



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**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”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingenieros Agrónomos

**Autores:**

Oña Coque Daina Lizeth  
Villamarin Cando Guido Andres

**Tutor:**

Chasi Vizquete Wilman Paolo

**LATACUNGA – ECUADOR**  
**Agosto 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Oña Coque Daina Lizeth, con cédula de ciudadanía No. 1727189357 y Villamarin Cando Guido Andres, con cédula de ciudadanía No. 1727849679, declaramos ser autores del presente 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”, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 13 de agosto del 2024



Daina Lizeth Oña Coque  
C.C: 1727189357  
**ESTUDIANTE**



Villamarin Cando Guido Andres  
C.C: 1727849679  
**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 **OÑA COQUE DAINA LIZETH**, identificada con cédula de ciudadanía **1727189357** de estado civil soltera 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.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE ALAQUEZ, JOSEGUANGO Y MULALO DEL CANTÓN LATACUNGA 2024”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2019 – Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuet Mg.

Tema: **“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE ALAQUEZ, JOSEGUANGO Y MULALO DEL CANTÓN LATACUNGA 2024”**

**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 13 días del mes de agosto del 2024.



Daina Lizeth Oña Coque

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## 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 **VILLAMARIN CANDO GUIDO ANDRES** identificado con cédula de ciudadanía **1727849679** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxí, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agrónoma, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE ALAQUEZ, JOSEGUANGO Y MULALO DEL CANTÓN LATACUNGA 2024”**, 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: Marzo 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete Mg.

Tema: **“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE ALAQUEZ, JOSEGUANGO Y MULALO DEL CANTÓN LATACUNGA 2024”**

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

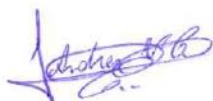
**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 13 días del mes de agosto del 2024.



Guido Andres Villamarin Cando

**EL CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

**“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE ALÁQUEZ, JOSEGUANGO Y MULALÓ DEL CANTÓN LATACUNGA”**, de Oña Coque Daina Lizeth y Villamarin Cando Guido Andres, de la carrera de Agronomía, 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, 13 de agosto del 2024



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

C.C: 0502409725

**DOCENTE TUTOR**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Oña Coque Daina Lizeth y Villamarin Cando Guido Andres, con el título del Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE ALÁQUEZ, JOSEGUANGO Y MULALÓ DEL CANTÓN 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.

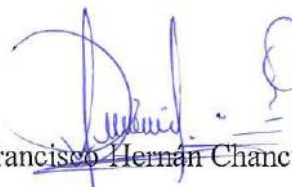
Latacunga, 13 de agosto del 2024



Ing. Alexandra Isabel Tapia Borja, Mg.

C.C: 0502661754

**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Francisco Hernán Chancusig, Mg.

C.C: 0501883920

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



PhD. Mercy L. Ilbay Y

CC: 0604147900

**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todos aquellos que me han apoyado y acompañado durante mi carrera. A mis profesores, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias, y por ayudarme a cultivar mi pasión por el campo, conocimientos y habilidades para contribuir al desarrollo sostenible de la agricultura y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales. A mis compañeros de clase, gracias por la colaboración y el apoyo mutuo. Y a mi familia, gracias por su amor condicional, por ser mi pilar en esta etapa de mi vida.*

*La carrera de Agronomía ha sido una experiencia increíblemente enriquecedora, y estoy agradecido por la oportunidad de haber podido aprender y crecer en un campo que me apasiona. .*

***Daina Lizeth Oña Coque***

## **AGRADECIMIENTO**

*Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido a la realización de este proyecto.*

*En primer lugar, agradezco a mi tutor del proyecto, por su valiosa orientación, su apoyo constante y su paciencia durante todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo.*

*Agradezco también a mi compañera por sus sugerencias y críticas constructivas, que han enriquecido significativamente el contenido de este proyecto.*

*Mi gratitud se extiende a mi familia por su apoyo incondicional, comprensión y aliento durante este arduo proceso. Su paciencia y confianza han sido una fuente constante de motivación.*

*A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.*

**Guido Andres Villamarin Cando**

### **DEDICATORIA**

*A Dios por guiarme y forjarme con cada una de las pruebas que se han presentado en el camino, por bendecirme en cada uno de los pasos que di por esta travesía llamada universidad.*

*A mi madre Paulina Coque que con su amor incondicional y entrega ha hecho que dar este paso no sea tan complicado ayudando a llevar sobre sus hombros las dificultades que se presentaron en el camino, dándome sus bendiciones y poniéndose en oración por mí y mis estudios.*

*A mi padre Byron que ha estado apoyando cada una de mis decisiones y siendo parte para que las lograra con éxito, por ser la calma en medio de la tormenta y brindándome amor y apoyo.*

*A mis hermanos, por siempre darme una palabra de aliento y hacerme ver por qué debo continuar sin importar lo duro que se ponga el camino.*

*Hoy le dedico este logro a mis amados padres que son quienes hicieron posible esto.*

***Daina Lizeth Oña Coque***

## **DEDICATORIA**

*A Dios y a la Virgen del Cisne, por guiarme con propósitos perfectos y bendecirme en mi camino. Gracias por ayudarme a mantenerme firme y recordarme que siempre hay un motivo para seguir adelante.*

*A mi familia, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Por inculcarme valores y hábitos que me han llevado a luchar por mis metas y sueños.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme la oportunidad de formar parte de esta prestigiosa institución y contribuir a mi desarrollo profesional.*

*Al ingeniero Paolo Chasi, por sus enseñanzas, paciencia y apoyo crucial para la culminación exitosa de este proyecto. Sus palabras de motivación y aliento han sido fundamentales para alcanzar esta meta.*

**Guido Andres Villamarin Cando**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE ALAQUEZ, JOSEGUANGO Y MULALO DEL CANTÓN LATACUNGA 2024”.**

**Autores:**

Oña Coque Daina Lizeth  
Villamarin Cando Guido Andres

**RESUMEN**

El presente estudio se enfocó en evaluar el estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras de leche del cantón Latacunga, con el fin de proponer estrategias para una gestión más sostenible. Se analizaron las propiedades físicas y químicas de los suelos, así como la calidad del agua en las zonas de Alaquez, Joseguango y Mulaló. Los resultados revelaron una variabilidad significativa en los niveles de materia orgánica, potasio, calcio, sodio y nitratos en los suelos, lo que indica una heterogeneidad en la fertilidad del suelo en las tres zonas. La mayoría de los suelos presentaron niveles bajos a moderados de materia orgánica, lo que puede afectar negativamente su fertilidad, capacidad de retención de agua y resistencia a la erosión. El análisis de los parámetros del agua (pH, conductividad y oxígeno disuelto) mostró una variabilidad considerable, especialmente en Mulaló, donde se observaron valores extremadamente altos y bajos. La calidad del agua en términos de salinidad fue generalmente buena en las tres zonas, con la mayoría de las muestras presentando valores bajos. Con base en estos resultados, se recomienda implementar prácticas de manejo sostenible del suelo y del agua adaptadas a las condiciones específicas de cada zona, incluyendo la incorporación de materia orgánica, la rotación de cultivos, la fertilización balanceada, el riego eficiente y el manejo adecuado de los residuos animales. También se destaca la importancia de realizar análisis de suelo y agua de forma anual, así como de investigar las posibles fuentes de contaminación y tomar medidas correctivas para garantizar la calidad del agua y del suelo.

**Palabras clave:** pH, materia orgánica, suelo, agua.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: "DETERMINATION OF THE STATUS OF SOIL AND WATER RESOURCES IN THE COMMUNITY MILK-PRODUCING AREAS OF ALAQUEZ, JOSEGUANGO, AND MULALO IN THE CANTON OF LATACUNGA 2024."**

**Author:**

Oña Coque Daina Lizeth  
Villamarin Cando Guido Andres

**ABSTRACT**

This study focused on evaluating the state of soil and water resources in milk-producing areas of Latacunga canton, in order to propose strategies for more sustainable management. The physical and chemical properties of soils and water quality in the Alaquez, Joseguango and Mulaló areas were analyzed. The results revealed significant variability in the levels of organic matter, potassium, calcium, sodium and nitrates in the soils, indicating heterogeneity in soil fertility in the three zones. Most of the soils presented low to moderate levels of organic matter, which may negatively affect their fertility, water holding capacity and erosion resistance. Analysis of water parameters (pH, conductivity and dissolved oxygen) showed considerable variability, especially in Mulaló, where extremely high and low values were observed. Water quality in terms of salinity was generally good in all three zones, with most samples showing low values. Based on these results, it is recommended to implement sustainable soil and water management practices adapted to the specific conditions of each zone, including incorporation of organic matter, crop rotation, balanced fertilization, efficient irrigation, and proper management of animal waste. It also emphasizes the importance of annual soil and water analysis, as well as investigating possible sources of contamination and taking corrective measures to ensure water and soil quality.

**Keywords:** pH, organic matter, soil, water.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	viii
AGRADECIMIENTO .....	x
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
1 INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
3.1 Beneficiarios directos.....	3
4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
5 OBJETIVOS .....	5
5.1 General.....	5
5.2 Específicos .....	5
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	6
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	7
7.1 Producción lechera.....	7
7.2 Sistemas de producción lechera .....	8
7.3 Factores que Afectan la Productividad y Sostenibilidad de los Sistemas Lecheros ....	9
7.3.1 Factores Biológicos .....	9
7.3.2 Factores Ambientales .....	9

7.3.3	Factores Socioeconómicos .....	10
7.4	Recursos Suelo y Agua en la Producción Lechera .....	10
7.4.1	Suelo .....	10
7.4.2	Degradación del suelo en la producción lechera .....	11
7.4.3	Agua.....	12
7.5	Factores que afectan al rendimiento del suelo .....	12
7.5.1	Potasio (K).....	13
7.5.2	Calcio (Ca).....	15
7.5.3	Sodio (Na).....	16
7.5.4	Nitratos (NO <sub>3</sub> -).....	18
7.5.5	Fósforo (P).....	20
7.5.6	Materia orgánica (MO).....	21
8	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS .....	23
9	METODOLOGÍA Y ESTADÍSTICA .....	24
9.1	Enfoque de la investigación.....	24
9.2	Materiales y métodos .....	29
9.2.1	Porcentaje de materia orgánica.....	29
9.2.1.1	Preparación de la muestra .....	31
9.2.1.2	Preparación de los crisoles .....	32
9.2.1.3	Procedimiento.....	32
9.2.2	Análisis de nutrientes.....	33
9.2.2.1	Preparación de la muestra .....	35
9.2.2.2	Procedimiento.....	35
9.3	Procedimiento de análisis de datos .....	36
10	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	37
10.1	Porcentaje de materia orgánica .....	37
10.2	Análisis de nutrientes del suelo.....	40

10.2.1	Potasio K+ .....	40
10.2.2	Calcio Ca <sup>2+</sup> .....	43
10.2.3	Sodio Na+ .....	45
10.2.4	Nitratos NO <sup>-3</sup> .....	47
10.2.5	Fósforo P.....	49
10.2.6	pH .....	51
10.3	Análisis de parámetros del Agua.....	54
10.3.1	pH .....	54
10.3.2	Oxígeno disuelto.....	56
10.3.3	Conductividad.....	57
10.4	Discusión de resultados.....	57
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59
11.1	Conclusiones .....	59
11.2	Recomendaciones.....	60
12	BIBLIOGRAFÍA .....	61
13	ANEXOS .....	64
13.1	Anexo No. 15. Aval del Traductor.....	64
13.2	Anexo N°2. Resultados análisis de laboratorio realizados - fósforo.....	65
13.3	Anexo N°3. Resultados análisis de laboratorio realizados - textura .....	66
13.4	Anexo N°4. Datos de muestreo del estudio - suelo.....	70
13.5	Anexo N°5. Datos de muestreo del estudio - agua.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Materiales empleados para porcentaje de materia orgánica</i> .....	29
<b>Tabla 2</b> <i>Parámetros de análisis porcentaje de materia orgánica</i> .....	33
<b>Tabla 3</b> <i>Materiales empleados análisis de nutrientes</i> .....	34
<b>Tabla 4</b> <i>Parámetros de análisis porcentaje de nutrientes</i> .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Toma de muestras en campo</i> .....	25
<b>Figura 2</b> <i>Muestras tomadas para análisis</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>Pesaje de muestras</i> .....	27
<b>Figura 4</b> <i>Medición de parámetros</i> .....	27
<b>Figura 5</b> <i>Proceso de pesaje de muestras</i> .....	28

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> <i>Presencia de materia organica – Aláquez, Joséguango, Mulaló</i> .....	38
<b>Gráfico 2</b> <i>Presencia de potasio – Aláquez, Joséguango, Mulaló</i> .....	40
<b>Gráfico 3</b> <i>Presencia de Calcio – Aláquez, Joséguango, Mulaló</i> .....	43
<b>Gráfico 4</b> <i>Presencia de sodio – Aláquez, Joséguango, Mulaló</i> .....	45
<b>Gráfico 5</b> <i>Presencia de nitratos – Aláquez, Joséguango, Mulaló</i> .....	47
<b>Gráfico 6</b> <i>Presencia de fósforo – Aláquez, Joséguango, Mulaló</i> .....	49
<b>Gráfico 7</b> <i>Presencia de pH – Alaquez, Joséguango, Mulaló</i> .....	51
<b>Gráfico 8</b> <i>Presencia de pH agua – Alaquez, Joséguango, Mulaló</i> .....	54

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

Determinación del estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche Alaquez, Joseguango y Mulalo del cantón Latacunga 2024

### **Fecha de inicio:**

**04 / 2024**

### **Fecha de finalización:**

**08 / 2024**

### **Lugar de ejecución:**

Parroquias Aláquez, Joseguango y Mulaló, provincia de Cotopaxi

### **Facultad que auspicia**

Facultad de ciencias agropecuarias y recursos naturales (CAREN)

### **Carrera que auspicia:**

Carrera de Agronomía

### **Equipo de Trabajo:**

- Tutor de Titulación: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.
- Investigador 1: Oña Coque Daina Lizeth
- Investigador 2: Villamarin Cando Guido Andres

### **Coordinador del Proyecto:**

- Oña Coque Daina Lizeth
- Villamarin Cando Guido Andres

**Área de Conocimiento:** Ingeniería, Producción agrícola.

### **Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

### **Línea de vinculación de la carrera:**

Producción agrícola sostenible

**Línea de investigación:**

Deben ser seleccionadas en correspondencia con las líneas de la carrera, que están estructuradas en función de las líneas de investigación de la Universidad, las cuales a su vez se determinaron a partir del plan nacional del buen vivir y la matriz de desarrollo productiva contextualizada a la zona 3.

