



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y
LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
LECHERA FAMILIAR EN LATACUNGA”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agropecuaria

Autora:
Molina Salazar Allison Tatiana

Tutor:
Molina Cuasapaz Edie Gabriel

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Molina Salazar Allison Tatiana, con cédula de ciudadanía No. 0550488167, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: “ **RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LECHERA FAMILIAR EN LATACUNGA**”, siendo el Doctor MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Mtr. 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, 19 de febrero del 2026

Allison Tatiana Molina Salazar
C.C: 0550488167
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MOLINA SALAZAR ALLISON TATIANA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550488167** 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 Agropecuaria titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LECHERA FAMILIAR EN LATACUNGA**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Mtr.

Tema: “**RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LECHERA FAMILIAR EN LATACUNGA**”.

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 19 días del mes de febrero del 2026.

Allison Tatiana Molina Salazar
LA CEDENTE

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

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LECHERA FAMILIAR EN LATACUNGA”, de Molina Salazar Allison Tatiana, de la carrera de Agropecuaria, 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, 19 de febrero del 2026

MVZ. Edie Gabriel Molina Cuasapaz, Mtr.
C.C: 1722547278
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: Molina Salazar Allison Tatiana, con el título del Proyecto de Investigación: **“RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LECHERA FAMILIAR EN LATACUNGA”**, 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, 19 de febrero del 2026

MVZ. Bejarano Rivera Cristina Isabel, Mg.
CC: 1802458651
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Martinez Luzuriaga Jhinson Dennys, Mg.
C.C: 1104864127
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Castillo De La Guerra Clever Gilberto, MSc.
CC: 0501715494
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios de poder cumplir un logro más en mi vida junto al apoyo de mi familia y personas que son muy importantes que tuve la dicha de conocer y que nunca me dejaron caer; fue un apoyo que apreciaré mucho en mi corazón a todos esos bellos momentos compartidos.

Allison Tatiana Molina Salazar

DEDICATORIA

Este logro es gracias a mi madre, que, por su esfuerzo, sacrificio y un apoyo incondicional, ha sido una inspiración a seguir y he podido llegar a culminar mi etapa académica. A mi abuelita y familia, que con sus locuras, consejos y cariño fue un apoyo en momentos difíciles.

Allison Tatiana Molina Salazar

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LECHERA FAMILIAR EN LATACUNGA”.

Autor:

Molina Salazar Allison Tatiana

RESUMEN

El estudio se desarrolló sobre las propiedades físicas del suelo en la provincia de Cotopaxi y la producción de forraje en los sistemas lecheros familiares del cantón Latacunga. Se realizó la en las parroquias de Toacazo, Joseguango Bajo y Aláquez, en los meses de octubre 2025 a enero 2026, se analizó las propiedades del suelo (textura, densidad aparente, infiltración y porosidad) asociando la biomasa forrajera y producción de leche de los productores. Mediante estadísticas descriptivas, correlación de Pearson, análisis de componentes principales (ACP) y prueba de Tukey. En los resultados obtenidos en campo presentó una predominancia de franco 18.2% y franco arenoso 54.5%, con una densidad entre (1,03 y 1,22 g/cm³), sin diferencia significativa entre los productores, presentando que tiene una leve compactación por el pastoreo. Se determinó que los componentes principales fueron porosidad entre (>40-50%) e infiltración (>10-20 cm/h). Además, existe una relación con la producción de biomasa entre (1.146,6 y 3.374,8 kg MS/ha), mas no con la densidad aparente. Concluyendo que las propiedades físicas del suelo y el forraje no muestra una relación con producciones de leche en los sistemas lecheros familiares que se estudiaron. Se podría aplicar mediante recomendaciones las prácticas de manejo sostenible siendo una rotación de potreros, materia orgánica y un manejo adecuado del para mejorar la estructura del suelo optimizando así la disponibilidad del forraje, siendo una buena sostenibilidad en los sistemas lecheros familiares.

Palabras clave: suelo, forraje, biomasa, compactación, manejo sostenible, densidad aparente, porosidad, infiltración.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “RELATIONSHIP BETWEEN THE SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND FORAGE PRODUCTION IN FAMILY DAIRY PRODUCTION SYSTEMS IN LATACUNGA”.

Author:
Molina Salazar Allison Tatiana

ABSTRACT

The study focused on the soil physical properties in the Cotopaxi province and forage production in family dairy systems in the Latacunga canton. It was carried out in the parishes of Toacazo, Joseguango Bajo, and Aláquez from October 2025 to January 2026, analyzing soil properties (texture, bulk density, infiltration, and porosity) in relation to forage biomass and milk production by farmers. Descriptive statistics, Pearson's correlation, principal component analysis (PCA), and Tukey's test were used. The results obtained in the field showed a predominance of loam (18.2%) and sandy loam (54.5%), with a density between 1.03 and 1.22 g/cm³, with no significant difference between producers, showing slight compaction due to grazing. It was determined that the main components were porosity (>40-50%) and infiltration (>10-20 cm/h). In addition, there is a relationship with biomass production between 1,146.6 and 3,374.8 kg DM/ha, but not with bulk density. It was concluded that the physical properties of the soil and forage show no relationship with milk production in the family dairy systems studied. Sustainable management practices could be applied through recommendations such as pasture rotation, organic matter, and proper management to improve soil structure, thus optimizing forage availability and ensuring good sustainability in family dairy systems.

Keywords: soil, forage, biomass, compaction, sustainable management, bulk density, porosity, infiltration.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
1. INFORMACION GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS.....	2
3.1. Beneficiarios directos	2
3.2. Beneficiarios indirecto	3
4. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1. Objetivo general.....	4
5.2. Objetivos Específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
7. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
7.1. El uso del suelo agrícola en la sostenibilidad económica.....	5
7.1.1. Una preparación de terreno.....	5
7.1.2. Importancia ambiental de los suelos.....	6
7.2. Suelo	6
7.2.1. Textura de suelo.....	6
7.2.2. Color de suelo.....	8
7.3. Densidad	8
7.3.1. Densidad aparente.....	8
7.4. Infiltración de agua	9

7.5.	Porosidad	9
7.6.	Caracterización de diferentes sistemas lecheros en el ecuador.....	10
7.6.1.	Producción de leche.....	10
7.6.2.	Recurso pastoril en Ecuador	10
7.6.3.	Pasturas introducidas en la sierra ecuatoriana	11
8.	HIPÓTESIS	12
9.	METODOLOGÍA	12
9.1.	Suelo	12
9.1.1.	Textura del suelo	12
9.1.2.	Densidad Aparente	13
9.1.3.	Infiltración de agua.....	13
9.1.4.	Porosidad	13
9.1.5.	Biomasa	14
9.2.	Interpretación de resultados	14
9.2.1.	Diseño del estudio	14
9.2.2.	Selección de zonas de estudio	14
9.2.3.	Caracterización de las propiedades físicas del suelo.....	14
9.2.4.	Evaluación de la producción de forraje	14
9.2.5.	Análisis estadístico	15
9.3.	Diseño Factorial	15
10.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
10.1.	Propiedades físicas del suelo.....	16
10.2.	Producción de biomasa.....	18
10.3.	Relación entre suelo-forraje-producción.....	19
11.	CONCLUSIONES.....	30
12.	RECOMENDACIONES	31
13.	BIBLIOGRAFÍA	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cumplimiento de los objetivos planteados.....	4
Tabla 2. Labor de trabajo agropecuario de la producción de pastos.	10
Tabla 3. Estructura de los productores y numero de muestras realizadas en campo.....	16
Tabla 4. Características entre las propiedades físicas del suelo entre los diferentes productores.	17
Tabla 5. Caracterización de la producción de biomasa de los forrajes en cada uno de los productores.	19
Tabla 6. Comparación de resultados de laboratorio.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Textura que presenta el suelo.	7
Figura 2. Triangulo estructural de USDA.	7
Figura 3. Paleta de colores Munsell que diferencia los diferentes colores del suelo.	8
Figura 4. Clasificación de las observaciones de capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.	9
Figura 5. Labor de trabajo agropecuario de la producción de pastos.	10
Figura 6. Triangulo estructural de USDA.	13
Figura 7. Mediante este grafico se mostrará la media de densidad aparente entre los diferentes productores.	16
Figura 8. Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del primer productor.	20
Figura 9. Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del segundo productor.	21
Figura 10. Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del tercero productor.	22
Figura 11. Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del cuarto productor.	23
Figura 12. Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del cuarto productor.	25
Figura 13. Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del quinto productor.	26
Figura 14. Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del sexto productor.	28
Figura 15. Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del séptimo productor.	29

1. INFORMACION GENERAL

Título del proyecto

Relación entre las propiedades físicas del suelo y la producción de forrajes en sistemas de producción lechera familiar en Latacunga.

Fecha de inicio: octubre 2025

Fecha de finalización: marzo 2026

Lugar de ejecución: Latacunga- Cotopaxi

Unidad académica que auspicia:

Universidad Técnica de Cotopaxi

Carrera que auspicia:

Ingeniería agropecuaria

Proyecto de investigación vinculado:

Equipo de trabajo:

Tutor: Mvz. Mtr. Edie Gabriel Molina Cuasapaz

Estudiante: Allison Tatiana Molina Salazar

Área de conocimiento:

Ciencias Agropecuarias, Veterinaria

Línea de investigación:

Manejo sostenible del suelo y la producción de forraje en sistemas agropecuarios familiares.

Sub línea de investigación de la carrera:

Propiedades físicas del suelo y rendimiento del pasto, degradación y recuperación físicas en sistemas ganaderos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto se analizarán científicamente las propiedades físicas del suelo para sustentar la información sobre las diferentes respuestas de los suelos y cómo estas afectan la producción de forraje en áreas agropecuarias sostenibles. Los resultados permitirán identificar las limitaciones del suelo y definir un manejo apropiado para optimizar el crecimiento del forraje, logrando así una alimentación eficiente para el ganado lechero familiar.

En términos de manejo y conservación del suelo, los sistemas lecheros familiares en Latacunga frecuentemente enfrentan desafíos significativos para implementar prácticas óptimas de manejo del suelo. Estas dificultades suelen resultar en una incorporación insuficiente de materia orgánica, prácticas de riego ineficientes y ausencia de técnicas de conservación como la rotación de cultivos y el control de la erosión. Tales deficiencias contribuyen a la degradación de la calidad del suelo. Sin embargo, al adoptar medidas adecuadas de cuidado del suelo, estos sistemas pueden mejorar la productividad, mitigar los efectos negativos de la variabilidad del suelo y aumentar los rendimientos de forraje, lo que en última instancia mejora la producción general en las explotaciones lecheras familiares Gutiérrez, (2010).

la mayoría de familias que se dedican a la producción de leche utilizan potreros viejos, que según Jaramillo, (2023) contiene kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), holco (*Holcus lanatus*), grama (*Cynodon dactylon*), pajilla (*Leonotis nepetifolia*), orejuela (*Alchemilla orbiculata*), pasto azul (*Dactylis glomerata L*) estos llegan a ser un bajo valor nutritivo y producción que no garantizar una alimentación adecuada para el ganado. Para no presentar una baja nutrición se requiere una renovación de los potreros, según el establecimiento de pasturas de un alto valor nutritivo y rendimiento.

Mediante esta investigación ayudara a contribuir a los productores que presentan problemas en el manejo de suelo o el tipo de suelo que tiene cada uno, de esta manera se fomentara un manejo sostenible en los pequeños sistemas que tiene cada uno de ello. Mediante estrategias de capacitaciones que ayuden a un mejor manejo del suelo y un crecimiento del forraje homogéneo.

3. BENEFICIARIOS

3.1. Beneficiarios directos

- Estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de ingeniería agropecuaria.
- Productores y zonas rurales asociadas en el proyecto lechero familiar.

