



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
DE PASTOCALLE Y TANICUCHI DEL CANTÓN LATACUNGA”**

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

Autora:
Meneses Ayme Genesis Eliana

Tutor:
Chasi Vizquete Wilman Paolo

LATACUNGA – ECUADOR Febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Meneses Ayme Génesis Eliana, con cédula de ciudadanía No. 0605484492, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE PASTOCALLE Y TANICUCHI DEL CANTÓN LATACUNGA”**, siendo el Ingeniero Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 18 de febrero del 2025

Genesis Meneses

Génesis Eliana Meneses Ayme
C.C: 0605484492
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 **MENESES AYME GENESIS ELIANA**, identificada con cédula de ciudadanía **0605484492** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de 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 DE PASTOCALLE Y TANICUCHI DEL CANTÓN LATACUNGA**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2020 - marzo 2021

Finalización de la carrera: octubre 2024 – marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de diciembre de 2024

Tutor: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg

Tema: “**DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE PASTOCALLE Y TANICUCHI DEL CANTÓN LATACUNGA**”

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

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

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

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

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de febrero del 2025.

Genesis Meneses

Genesis Eliana Meneses Ayme
LA CEDENTE

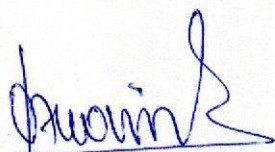
Dra. Idalia Pacheco Tigselema, PH.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE PASTOCALLE Y TANICUCHI DEL CANTÓN LATACUNGA”, de Meneses Ayme Génesis Eliana, 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, 18 de febrero del 2025



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.

C.C: 0502409725

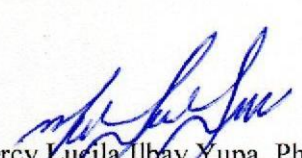
DOCENTE TUTOR


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, la postulante: Meneses Ayme Génesis Eliana, con el título del Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE PASTOCALLE Y TANICUCHI 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, 18 de febrero del 2025


Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.
C.C: 0604147900
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. Clever Gilberto Castillo de la Guerra, Mg.
C.C: 0501715494
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza, Mg.
CC: 0501604409
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Al concluir esta maravillosa etapa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que estuvieron junto a mí y siempre fueron mi inspiración, apoyo y fortaleza. A Dios, a la virgen del Cisne y Niño de Isinche por acompañarme y cuidarme gracias por iluminar mi mente y vida en este proceso.

A mis padres gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la dedicación, por su apoyo constante y motivaciones diarias, agradezco profundamente su apoyo, sus sacrificios y su confianza en mí.

A mis hermanos gracias por su apoyo incondicional por siempre estar ahí para mí y darme ánimo y compartir momentos, su amor y comprensión han sido esenciales para mantenerme motivada.

A mi cuñada gracias por su amor apoyo y generosidad gracias por brindarme tu cariño y por ser una fuente constante de aliento.

A mi compañero de vida gracias por estar siempre a mi lado, por tu paciencia, tu amor comprensión, tus sacrificios diarios por tus palabras de aliento por acompañarme en cada paso de este proceso y por creer en mi incluso cuando yo dudaba de mí mismo este logro es tan tuyo como mío.

A mis sobrinitos Joelito y karlita gracias por recordarme en cada sonrisa y en cada abrazo la importancia de disfrutar pequeños momentos, su ternura y amor me han dado fuerzas en los días más difíciles este logro también es gracias a ustedes.

A mi tutor Ing. Chasi Vizuete Wilman Paolo y a mis lectores quiero agradecer de manera especial por su tiempo, paciencia y por sus conocimientos compartidos en este proceso.

Génesis Eliana Meneses Ayme

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a Dios y a la virgen del Cisne y Niño de Isinche por ser mi guía, mi fortaleza y la fuente de todos mis esfuerzos. Gracias por darme sabiduría, paciencia y esperanza en cada etapa de este proceso. A mis padres, por su amor incondicional y por ser siempre mi principal fuente de fortaleza y guía a pesar de la distancia. A mis hermanos por su apoyo constante, su comprensión y sus palabras de aliento. a mi cuñada por su generosidad y por su cariño. A mi compañero de vida por ser mi apoyo inquebrantable, por estar a mi lado en cada paso, por su paciencia y comprensión y por hacer de este camino una travesía compartida. A mis sobrinitos por su inocencia, su ternura que me motivo a salir adelante a pesar de la distancia. Este logro es el reflejo de su amor, sacrificio, apoyo, y lo dedico a cada uno de ustedes con todo mi corazón.