**2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El principal problema en el que se basa la presente investigación es el desconocimiento que tienen los productores de leche de los sectores Alaquez, Joseguango y Mulalo al momento de realizar sus respectivas actividades. Este desconocimiento provoca que las malas prácticas causen que los pastos sean poco nutritivos y la calidad de la leche sea baja, dependiendo directamente de los factores físicos químicos del suelo que afectan la absorción de nutrientes de los pastos que son la principal fuente de proteínas y fibras que mejoran la producción lechera.

La presente investigación se fundamenta en la necesidad apremiante de abordar la degradación de los recursos suelo y agua en las zonas productoras comunitarias lecheras del cantón Latacunga . La producción lechera, siendo una actividad económica crucial para estas comunidades, enfrenta una amenaza latente a su sostenibilidad a largo plazo debido a la carencia de información y prácticas de manejo adecuadas.

Este estudio busca generar un aporte teórico significativo al ampliar el conocimiento sobre el estado actual de los recursos suelo y agua en la zona, estableciendo una base de referencia para futuras investigaciones y políticas públicas. A nivel práctico, los resultados obtenidos permitirán identificar áreas de mejora y formular estrategias de gestión sostenible adaptadas a las condiciones locales, traducándose en recomendaciones prácticas para los productores lecheros que optimicen el uso de los recursos, incrementen la productividad y aseguren la rentabilidad de sus explotaciones.

Los principales beneficiarios de esta investigación serán los productores lecheros comunitarios, quienes obtendrán información y herramientas para mejorar la gestión de sus recursos, aumentar la productividad y garantizar la sostenibilidad de

sus actividades. Adicionalmente, las comunidades locales se beneficiarán de una producción lechera más sostenible, contribuyendo a la seguridad alimentaria, la generación de empleo y el desarrollo económico local.

Asimismo, las autoridades y tomadores de decisiones contarán con información relevante para el diseño de políticas públicas y programas de apoyo a la producción lechera sostenible. La academia e investigadores también se verán favorecidos al contar con datos y conocimientos valiosos para futuras investigaciones en el campo de la ingeniería agronómica y la gestión sostenible de los recursos naturales.

El impacto de esta investigación será de gran relevancia, ya que contribuirá a mejorar la sostenibilidad de la producción lechera en una zona clave de la provincia de Cotopaxi. Al promover prácticas de manejo responsable del suelo y del agua, se protegerá el medio ambiente, se garantizará la productividad a largo plazo y se fortalecerá la resiliencia de las comunidades locales frente a los desafíos del cambio climático y la degradación de los recursos naturales.

En última instancia, los resultados de este estudio tendrán una aplicación directa en el campo, proporcionando a los productores lecheros herramientas y estrategias para mejorar la gestión de sus recursos. Esto se traducirá en una mayor eficiencia en el uso del agua, una mejora en la calidad del suelo, un aumento en la productividad y una producción lechera más sostenible y rentable.

### **3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

#### **3.1 Beneficiarios directos**

El desarrollo del presente estudio está orientado a los habitantes de las parroquias Alaquez, Joseguango y Mulaló, provincia de Cotopaxi.

### **4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

A nivel mundial, la producción lechera enfrenta desafíos crecientes debido al cambio climático, la degradación de los recursos naturales y la demanda de alimentos más sostenibles. La industria lechera es responsable de aproximadamente el 4% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, principalmente debido a la fermentación entérica del ganado y el manejo del estiércol (Correa et

al., 2022). Además, la intensificación de la producción, a menudo acompañada de prácticas insostenibles, ha llevado a la degradación del suelo en un 23% de las tierras agrícolas a nivel global, la contaminación del agua por exceso de nutrientes y la pérdida de biodiversidad. Estos problemas amenazan la productividad a largo plazo y la resiliencia de los sistemas lecheros, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia de millones de personas que dependen de esta actividad (Perdigón y González, 2020).

En América Latina, la producción lechera ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, con un aumento del 60% en la producción de leche entre 1990 y 2020. Sin embargo, este crecimiento ha ejercido una presión considerable sobre los recursos naturales (Brinkmann y Buschini, 2021). La expansión de la frontera agrícola, la deforestación y la intensificación de la producción han contribuido a la degradación del suelo y la contaminación del agua en muchas regiones. Además, la variabilidad climática, con sequías e inundaciones cada vez más frecuentes, amenaza la estabilidad de los sistemas lecheros y la seguridad alimentaria en la región (Chará et al., 2019).

En Ecuador, el sector lechero es un importante contribuyente a la economía, generando alrededor del 12% del Producto Interno Bruto Agrícola y empleando a más de 600,000 personas. Sin embargo, también enfrenta presiones ambientales significativas. La expansión de la frontera agrícola, que ha aumentado en un 15% en los últimos 20 años, la falta de prácticas de manejo adecuadas y la variabilidad climática han exacerbado la degradación del suelo y la escasez de agua en muchas zonas productoras (Chávez y Gavilánez, 2019).

Se estima que el 30% de los suelos agrícolas en Ecuador presentan algún grado de erosión, y la disponibilidad de agua para riego se ha reducido en un 20% en algunas regiones debido a la disminución de las precipitaciones y el retroceso de los glaciares. Esto afecta la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad de los sistemas lecheros, especialmente en las pequeñas explotaciones comunitarias que representan el 60% de los productores lecheros del país (Franco et al., 2019).

En la provincia de Cotopaxi, particularmente en Aláquez, Joséguango y Mulaló del cantón Latacunga la producción lechera es una actividad económica clave para

muchas comunidades. Sin embargo, la falta de información detallada sobre el estado de los recursos suelo y agua, así como la limitada adopción de prácticas de manejo sostenible, ponen en riesgo la producción a largo plazo. La degradación del suelo, la escasez de agua y la contaminación representan amenazas crecientes para la viabilidad de los sistemas lecheros locales (Chávez y Gavilánez, 2019).

Con base en lo mencionado anteriormente, se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es el estado actual de los recursos suelo y agua en las zonas productoras comunitarias lecheras de Aláquez, Joséguango y Mulaló cantón Latacunga, y qué estrategias de gestión sostenible pueden implementarse para mejorar su calidad y garantizar la productividad a largo plazo?

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 General**

Evaluar el estado actual de los recursos suelo y agua utilizados en zonas lecheras del cantón Latacunga, con el fin de proponer estrategias para una gestión más sostenible.

### **5.2 Específicos**

- Determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos (materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, nutrientes) en las zonas de estudio.
- Evaluar la calidad del agua utilizada para el riego y consumo animal.
- Proponer prácticas de manejo sostenible del suelo y del agua (conservación del suelo, rotación de cultivos, fertilización adecuada, riego eficiente).

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

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADOS	MEDIO DE VERIFICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las propiedades físicas y químicas de los suelos (materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, nutrientes) en las zonas de estudio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamiento topográfico de los puntos de estudio.</li> <li>• Muestreo de suelo en los sectores de Aláquez Joséguango y Mulaló.</li> <li>• Análisis de las características físicas y químicas del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestras de suelo de productores lecheros.</li> <li>• Investigación experimental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestras recolectadas y etiquetadas.</li> <li>• Tabla de características físicas y químicas por muestras</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el pH, CE, OD, del agua de riego en zonas de estudio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamiento topográfico de los puntos de estudio.</li> <li>• Muestreo de agua en los sectores de Aláquez Joséguango y Mulaló.</li> <li>• Determinar las características físicas y químicas del agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestras de agua de productores lecheros.</li> <li>• Investigación experimental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua recolectadas.</li> <li>• Muestras recolectadas y etiquetadas.</li> <li>• Tabla de características físicas y químicas por muestras</li> </ul>
<p>Proponer prácticas de manejo sostenible del suelo y del agua (conservación del suelo, rotación de cultivos, fertilización adecuada).</p>	<p>Revisar los resultados de la fase experimental para proponer lineamientos de manejo sostenible de los recursos.</p>	<p>Investigación aplicada</p>	<p>Guía de buenas prácticas para el manejo sostenible de recursos</p>

## **7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **7.1 Producción lechera**

La producción lechera es una actividad agropecuaria de gran relevancia a nivel mundial, latinoamericano y ecuatoriano, con un impacto significativo en la economía, la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. Este apartado explorará la importancia socioeconómica de la producción lechera, los diferentes sistemas de producción y los factores que influyen en su productividad y sostenibilidad (Chará et al., 2019).

La producción lechera a nivel mundial desempeña un papel crucial en la economía global y la nutrición humana. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la leche y los productos lácteos son una fuente importante de proteínas, calcio y otros nutrientes esenciales para una dieta saludable (Correa et al., 2022). En 2022, la producción mundial de leche alcanzó los 930 millones de toneladas, lo que representa un aumento del 77% en las últimas tres décadas. Esta industria proporciona empleo a millones de personas en todo el mundo, especialmente en países en desarrollo, donde la producción lechera a menudo se lleva a cabo en pequeñas explotaciones familiares y contribuye significativamente a los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de las comunidades rurales (Franco et al., 2019).

En América Latina, la producción lechera también tiene una importancia económica y social considerable. La región es uno de los principales productores y exportadores de leche y productos lácteos a nivel mundial, con países como Argentina, Brasil, Uruguay y México liderando la producción. La industria lechera latinoamericana genera empleo, ingresos y divisas, y contribuye a la seguridad alimentaria de la población (Correa et al., 2022). Sin embargo, la producción lechera en la región también enfrenta desafíos importantes, como la volatilidad de los precios internacionales, la competencia de otros países productores y la necesidad de adaptarse a los cambios en la demanda y las preferencias de los consumidores.

En Ecuador, la producción lechera es un sector estratégico para la economía nacional y la seguridad alimentaria. El país cuenta con una larga tradición lechera, y la leche y los productos lácteos son alimentos básicos en la dieta de la población. La industria lechera ecuatoriana genera empleo directo e indirecto, ingresos para los productores y contribuye al desarrollo rural. Sin embargo, el sector también enfrenta desafíos importantes, como la baja productividad, la falta de acceso a tecnología y financiamiento, la competencia de productos importados y la necesidad de mejorar la calidad y la inocuidad de la leche (Brinkmann y Buschini, 2021).

## 7.2 Sistemas de producción lechera

Los sistemas de producción lechera varían considerablemente en todo el mundo, dependiendo de factores como el clima, la disponibilidad de recursos, el nivel de tecnología y las tradiciones culturales. A continuación, se describen algunos de los principales sistemas de producción lechera:

- **Sistemas Pastoriles:** Los sistemas pastoriles se basan en el pastoreo de los animales en praderas naturales o cultivadas. Estos sistemas son comunes en regiones con climas templados y abundantes recursos forrajeros. Los sistemas pastoriles se caracterizan por su bajo costo de producción y su menor impacto ambiental en comparación con otros sistemas más intensivos. Sin embargo, la productividad por animal suele ser menor, y la producción puede verse afectada por la estacionalidad de los pastos y las condiciones climáticas adversas (Napolitano et al., 2020).
- **Sistemas mixtos:** Los sistemas mixtos combinan el pastoreo con la suplementación alimenticia en establos o corrales. Estos sistemas son comunes en regiones con recursos forrajeros limitados o en épocas del año en que los pastos son escasos. La suplementación alimenticia permite aumentar la productividad por animal y mantener una producción más estable a lo largo del año. Sin embargo, estos sistemas requieren una mayor inversión en infraestructura y alimentación, y pueden tener un mayor impacto ambiental debido al manejo del estiércol y las emisiones de gases de efecto invernadero (Marín et al., 2022).

- **Sistemas intensivos:** Los sistemas intensivos se basan en la estabulación permanente de los animales y la alimentación con dietas balanceadas en comederos. Estos sistemas son comunes en regiones con alta densidad de población y demanda de leche, y permiten maximizar la productividad por animal y la producción total. Sin embargo, los sistemas intensivos requieren una alta inversión en infraestructura y tecnología, y pueden tener un impacto ambiental significativo debido al manejo del estiércol, el consumo de agua y energía, y las emisiones de gases de efecto invernadero (Bustamante, 2022).

### **7.3 Factores que Afectan la Productividad y Sostenibilidad de los Sistemas Lecheros**

La productividad y sostenibilidad de los sistemas lecheros están influenciadas por una amplia gama de factores, que pueden ser agrupados en tres categorías principales. Las categorías de agrupación se presentan a continuación.

#### **7.3.1 Factores Biológicos**

Los factores biológicos incluyen la genética de los animales, la nutrición, la salud y el manejo reproductivo. La selección genética de animales con alta producción de leche y resistencia a enfermedades es fundamental para mejorar la productividad. Una nutrición adecuada, que proporcione los nutrientes necesarios para el crecimiento, la producción de leche y la reproducción, es esencial para mantener la salud y el bienestar de los animales. El manejo reproductivo eficiente, que asegure una tasa de reproducción óptima y una buena salud de las crías, es crucial para la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas lecheros (Chará et al., 2019).

#### **7.3.2 Factores Ambientales**

Los factores ambientales incluyen el clima, la calidad del suelo y del agua, y la disponibilidad de recursos forrajeros. El clima influye en la producción de leche a través de la temperatura, la humedad, la radiación solar y la precipitación. La calidad del suelo y del agua afecta la disponibilidad de nutrientes y la salud de los animales. La disponibilidad de recursos forrajeros, ya sea a través del pastoreo o la

suplementación alimenticia, es esencial para la producción de leche (Bustamante, 2022).

### **7.3.3 Factores Socioeconómicos**

Los factores socioeconómicos incluyen el acceso a tecnología, financiamiento, mercados y políticas públicas. La adopción de tecnologías como la inseminación artificial, el ordeño mecánico y los sistemas de gestión de datos puede mejorar la eficiencia y la productividad de los sistemas lecheros. El acceso a financiamiento es fundamental para la inversión en infraestructura, tecnología y capital de trabajo. El acceso a mercados rentables es esencial para la comercialización de la leche y los productos lácteos. Las políticas públicas, como los subsidios, las regulaciones y los programas de apoyo, pueden influir en la rentabilidad y la sostenibilidad de los sistemas lecheros (Marín et al., 2022).

## **7.4 Recursos Suelo y Agua en la Producción Lechera**

El suelo y el agua son recursos naturales fundamentales para la producción lechera, ya que proporcionan los nutrientes, el agua y el soporte físico necesarios para el crecimiento de los pastos y forrajes que alimentan al ganado, así como el agua para el consumo animal y la limpieza de las instalaciones. La calidad y disponibilidad de estos recursos tienen un impacto directo en la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad de los sistemas lecheros.

### **7.4.1 Suelo**

El suelo es un recurso natural complejo y dinámico, compuesto por minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. Sus propiedades físicas, químicas y biológicas determinan su capacidad para sostener la vida vegetal y animal, así como su resistencia a la degradación (Bustamante, 2022).