3.2. Beneficiarios indirecto

- Productores del cantón de Latacunga de las diferentes parroquias.

4. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

En los sistemas lecheros familiares en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, en las diferentes parroquias (Toacaso, Joseguango Bajo y Aláquez), se presenta una producción de forraje que constituye una alimentación para el ganado bovino y, siendo esta una fuente de trabajo para los productores, es un rendimiento productivo y económico para su día a día.

Un punto muy importante según Medina et al, (2024) es el espacio para la crianza del ganado bovino llegan a ser extensivos 5 millones de hectáreas que se dedica a la crianza de ganado un total de cabezas 4,1 millones, presentando una baja producción de leche y pasto. Mediante una investigación existe entre 300 000 explotaciones ganaderas, algunos llegan a tener una superficie menor a 10 hectáreas que es el 57% y cerca del 34% de la producción lechera nacional, esto proviene de familias que tiene menos de 20 hectáreas. Según Chaves et al, (2012) en los cultivos de pastos cultivados entre el año 2005 y 2012 tiene una tasa de variación de -0,05%, en el 2012 se presentó una variación significativa de incremento de 3,72% con referencia del 2011.

La composición según Novillo et al, (2018) del suelo tiene arena, limo y arcilla esto influye mucho en la fertilidad y capacidad de retención de agua, aireación y el contenido de la materia orgánica. Un alto porcentaje de arcilla está dispersa en el agua dando como resultado que la solución del suelo sea sódica, los poros se cierran formando una capa superficial sellada, afectando la infiltración y causando erosión, esto refleja la facilidad de la compactación del suelo.

La porosidad total en el suelo según Novillo et al, (2018) se define como un porcentaje del volumen que no se encuentra ocupado por partículas sólidas, conforme un sistema en el cual aproximadamente el 50% corresponde a la fracción sólida y el 50% restante a espacios porosos. Mediante estos poros constituye reservorios dinámicos que permiten la circulación y almacenamiento de nutrientes en el suelo, agua, aire gases esenciales para los procesos edáficos y el desarrollo de los pastos. En esta clasificación, la porosidad de aireación se especifica a los macroporos, la facilitación de estos es el intercambio de gases entre suelo y la atmosfera. Debido al diámetro mayor que presenta, estos poros no retienen agua de manera significativa, lo que favorece la oxigenación del sistema radicular y la actividad microbiana.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Analizar la relación entre propiedades físicas del suelo y la producción de forrajes en sistemas de producción lecheros.

5.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las propiedades físicas del suelo en los sistemas de producción lechero familiar.
- Caracterizar la producción de biomasa de forrajes en los sistemas de producción lechero familiar.
- Correlacionar los datos suelo-forraje-producción en los sistemas de producción lechero familiar.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1.

Cumplimiento de los objetivos planteados.

OBJETIVO	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
· Caracterizar las propiedades físicas del suelo en los sistemas de producción lechero familiar.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diferentes muestras de suelo en las parcelas. ✓ Análisis de textura de suelo. ✓ Medición de la densidad aparente del suelo. ✓ Evaluación de la tasa de infiltración del agua. 	La identificación de las características físicas del suelo que influyen en el desarrollo del forraje y productividad lechera.	Posteriormente cada mes y tres semanas se realizará la muestra en las diferentes áreas del sistema de producción lechero familiar.
· Caracterizar la producción de biomasa de forrajes en los sistemas de	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificación de las especies forrajeras ✓ Medición de la producción de biomasa 	Determinación de la cantidad y calidad de la biomasa forrajera disponible para la alimentación del ganado.	Mediante la determinación de la biomasa de los forrajes, con el fin de estimar la disponibilidad de alimento y la relación con el manejo.

producción

lechero familiar.

<p>· Correlacionar los datos suelo-forraje- producción en los sistemas de producción lechero familiar.</p>	<p>✓ Organización de los análisis de los datos obtenidos de campo</p> <p>✓ Comparación entre propiedades del suelo biomasa</p>	<p>Identificación del estado del suelo, producción forrajera y rendimiento del sistema lechero.</p>	<p>Mediante un análisis conjunta de los datos suelo, forraje y producción lechera para establecer como las características del suelo influye en la producción forrajera.</p>
--	--	---	--

Elaborado por: Molina, 2026

7. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

7.1. El uso del suelo agrícola en la sostenibilidad económica

Mediante un análisis en relación al uso del suelo desde el punto agrícola con la sostenibilidad social se importante a los diferentes usos que se realizan un buen uso para garantizar asegurando la producción para un futuro. En suelo se encuentra materia orgánica e inorgánica, siendo este de mantener una vida vegetal. Siendo este dónde crece la mayor parte de plantas y necesitan de nutrientes para un desarrollo adecuado Orellana, (2018).

Con un cuidado adecuado del suelo se mantiene el agua sin ninguna presencia de contaminación en los sistemas agrícolas, mientras que se mantenga un suelo adecuado no habrá la presencia de compactación, riesgos en productos fitosanitarios o fertilizantes alcance las aguas tanto como en la superficie como las subterráneas por las erosiones. Siendo que la escorrentía con un 75% es la causa que se desliza sobre la superficie de los suelos que se debe ir trabajando en ella ya que afecta de manera considerable, pero con un manejo adecuado en las practicas Plata, (2019).

7.1.1. Una preparación de terreno

Como primer inicio es la limpieza de la maleza y restos del cultivo que se haya sembrado anterior mente. Esto se puede realizar de una manera manual o depender de una maquinaria dependiendo del lugar que se trabajara el terreno. Al realizar esto debe tener una humedad cercana al a capacidad de campo, logrando eliminar malezas, raíces Plata, (2019).

7.1.2. *Importancia ambiental de los suelos.*

Los suelos tienen una importancia fundamental para la producción agrícola y sostenible para la vida humana, siendo el caso que la degradación del suelo se considera un problema ambiental que afecta a la productividad de alimentos y un mal desarrollo de los alimentos, la captación de agua mediante la filtración que mantiene los acuíferos Cotler et al, (2007).

La degradación del suelo reducidos por el mismo humano la capacidad de sostener la productividad vegetal y animal debido a los diferentes tipos de suelo. Esto varía ya que es a un diferente factor que causa la erosión en el suelo por una mala actividad humana. Mediante las características del suelo (textura, estructura y MO) son la causa de los cambios en la infiltración del agua, siendo que el agua se escurra en la superficie Cotler et al, (2007).

7.2. Suelo

El suelo es fundamental para la agricultura estimando que el 95% de los alimentos son producidos directamente o indirectamente del suelo. Nos Alajo, (2024) indica que el suelo es una capa en nuestra corteza terrestre, teniendo un sistema estructural heterogéneo y discontinuo, que se llega a desarrollar a partir de la mezcla de materia orgánica, minerales y nutrientes que llegan aportar mucho al crecimiento de organismos y microorganismos. El suelo está compuesto mediante minerales 45% derivados de rocas como: arena, limo y arcilla, aire 25% y la materia orgánica con el 5% derivadas de las plantas, animales y materia vegetal en descomposición y residuos microbianos.

Mediante Aguilar, (2021) la calidad del suelo es un indicador de cómo se encuentra también funciona como almacenador de nutrientes y macronutrientes buenos para el desarrollo vegetativo, este llega a actuar como un filtro en la protección de calidad del agua ya que de ello se depende asegurarlas capas de agua subterránea no lleguen a contaminar ya que estas interactúan entre sí por procesos físicos, químicos y biológicos.

7.2.1. *Textura de suelo*

Según Osorio et al, (2022) la textura de un suelo es la que nos indica el contenido de las partículas que presentan diferentes tamaños, como lo es la arena, limo y arcilla, cuando hay mayores partículas de arena mediante el uso del triángulo estructural de la USDA nos indica que tiene una textura arenosa, lo mismo si fuera en limoso y arcilloso, sin embargo, hay un suelo que tiene el equilibrio de los tres siendo este un suelo de textura franco.

Figura 1.

Textura que presenta el suelo.

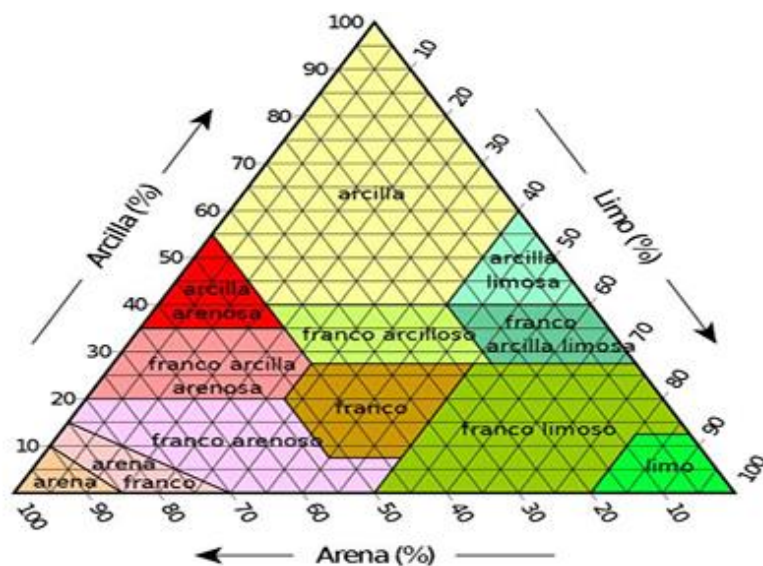


Elaborado por: Osorio et al, (2022).

El suelo se puede trabajar según la textura que presente; mediante ello se determina la composición del agua, del aire y la velocidad con la que llega a absorber el agua el suelo. En los suelos arenosos tiene una mejor facilidad de trabajar, pero con una baja reserva de nutrientes para la vegetación. Mientras que el suelo limoso tiene presencia de gránulos intermedios, es fácil de trabajar y fértil, por último, el suelo arcilloso llega a tener partículas muy finas que llegan a tener una sobre saturación de líquido y no tiene un buen drenaje del agua, pero presenta una mayor cantidad de nutrientes siendo un suelo fértil pero un poco trabajoso cuando no contiene agua Osorio et al, (2022).

Figura 2.

Triangulo estructural de USDA.



Elaborado por: Alajo, (2024).

7.2.2. *Color de suelo*

Por la paleta de colores de Munsell Blanquer et al, (2017) se realiza la comparación con los diferentes colores establecidos, mediante un sistema de notación de colores basado en diferentes parámetros que nos permite llegar a obtener una gama de colores que tiene una variación en función de brillo, matiz y croma. Rojo, marrón, negro o gris son los más característicos y descriptivos del suelo, pero no llegan a ser exactas.

Figura 3.

Paleta de colores Munsell que diferencia los diferentes colores del suelo.



Elaborado por: Blanquer et al, (2017).

Mediante el color del suelo tiene una influencia en el crecimiento de plantas porque depende de la temperatura en el suelo, un suelo claro repele la energía del sol muy diferente en los suelos oscuros que, si absorben ineficientemente la energía del sol un factor más en la época que se encuentre Osorio et al, (2022).

7.3. **Densidad**

La densidad según Gutiérrez, (2010) se puede obtener la porosidad total del suelo. Siendo el peso por el volumen del suelo. Se tiene dos tipos de densidad, real y aparente. En la densidad real, las partículas densas del suelo varían con la proporción de elementos en general está alrededor de 2,65. En la densidad aparente es muy diferente ya que indica que el suelo se encuentra altamente compactado o tener elevado las partículas granulares como la arena. En una densidad aparente baja no indica que el ambiente no sea el favorable en el crecimiento de las plantas.

