se encuentran las siguientes: prueba de sabor, olor y observación visual o prueba organoléptica; pruebas con lactodensímetro para medir la densidad específica; prueba del cuajo por ebullición, que permite saber si la leche es anormal o agria; prueba de acidez para calcular el ácido láctico presente en la leche; y prueba de Gerber, que sirve para determinar el contenido graso, siendo la pasteurización es el factor más importante para garantizar la inocuidad en el tratamiento de la leche.

La normativa y la clase de leche determinan la cantidad de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) permitida en la misma; sin embargo, una leche de buena calidad microbiológica usualmente debe tener menos de 10 mil UFC por mililitro, la leche cruda

de calidad estándar no tiene que exceder las 700 mil UFC/ml de bacterias mesófilas aerobias, en cambio para leche de calidad general buena < 10 mil UFC/ml: 10000 este representa el límite de calidad microbiológica para cualquier tipo de leche, por otro lado, para leche sin procesar < 700 mil. UFC/ml (Cerviño & Folch, 2019). Un caso concreto es que la leche pasteurizada puede presentar una cantidad de coliformes totales < 1 UFC/ml. Según el Decreto Ejecutivo N°. 195-2024, del reglamento por pago por calidad de leche en el Ecuador es hasta 158.000 UFC/ml.

3.3.3 *Calidad sanitaria*

Las células somáticas en la leche son principalmente células de origen epitelial desprendidas del tejido secretor de la glándula mamaria y leucocitos (glóbulos blancos) que forman parte del sistema inmunológico de la vaca; su presencia y concentración constituyen un indicador clave del estado sanitario de la ubre, ya que un incremento en el recuento de células somáticas se asocia generalmente con procesos inflamatorios como la mastitis y con una disminución en la calidad higiénica y tecnológica de la leche (FAO, 2012).

La cantidad de células en la leche se mide a través del recuento de células somáticas (RCS), lo cual es un indicador fundamental tanto de la calidad de la leche como de la salud de la ubre, por tanto, un RCS normal y saludable es uno bajo (por ejemplo, 100.000 células/ml), pero un incremento repentino o sostenido puede indicar una infección como la mastitis, está hace que la vaca envíe más leucocitos a la ubre con el fin de luchar contra la infección, lo cual eleva el RCS (Cerviño & Folch, 2019). Es fundamental, realizar un monitoreo constante por parte de los productores de leche para que puedan identificar y solucionar problemas a tiempo.

La salud de la glándula mamaria influye en el número de células somáticas diferenciadas en la leche de vaca. En una glándula sana, los porcentajes habituales son

alrededor del 60 % de macrófagos, el 25 % de linfocitos y el 15 % de neutrófilos. No obstante, en la mastitis o inflamación, el total de leucocitos (en particular los neutrófilos) se incrementa de manera drástica y el recuento total de células somáticas (RCS) sobrepasa las 200.000 células/ml (Meglia & Mata, 2001).

En una glándula mamaria saludable los linfocitos (25%) y los macrófagos (60%) son las células predominantes, mientras que los neutrófilos (15%) se encuentran en menor cantidad. La cantidad de células somáticas contadas (RCS) es escasa, normalmente menos de 100,000 células/ml (Riveros & Obando, 2021).

En caso de que exista inflamación la cantidad de células somáticas se incrementa de manera notable, frecuentemente sobrepasando las 200.000 células/ml, los neutrófilos, que cumplen un papel en la fagocitosis en el lugar donde ocurre la inflamación, pueden llegar a ser hasta el 90% del total de células cuando hay infección, también, la cantidad de linfocitos y macrófagos se reduce y cuando en la leche se encuentra un RCS de 100,000 células/ml, se considera bajo y señala que la ubre está sana (FAO, 2012).

4. Materiales y metodología

4.1 Perspectiva metodológica

El enfoque de la investigación es cuantitativo, ya que proporciona una variedad extensa de técnicas apropiadas para su análisis en el cual el paradigma cuantitativo se caracteriza por estar fundamentado en una hipótesis por la recolección de datos medibles y por un estudio bibliográfico, los resultados que se obtengan después serán datos sólidos y repetibles (Cabrero & Richart, 1996).

4.2 Diseño de investigación

Para avanzar en este estudio, se eligió el diseño transversal porque brinda a la investigación tanto una perspectiva analítica como descriptiva debido al análisis de casos que se realizó en las muestras, frecuencias y otras variables, se ha determinado que este es el diseño investigativo más adecuado; entre las ventajas, se destaca que el estudio ofrecerá información pertinente, útil y reciente acerca de la producción lechera del área a investigar; además, brinda la posibilidad de examinar diversas asociaciones y sus impactos (Mendivelso & Rodríguez, 2018).

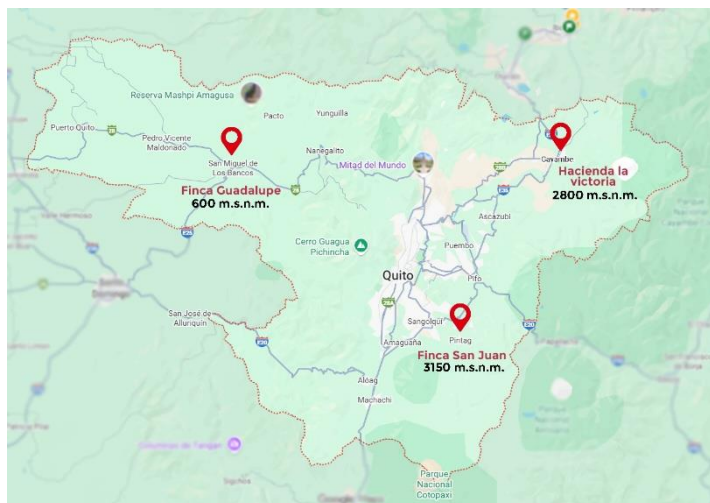
4.3 Selección de las Unidades de Estudio

Los criterios para seleccionar las fincas agroecológicas y la convencional donde se realizaron los muestreos se basaron en la similitud de sus sistemas productivos, el nivel de tecnificación y el número de vacas. Además, se consideró su ubicación en tres zonas distintas de la provincia de Pichincha, los datos climáticos y altitudinales fueron referenciados con base en información del Instituto Nacional de Meteorología e

Hidrología (INAMHI, 2022) y las características edáficas según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2021).

Figura 1

Zonas de muestreo de leche provincia de Pichincha



Fuente: (Google Maps, 2026).

En la Figura 1, se observa la ubicación geográfica de las fincas agroecológicas y la convencional donde se realizaron los muestreos: En la zona de Pintag, finca “San Juan” con una altitud de 3150 m.s.n.m. y finca “La Esperanza” con una altitud de 3050 m.s.n.m., su temperatura oscila entre 4°C mínima y 15°C máxima, con una superficie de 60 ha. / Km², la textura de su suelo es limoso, poco profundo.

En la finca lechera “La Guadalupe” ubicada en San Miguel de los Bancos con una temperatura que oscila entre mínima: 8°C y máxima 16°C, el piso altitudinal de 600 m.s.n.m., con una superficie de 54 ha. /km², la textura de su suelo contiene un alto nivel arcilloso, limoso y materia orgánica.

La finca convencional está ubicada en el cantón Cayambe en la Hacienda La Victoria situada en Santa Clara con un piso altitudinal de 2800 m.s.n.m., con una temperatura que oscila entre 9°C y máxima de 22°C, su textura a nivel de suelo es franco arenoso.

4.4 Recolección de Información

4.4.1 *Fase de campo*

En esta etapa se recopilaron 253 muestras, provenientes tanto de unidades productivas, 3 agroecológicas y 1 convencional. La obtención del material se realizó empleando equipos e indumentaria adecuados para garantizar una correcta recepción del material biológico. Cada muestra permitió obtener resultados particulares respecto a su composición, calidad higiénica y sanitaria (ANEXO 1).

Para el acondicionamiento de las muestras, se utilizaron frascos plásticos estériles de 40 ml, debidamente identificados y codificados. La recolección se ejecutó conforme al protocolo LCL-INS-01 del instructivo para toma de muestras de leche del LCL (Alvear et al., 2021).