Las propiedades físicas del suelo incluyen la textura, la estructura, la densidad, la porosidad y la capacidad de retención de agua. La textura del suelo se refiere al tamaño de las partículas minerales que lo componen (arena, limo y arcilla), y determina su capacidad para retener agua y nutrientes, así como su facilidad de labranza. La estructura del suelo se refiere a la forma en que las partículas minerales

se agrupan en agregados, y afecta la permeabilidad, la aireación y la capacidad de enraizamiento del suelo (Perdigón y González, 2020).

La densidad del suelo se refiere a su peso por unidad de volumen, y puede afectar la compactación y la penetración de las raíces. La porosidad del suelo se refiere al espacio vacío entre las partículas minerales, y determina la capacidad de retención de agua y aire del suelo. La capacidad de retención de agua del suelo se refiere a la cantidad de agua que puede almacenar, y es esencial para el crecimiento de las plantas y la producción de forraje (Chávez y Gavilánez, 2019).

Las propiedades químicas del suelo incluyen el pH, la salinidad, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nutrientes. El pH del suelo se refiere a su acidez o alcalinidad, y afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La salinidad del suelo se refiere a la concentración de sales solubles, y puede afectar el crecimiento de las plantas y la calidad del agua subterránea. La capacidad de intercambio catiónico del suelo se refiere a su capacidad para retener y liberar nutrientes como el calcio, el magnesio y el potasio. La disponibilidad de nutrientes en el suelo, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, es esencial para el crecimiento de las plantas y la producción de forraje (Bustamante, 2022).

Las propiedades biológicas del suelo incluyen la presencia y actividad de microorganismos, como bacterias, hongos y actinomicetos, así como la presencia de raíces y otros organismos del suelo. Los microorganismos del suelo desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica, la liberación de nutrientes y la formación de la estructura del suelo. Las raíces de las plantas contribuyen a la estabilidad del suelo, la absorción de agua y nutrientes, y la liberación de exudados que estimulan la actividad microbiana.

#### **7.4.2 Degradación del suelo en la producción lechera**

La degradación del suelo es un problema grave que afecta a la producción lechera en todo el mundo. Se refiere a la disminución de la calidad y productividad del suelo debido a procesos como la erosión, la compactación, la salinización y la pérdida de materia orgánica. Se puede comenzar mencionando a la erosión del suelo. La erosión del suelo es el proceso de pérdida de la capa superficial del suelo por la acción del agua, el viento o la labranza (Chávez y Gavilánez, 2019). En la

producción lechera, la erosión puede ser causada por el sobrepastoreo, la eliminación de la cobertura vegetal, la labranza excesiva y la pendiente del terreno. La erosión del suelo reduce la fertilidad, la capacidad de retención de agua y la productividad del suelo, lo que afecta negativamente el crecimiento de los pastos y forrajes y la producción de leche.

Por otro lado, la compactación del suelo es el proceso de aumento de la densidad del suelo debido a la presión ejercida por el ganado, la maquinaria agrícola o el pisoteo. La compactación reduce la porosidad del suelo, dificultando la penetración de las raíces, el movimiento del agua y la aireación. Esto afecta negativamente el crecimiento de las plantas y la producción de forraje (Napolitano et al., 2020).

### **7.4.3 Agua**

El agua es un recurso esencial para la producción lechera, ya que es necesaria para el consumo animal, la limpieza de las instalaciones, el riego de los pastos y forrajes, y otros usos. La disponibilidad y calidad del agua son factores críticos que determinan la productividad y sostenibilidad de los sistemas lecheros. La calidad del agua utilizada en la producción lechera es fundamental para la salud y el bienestar de los animales, así como para la higiene de la leche (Franco et al., 2019). El agua debe ser potable, libre de contaminantes químicos y biológicos, y tener una composición mineral adecuada. El agua contaminada puede causar enfermedades en los animales, reducir la producción de leche y afectar la calidad de la leche.

La disponibilidad de agua es un factor crítico para la producción lechera, especialmente en regiones con climas áridos o semiáridos. La falta de agua puede limitar el crecimiento de los pastos y forrajes, reducir la producción de leche y aumentar el riesgo de enfermedades en los animales. La disponibilidad de agua puede variar según la época del año, la ubicación geográfica y las condiciones climáticas (Núñez et al., 2019).

## **7.5 Factores que afectan al rendimiento del suelo**

Existen diferentes factores que afectan al rendimiento del suelo en aspectos agrícolas. A continuación se realiza un abordaje a cada uno de los factores analizados en el presente estudio.

### 7.5.1 Potasio (K)

El potasio (K) es un nutriente esencial para las plantas, desempeñando un papel fundamental en numerosos procesos fisiológicos y bioquímicos que son vitales para su crecimiento, desarrollo y productividad.

#### **Funciones clave del potasio en las plantas:**

- **Fotosíntesis:** El potasio regula la apertura y cierre de los estomas, poros en las hojas que permiten el intercambio de gases, incluyendo la absorción de dióxido de carbono para la fotosíntesis.
- **Transporte de agua y nutrientes:** El potasio ayuda a mantener la turgencia celular, lo que facilita el transporte de agua y nutrientes a través de la planta.
- **Síntesis de proteínas:** El potasio es un cofactor en la síntesis de proteínas, cruciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- **Resistencia a enfermedades:** El potasio fortalece las paredes celulares y mejora la respuesta inmune de las plantas, haciéndolas más resistentes a enfermedades y plagas.
- **Calidad de los productos:** El potasio influye en la calidad de los productos agrícolas, como el tamaño, el color, el sabor y la vida útil de frutas y verduras (Correa et al., 2022).

#### **Deficiencia de potasio:**

La deficiencia de potasio puede tener graves consecuencias para las plantas, manifestándose en una serie de síntomas visibles:

- **Clorosis:** Amarillamiento de las hojas, especialmente en las más viejas, debido a la reducción de la producción de clorofila.
- **Necrosis:** Muerte del tejido en los bordes y puntas de las hojas, lo que puede provocar que las hojas se vuelvan marrones y quebradizas.
- **Tallos débiles:** La falta de potasio debilita los tallos, haciéndolos más susceptibles al acame (doblamiento o caída) y a daños por el viento.

- **Reducción del crecimiento:** La deficiencia de potasio limita el crecimiento general de la planta, lo que resulta en plantas más pequeñas y menos productivas.
- **Mayor susceptibilidad a enfermedades:** Las plantas deficientes en potasio son más vulnerables a enfermedades y plagas, lo que puede reducir aún más su rendimiento y calidad (Chávez y Gavilánez, 2019).

### **Exceso de potasio:**

Aunque el potasio es esencial, su exceso también puede ser perjudicial para las plantas. Un exceso de potasio puede:

- **Interferir con la absorción de otros nutrientes:** El exceso de potasio puede competir con otros nutrientes, como el magnesio y el calcio, dificultando su absorción por las raíces de las plantas. Esto puede conducir a deficiencias secundarias de estos nutrientes, incluso si están presentes en cantidades adecuadas en el suelo.
- **Desequilibrios nutricionales:** El exceso de potasio puede causar desequilibrios nutricionales en las plantas, afectando su crecimiento y desarrollo normal.
- **Problemas de salinidad:** En suelos con alta concentración de sales, el exceso de potasio puede contribuir a aumentar la salinidad, lo que puede ser perjudicial para las plantas sensibles a la sal (Brinkmann y Buschini, 2021).

### **Factores que afectan la disponibilidad de potasio:**

La disponibilidad de potasio para las plantas está influenciada por varios factores del suelo:

- **pH del suelo:** El potasio es más disponible para las plantas en suelos con un pH cercano a la neutralidad (entre 6 y 7). En suelos ácidos, el potasio puede ser fijado por minerales de arcilla, haciéndolo menos accesible para las plantas. En suelos alcalinos, el potasio puede ser lixiviado o lavado fuera del alcance de las raíces.

- **Textura del suelo:** Los suelos arcillosos tienen una mayor capacidad de retención de potasio que los suelos arenosos, debido a su mayor contenido de materia orgánica y minerales de arcilla.
- **Materia orgánica:** La materia orgánica actúa como un reservorio de potasio y otros nutrientes, liberándolos gradualmente a medida que se descompone. Los suelos ricos en materia orgánica tienden a tener una mayor disponibilidad de potasio.
- **Actividad microbiana:** Los microorganismos del suelo desempeñan un papel importante en la liberación de potasio a partir de minerales y materia orgánica. Un suelo sano y con una actividad microbiana diversa favorece la disponibilidad de potasio para las plantas (Chávez y Gavilánez, 2019).

### 7.5.2 Calcio (Ca)

El calcio es otro elemento clave para la estructura y salud del suelo. Al igual que el potasio, el calcio contribuye a la estabilidad de los agregados del suelo, mejorando su estructura y porosidad. Además, el calcio juega un papel fundamental en la regulación del pH del suelo. Los suelos con niveles adecuados de calcio tienden a tener un pH más neutro, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la actividad microbiana beneficiosa (Napolitano et al., 2020).

El calcio presenta los siguientes efectos en el suelo:

- **Regulación del pH del suelo:** El calcio actúa como un amortiguador natural o tampón, ayudando a neutralizar la acidez del suelo. Los suelos ácidos, con un pH bajo, pueden presentar problemas de disponibilidad de nutrientes y actividad microbiana reducida. La aplicación de enmiendas cálcicas, como la cal agrícola, es una práctica común para elevar el pH de suelos ácidos y crear un ambiente más favorable para el crecimiento de las plantas y la actividad de los microorganismos beneficiosos.
- **Estructura del suelo:** El calcio es esencial para la formación y estabilidad de la estructura del suelo. Los iones de calcio actúan como puentes entre las partículas de arcilla y humus, promoviendo la formación de agregados o grumos de suelo. Una buena estructura del suelo, con agregados estables,

mejora la porosidad, permitiendo una mejor infiltración del agua, el intercambio de gases y el desarrollo de las raíces. Los suelos deficientes en calcio pueden presentar problemas de compactación, lo que dificulta el drenaje y la penetración de las raíces, limitando el crecimiento de las plantas.

- **Actividad microbiana:** El calcio es un nutriente importante para muchos microorganismos del suelo, incluyendo bacterias y hongos, que desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes. Un suelo con niveles adecuados de calcio favorece una actividad microbiana saludable, lo que a su vez mejora la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- **Disponibilidad de otros nutrientes:** El calcio influye indirectamente en la disponibilidad de otros nutrientes en el suelo, principalmente a través de su efecto sobre el pH. Un pH adecuado, mantenido en parte por el calcio, es esencial para la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes para las plantas. En suelos ácidos, la disponibilidad de nutrientes como el fósforo, el potasio y el magnesio puede verse reducida, mientras que en suelos alcalinos, la disponibilidad de micronutrientes como el hierro, el manganeso y el zinc puede ser limitada (Perdigón y González, 2020).

### 7.5.3 Sodio (Na)

El sodio, en exceso, puede tener un impacto negativo en el suelo, especialmente en términos de salinidad. La acumulación de sodio en el suelo puede provocar la dispersión de las partículas de arcilla, lo que reduce la porosidad del suelo y dificulta la infiltración del agua y el intercambio de gases. Además, la alta concentración de sodio puede desplazar otros cationes esenciales, como el calcio y el magnesio, afectando la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Chávez y Gavilánez, 2019).

El efecto del sodio en el suelo es el siguiente:

- **Dispersión de las partículas de arcilla:** El sodio, al ser un ion monovalente con una carga positiva relativamente débil, puede reemplazar a otros

cationes como el calcio y el magnesio en las superficies de las partículas de arcilla. Esto provoca la dispersión de las partículas de arcilla, lo que reduce la porosidad del suelo y dificulta la infiltración del agua y el intercambio de gases. Como resultado, el suelo se vuelve más compacto y menos permeable, lo que puede limitar el crecimiento de las raíces y la actividad microbiana.

- **Reducción de la estabilidad de los agregados:** La dispersión de las partículas de arcilla también afecta la estabilidad de los agregados del suelo, que son grupos de partículas de suelo unidas entre sí por materia orgánica y otros agentes cementantes. La falta de agregados estables hace que el suelo sea más susceptible a la erosión, especialmente por el agua y el viento, lo que puede provocar la pérdida de suelo fértil y nutrientes.
- **Disminución de la disponibilidad de nutrientes:** El exceso de sodio en el suelo puede desplazar otros cationes esenciales, como el calcio, el magnesio y el potasio, de los sitios de intercambio catiónico del suelo. Esto reduce la disponibilidad de estos nutrientes para las plantas, lo que puede afectar su crecimiento y desarrollo, incluso si están presentes en cantidades adecuadas en el suelo (Marín et al., 2022).
- **Toxicidad directa para las plantas:** En concentraciones muy altas, el sodio puede ser directamente tóxico para las plantas, causando daños a las raíces y otros tejidos. Esto puede manifestarse en síntomas como quemaduras en las hojas, marchitez y reducción del crecimiento.
- **Problemas de germinación y emergencia de las plántulas:** La alta salinidad del suelo puede dificultar la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas, lo que puede reducir el establecimiento de los cultivos y afectar su rendimiento (Franco et al., 2019).

#### **Factores que afectan la acumulación de sodio en el suelo**

- **Riego con agua de mala calidad:** El uso de agua de riego con alto contenido de sales, especialmente sodio, puede contribuir significativamente a la acumulación de sodio en el suelo a lo largo del

tiempo. Es importante analizar la calidad del agua de riego y tomar medidas para reducir su salinidad si es necesario.

- **Evaporación excesiva:** En climas áridos o semiáridos, la evaporación del agua del suelo puede concentrar las sales en la superficie, incluyendo el sodio. La adopción de prácticas de manejo que reduzcan la evaporación, como el uso de cubiertas vegetales o el acolchado, puede ayudar a prevenir la acumulación de sodio en el suelo.
- **Intrusión de agua salada:** En zonas costeras o cercanas a cuerpos de agua salada, la intrusión de agua salada en el suelo puede aumentar significativamente los niveles de sodio. El manejo adecuado del agua de riego y la implementación de medidas de drenaje pueden ayudar a prevenir este problema (Bustamante, 2022).
- **Uso excesivo de fertilizantes:** Algunos fertilizantes, especialmente aquellos que contienen cloruro de sodio o sulfato de sodio, pueden contribuir a la acumulación de sodio en el suelo si se aplican en exceso. Es importante utilizar fertilizantes de manera balanceada y realizar análisis de suelo periódicos para ajustar las dosis según las necesidades de los cultivos.
- **Material parental del suelo:** Algunos suelos se forman a partir de materiales parentales ricos en sodio, lo que puede predisponerlos a la salinidad. En estos casos, es crucial implementar prácticas de manejo adecuadas para prevenir la acumulación de sodio y mantener la productividad del suelo (Brinkmann y Buschini, 2021).