7.3.1. *Densidad aparente*

La densidad aparente del suelo es la relación en el peso de suelo seco y su volumen total expresada en $g. cm^{-3}$. Esta densidad es dependiendo a la cantidad de partículas sólidas en un volumen del suelo dando como referencia la compactación del suelo, siendo a menor valor la densidad aparente es suelo está menos compactado. Esto también Araujo et al, (2022) refleja

en la capacidad del suelo para dar una proporción en soporte, en el suelo compactado disminuye en su estructura y la capacidad de las raíces en tener una buena formación, siendo esto una baja rendición en la producción vegetativa, también en el flujo del agua, microorganismos y nutrientes llegando a ser limitados.

Figura 4.

Clasificación de las observaciones de capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.

Pobre	Moderado	Bueno	Muy bueno
0	1	2	3
> 1,66 g/cm ³	1,60 – 1,65 g/cm ³	1,40 – 1,49 g/cm ³	1,50 – 1,59 g/cm ³
Suelos compactados, que no permiten un desarrollo adecuado de las raíces	Suelos con una compactación media	Suelos con niveles de compactación bajos, que permiten un buen desarrollo radicular	Suelos con niveles de compactación adecuados para el crecimiento radicular ya que contienen la proporción adecuada de poros de diferentes dimensiones

Elaborado por: Araujo et al, (2022).

7.4. Infiltración de agua

Con respecto a la infiltración del agua llega a tener un rol muy importante ya que el alta máxima en la que el suelo puede llegar a absorber el agua es la capacidad con la que el tiempo hasta alcanzar un valor mínimo constante e flujo Ortiz, (2022). Es muy importante ya que se infiltra por los poros, grietas u orificios entre las partículas más los agregados de partículas en la tierra. Dependiendo la cantidad de captar el agua y el tiempo el cual se demora en absorber, la infiltración se mide en pulgadas/hora o mm/hora.

7.5. Porosidad

La porosidad (pd) dé el suelo tiene como función para contener espacios vacíos (poros) entre las partículas solidadas, estos poros ayudan a la absorción de agua, aire y el crecimiento de las raíces. La porosidad dependerá en cómo está la textura del suelo (arenoso, limoso y arcilloso), su estructura el contenido de materia orgánica. La porosidad es un parámetro de calidad del suelo por la capacidad para mantener el agua permitiendo el intercambio fisicoquímico y biológico entre las fases que presentan el suelo, mediante esto la calidad del medio ambiente ayuda en la salud vegetal y animal González, (2011).

La alteración del espacio poroso, causada por una carga que excede la resistencia del suelo y causa el colapso en los poros, causando un proceso de degradación edáfica, provocando un impacto en el ecosistema también impactos hidrológicos importantes González, (2011).

7.6. Caracterización de diferentes sistemas lecheros en el Ecuador

En el Ecuador ha tomado un impulso sobre la ganadería bovina, contribuyendo de manera lechera y carne. Esta alimentación viene hace mucho tiempo siendo un tema importante en la humanidad, en el caso de la reducción de alimentos permite las dietas a muchos hogares.

7.6.1. Producción de leche

Según Campués, (2019) cerca de 150 millones de familiares alrededor del mundo se dedican a la producción de la leche, en el año 2017 se registró 5 millones de litros diarios. Ecuador, en los últimos años, se ha presentado una dinámica social y económica con la producción de leche considerando que la mayoría de las provincias generadoras de leche en la región sierra que aportó el 64,31% del total de la producción. Los pequeños productores son los que más se dedican a la producción de leche. La producción lechera a nivel mundial desempeña un papel crucial en la economía global y la nutrición humana. La producción lechera a menudo se realiza en pequeñas explotaciones familiares ya que contribuyen significativamente a los medios de subsistencia y seguridad alimentaria de las comunidades rurales Oña et al, (2024).

7.6.2. Recurso pastoril en Ecuador

El pasto es una fuente de alimentación y es base en la nutrición animal. Hay diversos tipos de pastos que están adaptados a diversos climas en el Ecuador. Según Palma et al, (2015) las gramíneas son plantas que constituyen la mayor parte de las áreas en la producción forrajera, el uso de diversas especies o variedad en pastos, tiene una mayor calidad algunas se utilizan mediante cortes, suministro de comedores siendo en forma seca, ensilaje o heno.

En el Ecuador está destinado a la labor agropecuaria como siembras y labores agrícolas, que en año 2022 presentó 5,2 millones de hectáreas, que se dedicaron al cultivo de pastos, permanentes o naturales.

Tabla 2.

Labor de trabajo agropecuario de la producción de pastos.

Uso del suelo	(%)
Pastos cultivados	44,9
Cultivos permanentes	26,4
Pastos transitorios y barbecho	15,4
Pastos naturales	13,3

Fuente: Guapi et al, (2024)

7.6.3. *Pasturas introducidas en la sierra ecuatoriana*

7.6.3.1. **Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)**

El nombre de kikuyo proviene de una etnia del este de África siendo su verdadero origen. El pasto llegó a Ecuador entre 1930 siendo para mejorar el pasto para el ganado. Esta se reproduce mediante semillas y por rizomas. El kikuyo llega a medir 30 a 40 cm de altura, con hojas estrechas de color verde siendo resistente al sobre pastoreo del ganado, fuego y frío. La persistencia de este pasto y buena producción en biomasa se ve limitada durante años, presentando susceptibilidad a las heladas, plagas y hongos Changoluisa, (2013).

7.6.3.2. **Holco (*Holcus lanatus*)**

No siempre se encuentra esta especie a 2500 y 3200 metros de altura mediante precipitación entre 1500 y 2500 mm, es buena para cualquier tipo de suelo, tiene una baja nutrición y se pastorea en rotación de 35 a 42 días. Este se llega a ser mala hierba, pero si tiene una asociación con el trébol en climas fríos es favorable para conservar el suelo evitando la erosión. El holco puede llegar a medir hasta 60 cm de altura, tiene las raíces superficiales muy profundas Sigüencia, (2025).

7.6.3.3. **Pasto azul (*Dactylis glomerata* L)**

Este tipo de pasto se da en climas fríos y también templados, es bastante brumoso tolerando la sombra. No soporta los calores intensos, tiene una buena resistencia a la sequía. El pasto azul resiste bien en los páramos, 2500-3600 msnm. El pasto azul crece mejor en un suelo franco poco exigente de fertilidad, una buena resistencia a la acidez. Este pasto no se llega a adaptar en suelos alcalinos o erosionados. Llegando a necesitar suelos con un buen drenaje ya que no resiste el exceso de humedad Lascano et al, (2019).

7.6.3.4. **Trébol (*Trifolium repens*)**

Según Sigüencia, (2025) el trébol blanco crece a una altitud 1500 y 3500 m.s.n.m. siendo una leguminosa perenne y herbácea, esto facilita la propagación rápida y duradera, resiste el pisoteo y siendo una aportadora de nitrógeno para el suelo, este trébol llega a producir 10 TM/MS/Ha/año.

7.6.3.5. **Alfalfa (*Medicago sativa*)**

Este se utiliza mejor en zonas entre 1500 y 2500 msnm, con sequías largas y fuertes de agua de riego escasa, tiene un valor nutritivo de 24% en proteína, una buena profundidad en raíces y también fija el nitrógeno mediante la simbiosis Rivera, (2022).

7.6.3.6. Rye Grass Perenne (*Lolium perenne*)

Llega a presentar una vida corta, llegando a crecer entre 10 y 80 cm de altura, tiene tallos ligeramente comprimidos, las hojas con una longitud de 3 a 20 cm y de ancho 2 a 6 mm. La raíz es fibrosa resistiendo temperaturas templadas y templado frio, no tolera el calor y la sequía Quilumbaquin, (2014).

En la región sierra se registró estos tipos de pasturas que fueron introducidas, la producción de forraje está dirigida para la alimentación de los animales y su disponibilidad a lo largo de los años con un buen aporte nutritivo, pero no todos disponen de un mejor pasto para una mejora nutritiva y la cantidad de biomasa que debe aportar al ganado Guapi et al, (2024).

8. HIPÓTESIS

Ha: La relación significativa entre las propiedades físicas del suelo mantiene una relación con el rendimiento de biomasa y producción de leche en el sistema lechero familiar en Latacunga.

Ho: La relación significativa entre las propiedades físicas del suelo no mantiene una relación con el rendimiento de biomasa y producción de leche en el sistema lechero familiar en Latacunga.

9. METODOLOGÍA

9.1. Suelo

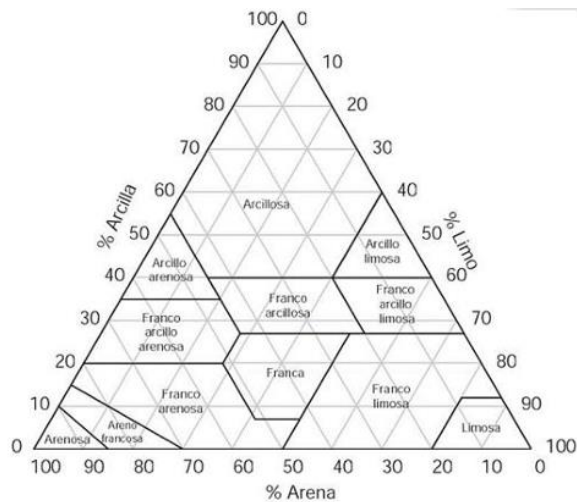
Mediante visitas a cada uno de los predios de los siete productores familiares vinculados al programa UTC en el cantón Latacunga de las diferentes parroquias como (Toacaso, Joseguango Bajo y Aláquez) se ejecutan mediante un análisis in situ de las propiedades físicas del suelo, biomasa vegetal y producción de leche a cada uno de los productores que se realizó las muestras cada tres semanas de cada mes.

9.1.1. Textura del suelo

Para la muestra de la textura de suelo se realizó un hoyo con una pala para la muestra de 300 g, colocando en un vaso de precipitación más 600 ml de agua colocando gotas de limón y el bicarbonato mezclando y dejando reposar por dos horas. Mediante el reposo el total del suelo llega a equivaler el 100% de suelo y guiando en los ml del vaso de precipitación por ejemplo el total del suelo es de 400 ml y la cantidad de arena es de 100 ml el porcentaje de arena representa al 25% de arena, de 100 a 350 ml representa al limo que equivale al 63% y el restante es de 350 a 400 ml representa a arcilla en un 12%, mediante estos datos se guiará en el triángulo estructuras de USDA y se obtendrá la textura que tiene el suelo.

Figura 5.

Diagrama de las diferentes texturas de suelo triangulo estructural de USDA.



Elaborado por: Fetilab, (2016).

9.1.2. Densidad Aparente

Este método procede con un hoyo pequeño (10x10x10 cm = 1000 cm³) se obtiene la muestra en una bolsa de cartón en campo pesando, posterior mente de reposar tres días de secado se debe volver a pesar en seco para realizar el siguiente cálculo para la obtención de la densidad aparente.

Calcula:

$$D_p = \frac{\text{Peso seco } g}{\text{Volumen } cm^3} = \text{densidad aparente } \frac{g}{cm^3}$$

9.1.3. Infiltración de agua

Para la muestra de infiltración con una lata que debe estar en el suelo a una profundidad de 5 cm para la colocación del agua de 400 ml y con el teléfono se observa el tiempo cuanto se demora en absorber, al pasar un tiempo de 30 min tiene una presencia de baja o, al contrario de 5 min es buena la absorción del agua podría deberse a los suelos arenosos.

9.1.4. Porosidad

Con una o tres muestras de suelo de 100 gramos al azar en una hectárea de los productores con unos tres terrenos de las muestras que se sumergirá los terrones en el agua por 1 minuto mediante eso se calculará el total de burbujas que se obtuvo de cada uno de los terrones se suma y se dividirá al total de terrones para saber si tiene una alta cantidad de burbujas que presentara una buena aireación, en el caso de ser baja la cantidad de burbujas presenta una leve compactación en el terreno de los productores.