En cuanto a la determinación de los parámetros de calidad (análisis composicional), se emplearon frascos de 40 ml con tapa blanca, a los cuales se añadió bronopol en forma de tableta como conservante. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas en un cooler a 4 °C – 6 °C, utilizando refrigerantes en gel para su transporte hacia el laboratorio (Alvear et al., 2021). (ANEXO 2)

Las muestras provinieron de módulos de fincas ganaderas agroecológicas, 2 de la parroquia de Pintag y una de San Miguel de los Bancos, también se tomó muestras de una finca ganadera convencional del cantón Cayambe, recolectadas a partir de julio de 2025 (ANEXO 3). Se estimó un total de 253 muestras para el análisis de CCSD mediante citometría de flujo, utilizando el equipo FOSOMATIC 7DC. Estas fueron depositadas en frascos plásticos transparentes de 40 ml con tapa rosca y conservadas temporalmente en coolers. La colecta se realizó en función de los objetivos de este estudio (Ballesteros & Valdivieso, 2018).

4.4.2 Fase de laboratorio

El análisis composicional de la leche, que incluye la determinación de los porcentajes de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos, se efectuó en los LCL mediante un equipo de espectrofotometría infrarroja de gama media MILKOSCAN 7RM. Este procedimiento se desarrolló bajo la metodología ISO 9622-IDF 141/2013, descrita en la “Guía para la aplicación de espectrofotometría infrarroja media para leche/LCL-PE-01”, en las instalaciones de la UPS Cayambe (Alvear et al., 2021). Posteriormente, se llevó a cabo una segunda fase que comprendió el análisis de conteo de CCS totales y CCSD utilizando el equipo FOSSOMATIC 7 DC del laboratorio (Orozco & Santana, 2022).

La segunda muestra de leche para conteo de Unidades formadoras de colonia UFC recolectada en un volumen de 40 ml conforme al protocolo LCL 001, fue evaluada con el equipo BACTOSCAN mediante citometría de flujo. La información de las fincas fue recopilada mediante la aplicación de una encuesta (ANEXO 5) estructurada bajo parámetros productivos, reproductivos y sanitario, aplicadas a los propietarios, observación directa y recorridos de campo y revisión de registros. (ANEXO 4)

5. Resultados y discusión

De acuerdo con los objetivos planteados en esta investigación, se presentan a continuación los resultados obtenidos mediante muestreo de leche en campo y análisis de laboratorio.

5.1 Calidad composicional

Tabla 1

Comparación de la calidad de la grasa en leche entre fincas agroecológicas y convencionales

Método de Tukey y una confianza de 95%				
Lote	N	Media	Agrupación	
FINCA 3 AGRO	64	4.27	A	
FINCA 1 AGRO	60	4.21	A	
FINCA CONV	116	3.77		B
FINCA 2 AGRO	13	3.69	A	B

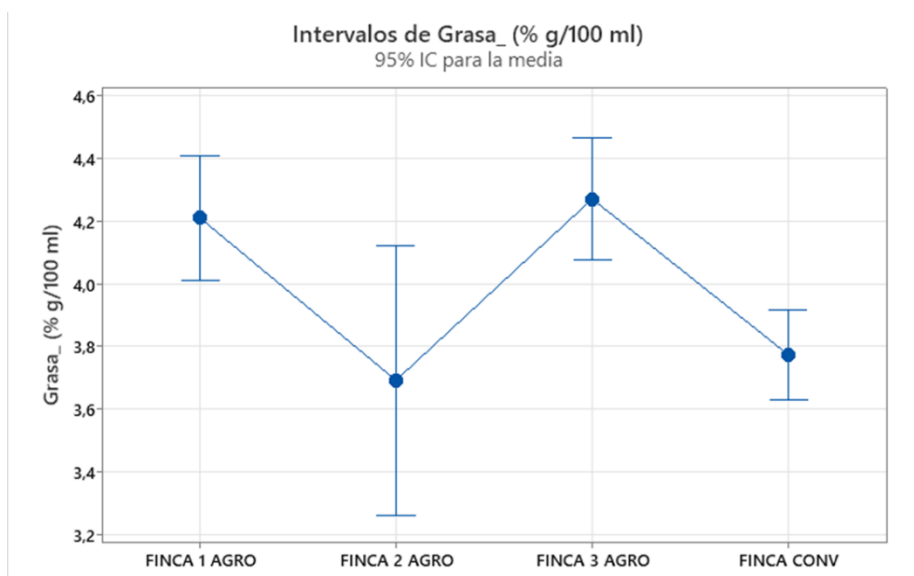
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Elaborado por: La autora, 2025.

Según el análisis estadístico en la Tabla 1, las fincas agroecológicas 1, 3 presentan el porcentaje de grasa más alto 4,2%, superando la norma INEN 9:2012 que establece un mínimo del 3% g/100 ml. La finca convencional muestra un valor menor, aunque igualmente superior a la norma. En contraste, la finca agroecológica 2 registra un valor menor de las otras fincas agroecológicas, pero se mantiene dentro de la norma con un 3.7%. De acuerdo con la prueba de Tukey, existe una diferencia significativa entre las cuatro fincas para este parámetro.

Figura 2

Intervalos de grasa en leche entre fincas agroecológica y convencional



Elaborado por: La autora, 2025.

Para calcular los intervalos se utilizó la desviación estándar agrupada con el fin de comparar el porcentaje de grasa entre fincas agroecológicas y una convencional, Figura 2. De acuerdo con el estudio de Halffter et al., (2018), determinó 3,7% de grasa en leche bovina en sistemas agroecológicos silvopastoriles menores a los encontrados en este estudio en las fincas 1 y 3 ubicadas en la zona de Pintag en vacas Holstein, Brown Swiss y F1 H+BS a una altitud de > 3000 m.s.n.m. Según Arias & Bonifaz, (2025), el porcentaje de grasa en leche es de 3,87% en la sierra ecuatoriana, sin embargo, en la finca 2 ubicada en San Miguel de los Bancos a una altitud de 600 m.s.n.m. se encontró un valor menor con vacas raza Girolando y F1 G+J, G+H.

Tabla 2

Comparación de la calidad de proteína en leche entre fincas agroecológicas y convencionales

Método de Tukey y una confianza de 95%				
Lote	N	Media	Agrupación	
FINCA 2 AGRO	13	3.77	A	
FINCA 1 AGRO	60	3.71	A	
FINCA 3 AGRO	64	3.67	A	
FINCA CONV	116	3.20		B

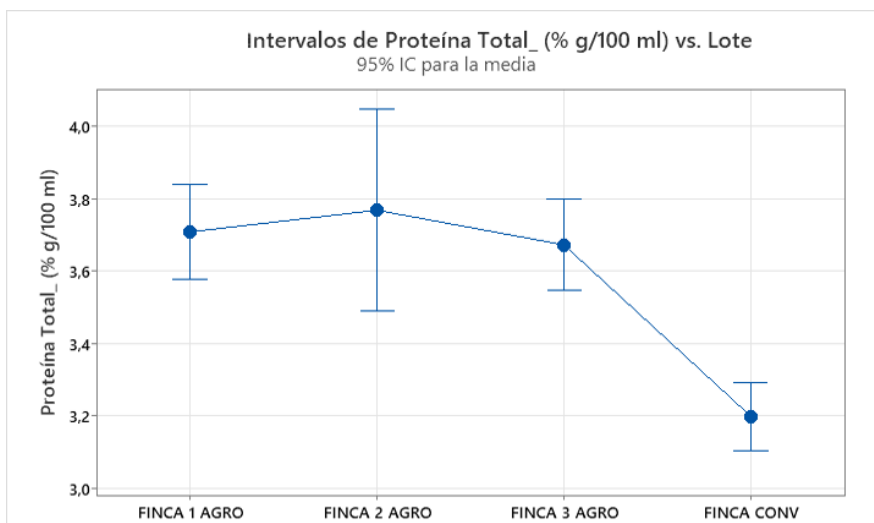
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Elaborado por: La autora, 2025.