#### 7.5.4 Nitratos (NO<sub>3</sub>-)

Los nitratos son una forma de nitrógeno disponible para las plantas, pero su exceso en el suelo puede tener consecuencias negativas. La acumulación de nitratos puede conducir a la acidificación del suelo, lo que afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana. Además, el exceso de nitratos puede ser lixiviado hacia las aguas subterráneas, contaminándolas y representando un riesgo para la salud humana y el medio ambiente (Marín et al., 2022).

Los efectos de los nitratos en el suelo son los siguientes:

- **Nutrición de las plantas:** Los nitratos son la forma de nitrógeno más fácilmente disponible para las plantas. Son absorbidos por las raíces y utilizados para la síntesis de aminoácidos, proteínas, clorofila y otros compuestos esenciales. Un suministro adecuado de nitratos es fundamental para el crecimiento vigoroso de las plantas, la formación de hojas verdes y la producción de flores y frutos.
- **Ciclo del nitrógeno:** Los nitratos son un componente clave del ciclo del nitrógeno en el suelo, un proceso complejo que involucra la transformación del nitrógeno atmosférico en formas disponibles para las plantas. La mineralización de la materia orgánica, la fijación biológica de nitrógeno por bacterias simbióticas y la aplicación de fertilizantes nitrogenados son las principales fuentes de nitratos en el suelo (Marín et al., 2022).
- **Acidificación del suelo:** La aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados, especialmente aquellos que contienen amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), puede conducir a la acidificación del suelo. Durante la nitrificación, el amonio se convierte en nitratos, liberando iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) que disminuyen el pH del suelo. Un pH ácido puede afectar la disponibilidad de otros nutrientes y la actividad microbiana del suelo, limitando el crecimiento de las plantas.
- **Contaminación del agua:** El exceso de nitratos en el suelo puede ser lixiviado o arrastrado por el agua de lluvia o riego hacia las aguas subterráneas y superficiales. La contaminación del agua por nitratos puede tener graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente. En humanos, el consumo de agua con altos niveles de nitratos puede causar metahemoglobinemia, una enfermedad que afecta la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. En el medio ambiente, el exceso de nitratos puede provocar la eutrofización de cuerpos de agua, un proceso que conduce a la proliferación excesiva de algas y la disminución del oxígeno disuelto (Marín et al., 2022).

### 7.5.5 Fósforo (P)

El fósforo es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero su disponibilidad en el suelo puede ser limitada. El fósforo tiende a fijarse fuertemente a las partículas del suelo, especialmente en suelos ácidos o con alto contenido de hierro y aluminio. Esto puede reducir su disponibilidad para las plantas, incluso si está presente en cantidades adecuadas en el suelo. La materia orgánica y la actividad microbiana pueden ayudar a mejorar la disponibilidad de fósforo en el suelo (Chará et al., 2019).

Los efectos del fósforo en el suelo son los siguientes:

- **Nutrición de las plantas:** El fósforo es absorbido por las raíces de las plantas en forma de iones fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) y es utilizado en procesos fundamentales como la fotosíntesis, la respiración, la transferencia de energía (ATP), la división celular y el desarrollo de las raíces. La deficiencia de fósforo puede limitar el crecimiento de las plantas, retrasar su madurez, reducir la producción de flores y frutos, y debilitar su resistencia a enfermedades.
- **Ciclo del fósforo:** El fósforo en el suelo se encuentra en formas orgánicas e inorgánicas. La materia orgánica contiene fósforo en forma de compuestos orgánicos complejos, que deben ser descompuestos por microorganismos para liberar fosfato inorgánico disponible para las plantas. El fósforo inorgánico puede estar presente en minerales del suelo, como apatita, o en formas adsorbidas a las partículas del suelo. El ciclo del fósforo es lento y complejo, y la disponibilidad de fósforo para las plantas depende de varios factores, como el pH del suelo, la textura del suelo, la materia orgánica y la actividad microbiana.
- **Fijación del fósforo:** Uno de los principales desafíos en el manejo del fósforo en el suelo es su tendencia a fijarse o unirse fuertemente a las partículas del suelo, especialmente en suelos ácidos o con alto contenido de hierro y aluminio. Esta fijación reduce la disponibilidad de fósforo para las plantas, incluso si está presente en cantidades adecuadas en el suelo. La materia orgánica y la actividad microbiana pueden ayudar a mejorar la

disponibilidad de fósforo al formar complejos orgánicos que lo protegen de la fijación y lo liberan gradualmente a las plantas (Napolitano et al., 2020).

- **Pérdidas de fósforo:** El fósforo puede perderse del suelo por erosión, lixiviación y escorrentía superficial. La erosión del suelo puede transportar partículas de suelo que contienen fósforo hacia cuerpos de agua, donde puede contribuir a la eutrofización. La lixiviación, o movimiento descendente del fósforo disuelto en el agua a través del perfil del suelo, puede llevarlo a capas más profundas, fuera del alcance de las raíces de las plantas. La escorrentía superficial puede transportar el fósforo disuelto o unido a partículas de suelo hacia cuerpos de agua, también contribuyendo a la eutrofización (Franco et al., 2019).

#### 7.5.6 Materia orgánica (MO)

La materia orgánica es un componente vital del suelo, que influye en su estructura, fertilidad, capacidad de retención de agua y actividad biológica. La materia orgánica mejora la estructura del suelo al actuar como un agente cementante, uniendo las partículas del suelo y formando agregados estables. Esto aumenta la porosidad del suelo, permitiendo una mejor infiltración del agua y el intercambio de gases (Franco et al., 2019). Además, la materia orgánica actúa como un reservorio de nutrientes, liberándolos gradualmente a medida que se descompone, lo que mejora la fertilidad del suelo a largo plazo. La materia orgánica también proporciona alimento y energía para los microorganismos del suelo, promoviendo su actividad y contribuyendo a la salud general del suelo.

Los efectos de la materia orgánica en el suelo son los siguientes:

- **Mejora de la estructura del suelo:** La materia orgánica actúa como un agente cementante, uniendo las partículas minerales del suelo y formando agregados estables. Estos agregados mejoran la estructura del suelo, aumentando su porosidad y permeabilidad. Un suelo bien estructurado permite una mejor infiltración del agua, reduce la erosión, favorece el intercambio de gases y facilita el desarrollo de las raíces de las plantas.

- **Aumento de la capacidad de retención de agua y nutrientes:** La materia orgánica tiene una alta capacidad de retención de agua, lo que ayuda a mantener el suelo húmedo y reduce la necesidad de riego frecuente. Además, la materia orgánica puede retener nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio, liberándolos gradualmente a medida que se descompone. Esto mejora la fertilidad del suelo a largo plazo y reduce la necesidad de aplicar fertilizantes químicos.
- **Estimulación de la actividad microbiana:** La materia orgánica proporciona alimento y energía para los microorganismos del suelo, como bacterias, hongos y actinomicetos. Estos microorganismos desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica, la liberación de nutrientes, la fijación de nitrógeno atmosférico y otros procesos que contribuyen a la salud y fertilidad del suelo. Un suelo rico en materia orgánica alberga una comunidad microbiana diversa y activa, lo que mejora su capacidad para soportar el crecimiento de las plantas.
- **Regulación del pH del suelo:** La materia orgánica puede actuar como un amortiguador del pH del suelo, ayudando a mantenerlo dentro de un rango adecuado para el crecimiento de las plantas. La descomposición de la materia orgánica libera ácidos orgánicos que pueden neutralizar la alcalinidad del suelo, mientras que los grupos funcionales cargados negativamente en la materia orgánica pueden retener iones de hidrógeno, evitando que el suelo se vuelva demasiado ácido (Marín et al., 2022).
- **Reducción de la erosión del suelo:** La materia orgánica mejora la estructura del suelo y aumenta su capacidad de retención de agua, lo que reduce la susceptibilidad del suelo a la erosión por el agua y el viento. La presencia de materia orgánica en la superficie del suelo también protege el suelo de la erosión al reducir el impacto de las gotas de lluvia y el viento.
- **Mejora de la capacidad de intercambio catiónico (CIC):** La materia orgánica tiene una alta CIC, lo que significa que puede retener y liberar una gran cantidad de nutrientes catiónicos, como calcio, magnesio y potasio, que son esenciales para el crecimiento de las plantas. Un suelo con alta CIC

puede almacenar más nutrientes y suministrarlos a las plantas de manera más eficiente (Marín et al., 2022).

### **Factores que afectan el contenido de materia orgánica en el suelo**

El contenido de materia orgánica en el suelo está influenciado por varios factores, incluyendo:

- **Clima:** Las condiciones climáticas, como la temperatura y la humedad, afectan la tasa de descomposición de la materia orgánica. En climas cálidos y húmedos, la descomposición es más rápida, lo que puede reducir el contenido de materia orgánica en el suelo.
- **Tipo de suelo:** La textura y la mineralogía del suelo influyen en su capacidad para retener materia orgánica. Los suelos arcillosos tienden a tener un mayor contenido de materia orgánica que los suelos arenosos, debido a su mayor superficie específica y capacidad de adsorción.
- **Vegetación:** La cantidad y tipo de vegetación presente en el suelo influye en la cantidad de materia orgánica que se incorpora al suelo a través de la caída de hojas, ramas y raíces.
- **Prácticas de manejo agrícola:** Las prácticas agrícolas, como la labranza, la fertilización y la rotación de cultivos, pueden afectar el contenido de materia orgánica en el suelo. La labranza intensiva puede acelerar la descomposición de la materia orgánica, mientras que la incorporación de residuos de cultivos y el uso de abonos orgánicos pueden aumentarla (Perdigón y González, 2020).

## **8 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS**

¿Se podrá determinar parámetros de calidad del recurso de suelo y agua de zonas productoras comunitarias de leche?

## 9 METODOLOGÍA Y ESTADÍSTICA

### 9.1 Enfoque de la investigación

La metodología propuesta para evaluar el estado de los recursos suelo y agua en las zonas productoras de leche de Alaquez, Joseguango y Mulalo, en el cantón Latacunga, se basa en un enfoque cuantitativo que se centra en la recolección y análisis de datos objetivos y medibles. Se divide en las siguientes etapas:

#### **Etapa 1: Recopilación de información y delimitación de la zona de estudio**

1. **Revisión bibliográfica:** Se realizará una revisión exhaustiva de literatura científica y técnica relacionada con las características de los suelos y el agua en la región de Latacunga, así como de estudios previos sobre la calidad de estos recursos en zonas lecheras.
2. **Información geográfica:** Se recopilarán mapas e imágenes satelitales de la zona de estudio para identificar las áreas de producción de leche y delimitar las zonas de muestreo.

#### **Etapa 2: Diseño del muestreo y recolección de datos**

1. **Muestreo de suelos:** Se seleccionarán puntos de muestreo representativos de las diferentes zonas de producción de leche, considerando la variabilidad del terreno, el tipo de suelo y el uso del suelo. En cada punto se tomarán muestras de suelo a diferentes profundidades (0-20 cm, 20-40 cm) para analizar las propiedades físicas y químicas.

**Figura 1**

*Toma de muestras en campo*



2. **Muestreo de agua:** Se recolectarán muestras de agua de las fuentes utilizadas para el riego y el consumo animal (ríos, pozos, vertientes). Las muestras se analizarán en laboratorio.

Es importante mencionar que para la entrega de las muestras recolectadas al INIAP para su respectivo análisis se siguió el siguiente protocolo:

1. **Contacto Inicial:** El cliente debe comunicarse con la secretaría del laboratorio para solicitar información sobre costos y obtener una proforma. El contacto puede ser telefónico o por correo electrónico. Es importante que los depósitos realizados a partir del día 20 de cada mes sean informados lo antes posible para evitar inconvenientes con la facturación.
2. **Pago y Coordinación:** Una vez recibida la factura, el cliente debe coordinar el día y la hora de entrega de las muestras. La entrega se realiza en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) de lunes a viernes de 8:00 a 12:00.
3. **Identificación de Muestras:** Es fundamental que las muestras estén correctamente identificadas, incluyendo información como provincia, cantón, parroquia, localidad, fecha de muestreo, identificación específica de la muestra, cultivo anterior y número de proforma.

4. **Entrega de Muestras:** Las muestras se llevan a la EESC en el día y hora coordinados. El ingreso es por la puerta principal y las muestras se reciben en el laboratorio de nutrición y calidad. Es importante que las muestras de suelo estén libres de piedras, clavos u otros objetos que puedan dañar los equipos del laboratorio.
5. **Medidas de Seguridad:** Solo una persona puede ingresar a la estación para entregar las muestras, a menos que el número de muestras sea muy elevado. Se deben seguir las medidas de seguridad recomendadas, como el uso de mascarilla y, opcionalmente, guantes. Además, se deben seguir las indicaciones del personal en cuanto al uso de alcohol o gel desinfectante y desinfectante para el calzado.

El protocolo busca garantizar la seguridad tanto del personal del INIAP como de los clientes, así como la correcta identificación y manejo de las muestras para asegurar la calidad de los análisis.

### **Etapa 3: Análisis de laboratorio**

1. **Análisis de suelos:** Las muestras de suelo se analizarán en laboratorio para determinar las siguientes propiedades:
  - **Propiedades químicas:** pH, materia orgánica, Potasio, calcio, sodio, nitratos, fósforo.

### **Figura 2**

*Muestras tomadas para análisis*



**Figura 3**

*Pesaje de muestras*

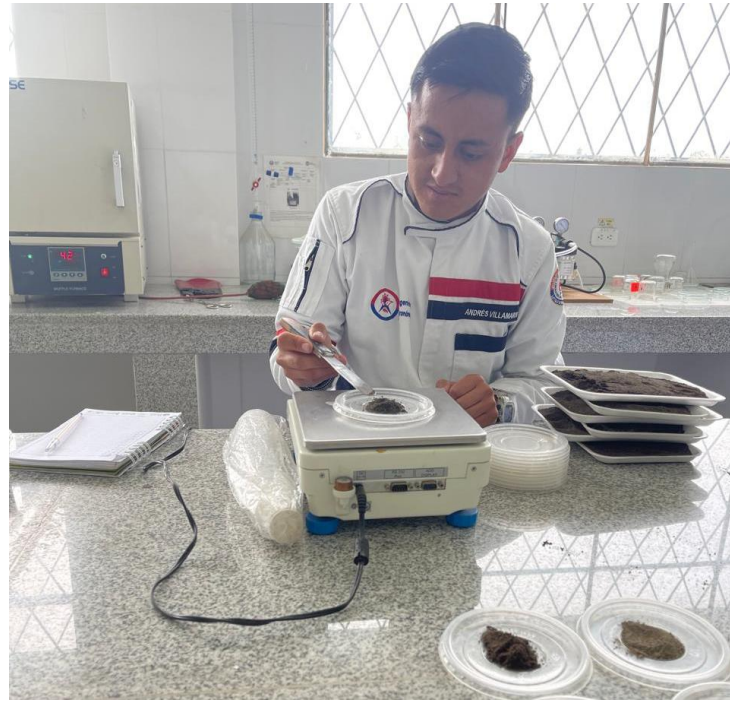
**Figura 4**

*Medición de parámetros*



**Figura 5**

*Proceso de pesaje de muestras*



2. **Análisis de agua:** Las muestras de agua se analizarán para determinar los siguientes parámetros:
  - **Parámetros fisicoquímicos:** pH, presión, salinidad, DO.