9.1.5. Biomasa

Mediante la selección del área representativa de la hectárea del productor se recolectará muestras al azar evitando bordes y zonas con sombra/agua, mediante esto se realizará un cuadrante de 0,50 m² (0,50m × 0,50m) usando la cuerda, luego, se debe cortar todo el forraje del cuadrante al ras del suelo, mediante esto se debe pesar el forraje y luego de tres a cinco días de secado se debe otra vez pesar.

Cálculo:

$$Biomasa = Pf \times \%MS = \frac{kg MS}{m^2}$$

$$Producción\ por\ hectárea = Biomasa \times hectárea = \frac{kg MS}{ha}$$

9.2. Interpretación de resultados

9.2.1. Diseño del estudio

Tipo de investigación: Cuantitativa, correlacional y explicativa.

Enfoque: Mecanicista-empírico adaptado al contexto agropecuario.

Unidad de análisis: Parcelas productoras de leche con pasturas establecidas.

9.2.2. Selección de zonas de estudio

Comunidades representativas del cantón Latacunga: Aláquez, Mulaló, Joseguango Bajo.

Criterios: Altitud, tipo de suelo, sistema de manejo, acceso al agua.

9.2.3. Caracterización de las propiedades físicas del suelo

Textura: Método del hidrómetro.

Densidad: Método del cilindro.

Infiltración: Método del doble anillo.

9.2.4. Evaluación de la producción de forraje

Biomasa aérea: Corte en cuadrantes de 0,50 m².

Frecuencia de corte: Cada hectárea se debe tomar 1 muestra de forraje seleccionada al azar.

Especies predominantes: Ryegrass, trébol, kikuyo.

Contenido de materia seca: Secado en estufa a 65 °C.

9.2.5. *Análisis estadístico*

Correlación de Pearson: Para evaluar la relación entre variables físicas del suelo y producción de forraje.

Boxplots y ANOVA: Para comparar zonas y detectar diferencias significativas.

Regresión lineal múltiple: Para modelar el impacto de las propiedades del suelo sobre la biomasa.

Interpretación y validación

Comparación con estudios previos en Latacunga.

Validación cruzada con datos de campo y entrevistas a productores.

9.3. **Diseño Factorial**

Estadística descriptiva: Se representará mediante gráficos y tablas las medidas de tendencia central y variabilidad de cada uno de los factores cuantitativos.

Correlación de Pearson: Para evaluar la relación entre variables cuantitativas físicas del suelo y producción de forraje.

Análisis de Componentes Principales: Se realizará este análisis para reducir la dimensionalidad de los datos y encontrar patrones ocultos entre las variables físicas del suelo, la biomasa y la producción de leche.

Diseño Factorial. Se evaluará el efecto combinado de múltiples factores cuantitativos y cualitativos en la variable de respuesta producción de leche. Se considerará los factores físicos del suelo, la biomasa del forraje, con la producción de leche.

El análisis estadístico se realizará con el software R (versión 4.3.1; R Core Team, 2023), utilizando los paquetes.

10. **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Mediante los resultados obtenidos de 7 productores en las diferentes parroquias de: Toacaso, Joseguango bajo y Aláquez fueron 33 muestras de suelo y forraje que se analizaron en el transcurso de los tres meses, que se realizó en cada uno de los terrenos de los productores, ya que el cuarto productor tiene 4 terrenos y el sexto tiene 2 terrenos mientras que los otros productores solo tienen un terreno. Como el diseño de muestra presento una estructura de rango con diferentes niveles de observación (Tabla 3).

Tabla 3.

Estructura de los productores y numero de muestras realizadas en campo.

Nivel	Factor	N. de niveles	Observación
1	Productores	7	Colaborador
2	Terrenos	11	Muestras de los lugares
3	Muestras	33	De cada mes obtenidas

Elaborado por: (Molina, 2026).

10.1. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo son fundamentales para la capacidad de sostener el pasto, en la textura del suelo es la capacidad de tener arena, limo y arcilla que determina la retención del agua que puede tener el suelo y su desarrollo de la raíz. En la estructura que influye en la aireación mediante un intercambio de gases que llega a permitir la oxigenación y en infiltración que son partículas que dan paso al agua en el suelo para el desarrollo del pasto. En densidad aparente indica la compactación que tiene el suelo.

En infiltración mostro que casi todos los productores (PI, PII, PIII, PV, PVII) tuvieron una baja infiltración entre $(4,6\pm 7,6)$ que podría deberse a un suelo franco arenoso que no puede retener el agua, en el caso de los productores (PIV y PVI) tienen una mejor infiltración entre $(21,3\pm 23,5)$ en el productor 4 (PIV) el presento un suelo arcilloso que si retiene el agua pero tiene riesgo de presentar una leve compactación al no tener un manejo adecuado de drenaje y el (PVI) un suelo franco arenoso. Mientras que en la porosidad de igual manera los productores (PIV y PVI) con un resultado entre (27 ± 36) mostrando una similitud con la infiltración. En el caso del productor I se presentaría una limitación a largo plazo, mediante un aporte de materia orgánica para que la porosidad no sea $(>40-50\%)$ e infiltración $(>10-20 \text{ cm/h})$ ya que puede tener una mayor degradación en los suelos de los pequeños productores. Según Evas et al, (2024), la tasa de infiltración en Toacaso muestra una respuesta inicial rápida, alcanzando los 480 mm en el primer minuto de la medición. El análisis de la curva de infiltración del agua revelo que el suelo se clasifica como arenoso, con una capacidad de absorción media y homogénea. La tasa de infiltración está determinada en gran medida por los poros del suelo, que son un aspecto definitorio de su textura. Con base en estas observaciones, se calculó que la tasa media de infiltración fue de 50,98 mm/h, con un mínimo de 30 mm/h. Estos hallazgos respaldan aún más la clasificación del suelo como arenoso, dada su alta tasa de infiltración y dispersión.

Tabla 4.

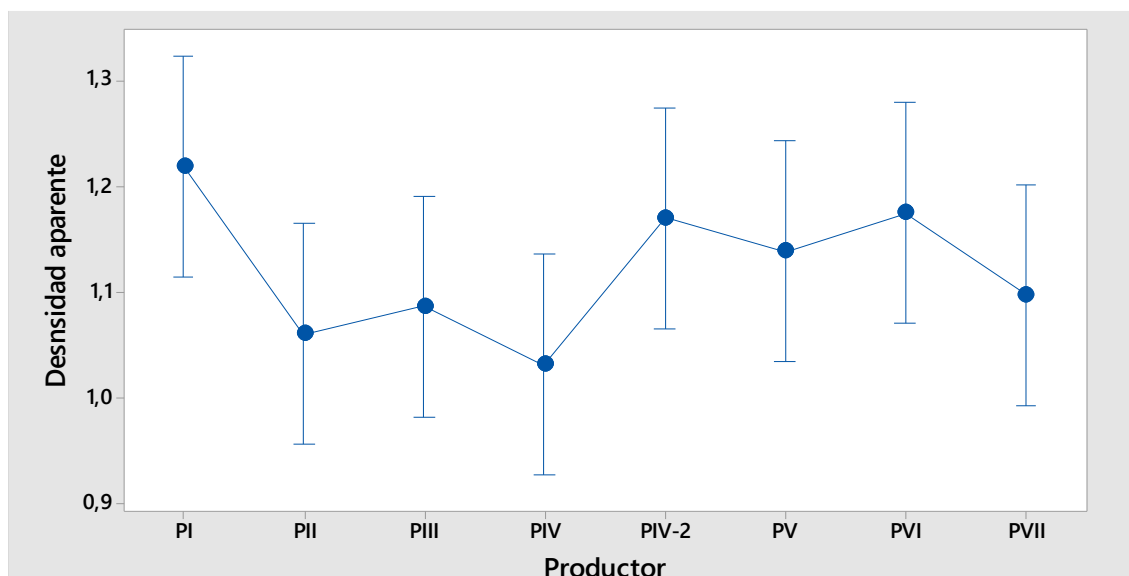
Características entre las propiedades físicas del suelo entre los diferentes productores.

Productores	Infiltración	Porosidad	N. Terrenos
PI	7±0,39	100±0	1
PII	7,6±0,58	79±15,71	1
PIII	4,6±0,60	132±9,50	1
PIV	23,5±12,97	36±21,38	4
PV	4,7±0,73	104±18	1
PVI	21,3±12,87	27±21,8	2
PVII	4,9±0,91	84±8,50	1

Elaborado por: Molina, (2026).

Figura 8.

Mediante este grafico se mostrará la media de densidad aparente entre los diferentes productores.



Elaborado por: Molina, (2026).

Mediante la prueba de Tukey presento un nivel de confianza individual de 99,68%, en las comparaciones muestra que ningún valor p son menores a (0,05), demostrando que no muestra una diferencia estadísticamente significativa en la densidad aparente en los productores. Con la confirmación de los valores observados entre medias que fueron atribuidas a la variabilidad de las muestras y no efectos reales a los productores en la propiedad física. Todos los productores presentaros rangos numéricos, entre productor 4 (PIV)- productor 1 (PI)

($-0,188 \text{ g/cm}^3$) y PVI-PIV ($0,144 \text{ g/cm}^3$) siendo estas que no alcanzaron significancia estadística ($p= 0,194$) y ($p= 0,480$), estas no son relevantes en la gráfica, siendo el caso de una estructura homogénea del suelo en los productores. Según Cerna, (2005), mediante la densidad aparente obtenemos la dureza que tiene el suelo puede ser en los bosques o pastos con ($1,2$ a $1,26 \text{ g/cm}^3$) que es baja mientras que en suelos arcillosos son ($1,0$ a $1,2 \text{ g/cm}^3$) mientras que no presente una porosidad menor o un incremento en la densidad se comenzara a compactar los suelos, como el algunos de estos presentaron una leve compactación debido a diferentes factores.

Con una densidad de ($> 1,1 \text{ g/cm}^3$) ya presenta una leve compactación en el suelo algunos de los productores no llegan a presentar un mayor porcentaje. En este caso el productor IV presenta una densidad baja y una positividad en infiltración y porosidad, también los productores III y IV del terreno 2 reflejaron una sostenibilidad en los suelos reduciendo la erosión y el crecimiento del forraje.

10.2. Producción de biomasa

En la producción de biomasa de forraje siendo la cantidad de materia vegetal para un determinado tiempo en los sistemas lecheros, tomado en cuenta el área determinada, manejo adecuado del pastoreo, una fertilización optima en el suelo para el desarrollo del forraje con una buena disponibilidad de agua.

En la tabla 5 se observó una variabilidad entre los cinco productores (PI, PII, PIII, PV, PVII) que mostraron una baja producción y homogeneidad entre ($0,12 \pm 0,17$) podría deberse a que algunos de los productores tienen pastos viejos y un poco fertilización que no aportan la suficiente alimentación que requiere el ganado lechero o a condiciones que presenta el suelo. En el productor (PVI) tuvo un mejor promedio que los demás ($0,33$) siendo una buena producción de forraje del área muestreada, pero en la desviación estándar es menor ($\pm 0,28$) mostrando que tiene una diferencia entre los dos terrenos que presenta este productor.