Respecto al contenido de proteína mostrado en la Tabla 2, el análisis evidenció que las tres fincas agroecológicas presentan valores superiores al 3% g/100 ml, superando el parámetro establecido de 2,9 g/100 ml según el Artículo 8 de la Metodología para el pago de bonificaciones obligatorias del Acuerdo Interministerial N.º 024. En contraste, la finca convencional registra un nivel menor en comparación con las agroecológicas, aunque se mantiene dentro del límite permitido por la normativa. Estos resultados reflejan una diferencia significativa entre ambos sistemas productivos.

Figura 3

Intervalos de proteína en leche entre fincas agroecológicas y convencional



Elaborado por: La autora, 2025.

Con respecto a la proteína, la media registrada en la finca agroecológica 2, ubicada en San Miguel de los Bancos, supera a las fincas 1 y 3 de Pintag. En contraste, la finca convencional de Cayambe presenta un valor proteico más bajo. Estos resultados coinciden con el estudio de Cuéllar, (2022), que reporta un rango de proteína entre 3,2% y 3,4%, similar al promedio obtenido por los productores de Pichincha, donde el 88,89 % de ganaderos alcanza una media de 3,44%, conforme a la normativa ecuatoriana (Salguero et al., 2023).

Tabla 3

Comparación de lactosa entre fincas agroecológicas y convencionales

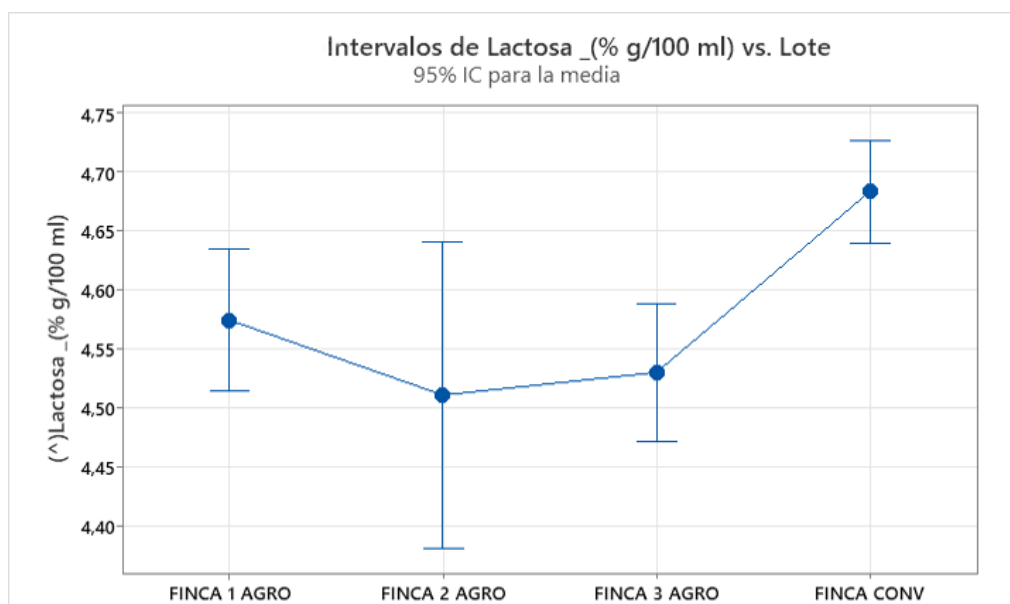
Método de Tukey y una confianza de 95%				
Lote	N	Media	Agrupación	
FINCA CONV	116	4.68	A	
FINCA 1 AGRO	60	4.57		B
FINCA 3 AGRO	64	4.53		B
FINCA 2 AGRO	13	4.51	A	B
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.				

Elaborado por: La autora, 2025.

En la Tabla 3 se indica que la lactosa en la leche de la finca convencional es más alta que las de las fincas agroecológicas con 4,68%, por lo tanto, hay diferencias significativas entre las fincas del estudio, siendo la finca 2 agroecológica de los Bancos la que menor porcentaje presenta.

Figura 4

Intervalos de lactosa entre fincas agroecológicas y convencional



Elaborado por: La autora, 2025.

En cuanto al contenido de lactosa, según se observa en la Figura 4, los intervalos obtenidos coinciden con lo reportado por Arias & Bonifaz (2025), quienes determinaron que la región Sierra del Ecuador presenta un promedio de 4,61 g/100 g, mientras que la región Costa alcanza un valor medio de 4,29 g/100 g. En este estudio, las tres fincas agroecológicas fueron las que registraron los porcentajes más bajos de lactosa

Tabla 4

Comparación de sólidos totales entre fincas agroecológicas y convencional

Método de Tukey y una confianza de 95%				
Lote	N	Media	Agrupación	
FINCA 1 AGRO	60	13.25	A	
FINCA 3 AGRO	64	13.21	A	
FINCA CONV	116	12.41		B
FINCA 2 AGRO	13	11.99		B
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.				

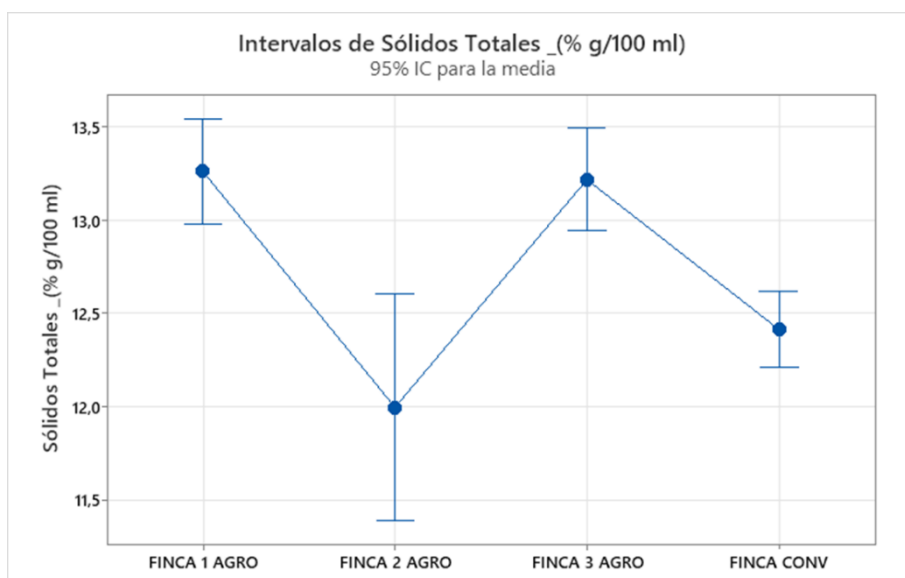
Elaborado por: La autora, 2025.

Para el parámetro de sólidos totales, la Tabla 4 muestra que existen diferencias significativas entre las medias de las fincas. Las fincas agroecológicas 1 y 3 presentan los

valores más altos, con porcentajes superiores al 13%, superando tanto a la finca convencional como a la finca agroecológica 2.

Figura 5

Intervalos de sólidos totales entre fincas agroecológicas y convencional



Elaborado por: La autora, 2025.

En la Figura 5 se observa que los valores de sólidos totales varían entre las fincas analizadas. Las fincas agroecológicas 1 y 3, ubicadas en Pintag, presentan los porcentajes más altos, superiores a los reportados por Cisneros (2025) en Sangolquí para pequeños y medianos productores con un 12,50%. Estos resultados también superan a los de la finca 4, de manejo convencional en Cayambe, cuyos valores son comparables con el promedio reportado por Arias y Bonifaz (2025) para la región Sierra 12,47%. En contraste, la finca agroecológica de San Miguel de los Bancos presenta el porcentaje más bajo de sólidos totales, similar a la media registrada por los mismos autores para la región Costa 11,74%. Los resultados determinaron que todas las fincas del estudio están dentro de los requisitos 11,2% mencionados en la INEN, (2012)

Tabla 5

Comparación de sólidos no grasos entre fincas agroecológicas y convencional

Método de Tukey y una confianza de 95%			
Lote	N	Media	Agrupación
FINCA 1 AGRO	60	9.05	A
FINCA 3 AGRO	64	8.94	A
FINCA CONV	116	8.63	B
FINCA 2 AGRO	13	8.30	C