#### **Etapa 4: Análisis de datos**

1. **Análisis estadístico:** Se utilizarán técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales para analizar los datos de suelos y agua, identificar patrones y tendencias, y establecer relaciones entre las diferentes variables.
2. **Interpretación de resultados:** Los resultados de los análisis de laboratorio se interpretarán en conjunto con la información recopilada en la revisión bibliográfica. Se evaluará el estado actual de los recursos suelo y agua en las zonas de estudio y se identificarán los principales problemas y limitaciones.

### **Etapa 5: Propuesta de estrategias de manejo sostenible**

1. **Prácticas de conservación del suelo:** Se propondrán prácticas de manejo que promuevan la conservación del suelo, como la labranza mínima, el uso de coberturas vegetales, la rotación de cultivos y la construcción de terrazas.
2. **Prácticas de fertilización adecuada:** Se recomendarán dosis y tipos de fertilizantes adecuados a las características de los suelos y los requerimientos de los cultivos, promoviendo el uso de abonos orgánicos y biofertilizantes.
3. **Prácticas de riego eficiente:** Se promoverá el uso de sistemas de riego eficientes que permitan optimizar el uso del agua y reducir las pérdidas por evaporación y escorrentía.
4. **Prácticas de manejo del agua para consumo animal:** Se propondrán medidas para garantizar la calidad del agua utilizada para el consumo animal, como la construcción de bebederos adecuados y la implementación de sistemas de tratamiento de agua.


## **9.2 Materiales y métodos**





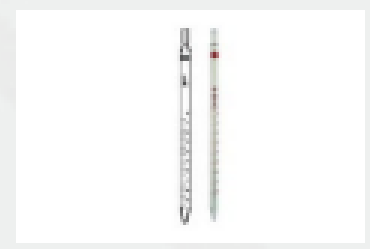
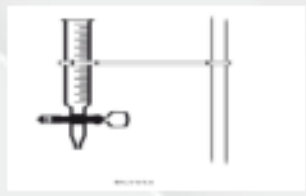


### **9.2.1 Porcentaje de materia orgánica**







Para el análisis de este parámetro se consideran los materiales mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

*Materiales empleados para porcentaje de materia orgánica*

<b>MATERIALES</b>	
Tamiz	<p><b>10# (2mm)</b></p> 

Espátula	
Agua destilada	
Gotero	
2 Erlenmeyer de 500 ml	
Pipeteador	
Pipetas aforadas de 5 y 20 ml	
Bureta aforada	
Soporte universal	
Vaso de precipitado	

Balanza analítica	
<b>REACTIVOS</b>	
Dicromato de potasio 1N	
Ácido fosfórico concentrado	
Sulfato ferroso 1N	
Difenilamina sulfato de bario (fenolftaleína)	
Ácido sulfúrico concentrado	

### 9.2.1.1 Preparación de la muestra

- Pesar 100 gr de suelo y posteriormente tamizar a 2 mm
- Secar los 100 gr de suelo tamizado introduciéndole en la estufa a 105 °C durante 24 horas. (Esto es para eliminar el agua de la muestra de suelo para asegurarnos que la pérdida de peso que sufra la muestra de suelo en la mufla,

corresponda únicamente a la calcinación de la materia orgánica). Este paso realizarlo siempre y cuando apenas recojamos la muestra, la vallamos a procesar.

- Si en caso que la muestra se haya recogida con anterioridad y haiga sido expuesto al aire libre por más de 24 horas no someter la muestra a la estufa porque alteraríamos el resultado de porcentaje de materia orgánica del suelo.

#### **9.2.1.2 Preparación de los crisoles**

- Introducir los crisoles de 50ml dentro de la mufla durante 2 horas a una temperatura de 430 °C.(esto es para eliminar la humedad de los crisoles)
- Puestos los guantes términos posterior mente sacar los crisoles con ayuda de las pinzas.
- Poner los crisoles directo al desecador hasta que alcance temperatura ambiente.
- A continuación, se pasa a pesar el crisol en la balanza analítica de precisión y así estableciendo el peso del crisol total.
- Posteriormente anotar el peso total de cada crisol.
- Finalmente enmarcar con ayuda de un lápiz cada crisol porque cada crisol tiene su peso.

#### **9.2.1.3 Procedimiento**

- En los crisoles ya eliminados la humedad pesar 5 gr de suelo en la balanza analítica de precisión, de los 100gr de suelo tamizado y seco a 105 °C dentro de la estufa.
- Posteriormente, poner los crisoles con los 5 gr de suelo dentro de la mufla a 430 °C por 2hrs.
- Una vez transcurrido ese tiempo, extraeremos el crisol con la muestra y dejarla en el desecador para que alcance la temperatura ambiente.
- Por último, se pesa de nuevo la muestra anotando el peso de la muestra a 430 °C.

Se emplean las siguientes fórmulas para el cálculo:

$$\text{Peso } 105^{\circ}\text{C (gr)} = \text{Peso crisol total (gr)} + \text{Peso suelo seco (gr)}$$

Donde:

Peso 105°C (gr)

Peso crisol total (gr) = Peso anotado sin humedad del crisol.

Peso suelo seco= 5 gr de suelo provenientes de los 100 gr de la muestra seca a 105°C por 24 horas.

$$\% \text{ materia orgánica} = \frac{(\text{Peso } 105^{\circ}\text{C} (\text{gr}) - \text{Peso } 430^{\circ}\text{C}(\text{gr}))}{\text{Peso } 430^{\circ}\text{C}(\text{gr})}$$

Donde:

Peso 430°C (gr)

Peso 430°C (gr) = Pérdida de peso que sufra la muestra de suelo en la mufla, corresponde únicamente a la calcinación de la materia orgánica.

Los resultados se proceden a analizar con base en lo expuesto en la tabla a continuación:

**Tabla 2**

*Parámetros de análisis porcentaje de materia orgánica*








Contenido %	Categoría	Puntuación
< 1.0	Bajo	0
1.0-3.0	Medio	1
> 3.0	Alto	2

### 9.2.2 Análisis de nutrientes

Para este análisis se toma en consideración la denominada Prueba de Extracción de Pasta Saturada (SPE). Esta prueba consiste en saturar la muestra de suelo con agua destilada durante un tiempo estimado de dos horas para que la muestra de suelo alcance el equilibrio. Luego se extrajo la solución del suelo a través de una bomba de vacío, con lo extraído se pudo determinar K, Ca, Na, (No3), pH y conductividad materiales, reactivos y equipos.

Se emplean los materiales y reactivos mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 3***Materiales empleados análisis de nutrientes*

<b>MATERIALES</b>	
Tamiz de 60 (250 um)	
Agua destilada	
Botellas de plástico 500ml	
Papel film	
Papel filtro	
<b>EQUIPOS</b>	
Ionómetros	
Balanza analítica	

Embudo buchner	
Espátula	
Capsula de porcelana	
Kitasato, Bomba de vacío	

### 9.2.2.1 Preparación de la muestra

Recoger la muestra del suelo de 300g en campo, tamizar la muestra en el número de tamiz 60 (250 um) y reposar la muestra 24 horas antes del procedimiento.

### 9.2.2.2 Procedimiento

- Pesar la muestra de suelo 200 gr de muestra de suelo
- Colocar en la capsulad de porcelana la muestra del suelo previamente pesada
- Elaborar una muestra de lodo con agua destilada, mezclar con la espátula concienzudamente, la mezcla debe dar como resultado una pasta brillante, debe deslizarse ligeramente en las paredes de la capsula de porcelana (o a su vez realizar un corte transversal en la mezcla si la mezcla se cierra y la línea sigue diremos que es válida).
- Se procede a tapar la mezcla con fil transparente y se procede a dejar en reposo de dos horas

- Comprobar el estado de saturación (cantidad máxima de agua que puede retener el suelo) si existe agua en la parte superior este saturado caso contrario necesita q se hallada más agua (anotar el agua que se añada) en caso de necesitar más agua dejar reposas 24 horas la pasta previamente tapada
- Colocar un papel filtro de la medida del embudo, este papel evitara perdidas en el proceso de extracción a continuación, verter la pasta previamente reposada en el embudo buchner y colocar en la bomba de vacío
- Extraer la muestra de la botella de vidrio en una de plástico
- Proceder a colocar 3 gotas en los Ionómetros para poder determinar cada uno de los parámetros a medir.

Los resultados generados por el análisis se interpretan con base en lo mostrado en la siguiente tabla.

**Tabla 4**

*Parámetros de análisis porcentaje de nutrientes*

Nutrientes	Niveles en ppm		
	Bajo	Medio	Alto
Potasio(k)	<76	76-150	>150
Calcio (Ca)	< 41	41-140	>140
Sodio (Na)	<16 cmol/kg o meq/100gr	16-30 cmol/kg o meq/100gr	>31cmol/kg o meq/100gr
Conductividad Eléctrica	<500 dSm-1	500-1000 dSm-1	>1000 dSm-1

### 9.3 Procedimiento de análisis de datos

El análisis de datos se realizará utilizando técnicas de estadística descriptiva para resumir y presentar la información recopilada sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y del agua.

#### **Análisis de datos de suelos:**

1. **Estadísticos descriptivos:** Se calcularán medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y de dispersión (rango, desviación estándar, coeficiente de variación) para cada variable analizada (textura, estructura,

densidad aparente, porosidad, capacidad de retención de agua, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, macronutrientes, micronutrientes).

2. **Tablas y gráficos:** Se presentarán los resultados en tablas y gráficos (histogramas, diagramas de caja, gráficos de dispersión) para visualizar la distribución de los datos y facilitar su interpretación.

#### **Análisis de datos de agua:**

1. **Estadísticos descriptivos:** Se calcularán medidas de tendencia central y de dispersión para cada parámetro analizado (pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes totales, coliformes fecales, Escherichia coli).
2. **Tablas y gráficos:** Se presentarán los resultados en tablas y gráficos para visualizar la distribución de los datos y facilitar su interpretación.
3. **Comparación con estándares de calidad:** Se compararán los valores obtenidos con los estándares de calidad establecidos para el agua de riego y el agua para consumo animal, con el fin de determinar si el agua es apta para estos usos y si existe algún riesgo para la salud animal o humana.

## **10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

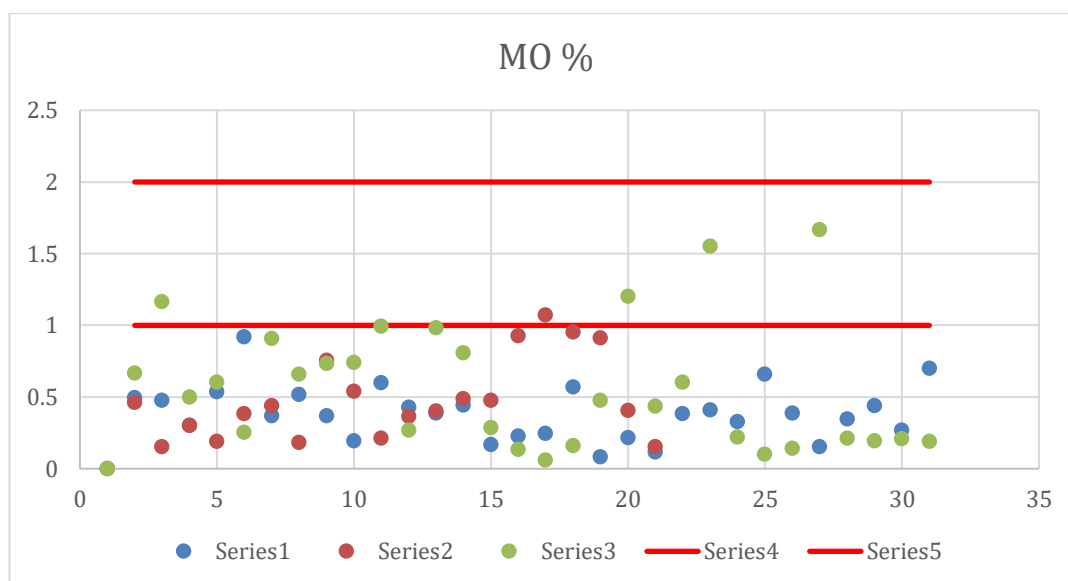
Una vez realizada la recolección de los datos necesarios para el estudio, a continuación se presentan los principales resultados encontrados con base en cada parámetro revisado..

### **10.1 Porcentaje de materia orgánica**

En las siguientes figuras se presenta el porcentaje de materia orgánica obtenido para cada una de las zonas evaluadas por el estudio.

## Gráfico 1

*Presencia de materia organica – Aláquez, Joséguango, Mulaló*



Para el caso de Aláquez se presenta lo siguiente:

- **Moda:** La moda, o valor más frecuente, se encuentra en el rango de 0.35% a 0.45% (30% del total de valores), lo que sugiere que muchos suelos en Aláquez tienen niveles moderados de materia orgánica.
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** El punto de muestreo 9 destaca por tener el valor más alto de materia orgánica (0.92%), lo que podría indicar un área con suelo particularmente fértil o prácticas de manejo que favorecen la acumulación de materia orgánica.
  - **Bajos:** Los puntos de muestreo 1, 5 y 29 presentan los valores más bajos de materia orgánica (0.15%, 0.17% y 0.15% respectivamente). Estos valores sugieren que estas áreas podrían tener suelos degradados o estar sujetas a prácticas de manejo que no promueven la salud del suelo.

Por otro lado, para la parroquia Joséguango se puede mencionar lo siguiente:

- **Moda:** No hay una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar una

concentración de valores en el rango de 0.40% a 0.54% (38% de los datos), lo que indica que muchos suelos tienen niveles moderados de materia orgánica.

- **Puntos críticos:**

- **Altos:** Los puntos 15 y 16 se destacan por tener los valores más altos de materia orgánica (0.93% y 1.07%, respectivamente). Estos valores atípicos podrían indicar áreas con suelos más fértiles o prácticas de manejo que favorecen la acumulación de materia orgánica.
- **Bajos:** Los puntos de muestreo 1 y 2 presentan los valores más bajos de materia orgánica (0.15%). Esto podría indicar áreas con suelos degradados o prácticas de manejo inadecuadas.