En el caso de la biomasa por la hectárea y la capacidad de animales que tiene los productores es moderado el rango debido a factores en el suelo, nutrientes o pastos viejos ($1387,5 \pm 1595,2 \text{ kg/ha}$). El productor (PVI) que sigue presentando un buen resultado ($3374,8 \text{ kg/ha}$) siendo un buen manejo del forraje y relación con los factores del suelo. En caso de la desviación estándar mostro que ($\pm 2867,0$) puede deberse al otro terreno que tiene el productor siendo un problema en el manejo ya que no aporta el alimento necesario para el animal. En el productor (PIV) el que mostro un bajo resultado de biomasa por hectárea ($1146,6 \pm 618,4 \text{ kg/ha}$) podría deberse ya que presenta un suelo arcilloso que es muy susceptible al agua y causando

una compactación y un mal desarrollo del forraje. Zambrano, (2021), mediante el rendimiento de las gramíneas en materia seca presento en época de lluvia (5895,20 kg/MS/ha) y mientras que en época de sequía (3763,10 kg/MS/ha), en el caso de las gramíneas presentaron proteína bruta de (13,80%) al contrario de la otra con (11,40%) en su alimentación durante el año.

Tabla 5.

Caracterización de la producción de biomasa de los forrajes en cada uno de los productores.

Productores	Biomasa	Biomasa Ha	N. Terrenos
PI	0,17±0,05	1448,3±154,5	1
PII	0,13±0,05	1387,5±518,4	1
PIII	0,17±0,05	1432,5±672,7	1
PIV	0,12±0,07	1146,6±618,4	4
PV	0,17±0,05	1595,2±255,1	1
PVI	0,33±0,28	3374,8±2867,0	2
PVII	0,13±0,05	1420±412,4	1

Elaborado por: Molina, (2026).

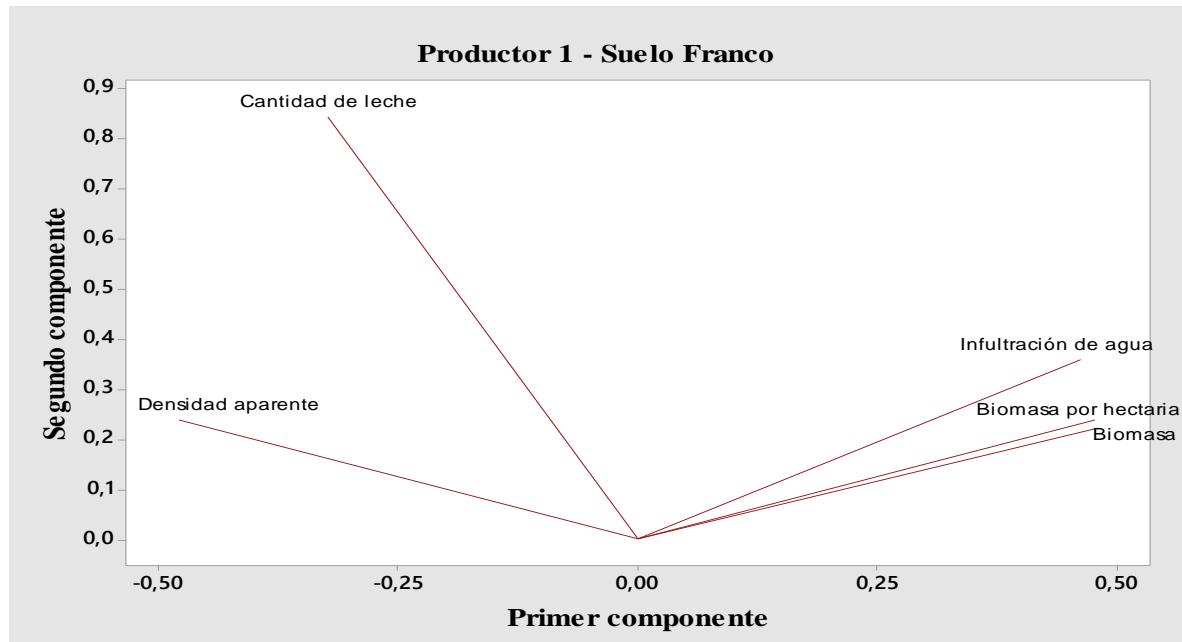
10.3. Relación entre suelo-forraje-producción.

La relación entre las propiedades físicas del suelo que permite el crecimiento de los pastos, que aumenta la productividad de la leche. La presencia de un forraje optimo y que aporta a la alimentación del ganado en el caso de no presentar una relación con el suelo se presentaría una compactación que no permite adecuadamente el crecimiento del forraje de manera adecuada para el ganado lechero y siendo una baja productividad.

Mediante los diferentes suelos que presentan los productores entre franco-arenoso y arcilloso, presentan una buena captación de agua y nutrientes, pero con una leve compactación de suelo podría deberse a un sobre pastoreo, Según Palacios et al, (2017), está conformado por tres hectáreas que debe llevar 8 animales, pero debe ser bajo un manejo intensivo o controlado la subutilización de los pastos debido a la cantidad de animales provocando un poco de disponibilidad de la alimentación que necesitan causando un sobre pastoreo y afectando al suelo directamente con una baja infiltración de agua o compactación.

Figura 6.

Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del primer productor.

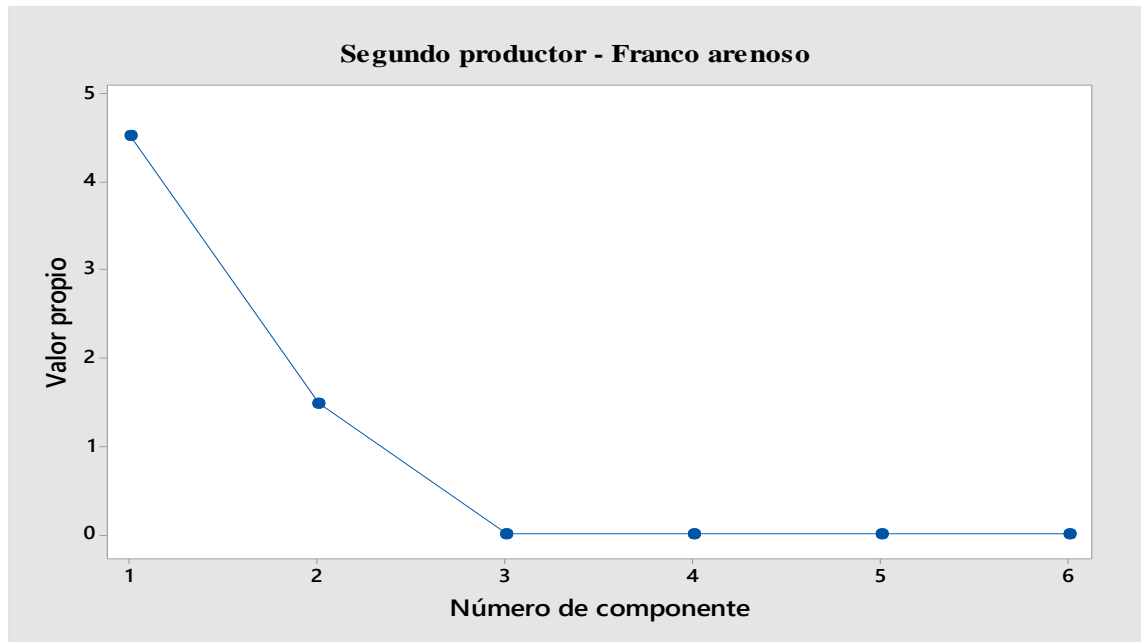


Elaborado por: (Molina, 2026).

Esta figura se identificará las variables del suelo franco, forraje y producción, PC1 entre producción de la biomasa (0,478), en biomasa por hectárea (0,476) e infiltración (0,462) estas tres se asocian de manera positiva, mientras que en caso de la densidad aparente es (-0,477) negativa siendo esto un índice en la compactación del suelo o un mal manejo del ganado. PC2 en el caso de la producción de leche entre (0,842) mediante esto indica que varía respecto a los factores físicos del suelo, podría deberse a la genética del ganado o a una alimentación necesaria de suplementos o a la calidad de pastos que se le proporciona al ganado. PC3 la biomasa por la hectárea (-0,735) y la infiltración de agua esto se podría deber a la diferencia del suelo franco que debe haber un equilibrio con la absorción de agua mediante esto el suelo franco muestra un equilibrio entonces el déficit como la presencia de excesos hídricos pueden afectar de manera negativa a la producción de forraje.

Figura 7.

Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del segundo productor.



Elaborado por: (Molina, 2026).

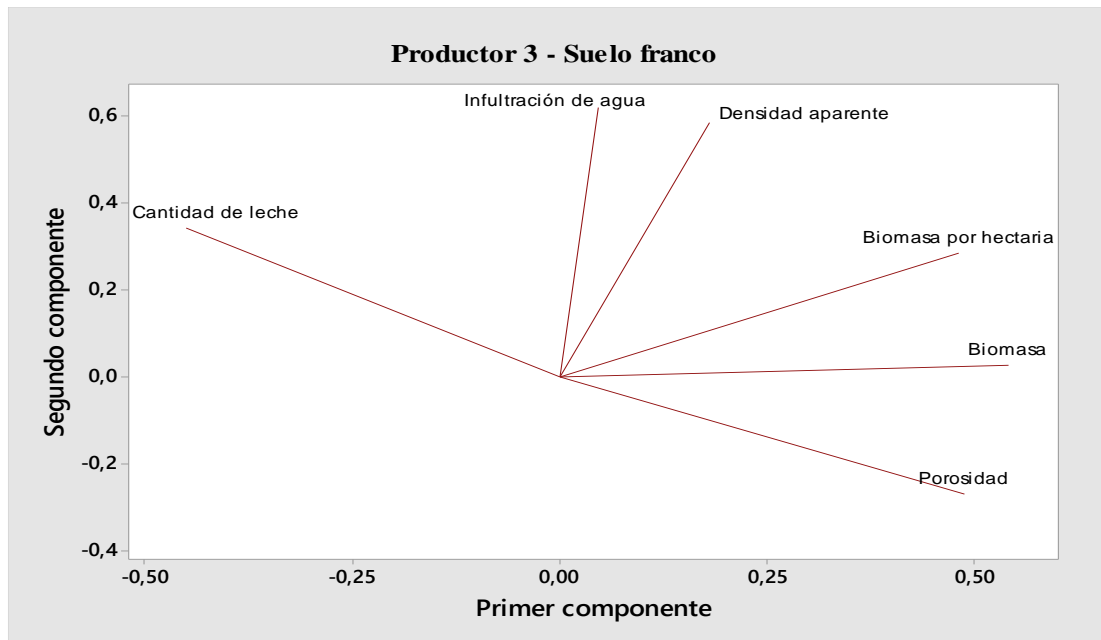
En el segundo productor con un suelo franco arenoso en el PC1 que su biomasa por hectárea tiene (0,471) en biomasa (0,450) y la densidad aparente de (0,461) estos resultados son positivos siendo la porosidad ayuda a un buen crecimiento radicular y el crecimiento de forraje es óptimo, en la infiltración del agua es negativo (-0,394) al igual que la cantidad de leche (-0,375) indicando que el control hídrico es clave para la producción de forraje. En el PC2 la porosidad (0,684) indicando que tiene una buena aireación para el suelo, esto favorece a la producción de la leche (0,495) indirectamente con el crecimiento óptimo del forraje y con una buena nutrición animal. PC3 indica que la densidad aparente (-0,758) e infiltración de agua (-0,461) son negativas pero la porosidad es positiva (0,435) pero no favorece al suelo, mediante este presenta una compactación de suelo ya que disminuye la infiltración del agua, presentando que el suelo franco arenoso es delicado al mantener a los animales en un mismo lugar. En el PC4 mantiene una asociación de biomasa (-0,444) y por la hectárea (0,743), mostrando que no es necesario la cantidad total del forraje que puede deberse a un crecimiento mejor en ciertas partes del terreno.

En el caso de PC5 Y PC6 su biomasa total (0,760) y presenta una dominación en la cantidad de leche (-0,760) estos presentan una relación, pero en su parte global fue reducido, podría deberse a factores del manejo o suplementación.