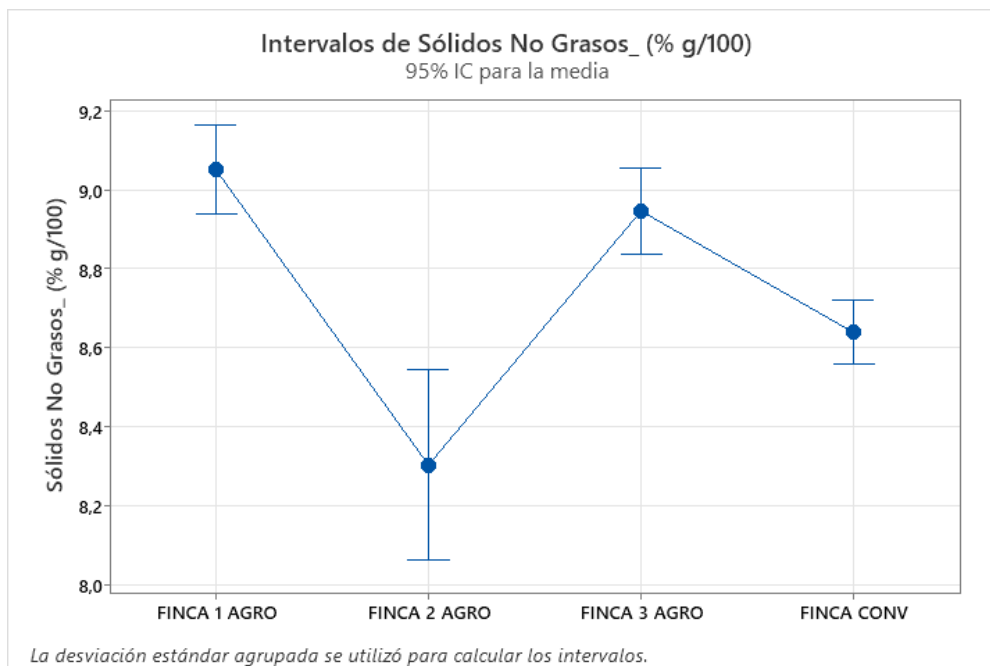
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Elaborado por: La autora, 2025.

En la Tabla 5, el análisis de Tukey muestra que la finca agroecológica 1 presenta el mayor porcentaje de sólidos no grasos con un 9,05%, seguida por la finca 3. En contraste, la finca convencional y la finca agroecológica 2 registran valores inferiores, con 8,63% y 8,30%, respectivamente, encontrando diferencia significativa entre los valores de sólidos no grasos.

Figura 6

Intervalos de sólidos no grasos entre fincas agroecológicas y convencional



Elaborado por: La autora, 2025.

En la Figura 6 se observan diferencias en los intervalos de sólidos no grasos entre las fincas evaluadas. La finca 1, ubicada en Pintag, registró el porcentaje más alto, superando el requisito establecido por la norma INEN 9:2012 (8,2%). Las fincas 2 y la convencional se encuentran dentro de los valores reportados a nivel nacional por Salguero et al. (2023), con un promedio de 8,86%. Por su parte, la finca 2, situada en San Miguel de los Bancos, presentó un valor menor, aunque aún cumple con los parámetros establecidos por la normativa vigente.

5.2 Calidad Higiénica

Tabla 6

Calidad higiénica en UFC/ml entre fincas agroecológicas

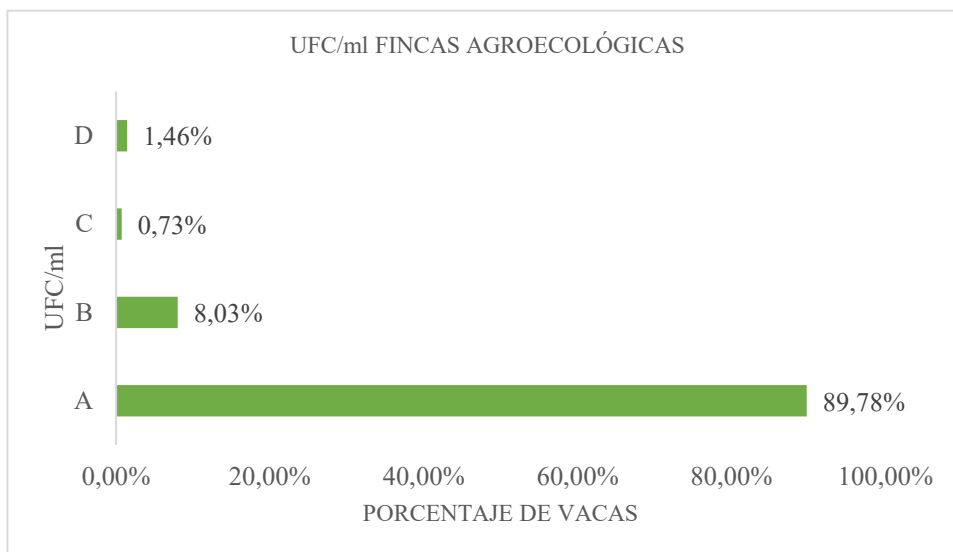
UFC/ml FINCAS AGROECOLÓGICAS				
CATEGORÍA	PARÁMETRO	N	PORCENTAJE	REFERENCIA
A	<50.000 UFC/ml	123	89.78%	EXCELENTE
B	>51 - < 158.000 UFC/ml	11	8.03%	BUENO
C	>159 - > 300.000 UFC/ml	1	0.73%	REGULAR
D	> 300.000 UFC/ml	2	1.46%	MALA

Elaborado por: La autora, 2025.

En la Tabla 6 se presenta la calidad higiénica de la leche de las tres fincas agroecológicas, expresada en unidades formadoras de colonia (UFC/158.000 ml), según los resultados del Laboratorio de Calidad de Leche de la UPS. Del total de muestras, el 89,78% fue calificado como Excelente y el 8,03% como Bueno, cumpliendo con lo establecido en el Acuerdo Interministerial N.º 024 (MPCEIP & MAG, 2025) que exige valores inferiores a <158.000 UFC/ml para el precio de sustentación en Ecuador. En contraste, únicamente el 1,46% correspondió a leche de mala calidad.

Figura 7

Calidad higiénica en UFC/ml entre fincas agroecológicas



Elaborado por: La autora, 2025.

En la figura 7 se demuestra que la mayoría de las muestras tomadas en el estudio de las tres fincas agroecológicas tanto en Pintag como en San Miguel de los Bancos están clasificadas como excelentes es decir que cumplen con la (MPCEIP & MAG, 2025) y la norma (INEN, 2012) que determina que el requisito para leche cruda en el Ecuador es de <158.000 UFC/ml.

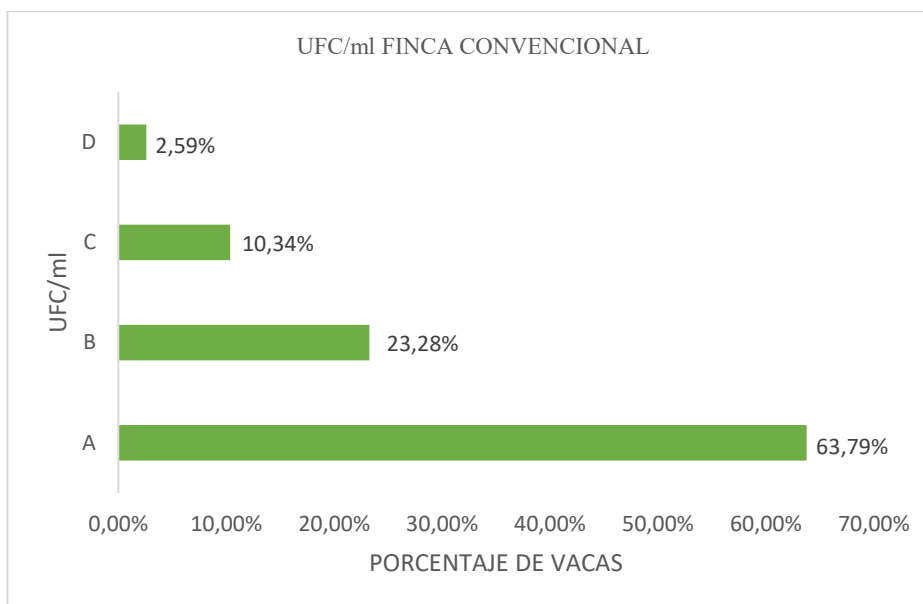
Tabla 7

Calidad higiénica en UFC/ml finca convencional

UFC/ml FINCA CONVENCIONAL				
CATEGORÍA	PARÁMETRO	N	PORCENTAJE	REFERENCIA
A	<50.000 UFC/ml	74	63.79%	EXCELENTE
B	>51 - < 158.000 UFC/ml	27	23.28%	BUENO
C	>159 - > 300.000 UFC/ml	12	10.34%	REGULAR
D	> 300.000 UFC/ml	3	2.59%	MALA

Elaborado por: La autora, 2025.