**Recomendaciones:**

- **Fomentar prácticas de manejo sostenible:** Se recomienda implementar prácticas de manejo que promuevan el aumento y mantenimiento de la materia orgánica en el suelo, como la incorporación de residuos de cultivos, el uso de abonos orgánicos, la rotación de cultivos con leguminosas y la reducción de la labranza.
- **Manejo diferenciado:** Dado que existen variaciones significativas en los niveles de materia orgánica, se sugiere un enfoque de manejo diferenciado, adaptando las prácticas a las características específicas de cada zona.
- **Monitoreo continuo:** Es importante realizar un monitoreo continuo de la materia orgánica en el suelo para evaluar la efectividad de las prácticas de manejo implementadas y ajustarlas según sea necesario.

Finalmente, en lo que respecta a la parroquia Mulaló se puede mencionar lo siguiente:

**Análisis:**

- **Moda:** No hay una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar una

concentración de valores en el rango de 0.2% a 0.7% (25% de datos), lo que sugiere que muchos suelos en Mulaló tienen niveles bajos a moderados de materia orgánica.

- **Altos:** Los puntos de muestreo 25 y 28 se destacan por tener los valores más altos de materia orgánica (1.55% y 1.67%, respectivamente). Estos valores atípicos podrían indicar áreas con suelos particularmente fértiles o prácticas de manejo que favorecen la acumulación de materia orgánica.
- **Puntos críticos:** Varios puntos de muestreo muestran valores de materia orgánica muy bajos, inferiores al 0.20%, lo que podría indicar áreas con suelos degradados o prácticas de manejo inadecuadas que requieren atención prioritaria.

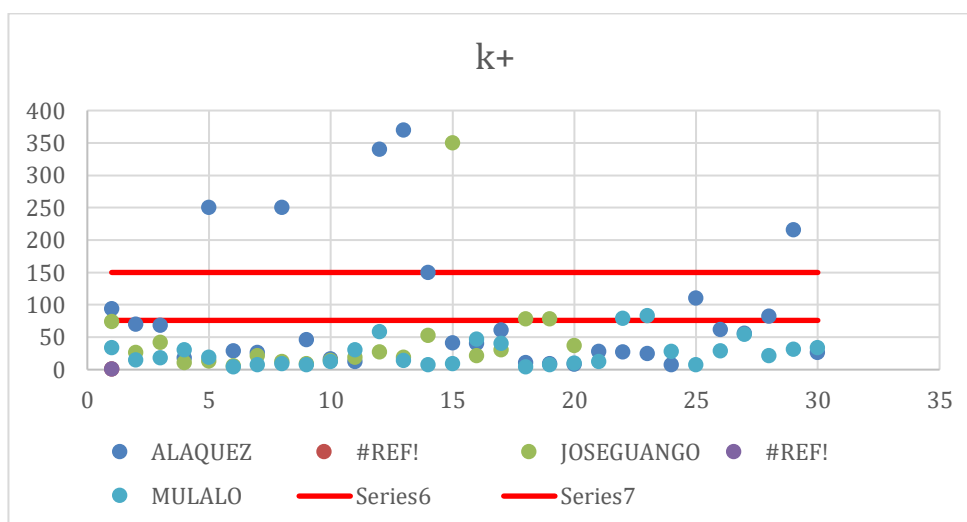
## 10.2 Análisis de nutrientes del suelo

### 10.2.1 Potasio K+

Una vez analizados los porcentajes de materia orgánica en las muestras de suelo, se procedió a analizar la presencia de diferentes nutrientes en el suelo, en partículas por millón (PPM).

#### Gráfico 2

*Presencia de potasio – Aláquez, Joséguango, Mulaló*



Para el caso de Aláquez se presenta lo siguiente:

**Análisis:**

- **Amplio rango de valores:** Los niveles de potasio en Alaquez presentan una variabilidad considerable, con valores que oscilan entre 6 ppm y 370 ppm. Esta amplia gama indica una heterogeneidad significativa en la disponibilidad de potasio en los suelos de la zona.
- **Moda:** La moda se encuentra en el rango de 40-61 ppm (15%), lo que sugiere que muchos suelos en Alaquez tienen niveles moderados de potasio disponible.
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** Los puntos de muestreo 12 y 13 destacan por tener los valores más altos de potasio (340 ppm y 370 ppm, respectivamente). Estos valores atípicos podrían indicar áreas con una fertilización excesiva o una liberación natural alta de potasio desde los minerales del suelo.
  - **Bajos:** Varios puntos de muestreo muestran valores de potasio muy bajos, inferiores a 20 ppm. El punto de muestreo 20 presenta el valor más bajo (6 ppm). Estos valores bajos podrían indicar áreas con suelos deficientes en potasio o con una alta tasa de extracción de este nutriente por los cultivos.

En Joseguango se presenta lo siguiente:

**Análisis:**

- **Moda:** No existe una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar una concentración de valores bajos, con varios puntos de muestreo presentando niveles de potasio inferiores a 30 ppm (50% de valores).
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** El punto de muestreo 15 destaca por tener el valor más alto de potasio (350 ppm). Este valor atípico podría indicar un área con una fertilización excesiva o una liberación natural alta de potasio desde los minerales del suelo.

- **Bajos:** Varios puntos de muestreo muestran valores de potasio muy bajos. El punto de muestreo 9 presenta el valor más bajo (6 ppm). Estos valores bajos podrían indicar áreas con suelos deficientes en potasio o con una alta tasa de extracción de este nutriente por los cultivos.

Para Mulaló se obtiene lo siguiente:

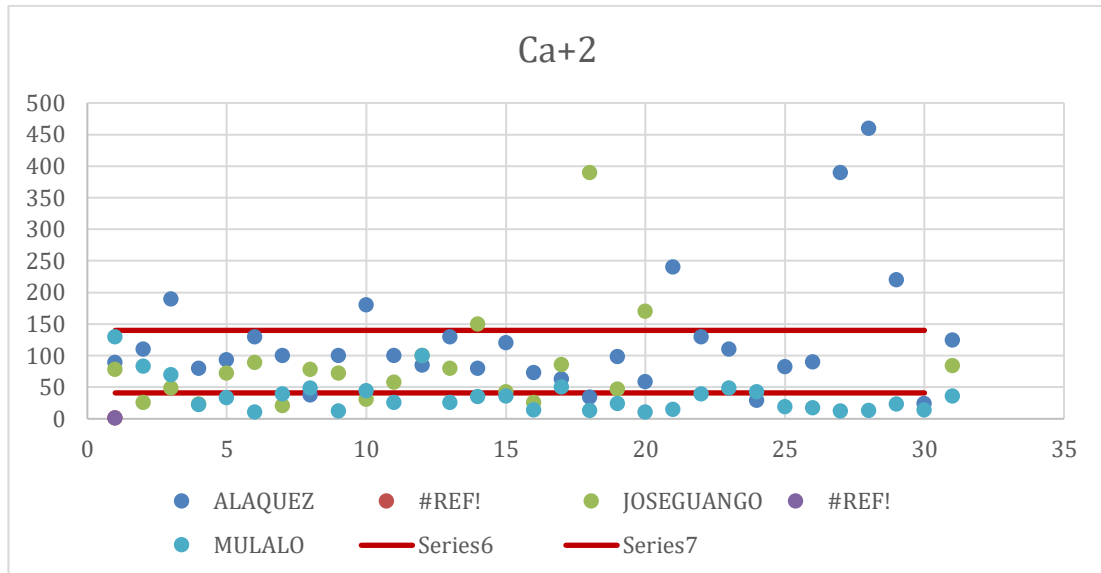
#### **Análisis:**

- **Moda:** Al igual que en las otras zonas analizadas, no existe una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar una concentración de valores bajos, con varios puntos de muestreo presentando niveles de potasio inferiores a 30 ppm (40% de los valores).
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** Los puntos de muestreo 22 y 24 destacan por tener los valores más altos de potasio (83 ppm y 79 ppm, respectivamente). Estos valores atípicos podrían indicar áreas con una fertilización excesiva o una liberación natural alta de potasio desde los minerales del suelo.
  - **Bajos:** El punto de muestreo 14 presenta el valor más bajo de potasio (4 ppm). Este valor extremadamente bajo podría indicar un área con suelos severamente deficientes en potasio o con una tasa de extracción muy alta de este nutriente por los cultivos.

#### **10.2.2 Calcio Ca<sup>2+</sup>**

##### **Gráfico 3**

*Presencia de Calcio – Aláquez, Joséguango, Mulaló*



Con respecto a la presencia de Calcio en el suelo, se presenta en primer lugar a la parroquia Aláquez.

#### Análisis:

- **Moda:** Se puede observar una concentración de valores en el rango de 80-130 ppm (65% de los valores), lo que sugiere que muchos suelos en Aláquez tienen niveles moderados de calcio disponible.
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** Los puntos de muestreo 27 y 28 destacan por tener los valores más altos de calcio (390 ppm y 460 ppm, respectivamente). Estos valores atípicos podrían indicar áreas con una aplicación excesiva de enmiendas cálcicas o la presencia de materiales parentales ricos en calcio.
  - **Bajos:** Los puntos de muestreo 17, 19 y 30 presentan los valores más bajos de calcio (34 ppm, 59 ppm y 24 ppm, respectivamente). Estos valores bajos podrían indicar áreas con suelos deficientes en calcio o con una alta tasa de extracción de este nutriente por los cultivos.

Con respecto a la parroquia Joseguango, se tiene el siguiente análisis.

#### Análisis:

- **Moda:** No hay una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar una concentración de valores bajos a moderados, con la mayoría de los puntos de muestreo presentando niveles de calcio inferiores a 100 ppm (75% de los datos).
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** El punto de muestreo 18 destaca significativamente por tener el valor más alto de calcio (390 ppm). Este valor atípico podría indicar un área con una aplicación excesiva de enmiendas cálcicas (como cal agrícola) o la presencia de materiales parentales ricos en calcio.
  - **Bajos:** Los puntos de muestreo 4 y 7 presentan los valores más bajos de calcio (23 ppm y 21 ppm, respectivamente). Estos valores bajos podrían indicar áreas con suelos deficientes en calcio o con una alta tasa de extracción de este nutriente por los cultivos.

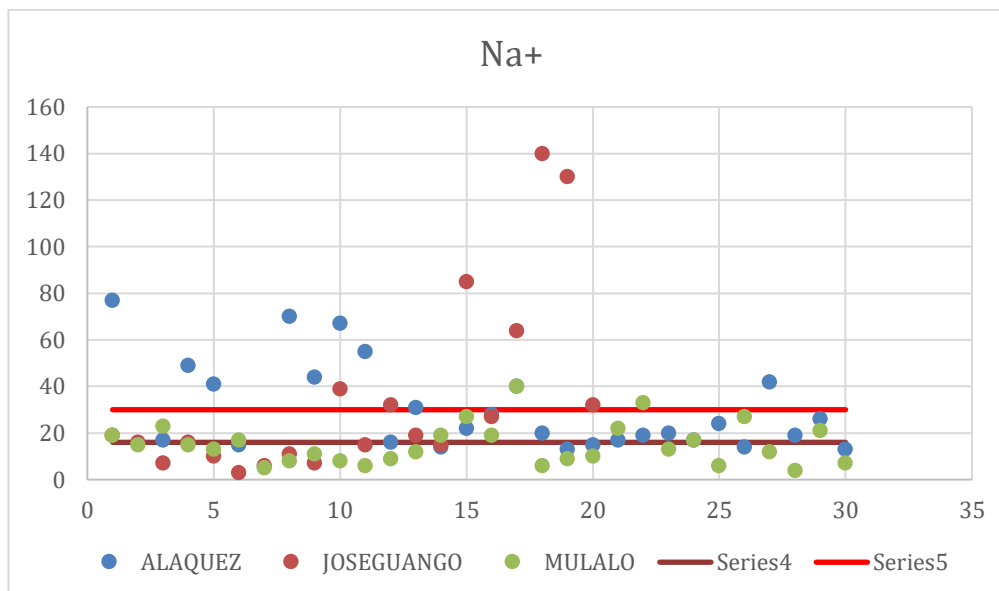
Para Mulaló, los valores de calcio varían significativamente, desde un mínimo de 11 ppm hasta un máximo de 170 ppm, lo que resalta la heterogeneidad en la disponibilidad de este nutriente en los suelos de la zona.

La mayoría de los suelos en Mulaló presentan niveles bajos a moderados de calcio, con una concentración de valores en el rango de 35 a 49 ppm. Sin embargo, existen puntos críticos que merecen atención. El punto de muestreo 1, con 170 ppm, muestra un nivel de calcio considerablemente alto, posiblemente debido a una aplicación excesiva de enmiendas cálcicas o a la presencia de materiales parentales ricos en calcio. Por otro lado, los puntos 20 y 31, con valores de 11 ppm y 14 ppm respectivamente, evidencian una deficiencia severa de calcio, lo que podría estar relacionado con suelos degradados o prácticas de manejo inadecuadas.

### 10.2.3 Sodio Na<sup>+</sup>

#### Gráfico 4

*Presencia de sodio – Aláquez, Joséguango, Mulaló*



En lo que respecta a la presencia de sodio, la parroquia de Alaquez muestra los siguientes resultados.

#### Análisis:

- **Moda:** No existe una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar una concentración de valores bajos, con la mayoría de los puntos de muestreo presentando niveles de sodio inferiores a 100 ppm (50% de valores).
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** El punto de muestreo 2 destaca significativamente por tener el valor más alto de sodio (810 ppm). Este valor extremadamente atípico podría indicar un área con una alta salinidad del suelo, posiblemente debido a problemas de drenaje, riego con agua de mala calidad o intrusión de agua salada.
  - **Bajos:** Varios puntos de muestreo muestran valores de sodio muy bajos, inferiores a 20 ppm. Estos valores bajos podrían indicar áreas con suelos que han sido sometidos a lavado o lixiviación de sales.

En la zona de José Guango se obtuvieron los siguientes datos.

#### Análisis

La mayoría de los puntos de muestreo presentan niveles bajos de sodio, con valores inferiores a 20 ppm. Sin embargo, dos puntos destacan por sus valores elevados: el punto 18 con 140 ppm y el punto 17 con 130 ppm. Estos valores atípicos podrían indicar áreas con problemas de salinidad, posiblemente debido a factores como el riego con agua de mala calidad, la evaporación excesiva o la intrusión de agua salada.