En el caso del productor 2, con un suelo franco arenoso, con factores buenos en infiltración y porosidad, de igual manera, no tuvo relación con la producción de leche y fue baja (0,10-0,15). En este suelo se puede tener una mejor infiltración y porosidad, pero tiene una mayor pérdida de agua y nutrientes que beneficia a la alimentación del ganado lechero. Según (Cerna, 2005), presenta que los poros que se presentó en los pastos es entre 42 y 44 % que es bajo, pero en suelos arcillosos es del 58%, debido a la compactación la presencia de los poros se disminuya y queden los finos, siendo una menor aportación del agua y aire.

Figura 8.

Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del tercer productor.



Elaborado por: (Molina, 2026).

Mediante el análisis del tercer productor indica que PC1 está confabulado con la biomasa (0,541) mientras que por la hectárea (0,481) y la porosidad de (0,488) estos presentan una positividad de manera moderada. Siendo esto de la porosidad es una asociación directamente en la producción de biomasa por hectárea. En el caso de los suelos francos presenta unas condiciones físicas óptimas, en todos los aspectos de investigación. Solo que en la cantidad de leche (-0,451) fue negativa siendo el caso que el crecimiento del forraje no aporta los nutrientes necesarios para una mejor producción de leche.

En la PC2 la infiltración del agua (0,619) y densidad aparente (0,586) fueron positivas, indicando que la relación entre la filtración del agua sea favorable indica que la compactación del suelo sea rápida al igual de pérdida de agua. En biomasa por hectárea (0,286) y producción

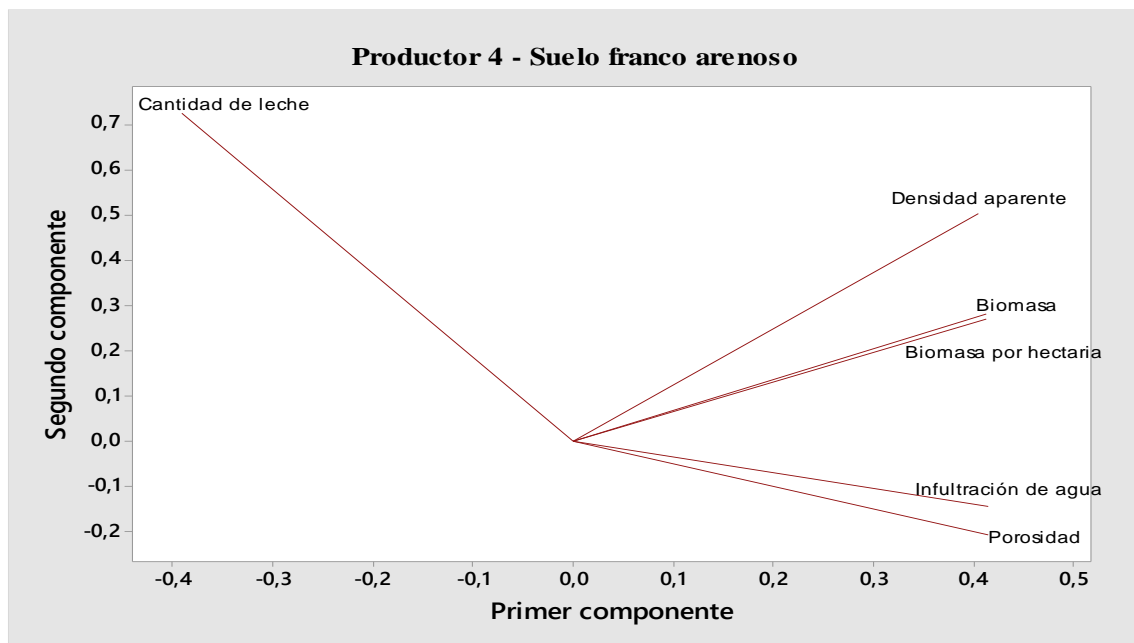
de leche (0,343) siendo este un componente que contribuye, pero en menor magnitud, indica que influye el comportamiento hídrico del suelo. En porosidad fue negativa (-0,270) lo que indica que la porosidad favorece el crecimiento del forraje.

En el PC3 la porosidad fue positiva (0,496) y en el caso de biomasa por hectárea fue negativa (-0,502) también en porosidad (-0,413) e infiltración del agua (-0,251) de igual manera son negativas, muestra que estos resultados indica que la compactación de suelo reduce el crecimiento de la productividad forrajera. En caso de PC4, la porosidad (-0,543) y cantidad de leche (-0,612) mediante estos dos negativos indica que influye mucho el cambio en las propiedades físicas y un forraje con poca nutrición.

En el tercer productor de igual manera es un suelo franco y presento una equilibrarían porosidad (0,50), biomasa (0,41) y por hectárea (0,30) con una poca relación con la cantidad de producción de leche (0,48). Puede deberse a una buena homogeneidad y un forraje que tenga los nutrientes que necesita a la producción de leche.

Figura 9.

Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del cuarto productor.



Elaborado por: (Molina, 2026).

En el productor 4 en PC1 indica que es positiva (0,404), infiltración del agua (0,415), la porosidad (0,414), biomasa (0,412) y por hectárea (0,412), en el resultado obtenido de la figura 10 indica que presenta las propiedades físicas y producción del forraje de manera óptima.

Siendo un suelo franco arenoso presenta favorables resultados al crecimiento de la producción de forraje para la alimentación del ganado. Pero en producción de leche fue negativa (-0,392) esto nos muestra que no tiene relación con las propiedades físicas del suelo, si no siendo un factor de manejo de los animales.

En PC2 indica que es positivo (0,727) de igual manera la porosidad (0,504), biomasa (0,282) y por hectárea (0,270). Indicando que el productor si tiene una asociación con el suelo con la producción de leche ya que presenta una densidad aparente moderada, pero con niveles bajos en porosidad (-0,209) e infiltración de agua (-0,144), indicando que con una buena estructura favorable ayudaría mucho en el forraje, sin que mejore las propiedades de filtración en el suelo.

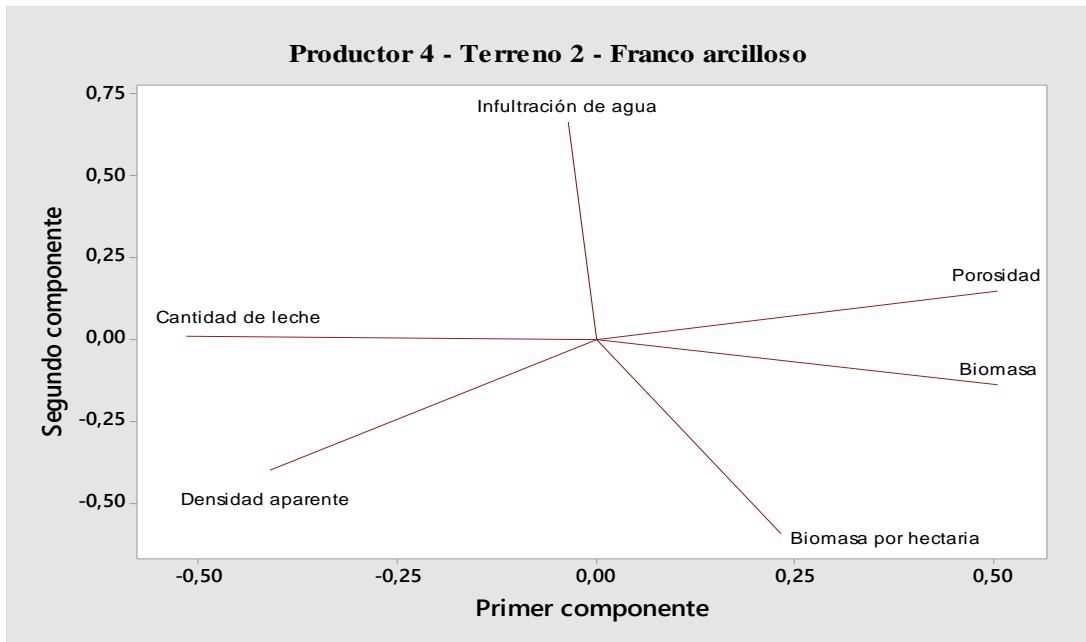
El PC3 indico que la biomasa fue positiva (0,488), pero en porosidad y cantidad de leche fueron negativas (-0,617) y (-0,487) esto muestra que con la obtención de biomasa obtenida disminuye en cuanto su infiltración es elevada y su rápida perdida debido a los suelos franco arenosos.

En el cuarto PC4 muestra una porosidad (-0,549) e igual en cantidad de leche (-0,542) negativas pero el caso de densidad aparente es positivo (0,399). Esto tiene como un efecto indirecto en la producción de leche con la producción de biomasa baja debido a cambios físicos en el suelo.

En el cuarto productor tubo una diferencia ya que tiene dos terrenos un franco arenoso y arcilloso. En el primer terreno con una densidad aparente (0.40) y de igual manera fue alta, pero de igual manera la producción de leche no tiene relación poco con los factores físicos.

Figura 10.

Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del cuarto productor.



Elaborado por: (Molina, 2026).

En el terreno dos que presenta el productor cuatro es un suelo franco arcilloso, en el PC1 presenta una dominancia en porosidad (0,504) en biomasa (0,505) son positivas, pero en la densidad aparente es negativa (-0,411). En caso del suelo franco arcilloso la porosidad ayuda mucho en el crecimiento radicular del forraje, pero en densidad aparente indica una leve compactación del suelo afectando al crecimiento óptimo del forraje por eso presento una baja producción en biomasa por hectárea (0,233) ya que el desarrollo no se presentó positivamente en su totalidad si no que ciertas partes fueron menores el crecimiento. En el caso de la cantidad de leche (-0,516), muestra que no está relacionado con la producción de biomasa si no a otros factores del manejo del productor. En la infiltración del agua (-0,036) muestra que los suelos franco arcillosos tienen una buena captación de agua y muestra que la infiltración negativa no es un factor principal de la variable.

En el PC2 si presento una positiva influencia (0,665) pero en biomasa por hectárea fue negativa (-0,595) y densidad aparente (-0,404). En caso del suelo arcilloso no indica que una buena absorción de agua aumente en producción de forraje en su superficie, que este suelo puede generar una saturación del agua, la limitación de la aireación y poco crecimiento de la raíz. En el caso de la porosidad (0,146) siendo poca su aportación.

En el caso de PC3 presenta una biomasa positiva (0,657) y densidad aparente (0,546)

en la biomasa por la hectárea fue negativo (-0,514), en el caso de una baja biomasa no indica que sea en su totalidad si no en ciertas partes debido a una leve compactación del suelo ya que puede ser muy variable la condición del suelo arcilloso.