En la tabla 7 se analiza la calidad higiénica de la finca convencional, presentando el mayor número de muestras de leche 63,79% de excelente calidad, un 23,28% bueno, 10,34% regular y 2.59% de mala calidad.

Figura 8*Calidad higiénica en UFC/ml finca convencional*

Elaborado por: La autora, 2025.

En la Figura 8 se evidencia que la calidad higiénica de la leche proveniente de la finca convencional cumple con los parámetros establecidos por el MPCEIP y MAG (2025), los cuales indican que una leche de excelente calidad debe presentar un conteo <math><158.000\text{ UFC/ml}</math>. Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Cisneros (2025), quien encontró que el 40,48% de las muestras de pequeños y medianos productores correspondían a leche de mala calidad (>600.000 UFC/ml). Asimismo, Arias y Bonifaz (2025) señalan que la media para este parámetro en la región Sierra es de

5.3 Calidad Sanitaria

Tabla 8

Comparación de la calidad sanitaria de leche de las fincas agroecológicas y convencional

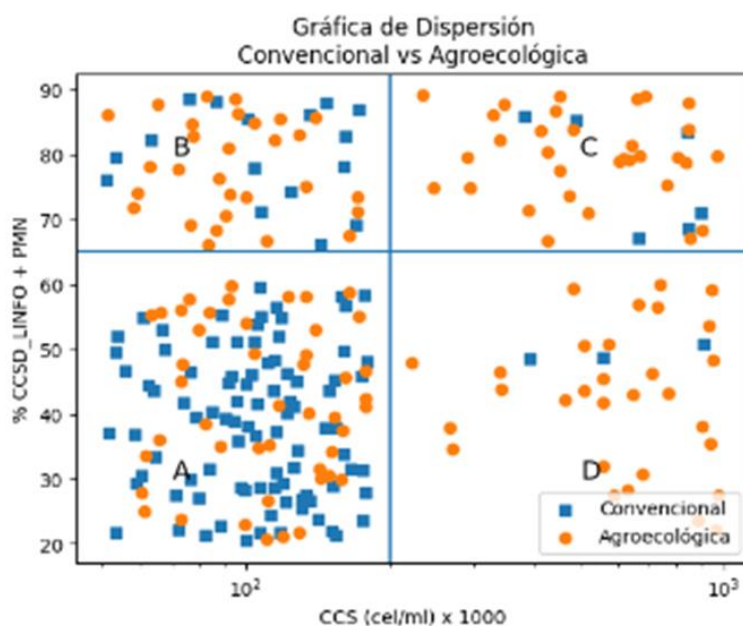
FINCAS AGROECOLÓGICAS				
CUADRANTE	PARÁMETRO	N	PORCENTAJE	REFERENCIA
A	<65 - < 200.000	46	33,58%	SALUDABLES
B	>65 - < 200.000	29	21,17%	SENSIBLES
C	>65 - > 200.000	32	23,36%	MASTITIS SUBCLÍNICA
D	<65 - > 200.000	30	21,90%	CRÓNICA - REMOCIÓN
FINCA CONVENCIONAL				
CUADRANTE	PARÁMETRO	N	PORCENTAJE	REFERENCIA
A	<65 - < 200.000	91	78,45%	SALUDABLES
B	>65 - < 200.000	16	13,79%	SENSIBLES
C	>65 - > 200.000	6	5,17%	MASTITIS SUBCLÍNICA
D	<65 - > 200.000	3	2,59%	CRÓNICA - REMOCIÓN

Elaborado por: La autora, 2025.

En la Tabla 8 se evidencia que la finca convencional presenta un menor porcentaje de mastitis subclínica 5,17 % en comparación con las fincas agroecológicas 23,36 %, valor que en este último caso supera el límite de 250.000 CCS/ml establecido en el Acuerdo Interministerial MPCEIP–MAG (2025). Estos resultados difieren de lo reportado por Arias y Bonifaz (2025), para la región Sierra, quienes registraron una prevalencia de mastitis subclínica del 67,52 %. En relación con las vacas crónicas o en proceso de remoción, las fincas agroecológicas alcanzan un 21,90 %, mientras que la finca convencional presenta apenas un 2,59 %. Para el grupo de vacas sensibles, el sistema agroecológico registra un 21,17 %, frente al 13,69 % del sistema convencional. Finalmente, el porcentaje de vacas saludables es considerablemente mayor en el sistema convencional 78,45 % en comparación con el sistema agroecológico 33,58 %.

Figura 9

Resumen de grupos de salud de la ubre entre fincas agroecológicas y la convencional



Elaborado por: La autora, 2025.

En la Tabla 8 y la Figura 9 se presentan los resultados del análisis de mastitis subclínica y clínica en las fincas evaluadas. Se evidencia que las fincas agroecológicas registran un mayor porcentaje de mastitis subclínica 23,36% en comparación con la finca convencional que alcanza el 5,17%, inferior al límite de 250.000 CCS/ml establecido por el MPCEIP y MAG (2025). Estos hallazgos se relacionan con lo observado en el histograma de conteo de células somáticas diferenciales CCSD, donde la mayoría de las muestras de ambas fincas se ubican en los cuadrantes A y B, correspondientes a animales saludables y sensibles, mientras que los casos de mastitis subclínicas en las fincas agroecológicas presentan un mayor porcentaje 23,36% mientras que la finca convencional presenta un 5,17%. Los crónicos o en remoción se concentran en el cuadrante D con un 21,90% de mastitis subclínica.

Además, los resultados contrastan con lo reportado por Arias y Bonifaz (2025) para la región Sierra, donde se registró un 67,52% de mastitis subclínica, y un 4,5% de casos crónicos o en remoción. De manera similar, Cisneros (2025) encontró que en

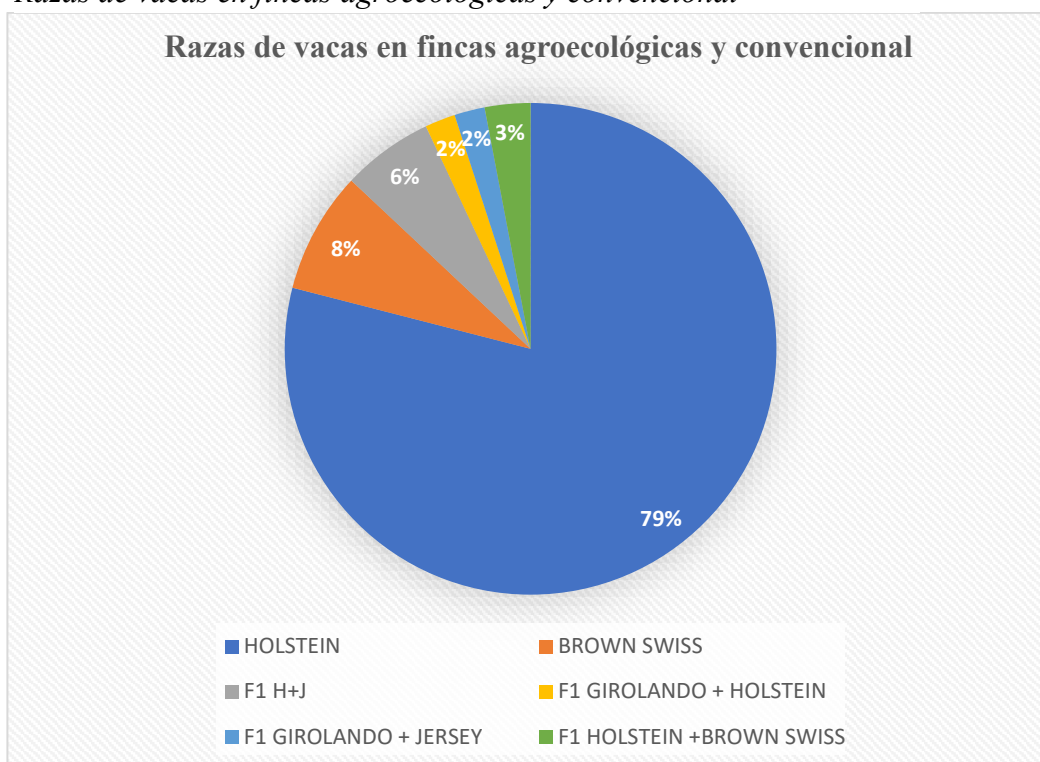
pequeños y medianos productores de la provincia Pichincha la media de mastitis subclínica fue de 63,41%, mientras que los casos crónicos representaron el 3,9%. En cuanto a la distribución de categorías, las fincas agroecológicas también presentan un porcentaje de vacas sanas 33,58% en comparación con la finca convencional con un porcentaje mayor de 78,45%, mientras que los porcentajes de vacas sensibles y crónicas reflejan diferencias consistentes con el tipo de manejo de cada sistema de producción.