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la gestión del suelo y el agua en Jose Guango. Los altos niveles de sodio en algunos puntos podrían afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos, reducir la productividad agrícola y degradar la calidad del suelo a largo plazo. Además, podrían indicar un riesgo de contaminación del agua, lo que podría afectar la salud animal y humana si se utiliza para consumo o riego.

En lo que respecta a la parroquia Mulaló, se tienen los siguientes resultados.

#### **Análisis:**

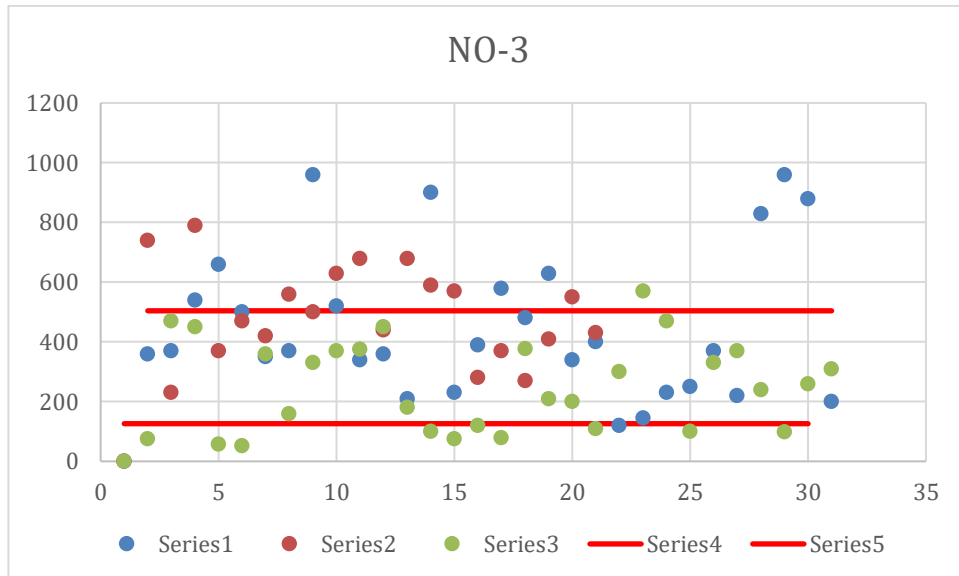
Los valores de sodio varían considerablemente, desde un mínimo de 4 ppm hasta un máximo de 40 ppm, lo que indica una heterogeneidad en la concentración de sodio en los suelos de la zona. La mayoría de los puntos de muestreo presentan niveles bajos a moderados de sodio, con valores predominantemente por debajo de 20 ppm. Sin embargo, el punto de muestreo 19 se destaca con un valor de 40 ppm, lo que sugiere una posible acumulación de sodio en esta área específica.

Este hallazgo podría indicar un riesgo potencial de salinización en el punto de muestreo 19, aunque los niveles generales de sodio en Mulaló parecen estar dentro de rangos aceptables para la mayoría de los cultivos. Es importante realizar un seguimiento de este punto y considerar medidas preventivas para evitar un aumento de la salinidad en el futuro.

#### **10.2.4 Nitratos NO-3**

##### **Gráfico 5**

*Presencia de nitratos – Aláquez, Joséguango, Mulaló*



En la zona de Alaquez, los valores de nitratos muestran una amplia variabilidad, oscilando entre 10.2 ppm y 960 ppm, lo que indica una heterogeneidad significativa en la concentración de nitratos en los suelos de la zona.

La mayoría de los puntos de muestreo presentan niveles moderados a altos de nitratos, con valores superiores a 200 ppm (75% de la muestra). Sin embargo, algunos puntos destacan por sus valores extremadamente altos, como los puntos 1, 13, 27 y 29, que superan los 800 ppm. Por otro lado, el punto de muestreo 20 presenta el valor más bajo (10.2 ppm).

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la gestión agrícola y ambiental en Alaquez. Los altos niveles de nitratos en algunos puntos podrían indicar un uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, lo que puede tener impactos negativos en la calidad del agua y el medio ambiente. Por otro lado, los valores bajos en algunos puntos podrían indicar una deficiencia de nitrógeno, lo que podría limitar el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Para el caso de Joseguango se presenta lo siguiente:

#### **Análisis:**

- **Amplio rango de valores:** Los niveles de nitratos en Jose Guango presentan una variabilidad considerable, con valores que oscilan entre 230 ppm y 790

ppm. Esta amplia gama indica una heterogeneidad significativa en la concentración de nitratos en los suelos de la zona.

- **Moda:** No existe una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar una concentración de valores altos, con varios puntos de muestreo presentando niveles de nitratos superiores a 500 ppm (35% de valores).
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** Los puntos de muestreo 2, 8 y 12 destacan por tener los valores más altos de nitratos (790 ppm, 680 ppm y 680 ppm, respectivamente). Estos valores elevados podrían indicar un uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en estas áreas.
  - **Bajos:** El punto de muestreo 14 presenta el valor más bajo de nitratos (230 ppm). Aunque este valor es relativamente bajo en comparación con otros puntos de muestreo, sigue siendo un nivel considerable de nitratos en el suelo.

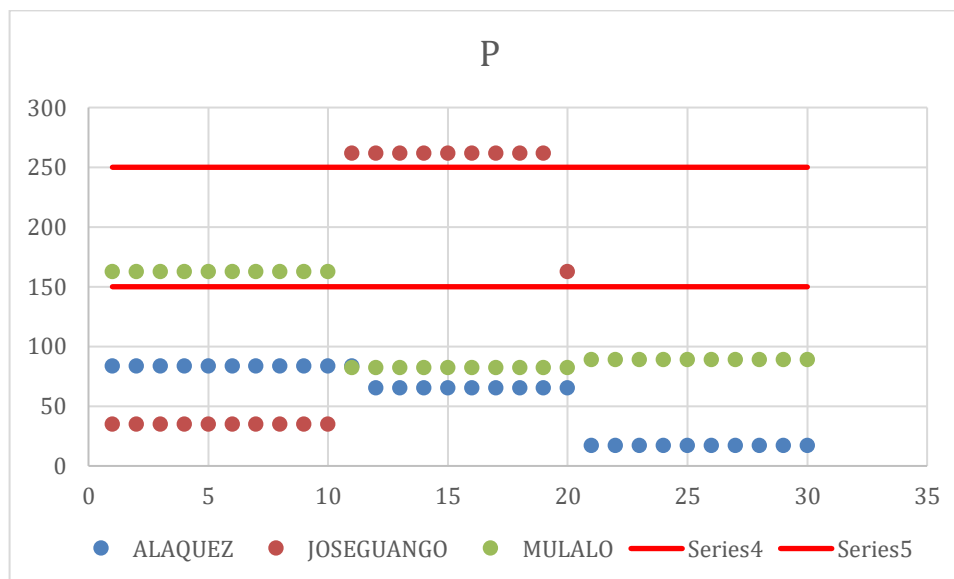
Para el caso de Mulaló, los valores de nitratos muestran una amplia variabilidad, oscilando entre 52 ppm y 570 ppm, lo que indica una heterogeneidad significativa en la concentración de nitratos en los suelos de la zona. La mayoría de los puntos de muestreo presentan niveles moderados a altos de nitratos, con valores superiores a 100 ppm. Sin embargo, algunos puntos destacan por sus valores extremadamente altos, como los puntos 23 y 24, que superan los 500 ppm. Por otro lado, el punto de muestreo 6 presenta el valor más bajo (52 ppm).

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la gestión agrícola y ambiental en Mulaló. Los altos niveles de nitratos en algunos puntos podrían indicar un uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, lo que puede tener impactos negativos en la calidad del agua y el medio ambiente. Por otro lado, los valores bajos en algunos puntos podrían indicar una deficiencia de nitrógeno, lo que podría limitar el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

### 10.2.5 Fósforo P

#### Gráfico 6

Presencia de fósforo – Aláquez, Joséguango, Mulaló



Con respecto a la presencia de fósforo en el suelo, se presenta en primer lugar a la parroquia Aláquez.

#### Análisis:

- **Valores predominantes:** Los niveles de fósforo en Aláquez se concentran principalmente en dos valores: 83.17 ppm y 65.08 ppm. Esto sugiere una menor variabilidad en comparación con otros nutrientes analizados en estudios anteriores.
- **Ausencia de valores extremos:** No se observan valores extremadamente altos ni bajos de fósforo en los puntos de muestreo, lo que indica una relativa homogeneidad en la disponibilidad de este nutriente en la zona.
- **Suficiencia de fósforo:** Los valores de fósforo en la mayoría de los puntos de muestreo se encuentran dentro del rango considerado adecuado para la mayoría de los cultivos, lo que sugiere que los suelos de Aláquez son generalmente suficientes en fósforo.
- **Puntos de atención:** A pesar de la suficiencia general de fósforo, los puntos de muestreo 20 al 30 presentan valores ligeramente inferiores (16.9 ppm).

Aunque estos valores no son extremadamente bajos, podrían indicar una menor disponibilidad de fósforo en estas áreas específicas.

Con respecto a la presencia de fósforo en el suelo, se presenta en primer lugar a la parroquia Joséguango.

**Análisis:**

- **Valores únicos:** Los niveles de fósforo en Jose Guango presentan solo dos valores distintos: 34.58 ppm y 261.72 ppm. Esto indica una homogeneidad inusual en la disponibilidad de fósforo en los suelos de la zona, lo que sugiere que los factores que influyen en los niveles de fósforo son consistentes en toda el área de estudio.
- **Moda bimodal:** Existen dos modas en este conjunto de datos: 34.58 ppm y 261.72 ppm. Esto significa que estos dos valores son los más frecuentes y representan la mayoría de los puntos de muestreo.
- **Ausencia de valores extremos:** No se observan valores extremadamente altos ni bajos de fósforo en los puntos de muestreo, lo que refuerza la idea de una homogeneidad inusual en la disponibilidad de este nutriente en la zona.

Con respecto a la presencia de fósforo en el suelo, se presenta en primer lugar a la parroquia Mulaló.

**Análisis:**

- **Valores únicos:** Los niveles de fósforo en Mulaló presentan solo dos valores distintos: 81.94 ppm y 162.53 ppm. Esto indica una homogeneidad inusual en la disponibilidad de fósforo en los suelos de la zona, lo que sugiere que los factores que influyen en los niveles de fósforo son consistentes en toda el área de estudio.



una concentración de valores en el rango de 5.5 a 6.0 (35% de los datos), lo que indica que este es el rango de pH más común en los suelos de Alaquez.

Para el sector de Joseguango se tiene lo siguiente:

**Análisis:**

- **Rango de valores:** Los valores de pH en Jose Guango varían entre 5.38 y 7.8, lo que indica una variabilidad moderada en la acidez/alcalinidad de los suelos de la zona.
- **Valores predominantes:** La mayoría de los suelos en Jose Guango presentan un pH ligeramente ácido, con valores entre 5.46 y 6.53. Solo dos puntos de muestreo (18 y 19) presentan un pH neutro a ligeramente alcalino.
- **Ausencia de valores extremos:** No se observan valores extremadamente ácidos ni alcalinos, lo que sugiere que los suelos de Jose Guango no presentan problemas graves de acidez o alcalinidad.
- **Moda:** No hay una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor de pH se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar una concentración de valores en el rango de 5.91 a 6.47 (80% de los valores), lo que indica que este es el rango de pH más común en los suelos de Jose Guango.

**Puntos críticos:**

- **Más ácido:** El punto de muestreo 17 presenta el valor más bajo de pH (5.38), lo que indica que este suelo es ligeramente más ácido que los demás.
- **Más alcalino:** Los puntos de muestreo 18 y 19 presentan los valores más altos de pH (7.8 y 7.57, respectivamente), lo que indica que estos suelos son ligeramente alcalinos.

Para el caso de Mulaló se presenta el siguiente análisis:

**Análisis:**

- **Amplio rango de valores:** Los valores de pH en Mulaló varían entre 5.05 y 8.37, lo que indica una variabilidad considerable en la acidez/alcalinidad de los suelos de la zona.
- **Valores predominantes:** La mayoría de los suelos en Mulaló presentan un pH ligeramente ácido a neutro, con valores entre 5 y 7. Sin embargo, hay una tendencia hacia suelos ligeramente alcalinos, con varios puntos de muestreo con valores superiores a 7.
- **Ausencia de valores extremos:** No se observan valores extremadamente ácidos ( $\text{pH} < 4.5$ ) ni extremadamente alcalinos ( $\text{pH} > 8.5$ ), lo que sugiere que los suelos de Mulaló no presentan problemas graves de acidez o alcalinidad.
- **Moda:** No hay una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor de pH se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar una concentración de valores entre 6.5 y 7.0 (50% del total), lo que indica que este es el rango de pH más común en los suelos de Mulaló.
- **Puntos críticos:**
  - **Más ácido:** El punto de muestreo 1 presenta el valor más bajo de pH (5.05).
  - **Más alcalinos:** Los puntos de muestreo 28, 29 y 31 presentan los valores más altos de pH (8.03, 7.89 y 8.37, respectivamente).

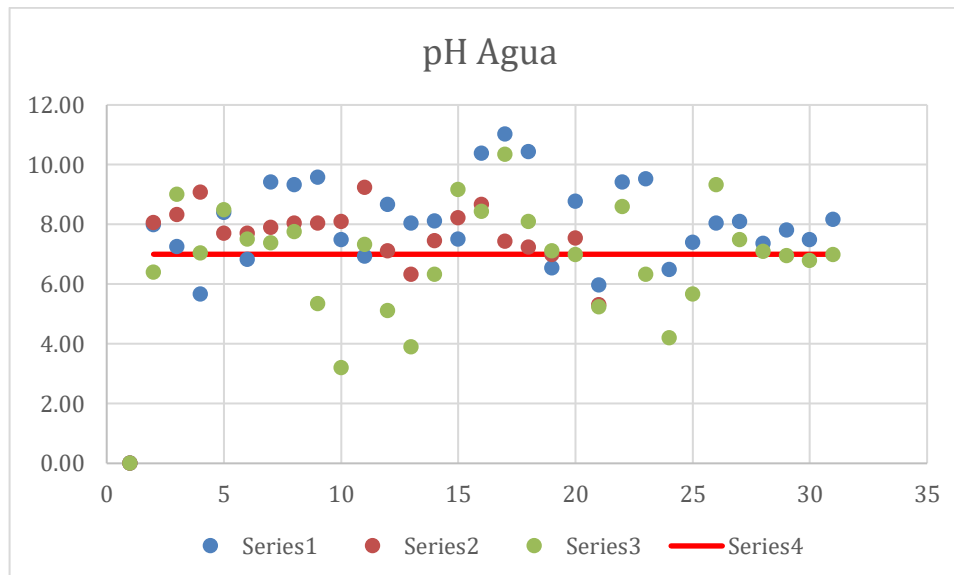
### 10.3 Análisis de parámetros del Agua

#### 10.3.1 pH

Una vez analizados los parámetros seleccionados para el suelo, se procedió a realizar el análisis del pH del agua empleada en cada terreno analizado. Se generaron los siguientes resultados.