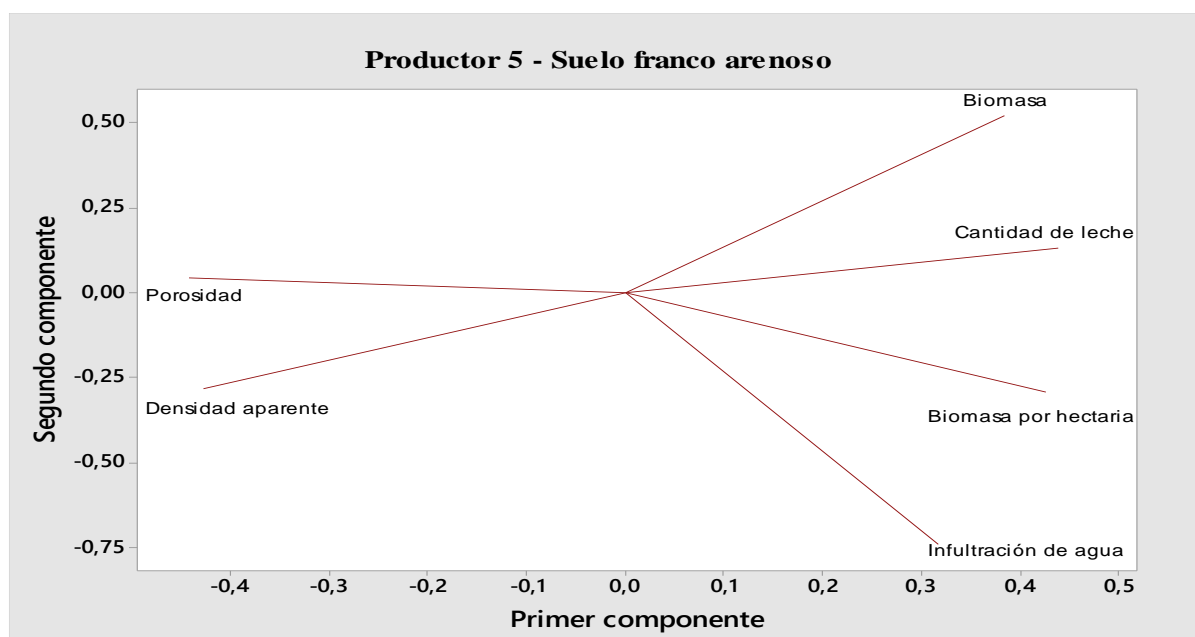
Debido al PC4 y PC6 muestra que no tiene una proporción en la variable, en PC4 muestra que una negatividad en porosidad (-0,651) pero en la infiltración es positiva (0,546) indica mediante los resultados presenta un leve desequilibrio en el suelo, en el PC6 muestra una negatividad (-0,788) que no muestra una relación con la condición físico de suelo.

En la comparación de los dos terrenos del productor cuatro indica que el terreno 1 franco arenoso es muy estable y productiva pero menos sensibles a los cambios estructurales, pero con una debida perdida hídrica, en el caso del terreno 2 franco arcilloso, este presenta una dependencia a la porosidad y una sensibilidad en la densidad aparente y la infiltración del agua. Mediante estos dos terrenos se debería realizar un manejo para cada uno con una mejora en la estructura del suelo que optimiza la producción de forraje para el ganado.

Mientras que el terreno arcilloso en la porosidad (0,58) y biomasa por la hectárea (0,78) y cantidad de leche (0,68) tiene una asociación buena ya que presenta una retención de agua y que el suelo tiene una buena caracterización física y la producción buena de forraje y aporta a la proactividad animal.

Figura 11.

Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del quinto productor.



Elaborado por: (Molina, 2026).

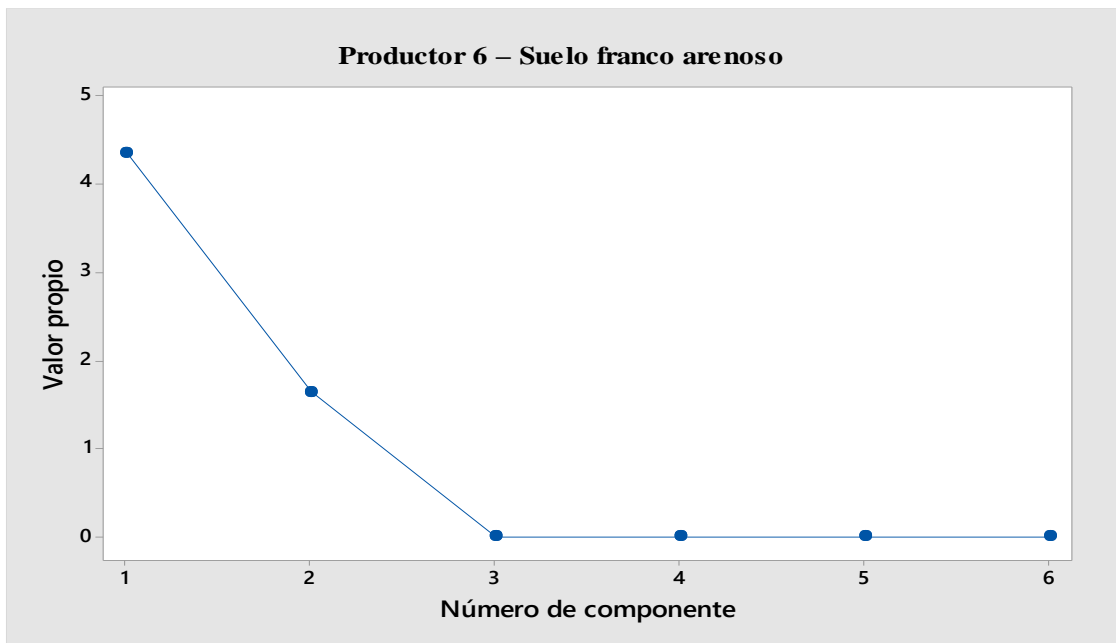
El productor 5 tiene un suelo arenoso, mientras en el PC1 tuvo resultados tanto positivos como negativos en la biomasa por hectárea (0,425) y con la cantidad de leche (0,385) con una infiltración de (0,318) siendo en el caso de densidad aparente (-0,426) y porosidad de (-0,442). Con una buena circulación hídrica en el suelo y la producción de forraje siendo óptima, pero con vales bajos en suelo debido a una compactación y poca retención de agua. En el caso de PC2 presento una dominancia, pero de manera negativa en la infiltración (-0,739) al contrario una biomasa buena (0,521), mientras que por hectárea fue negativa (-0,290), en la densidad aparente (-0,281) y en la cantidad de leche fue moderado (0,131). En el suelo presenta una infiltración excesiva siendo esta la que limita el crecimiento optimo del forraje ya que la absorción del agua es rápida y de igual manera se percolación en un suelo franco arenoso.

Una observación que se dio en el PC1 y PC3 fueron diferente los resultados una negativa (-0,442) y positivo (0,578) siendo esto que no tiene un efecto productivo de forraje ya que puede depender de otras interacciones físicas. En el caso de PC3 la biomasa por la hectárea es positivo (0,777) en esto podría deberse a una eficiencia efectiva, pero se asocia por el manejo de pastos y una buena fertilización del suelo. Una observación del suelo franco arenoso tiene una dependencia parcial zen las condiciones edáficas ya que el manejo adecuado del terreno presenta resultados óptimos.

En el quinto con un suelo franco arenoso que mantiene una asociación buena con la biomasa (0,39), por hectárea (0,43) y la cantidad de leche (0,44) solo que en la densidad aparente es negativa (-0,43) pero la infiltración del agua es positiva podría deberse a la absorción del agua de manera rápida pero no llega aportar los nutrientes necesarios en el forraje y con eso a una producción de leche moderada dependiendo de suplementos alimenticios para suplir lo que falta en el forraje.

Figura 12.

Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del sexto productor.



Elaborado por: (Molina, 2026).

En el componente PC1 siendo de manera positiva en la densidad aparente (0,476), infiltración de agua (0,479) de manera moderada la cantidad de leche (0,344). Mientras que de manera negativa esta la porosidad (-0,445), biomasa (-0,342) y por hectárea (-0,333).

Mostrando que el suelo franco arenoso la asociación de densidad aparente con la hídrica siendo esto una reducción sobre el porcentaje de biomasa o por hectárea que son menores. En el suelo arenoso tiende a tener una breve absorción de agua siendo una limitación de crecimiento y desarrollo óptimo del forraje. En la cantidad de leche (0,344) es moderada siendo que no muestra una dependencia a la producción de forraje también al manejo adecuado de los animales.

El PC2 tiene una buena productividad de biomasa (0,546) en biomasa por hectárea (0,561) y la cantidad de producción de (0,542) pero la porosidad es negativa (-0,290) pero normal, en densidad aparente (0,086) con la infiltración del agua (0,035). Aun que se presenten variaciones físicas en el suelo la producción de biomasa no presenta un problema en producción de leche si no que presenta una relación igual con biomasa por hectárea, siendo esto un manejo adecuado.

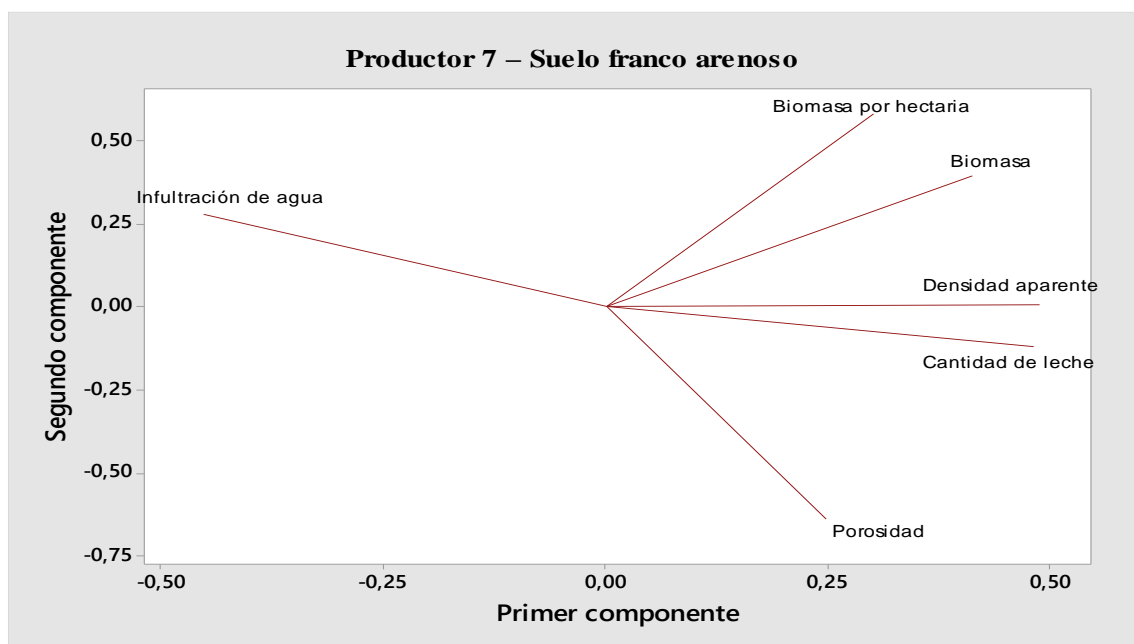
En caso de la PC4 hay una positividad en infiltración de agua (0,665) y de igual manera la biomasa se presenta positiva (0,562), mostrando que la infiltración es algo clave en tiempo

de lluvia y con la combinación de los demás factores para el desarrollo del forraje. En caso de la producción de leche en PC3 fue negativa mostrando que no necesariamente se relaciona con forraje y suelo puede deberse a otros factores.

En el terreno 6 igualmente un suelo arenoso pero que tiene una buena relación en el suelo y la biomasa (0,54), por hectárea (0,48) y cantidad de leche (0,48) mantienen un equilibrio adecuado para una alimentación adecuada del ganado.

Figura 13.

Discusión de las variables físicas del suelo, biomasa y producción de leche del séptimo productor.



Elaborado por: (Molina, 2026).

En el productor PC1 tal como muestra la figura muestra una carga positiva la densidad aparente (0,483), cantidad de leche (0,483), biomasa (0,413) y por hectárea (0,302). Se encuentra solo la infiltración en carga negativa (-0,452). Muestra que la densidad aparente tiene una relación entre biomasa y por hectárea más producción de leche, en el caso de la infiltración a menor penetración del agua, se mantiene una humedad y ayuda con el crecimiento del forraje.

PC2 presenta una biomasa por hectárea (0,583), biomasa (0,397) y la infiltración (0,282) en este caso la porosidad fue negativa (-0,639) y una presencia de densidad Parente nula. La producción de biomasa muestra en este caso que tiene un mejor desarrollo ya que la porosidad es negativa puede deberse a una mayor macroporos que ayudan un una aireación y adecuada perdida del agua en el suelo.