5.4 Factores productivos

5.4.1 Razas

Figura 10

Razas de vacas en fincas agroecológicas y convencional



Elaborado por: La autora, 2025.

Según los resultados de la encuesta aplicada en las fincas del estudio (Figura 10), la raza predominante en las fincas 1 y 3 de Pintag, así como en la finca 4 de Cayambe, es Holstein, seguida por Brown Swiss, Jersey y cruces F1 Holstein \times Brown Swiss. En la finca 2, ubicada en San Miguel de los Bancos, predominan animales Girolando y sus

cruces (Girholando × Holstein y Girholando × Jersey), caracterizados por su aptitud doble propósito.

Este comportamiento está relacionado con las condiciones agroecológicas del entorno. Las fincas 1 y 3 (agroecológicas) se encuentran en Pintag a 3050 y 3150 m s. n. m., mientras que la finca convencional de Cayambe se ubica a 1800 m s. n. m. En contraste, la finca 2 (agroecológica), se localiza en San Miguel de los Bancos a 600 m s. n. m., dentro de la región del Chocó Andino, con temperaturas promedio de 24 °C. En este ambiente tropical, se prioriza el uso de ganado con genética Cebú debido a su mayor resistencia al calor, parásitos y enfermedades.

5.4.2 Rutina de ordeño

Tabla 9

Procesos de la rutina de ordeño

Elaborado por: La autora, 2025.

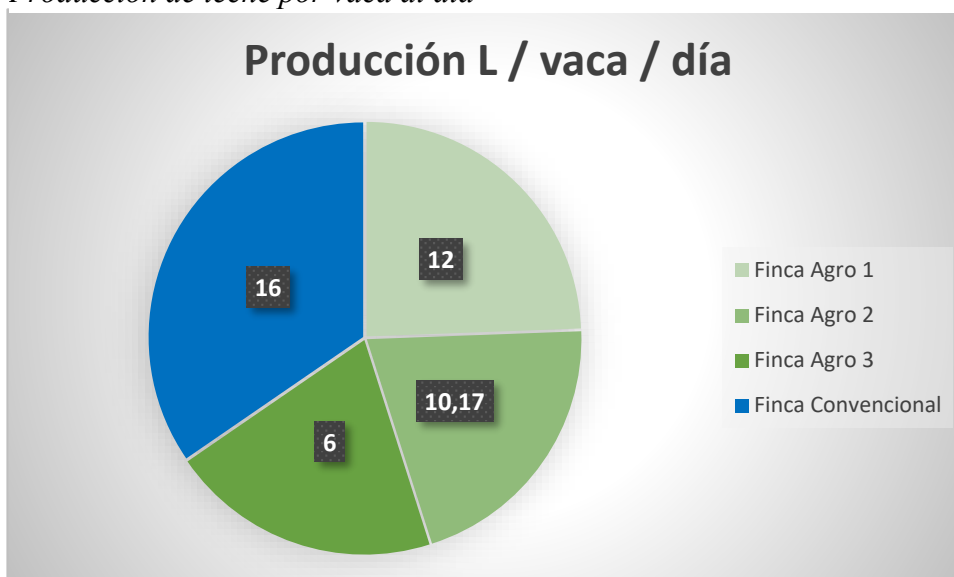
La Tabla 9 presenta el análisis del proceso de ordeño en las fincas evaluadas (tres agroecológicas y una convencional). Todas aplican los 11 pasos establecidos en la encuesta, lo que evidencia cumplimiento general de las buenas prácticas pecuarias (Fito, 2023). Sin embargo, se identificó una excepción relevante: las fincas agroecológicas no realizan el lavado de ubres previo al ordeño, práctica que sí cumple la finca convencional (Bonifaz & Requelme, 2011).

Rutina de ordeño				
Factores	Finca 1 Agro	Finca 2 Agro	Finca 3 Agro	Finca Convencional
Tiene agua limpia durante el proceso de ordeño	SI	SI	SI	SI
Realiza la limpieza de sus manos con agua y jabón	SI	SI	SI	SI
Lava las ubres y las seca antes de ordeñar	NO	NO	NO	SI
Usa toalla o papel para secar la ubre	SI	SI	SI	SI
Producto de desinfección sellador	SI	SI	SI	SI
Descarta los primeros chorros de leche	SI	SI	SI	SI
Diagnóstico del CMT	SI	SI	SI	SI
Realiza sellado de la ubre luego del ordeño	SI	SI	SI	SI
Ordeño mecánico	SI	SI	SI	SI
Ordeño manual	NO	NO	NO	NO
Alimento balanceado	SI	SI	SI	SI

5.4.3 Producción de leche

Figura 11

Producción de leche por vaca al día



Elaborado por: La autora, 2025.

La Figura 11 muestra la producción diaria de leche por vaca en las fincas evaluadas. La finca convencional presenta el mayor rendimiento, con un promedio de 16 L/vaca/día, asociado a un sistema basado en *Rye Grass* (anual y perenne), trébol blanco y suministro de concentrado suplementario ajustado a la producción individual. Este valor supera ampliamente la media nacional, que según el Boletín Técnico ESPAC (Orbe & Cuichán, 2025) es de 7,9 L/vaca/día.

En las fincas agroecológicas se observaron menores volúmenes de producción. La finca 1 registró 12 L/vaca/día y la finca 3 alcanzó 10,17 L/vaca/día, ambas con alimentación basada en *Rye Grass* y suministro complementario de concentrado. La producción más baja correspondió a la finca 2 con 6 L/vaca/día, cifra que se encuentra por debajo del promedio nacional, pero acorde con la productividad típica de zonas cálidas 4,5 L/vaca/día. En esta finca, la dieta se compone principalmente de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* y especies forrajeras nativas del Chocó Andino,

acompañadas de sobrealimentación con balanceado comercial durante el ordeño, aunque sin ajuste en función del rendimiento individual de cada animal.

5.4.4 *Análisis de costos de producción de leche*

En el sistema agroecológico, la producción promedio alcanzó los 10 litros de leche vaca/ día, lo que representa una producción anual aproximada de 3.050 litros por vaca. Considerando el costo por litro establecido de USD 0.52, el costo total anual de producción se estimó en USD 1.586/vaca. La estructura de costos estuvo conformada principalmente por los rubros de alimentación basada en pastos, mano de obra y depreciación de infraestructura, reflejando un sistema con menor dependencia de insumos externos, pero con mayores requerimientos de trabajo humano.

Por su parte, el sistema convencional presentó una producción promedio de 16 L/ vaca/ día, equivalente a 4.880 litros anuales/ vaca. Con un costo de producción de USD 0,50 por litro, el costo total anual alcanzó USD 2.440 por vaca. En este sistema, los costos estuvieron dominados por la alimentación con concentrados y balanceados comerciales, así como por mayores gastos en sanidad y uso de insumos externos. Se presenta la comparación de los principales indicadores productivos y económicos entre ambos sistemas.