Génesis Eliana Meneses Ayme

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE PASTOCALLE Y TANICUCHI DEL CANTÓN LATACUNGA”

AUTOR:

Meneses Ayme Genesis Eliana

RESUMEN

El presente estudio se enfocó en determinar 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 de agua en zonas de Pastocalle y Tanicuchi. En suelos se determinan características químicas como pH, conductividad eléctrica, nitrógeno, calcio, sodio, potasio y fósforo mediante pastas saturadas y posteriormente los ionómetros LAQUAtwin; característica física sobre estabilidad de agregados utilizando la aplicación SLAKES, para la obtención de Materia Orgánica se utilizó el método de calcinación. Para el agua destinada al riego de los pastos, se determina según sus características químicas, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura, se los realizó con un medidor Multiparámetro HANNA. HI98194.

La variabilidad de los resultados de los parámetros determinados en casa zona se analizan calculando los datos estadísticos de resumen para cada variable y se hizo una comparación de medias que permiten concluir que los suelos en la zona de Pastocalle están bien fertilizados, con niveles óptimos de Nitrógeno 504,5(ppm), Fosforo 80,9(ppm), Calcio 55,75(ppm). Sodio 23,7(ppm); con baja conductividad eléctrica 161,6 (us/cm), buena estabilidad de agregados 0,83 y sólo requiere fertilizaciones bajas para mejorar sus niveles de Potasio 35,3(ppm). Materia orgánica 0,99%. Los suelos de Tanicuchi son más ácidos en comparación con Pastocalle, igualmente se debe fertilizar para mejorar los niveles bajos en Ca, K y en menor proporción M.O. La salinidad es más alta en comparación con Pastocalle, pero sin sobrepasar los niveles aceptables, al igual que la estabilidad de agregados levemente baja, en tanto que su estructura le puede ocasionar problemas de aireación y absorción de nutrientes. Los parámetros químicos de todas las fuentes hídricas de agua para riego fueron favorables, pH óptimo, baja conductividad eléctrica, porcentajes elevados de oxígeno disuelto y temperaturas en el rango aceptable para la producción de pasturas en función de las características químicas y físicas del suelo y agua de las zonas de estudio.

Palabras clave: Suelo, Agua, Pastocalle, Tanicuchi, pastos, producción lechera.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

**THEME: “DETERMINATION OF THE STATUS OF SOIL AND WATER
RESOURCES IN COMMUNITY MILK PRODUCING AREAS OF PASTOCALLE
AND TANICUCHI OF THE LATACUNGA CANTON”**

AUTHOR:
Meneses Ayme Genesis Eliana

ABSTRACT

The present study was focused on determining the state of soil and water resources in production areas of Latacunga Canton with a view to suggest strategies for more sustainable management. The physical and chemical properties of the soils were analyzed, as well as water quality in areas of Pastocalle and Tanicuchi. In soils are determined chemical characteristic such as pH, electrical conductivity, nitrogen, calcium, sodium, potassium and phosphorus by means of saturated pastes and subsequently LAQUA twin ionometers, physical characteristic on aggregate stability using SLAKES application. For water intended for pasture irrigation, it is determined according to its chemical characteristics, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and temperature, were performed with a HANNA HI98194 Multiparameter meter. The variability of the results of the parameters determined in each zone were analyzed by calculating the statistical data summary for each variable and a comparison of means was made, allowing us to conclude that the soils in the Pastocalle zone are well fertilized, with optimum levels of Nitrogen 504.5 (ppm), Phosphorus 80.9 (ppm), Calcium 55.75 (ppm), Sodium 23.7(ppm); with low electrical conductivity 161.6 (us/cm), good aggregate stability 0.83 that only requires low fertilization to improve its Potassium levels 35.3(ppm) and Organic matter 0.99%. Tanicuchi soils are more acidic compared to Pastocalle, and fertilization is needed to improve the low levels of Ca, K and, to a lesser degree, M.O. Salinity is higher compared to Pastocalle, but without exceeding acceptable levels, as is the slightly low aggregate stability, while its structure can cause aeration and nutrient absorption problems. The chemical parameters of all irrigation water sources were favorable, with optimum pH, low electrical conductivity, high percentages of dissolved oxygen and temperatures in the acceptable range for pasture production based on the chemical and physical characteristics of the soil and water in the study areas.