En séptimo productor con un suelo franco arenoso que su densidad tiene (0,49) con la cantidad de leche (0,48) con la presencia de una negatividad en infiltración del agua y porosidad, mantiene un equilibrio optimo con el suelo y el crecimiento adecuado del forraje que ayuda a la producción de leche.

Tabla 6.

Comparación de resultados de laboratorio.

	Densidad	Infiltración	Porosidad
Muestras	media	media	media
1	1,115	6,1	95,2
2	1,13	22,8	40
3	1,168	20,95	30,5

Elaborado por: (Molina, 2026).

Mediante los estudios de laboratorio mediante tres productores que tiene las mismas similitudes de una densidad aparente igual, mientras que la infiltración sigue presentándose baja. Mediante la comparación del primer punto fue entre densidad aparente media (1,12 g/cm³) mientras que el laboratorio fue de (1,11 g/cm³) siendo cercana a una moderada compactación del suelo debido a la mala práctica agrícola, en la porosidad presento (99,87%).

El segundo punto de comparación la infiltración (23,46) fue muy alta siendo en porosidad (36,2%) siendo de manera comparable con las del laboratorio entre infiltración (22,80) entre que porosidad fue (40%). Siendo el caso de la poca infiltración del agua podría deberse a limitaciones estructurales del suelo, pero si presenta una buena retención de humedad. Mediante la comparación del punto 2 y tres 3 presento una similitud en la infiltración alta de (21,30) mientras que en la porosidad es baja (27%) y con una densidad aparente mayor (1,17 g/cm³), estos dos presentan una buena combinación entre infiltración, retención del agua y un buen manejo agronómico. Siendo el caso que evidencia los resultados obtenidos.

11. CONCLUSIONES

Con relación a las propiedades físicas del suelo, mostro que las parroquias evaluadas de Toacaso, Joseguango bajo y Aláquez, las diferencias entre las texturas de suelo son franco y franco arenoso, que presenta densidades medias entre 1,03 y 1,22 g/cm³. mediante la prueba de Tukey mostro que no se presenta diferencias estadísticas ya que todos se encuentran en una similitud que no cambia, siendo esto una homogeneidad.

Mediante la producción de biomasa forrajera entre los siete productores presentaron una variabilidad que oscila entre (0,12-0,33) y en el caso de por hectárea fue entre 1.146,6 y 3.374,8 kg MS/ ha. En el análisis de componentes principales que mostro en la biomasa de manera positiva entre la infiltración, porosidad y de manera contraria a la densidad aparente esto muestra que la relación con las propiedades del suelo tiene una relación con la producción de forraje.

Con la relación entre suelo- forraje y producción de leche mostro que no tiene ninguna relación directa, en los componentes principales (PC1) fue de manera negativa y neutrales ya que es a diferentes variables edáficas y forrajeras. Indicando que la producción de leche podría deberse a otros factores como la nutrición, suplementación, genética del ganado o podría ser al manejo adecuado del pastoreo.

12. RECOMENDACIONES

Con una buena infiltración del agua especialmente en los suelos arenosos que se obtuvo de los productores, con rotaciones de potreros para no presentar una compactación, evitando que se pierda de manera excesiva el agua y mejor disponibilidad para el crecimiento de forraje.

Con un forraje óptimo habrá un aprovechamiento total de la biomasa en el terreno, y de acuerdo a la cantidad de animales de los productores puede estar afectado a un sobre pastoreo y siendo menor la aportación de la producción de la leche en un cambio próximo de ganado.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Chaves , R., Salazar, D., Orejuela , D., Cuichán, M., Suárez , M., & Villafuerte , W. (2012). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de INEC: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2012/InformeEjecutivo.pdf
- Guapi Guamán, R. A., Monar Monar , J. S., Medina Ñuste , L. F., Salazar López , R. E., Daniele, M. R., Salas , D., & Masaquiza Moposita , D. A. (2024). *CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS LECHEROS DE MONTAÑA EN ECUADOR*. Obtenido de cimogsys.esPOCH.edu.ec: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2025-07-29-171338-CARACTERIZACI%C3%93N%20DE%20SISTEMAS%20LECHEROS%20DE%20MONTA%C3%91A%20EN%20ECUADOR_compressed.pdf
- Palacios Villacrés , A., Guilcapi Carrillo , C., Toscano Alcoser, L., & Vayas Castillo , G. (2017). *CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS LECHEROS EN*. Obtenido de Penta ciencias: file:///C:/Users/Tatiana/Downloads/13_Palacios_Vol_5_No4_ESPECIAL_ISTT_2023_Articulo%20(3).pdf
- Aguilar, C. (2021). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO AGRÍCOLA MEDIANTE LAS CARACTERÍSTICAS*. Obtenido de UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/A_GUILAR%20MERINO%20CARLOS%20STEEVEN.pdf
- Alajo, A. (Febrero de 2024). *DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN LOTE DEL BARRIO SANTAN GRANDE MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS BÁSICAS*. Obtenido de repositorio: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7a765de2-8876-46fc-a261-1bcb820f0fe9/content

- Araujo, E. S., & Mirás Avalos, J. M. (2022). *Densidad aparente*. Obtenido de citarea.citaaaron.es: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://citarea.citaaaron.es/server/api/core/bitstreams/1e581aa8-98c6-48f2-93d1-53444d8c4383/content
- Beguet, H., & Bavera, G. (2001). *RELACIÓN SUELO - PLANTA - ANIMAL*. Obtenido de produccion-animal.com.ar: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/05-relacion_suelo-planta-animal.pdf
- Blanquer, H., Ibáñez Asensio, J. M., & Moreno, R. (2017). *EL COLOR DEL SUELO*. Obtenido de Universidad pólitecnica de valencia: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/aebbe2d4-75bf-4585-bc6b-9d241fba96e1/content
- Campués, M. G. (2019). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*. Obtenido de ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LECHE DE LA PARROQUIA OLMEDO, CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA PICHINCHA: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9111/1/03%20AGN%20051%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf
- Cerna, C. M. (Septiembre de 2005). *SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE INDICADORES LOCALES Y TÉCNICO PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS LADERAS, EN LA MICROCUENCA CUSCAMÁ EL TUMA*. Obtenido de cenida.una.edu.ni: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp35c352.pdf
- Changoluisa, A. B. (2013). *FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*) EN EL SECTOR SALACHE CANTÓN LATACUNGA*. Obtenido de repositorio.uteq.edu.ec: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/36923542-142b-41fe-a825-0386c75afcdc/content
- Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. (2007). *La conservación de suelos: un asunto de interés público*. Obtenido de redalyc.org: chrome-

- extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/539/53908302.pdf
- Evas, L. K., & Pilco, M. K. (Febrero de 2024). *EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA JUNTA DE RIEGO CANAL CENTRAL TOACASO*. Obtenido de repositorio.utc: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4c61fb82-d22b-4c77-b505-0a6d61a87d7f/content
- Fetilab. (2016). *textura y fertilidad del suelo*. Obtenido de fertilab: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NT-19-014-La-textura-y-la-fertilidad-del-suelo.pdf
- González, J. L. (4 de Diciembre de 2011). *CARACTERIZACIÓN DE LA POROSIDAD EDÁFICA COMO INDICADOR DE LA CALIDAD FÍSICA DEL SUELO*. Obtenido de redalyc.org: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/573/57322342002.pdf
- Gutiérrez, A. M. (Julio de 2010). *LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS FORESTALES DEL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES* . Obtenido de digital.csic.es: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf
- Jaramillo, R. (2023). *Guía técnica para el establecimiento y manejo de pastos* . Obtenido de Instituto nacional de investigacion Agropecuario : file:///C:/Users/Tatiana/Downloads/iniapeeam74..pdf
- Lascano Armas, P. J., Arcos Álvares, C. N., Guevara Viera, R. V., Atzori, A. S., Molina Molina, E., Torres Inga, C. S., . . . Guevara Viera, G. E. (2019). *Ganacia de peso vivo en novillas que pastan Kikuyo (Pennisetum clandestinum, ex Chlov) fertilizado con pollonaza*. Obtenido de rest-dspace.ucuenca.edu.ec: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/488183e7-7762-4fa1-98b0-4f7178782e3f/content
- Medina, G. E., Pereda , J. J., & Curbelo , L. M. (12 de Febrero de 2024). *Producción de leche en Ecuador, su proyección a partir de escenarios con énfasis en la cuenca baja del*

- Guayas. Obtenido de scielo:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202024000100038
- Molina, A. (8 de Enero de 2026). Elaboración propia del estudiante . Latacunga, Cotopaxi.
- Novillo, I. D., Cargua, J. E., Moreira, V. N., Carrillo, M. D., Albán, K. E., & Morales, F. L. (24 de Mayo de 2018). *Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador*. Obtenido de Universidad de Cordoba:
<https://portal.amelica.org/ameli/journal/218/218898007/html/index.html>
- Oña&Villamarin. (13 de Agosto de 2024). *PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE ALÁQUEZ, JOSEGUANGO Y MULALÓ DEL CANTÓN LATACUNGA 2024*: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1ebac8c2-b8c7-452e-ae68-2e08680d770f/content>
- Orellana, G. A. (2018). *MANUAL PARA EL ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS*. Obtenido de esf-cat.org: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/<https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/04/SOLS.pdf>
- Ortiz, J. (Septiembre de 2022). *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Obtenido de VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN DEL AGUA EMPLEANDO TRES INFILTRÓMETROS EN LA FINCA EXPERIMENTAL LA MARÍA - CANTÓN MOCACHE: chrome-extension://cajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/09700636-c21c-4a81-bbb1-7b2d608541f6/content>
- Osorio Rivera, M. Á., Haro Altamirano, J. P., Carrillo Barahona, W. E., & Negrete Costales, J. H. (Mayo de 2022). *Suelos: caracterización e importancia*. Obtenido de cimogsys.esPOCH.edu.ec: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/<http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-01-18-140934-L2022-031.pdf>
- Palma, J. S., Castellón, J., & Guharay, F. (Abril de 2015). *pastos y forrajes*. Obtenido de ciat-library.ciat.cgiar.org: chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/<http://ciat->

library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Manual_pastos_y_forrajes_CRSD_A_CIAT_2015.pdf

- Plata, U. N. (2019). *unlp.edu.ar*. Obtenido de unlp.edu.ar: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/52/27752/f8cb0e577b80bbe6aa23dd8ad9098379.pdf
- Quilumbaquin, A. M. (Marzo de 2014). *Determinacion del valor nutritivo del Ray grass perenne destinado a la alimentacion del ganado*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6235/1/UPS-%20YT00271.pdf
- Rivera, F. X. (2022). *EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE VARIEDADES DE ALFALFA (Medicago sativa L.), IBARRA*. Obtenido de repositorio.utn.edu.ec: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12620/2/03%20AGP%20335%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf
- Siguencia, H. Y. (2025). *EFEECTO DE BIOENSILAJE DE PASTOS (Pennisetum clandestinum, Holcus lanatus, Dactylis glomerata, Trifolium repens) SOBRE LA PRODUCCION LECHERA EN VACAS DE LA PARROQUIA CEBADAS*. Obtenido de dspace.esPOCH.edu.ec: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/81aec8e4-06b6-48c5-a431-344f7ddf5faf/content
- Zambrano, D. A. (2021). *PRODUCCIÓN INTENSIVA DE BIOMASA FORRAJERA CON BASE EN EL MAÍZ HÍBRIDO INIAP H-551. MOCACHE, 2021*. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f4d4c02e-d4ac-4659-b0aa-33d36896fbc6/content