Figura 12

Tabla comparativa entre sistemas agroecológicos y convencionales

Comparación anual de producción de leche		
	Agroecológico	Convencional
Indicador	Baja-media	Alta
Producción (L/vaca/día)	10	16
Producción anual (L)	3050	4880
Costo por litro (USD)	0,52	0,50
Costo anual por vaca (USD)	1586	2440

Elaborado por: La autora, 2025.

A pesar de que el sistema agroecológico presenta un costo por litro ligeramente superior al sistema convencional, esta diferencia se explica por su menor escala productiva, mayores requerimientos de mano de obra y prácticas de manejo orientadas a la sostenibilidad ambiental.

No obstante, el sistema agroecológico reduce la dependencia de insumos externos y fortalece la resiliencia productiva de las fincas, mientras que el sistema convencional, aunque presenta un menor costo unitario, mantiene una alta dependencia de concentrados y servicios externos, incrementando su vulnerabilidad ante variaciones de precios (Deschamps et al., 2020).

Figura 13

Tabla análisis comparativo

Análisis comparativo de costos		
Sistema Convencional		
16 L/vaca/día	× 305 días	= 4.880 L/año
4.880 L/año	× 0,50 USD	= 2.440 USD/vaca/año
Sistema Agroecológico		
10 L/vaca/día	× 305 días	= 3.050 L/año
= 3.050 L/año	× 0,52 USD	= 1.586 USD/vaca/año

Elaborado por: La autora, 2025.

El análisis de los costos de producción de leche permitió identificar diferencias económicas entre los sistemas agroecológicos y convencionales evaluados. Para el contexto ecuatoriano, el costo promedio de producción por litro de leche en las fincas agroecológicas se estimó en USD 0,52/L, mientras que en las fincas con manejo convencional fue de USD 0,50/L (Requelme & Bonifaz, 2012).

Tabla 10

Costos referenciales entre sistema convencional y agroecológico

Estructura de costos (referencial)		
Concepto	Costo anual (USD)	
	Sistema convencional	Sistema agroecológico
Alimentación (concentrados y balanceados)	1150	520
Sanidad animal	260	180
Mano de obra	460	420
Reproducción	120	90
Servicios e insumos	190	120
Depreciación de infraestructura y maquinaria	260	256
Costo total anual	2440	1586

Elaborado por: La autora, 2025.

Los resultados obtenidos evidencian que el sistema convencional presenta un mayor costo de producción por litro de leche en comparación con el sistema agroecológico, esta ventaja está estrechamente relacionada con su mayor nivel de producción individual por vaca y el uso intensivo de insumos externos, principalmente concentrados comerciales.

Si bien el sistema convencional logra diluir sus costos fijos mediante mayores volúmenes de producción, su alta dependencia de insumos externos lo hace más vulnerable a la variación de precios del mercado, especialmente en el costo de los concentrados (Bustamante & Lince, 2018). Por el contrario, el sistema agroecológico, presenta menores costos unitarios, ofrece una alternativa viable para pequeños y medianos productores, al disminuir riesgos asociados a la volatilidad de los insumos y promover una producción más sostenible (Izquierdo & Rodríguez, 2006).

Estos resultados coinciden con otros estudios realizados en sistemas lecheros del Ecuador, donde se señala que los sistemas agroecológicos no siempre maximizan la

producción, pero fortalecen la sostenibilidad económica y ambiental de las unidades productivas, especialmente en contextos rurales (Coronel, 2019).

Por esta razón, Altieri, (1999), considera que la elección del sistema productivo no debe basarse únicamente en el costo por litro de leche, sino también en criterios de sostenibilidad, estabilidad económica y adaptación a las condiciones locales de producción.

6. Conclusiones y recomendaciones

El sistema agroecológico mostró mejores indicadores de calidad composicional e higiénica en comparación con el sistema convencional, destacando mayores porcentajes de grasa, proteína, sólidos totales y sólidos no grasos, así como un menor recuento de UFC, con más del 89% de las muestras clasificadas como “excelentes”. Pero, presentó una mayor prevalencia de mastitis subclínica (23,36%) frente al sistema convencional (5,17%), lo que evidencia mejores condiciones de calidad composicional al manejo agroecológico, pero, necesita mejorar en calidad sanitaria.

Por otro lado, el sistema convencional presentó los mayores niveles de producción individual de leche (16 L/vaca/día), superando a las fincas agroecológicas, cuyo promedio osciló entre 6 y 12 L/vaca/día. Estas diferencias se explican por el uso de razas especializadas, mayor suplementación con concentrado y sistemas forrajeros más intensivos. Aunque la productividad del sistema agroecológico fue menor, se mantuvo dentro de los valores esperados para modelos orientados a sostenibilidad ambiental y bienestar animal.

Los sistemas agroecológicos, a pesar de generar menores volúmenes de producción, presentan costos operativos potencialmente más bajos debido a una menor dependencia de insumos externos (concentrados, agroquímicos y servicios veterinarios). Esto contribuye a una sostenibilidad económica relativa y a un mayor equilibrio entre productividad, sanidad y conservación del entorno, lo cual hace viable este modelo para pequeñas y medianas unidades productivas.

Por esta razón, se recomienda estandarizar el lavado de ubres previo al ordeño y reforzar la capacitación en prevención de mastitis, con el fin de mantener o mejorar los niveles de calidad higiénica y reducir los casos crónicos que aún persisten en algunas fincas.

Para incrementar la productividad en sistemas agroecológicos sin comprometer su sostenibilidad, se sugiere implementar bancos forrajeros diversificados, suplementación estratégica ajustada por producción y la incorporación de razas o cruzamientos más adaptados a cada zona agroecológica.

Dado que la leche agroecológica presenta una calidad superior pero menor volumen productivo, se recomienda impulsar esquemas de comercialización diferenciada (precio justo, venta directa o certificaciones), acompañados de análisis económicos periódicos que permitan evidenciar la rentabilidad real del sistema frente al convencional.

Anexos

Anexo 1

Recolección de muestras



Elaborado por: La autora, 2025.

Anexo 2

Muestras listas para laboratorio



Elaborado por: La autora, 2025.

Anexo 3

Vegetación de fincas agroecológicas y la convencional



Nota. De izquierda a derecha: finca San Miguel de los Bancos, Cayambe finca Victoria, Pintag finca La esperanza, finca San Juan. Elaborado por: La autora, 2025.

Anexo 4

Razas de vacas administradas por las fincas



Nota. De izquierda a derecha: Holstein rojo, Girolando, Holstein negro, Brown Swiss.

Anexo 5

Preguntas relevantes de la encuesta

10.COMERCIALIZACION DE PRODUCTOS

Nombre del producto	Destino del producto (%)		Lugar de venta	Precio referencial en la finca	Volumen promedio mensual	Comprador
	Autoconsumo	Venta	Local	Regional		
LECHE CRUDA		100	HACIENDA		0,58	6000
						ALIMEC

11.CONOCIMIENTOS, HABILIDADES, DESTREZASDEL PRODUCTOR/PRODUCTORA

Tema	Que conoce sobre este tema	¿Quién le proporciona?	¿Lo aplica?
Manejo de pastos	SI	CURSOS	SI
Sanidad animal	SI	CURSOS	SI
Reproducción	SI	CURSOS	SI
Manejo de registros	SI	CURSOS	SI
Contabilidad	SI	CURSOS	SI
Calidad de leche	SI	CURSOS	SI
Rutina de ordeño	SI	CURSOS	SI
Alimentación	SI	CURSOS	SI
Crianza de terneros	SI	CURSOS	SI
Instalaciones adecuadas	SI	CURSOS	SI
Primeros auxilios veterinarios	SI	CURSOS	SI
tipos de medicamentos	SI	CURSOS	SI
vías de administración	SI	CURSOS	SI
Otros			

11.1, ASISTENCIA TECNICA

Personal	¿De dónde es?	Cada que tiempo lo busca
Profesional, (medico, veterinario, zootecnista)	QUITO	30 DIAS
Tiene un técnico comunitario	NO	
¿Ha tenido capacitación?	SI	
¿Tiene conocimiento empírico?	NO	
¿Tiene conocimiento ancestral?	NO	

Elaborado por: La autora, 2025.