#### Gráfico 8

*Presencia de pH agua – Alaquez, Joséguango, Mulaló*



En Alaquez se tuvo el siguiente análisis:

#### **Análisis:**

- **Amplio rango de valores:** Los valores de pH del agua en Alaquez varían entre 5.67 y 11.17, lo que indica una variabilidad considerable en la acidez/alcalinidad del agua en la zona.
- **Valores predominantes:** La mayoría de las muestras de agua en Alaquez presentan un pH ligeramente ácido a alcalino, con valores entre 7 y 9. Sin embargo, hay algunos puntos de muestreo con valores de pH extremadamente altos, superiores a 10.
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** Los puntos de muestreo 16 y 17 destacan por tener los valores más altos de pH (11.02 y 10.43, respectivamente). Estos valores extremadamente altos podrían indicar una contaminación del agua por sustancias alcalinas o una condición natural del suelo que afecta la alcalinidad del agua.
  - **Bajo:** El punto de muestreo 3 presenta el valor más bajo de pH (5.67), lo que indica que el agua en este punto es ligeramente ácida.
- **Moda:** No hay una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor de pH se repite con mayor frecuencia. Sin embargo, se puede observar

una concentración de valores en el rango de 7 a 9 (60% de los valores), lo que indica que este es el rango de pH más común en el agua de Alaquez.

Por otra parte, en Joseguango se presentan los siguientes análisis:

**Análisis:**

- **Rango de valores:** Los valores de pH del agua en Jose Guango varían entre 6.33 y 9.24, lo que indica una variabilidad moderada en la acidez/alcalinidad del agua en la zona.
- **Valores predominantes:** La mayoría de las muestras de agua en Jose Guango presentan un pH ligeramente alcalino, con valores entre 7.45 y 9.07.
- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** Los puntos de muestreo 10 y 11 destacan por tener los valores más altos de pH (9.24 y 8.67, respectivamente). Estos valores podrían indicar una contaminación del agua por sustancias alcalinas o una condición natural del suelo que afecta la alcalinidad del agua.
  - **Bajo:** El punto de muestreo 12 presenta el valor más bajo de pH (6.33), lo que indica que el agua en este punto es ligeramente ácida.
- **Moda:** No hay una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor de pH se repite con mayor frecuencia, no obstante, se tiene un promedio entre 7 – 8 (55% de valores).

Finalmente, en Mulaló se presenta lo siguiente:

**Análisis:**

- **Amplio rango de valores:** Los valores de pH del agua en Mulaló varían entre 3.21 y 10.34, lo que indica una variabilidad extremadamente alta en la acidez/alcalinidad del agua en la zona. Esta amplia gama sugiere la presencia de diferentes fuentes de agua o condiciones ambientales que afectan el pH.
- **Valores predominantes:** No se puede determinar una tendencia clara en los valores de pH del agua en Mulaló debido a la alta variabilidad. Algunos

puntos de muestreo presentan valores ácidos ( $\text{pH} < 7$ ), otros neutros ( $\text{pH} \sim 7$ ) y otros alcalinos ( $\text{pH} > 7$ ).

- **Puntos críticos:**
  - **Altos:** Los puntos de muestreo 17 y 19 destacan por tener los valores más altos de pH (10.34 y 9.32, respectivamente). Estos valores extremadamente altos podrían indicar una contaminación del agua por sustancias alcalinas o una condición natural del suelo que afecta la alcalinidad del agua.
  - **Bajos:** Los puntos de muestreo 11 y 13 presentan los valores más bajos de pH (3.21 y 3.89, respectivamente), lo que indica que el agua en estos puntos es ácida.
- **Moda:** No hay una moda clara en este conjunto de datos, ya que ningún valor de pH se repite con mayor frecuencia.

### 10.3.2 Oxígeno disuelto

Con respecto al sector de Alaquez, los niveles de oxígeno disuelto exhiben una variabilidad significativa, oscilando entre un mínimo de aproximadamente 2.14 PPM y un máximo de 17.91 PPM. La mayoría de los puntos de muestreo muestran niveles de OD por encima de 5 PPM (40% del total de puntos), lo que indica una buena oxigenación general del agua. Esto es favorable para la vida acuática y la calidad general del agua.

Para el caso de Joseguango, los valores de DO tienen una gran variabilidad. El valor más alto se encuentra en el punto 17 de medición (18,45), mientras que el valor más bajo se presenta en el punto 11 (2,97). La moda se presenta entre los valores de 11 – 12 (28%).

Finalmente, para el caso de Mulaló se presentan altos niveles de variabilidad en las mediciones realizadas. El valor más alto se presenta en el punto 15 (27,36), mientras que el valor más bajo se presenta en el punto 5 (2,96 PPM). La moda se presenta entre los valores 11,35 – 15,37 (25% de los valores analizados).

### 10.3.3 Conductividad

Alaquez exhibe la conductividad más baja, principalmente en el rango de 0-200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sugiriendo un agua con menos sales disueltas. José Guango muestra la mayor variabilidad, con valores que alcanzan cerca de 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que podría atribuirse a factores estacionales o eventos de lluvia. Mulalo presenta valores intermedios, concentrándose en el rango de 100-400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Estas diferencias de conductividad apuntan a variaciones en la composición del agua entre las ubicaciones. Una mayor conductividad generalmente implica una mayor concentración de sales, lo que podría afectar la calidad del agua. La variabilidad en José Guango resalta la influencia de factores externos en la composición del agua.

## 10.4 Discusión de resultados

El análisis de los gráficos de barras correspondientes a los niveles de materia orgánica (MO), potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y pH, tanto en suelo como en agua, en las zonas de Alaquez, Jose Guango y Mulaló, revela una serie de hallazgos cruciales que permiten comprender la situación actual de la fertilidad del suelo y la calidad del agua en estas zonas productoras de leche del cantón Latacunga.

### Suelo

- **Materia orgánica (MO):** Los niveles de materia orgánica muestran una variabilidad considerable en las tres zonas, lo que indica heterogeneidad en las propiedades del suelo y las prácticas de manejo. En general, los suelos presentan niveles bajos a moderados de materia orgánica, lo que podría estar asociado con prácticas de manejo que no favorecen su acumulación. Esto puede afectar negativamente la fertilidad del suelo, su capacidad de retención de agua y su resistencia a la erosión. Se identificaron puntos críticos con valores extremadamente bajos, indicando áreas con suelos degradados que requieren atención prioritaria.

- **Potasio (K<sup>+</sup>):** Los niveles de potasio también exhiben una variabilidad considerable en las tres zonas, lo que indica una heterogeneidad en la disponibilidad de este nutriente esencial. Se identificaron tanto deficiencias como excesos de potasio, lo que puede afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como la calidad del agua y el medio ambiente.
- **Calcio (Ca<sup>2+</sup>):** Los niveles de calcio también presentan una variabilidad considerable en las tres zonas de estudio. En general, se observaron niveles bajos a moderados de calcio, lo que podría estar asociado con la naturaleza ácida de algunos suelos de la región. La deficiencia de calcio puede afectar la estructura del suelo, la disponibilidad de otros nutrientes y el pH del suelo, lo que a su vez puede limitar la productividad de los cultivos.
- **Sodio (Na<sup>+</sup>):** Los niveles de sodio también exhibieron variabilidad, aunque la mayoría de los puntos de muestreo presentaron niveles bajos a moderados. Sin embargo, se identificaron algunos puntos con niveles elevados, lo que sugiere un posible riesgo de salinización en esas áreas específicas. La salinidad puede afectar negativamente el crecimiento de los cultivos y la calidad del suelo.
- **Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):** En general, se observaron niveles moderados a altos de nitratos en las tres zonas de estudio. Los altos niveles de nitratos en algunas áreas sugieren la necesidad de optimizar las prácticas de fertilización para evitar la contaminación del agua y minimizar los costos de producción.
- **pH:** El análisis del pH del suelo mostró una variabilidad moderada en las tres zonas, con predominio de suelos ligeramente ácidos a neutros. En general, los suelos presentan un pH adecuado para la mayoría de los cultivos. Sin embargo, es importante considerar que algunos nutrientes pueden ser menos disponibles en suelos ligeramente ácidos, y que suelos con pH más alcalino podrían ver afectada la actividad microbiana.

### Agua

- **pH:** El análisis del pH del agua reveló una variabilidad considerable en las tres zonas, especialmente en Mulaló, donde se observaron valores de pH

extremadamente altos y bajos. Los valores extremos de pH del agua pueden afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la eficacia de los productos fitosanitarios y la salud animal. Es crucial tratar el agua antes de su uso para riego o consumo animal para asegurar un pH adecuado.

## **11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **11.1 Conclusiones**

En lo que respecta a las propiedades de las muestras de suelo analizado, se pudo evidenciar la concentración más alta de potasio (350 ppm) en Joseguango; con respecto al calcio, la concentración más alta se encuentra en el sector de Alaquez (460 ppm). La concentración más alta de sodio fue encontrada en el punto de medición 18 de Joseguango (140 ppm); por otro lado, la concentración más alta de nitratos se encontró en el sector de Alaquez (960 ppm). La concentración más alta de fósforo se encontró en las mediciones realizadas en Joseguango (261,72 ppm). Finalmente, la mayor concentración de pH se encontró en el sector de Alaquez (8,47).

Se evaluó la calidad del agua utilizada para riego y consumo animal en términos de pH, conductividad y oxígeno disuelto. Los resultados mostraron una variabilidad considerable en los valores de cada uno de los factores mencionados. De forma puntual, el valor más alto de pH se encontró en el sector de Alaquez (11,17); el valor más alto de niveles de oxígeno disuelto se encontró en el sector de Mulaló (27,36 ppm en el punto 15); mientras que los niveles más altos de conductividad se encontraron en el sector de Joseguango (700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Con base en los resultados de los análisis de suelo y agua, se propusieron prácticas de manejo sostenible adaptadas a las condiciones locales, incluyendo recomendaciones sobre conservación del suelo, rotación de cultivos, fertilización adecuada y riego eficiente. Estas prácticas buscan mejorar la productividad y la rentabilidad de los sistemas lecheros, al tiempo que se protegen los recursos naturales y se garantiza la seguridad alimentaria y ambiental.

## 11.2 Recomendaciones

En base a lo analizado en el presente documento, se pueden señalar las siguientes recomendaciones:

**Planes de manejo específicos por zona:** Desarrollar planes de manejo integrado del suelo y el agua para cada zona de estudio, considerando las características particulares de cada una en términos de fertilidad del suelo, disponibilidad de nutrientes, calidad del agua y prácticas de manejo actuales.

**Capacitación y asistencia técnica:** Brindar capacitación y asistencia técnica continua a los productores de leche sobre prácticas de manejo sostenible del suelo y el agua, incluyendo temas como:

- Conservación del suelo: Labranza mínima, uso de coberturas vegetales, rotación de cultivos, construcción de terrazas y otras técnicas para prevenir la erosión y mejorar la estructura del suelo
- Fertilización adecuada: Realización de análisis de suelo periódicos, aplicación de fertilizantes balanceados según las necesidades de los cultivos y las características del suelo, promoción del uso de abonos orgánicos y biofertilizantes
- Riego eficiente: Implementación de sistemas de riego eficientes que optimicen el uso del agua y reduzcan las pérdidas por evaporación y escorrentía
- Manejo adecuado de los residuos animales: Implementación de sistemas de tratamiento y manejo de residuos animales para prevenir la contaminación del suelo y el agua

**Monitoreo continuo:** Establecer un sistema de monitoreo continuo de la calidad del suelo y el agua en las zonas de estudio, que permita evaluar la efectividad de las prácticas de manejo implementadas y realizar ajustes según sea necesario.

**Investigación adicional:** Fomentar la investigación adicional para profundizar en la comprensión de la dinámica de los nutrientes en el suelo y el agua en estas zonas, así como para evaluar el impacto de diferentes prácticas de manejo en la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de leche.

**Colaboración interinstitucional:** Promover la colaboración entre instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, universidades y productores de leche para facilitar el intercambio de conocimientos, la transferencia de tecnología y la implementación de programas de desarrollo sostenible en la región.

## 12 BIBLIOGRAFÍA

- Brinkmann, S., & Buschini, J. (2021). La “cuestión de la leche” en América Latina: expertos, mercados y políticas públicas en el siglo XX. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 18(4). <https://doi.org/10.1590/S0104-59702021000400012>
- Bustamante, M. (2022). Sistemas de producción lechera, composición e importancia de la leche caprina implementada en Colombia. *Cultura Científica*, 1(20). <https://doi.org/10.38017/1657463X.799>
- Chará, J., Reyes, E., Peri, P., & Otte, J. (2019). *Sistemas silvopastoriles y su contribución al uso eficiente de los recursos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Evidencia desde América Latina*. FAO y CIPAV. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/9045>
- Chávez, J., & Gavilánez, M. (2019). Actividades económicas rentables para mejorar la productividad de la producción de leche en el Ecuador. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1-14. <https://doi.org/https://www.eumed.net/rev/oel/2019/03/produccion-leche-ecuador.html>
- Correa, A., Avendaño, L., López, A., & Macías, U. (2022). Estrés por calor en ganado lechero con énfasis en la producción de leche y los hábitos de consumo de alimento y agua. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13(2). <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5832>
- Franco, C., Morales, L., Lascano, N., & Cuesta, G. (2019). Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 30(2), 103-120. <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.0>
- Marín, D., Matamoros, I., & Ramírez, C. (2022). Dinámicas de producción y emisiones modeladas de gases de efecto invernadero en sistemas regionales de producción lechera de Honduras. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 69(1), 46-62. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101526>

- Napolitano, F., Mota, D., Álvarez, A., Braghieri, A., Mora, P., Bertoni, A., . . . De Rosa, G. (2020). Factores productivos y su incidencia en el bienestar de la búfala lechera en sistemas de producción extensivos e intensivos: una revisión. *Sociedades rurales, producción y medioambiente*, 20(40), 155-173.  
<https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/425/401>
- Núñez, J., Ñaupari, J., & Flores, M. (2019). Comportamiento nutricional y perfil alimentario de la producción lechera en pastos cultivados (*Panicum maximum* Jacq). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 178-192. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15681>
- Perdigón, R., & González, N. (2020). Una revisión bibliográfica sobre modelos para predecir las producciones de leche. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(4). <https://www.redalyc.org/journal/5862/586264983009/586264983009.pdf>