Referencias

- Acción contra el hambre. (2022). *La importancia del uso eficiente de los recursos naturales para lograr un mundo mejor*.
<https://accioncontraelhambre.org/es/actualidad/la-importancia-del-uso-eficiente-los-recursos-naturales-lograr-un-mundo-mejor#:~:text=los recursos naturales-,El uso sostenible de los recursos naturales se basa en,cambio en los próximos años>
- Agrícola Trivino. (2025). *Agricultura extensiva e intensiva: ¿qué son y cuáles son sus diferencias?* <https://blog.agricolatrivino.com/agricultura-extensiva-e-intensiva/>
- Altieri, M. A. (1991). *¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?*
- Altieri, M., & Rosset, P. (2018). *Agroecología Ciencia Política*. 1–208.
- Alvear, D. C., Guerrero, J. D., Bonifaz, N. F., & Noriega, P. F. (2021). Calidad composicional y concentración de ácidos grasos omega-3 (alfa-linolénico) y omega-6 (linoleico) presentes en leche bovina de tres regiones naturales del Ecuador. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 68(2), 150–169.
<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n2.98027>
- Arias, C., & Bonifaz, N. (2025). *Compositional , hygienic and sanitary quality of bovine milk in three regions of Ecuador* *Calidad composicional , higiénica y sanitaria de la leche bovina en tres regiones del Ecuador* *In Ecuador , milk production systems (MPS) have significantly increase*. 72(1), 1–18.
- BASF. (2025). *Agricultura sostenible para un futuro más verde - BASF Ecuador*.
<https://agriculture.basf.com/ec/es/contenidos-de-agricultura/agricultura-sostenible-cultivar-un-futuro-mas-verde---basf>

- Bermúdez, S., Pérez, J., Radilla, C., Ruíz, J., Delgado, R., & Gutiérrez, R. (2024). Características fisicoquímicas de leche orgánica producida en Tecpatán, Chiapas, México. *Abanico Agroforestal*, 6, 1–12. <https://doi.org/10.37114/abaagrof/2024.10>
- Bonifaz, N., & Requelme, N. (2011). Buenas prácticas de Ordeño y la Calidad higiénica de la Leche en el Ecuador. *La Granja, Revista de ciencias de la vida*, 14(2), 45–57.
- Cabrero, J., & Richart, M. (1996). El debate investigación cualitativa frente a investigación cuantitativa. *Enfermería Clínica*, 6(5), 212–217.
- Cammarata, M., & Timpanaro, G. (2021). *Assessing Sustainability of Organic Livestock Farming in Sicily : A Case Study Using the FAO SAFA Framework*.
- Campos, R., Morales, J. D., & Espinosa, N. (2020). Efecto de la suplementación nutricional sobre el balance energético en vacas lecheras en trópico bajo. *Revista Lasallista de Investigacion*, 17(1), 10–27. <https://doi.org/10.22507/rli.v17n1a1>
- Cerviño, M., & Folch, P. (2019). *RCS: utilidad en el diagnóstico y secado selectivo*. 102–106. www.proquideza.com
- Cuéllar, J. (2022). *Medición e importancia de los parámetros de calidad en la leche*. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/medicion-e-importancia-de-los-parametros-de-calidad-en-la-leche/>
- FAO. (2012). Manual de Buenas Prácticas de Ganadería Bovina para la Agricultura Familiar. En *FAO*. <http://www.fao.org/3/i3055s/i3055s.pdf>
- FAO, & OIE. (2009). Guía de buenas prácticas ganaderas para la seguridad sanitaria de los alimentos de origen animal. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 34. [http://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SYSTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SYSTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI)

- Fito, C. (2023). Buenas prácticas pecuarias. *Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario*, 35.
- Gliessman, S. (2002). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. En *Diversidad y estabilidad del agroecosistema*.
- Goites, E. (2022). Agroecología: Hitos hacia un nuevo paradigma alimentario socioproductivo en Argentina. *Eutopia. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 22, 142–154. <https://doi.org/10.17141/eutopia.23.2022.5247>
- Halffter, G., Cruz, M., & Huerta, C. (2019). Ganadería sustentable en el golfo de México. En *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Número 1). http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_P EMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Halffter, G., Cruz, M., & Huerta, M. (2018). *Ganadería Sustentable En El Golfo De Mexico*. January, 70.
- INEN. (2012). Leche cruda. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de normalización INEN*, 1–7. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Documento_BLNTE_INEN_9_Leche_cruda_Requisitos.pdf
- Jaramillo, E. H. De, Niggli, U., Kitajima, K., Lal, R., & Sadoff, C. (2023). *Boost Nature-Positive Production*. 319–340.
- Meglia, G. E., & Mata, H. T. (2001). Mecanismos específicos e inespecíficos de defensa, con referencia a la glándula mamaria de los bovinos productores de leche. *Specific and unspecific mechanisms of defence, with reference to the mammary gland of dairy cattle*. (English), 29–40.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=20018784&lang=es&site=ehost-live>

- Mendivelso, F., & Rodríguez, M. (2018). Diseño de investigación de corte transversal. *Revista Médica Sanitas*, 141–147. https://www.unisanitas.edu.co/Revista/68/07RevMedicaSanitas21-3_MRodriguez_et_al.pdf
- MPCEIP, & MAG. (2025). *Acuerdo Interministerial Nro. 024*. https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/05/acuerdo_interministerial_024.pdf
- Orbe, D., & Cuichán, M. (2025). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). *Boletín Técnico Abril · 2025*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Pérez, R., Padilla, F., Gonzáles, H., De la Cruz, L., Castañeda, H., & María, H. (2022). *Factores asociados a la prevalencia de mastitis subclínica en ganado bovino de doble propósito*. 1–16.
- Pretty, J. (2018). *Global Assessment of Agricultural System Redesign for Sustainable Intensification*. 1–15.
- Pulgar Vital, M. (2007). Aprovechamiento de los recursos naturales. *Lima*, 463–470. <http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/es/drip.html>
- Requelme, N., & Bonifaz, N. (2012). Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. *La Granja*, 15(1), 55. <https://doi.org/10.17163/lgr.n15.2012.05>
- Restrepo, J., Angel, D., & Prager, M. (2000). *Agroecología*. Universidad Nacional de Colombia y Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR).
- Riveros, D., & Obando, M. (2021). *Mastitis, conteo de células somáticas y su impacto en la calidad de los productos lácteos... ¿Una omisión en Colombia?: revisión de literatura*. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/344771>

- Ruiz, V. (2025). *Tipos de riesgo más utilizados*. <https://www.netafim.pe/blog/tipos-de-sistema-de-riego-mas-utilizados/>
- Salguero, A., De la Torre, D., & Puga-Torres, B. (2023). Calidad de leche cruda de pequeños productores de los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, Ecuador, mediante análisis fisicoquímicos y ensayos cualitativos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, 34(1), 1–10. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i1.24611>
- USDA. (2025). *Agriculture Technology*. <https://www.nifa.usda.gov/topics/agriculture-technology#:~:text=Importance of Agricultural Technology&text=Higher crop productivity,chemicals into rivers and groundwater>
- Van den Berge, P. (2020). *Buenas prácticas agrícolas en la gestión del riego*. 1(5471), 1–20.
- Villalba, A. E., Rodríguez Sperat, R., & Suárez, M. V. (2019). Propuesta metodológica para el estudio de la viabilidad de la agricultura campesina y su testeo en dos granjas de Santiago del Estero (Argentina). *Acta Universitaria*, 29, 1–22. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2135>
- Wezel, A., Gemmill Herren, B., Bezner Kerr, R., Barrios, E., Rodrigues Gonçalves, A., & Sinclair, F. (2020). Principios y elementos agroecológicos y sus implicaciones para la transición a sistemas alimentarios sostenibles. *Agronomía para el desarrollo sostenible*, 40(6), 1–21.
- Zamora, I., Almy, P., Alcivar, D., & Palma, Y. (2022). Impacto Ambiental debido a Actividades Ganaderas. *Journal of the Japanese Society of Pediatric Surgeons*, 4(1), 156–157. https://doi.org/10.11164/jjsps.4.1_156_2