Keywords: Soil, Water, Pastocalle, Tanicuchi, pasture, dairy production.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii

<i>DEDICATORIA</i>	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1. Beneficiarios directos	3
3.2. Beneficiarios indirectos	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo General	4
5.2. Objetivos Específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	4
6.1. Actividad y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO	5
7.1. Suelo	6
7.1.1 Propiedades físicas del suelo	8
7.1.2 Propiedades químicas del suelo.....	11
7.2. Agua.....	15
7.2.1 Propiedades químicas del agua	17
7.2.2 Parámetros de calidad del agua	18
7.3. Aplicaciones móviles.	20
7.3.1 Gestor de recursos terrestres-SLAKES.	20
7.3.2 Test de medición rápida.	20
7.4. Antecedentes	21
8. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA	22
9. METODOLOGÍA	22
9.1. Tipos de Investigación	23
9.1.1. Investigación Exploratoria	23

9.1.2.	Investigación de campo	23
9.1.3.	Investigación descriptiva	23
9.2.	Metodología de la Investigación	23
9.2.1.	Identificación y georreferenciación del área en estudio	25
9.2.2.	Muestreo de suelos de zonas productoras comunitarias de leche	25
9.2.3.	Metodologías para determinación de características químicas del suelo de Pastocalle y Tanicuchi	26
9.2.4.	Metodologías para determinación de características físicas del suelo de Pastocalle y Tanicuchi	32
9.2.5.	Muestreo de aguas de zonas productoras comunitarias de leche en Pastocalle y Tanicuchi	34
9.2.6.	Metodologías para determinación de características químicas del agua de Pastocalle y Tanicuchi	34
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	36
10.1.	Características químicas del suelo de Pastocalle y Tanicuchi	36
10.1.1.	pH (Potencial de Hidrógeno)	36
10.1.2.	Conductividad Eléctrica (CE)	39
10.1.3.	Nitrógeno	42
10.1.4.	Calcio	45
10.1.5.	Sodio	49
10.1.6.	Potasio	51
10.1.7.	Fósforo	54
10.1.8.	Materia orgánica	57
10.2.	Resultados de las características físicas del suelo	60
10.2.1.	Estabilidad de agregados	60
10.3.	Resultados de las características químicas del Agua de Pastocalle y Tanicuchi	62
10.3.1.	Potencial de Hidrógeno (pH)	62
10.3.2.	Conductividad Eléctrica	65
10.3.3.	Oxígeno Disuelto	68
10.3.4.	Temperatura	71
10.4.	Análisis para los requerimientos nutricionales de los pastizales	74
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
11.1.	CONCLUSIONES.....	76
11.2.	RECOMENDACIONES	76

12. BIBLIOGRAFÍA	77
------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Actividades y tareas en relación a los objetivos	5
Tabla 2.	Criterios de calidad del agua de uso agrícola (PH, CE, OD, Temperatura)	19
Tabla 3.	Clasificación de la Salinidad del Agua	19
Tabla 4.	Interpretación de resultados para pH en suelos	27
Tabla 5.	Interpretación de los resultados para N, Ca, Na, K, P y CE.....	29
Tabla 6.	Interpretación de los resultados para Materia Orgánica (MO)	32
Tabla 7.	Interpretación de Índice de Estabilidad de Agregados	33
Tabla 8.	Interpretación de Multiparámetro	35
Tabla 9.	Interpretación de resultados para pH en agua	35
Tabla 10.	Interpretación de resultados para OD en agua.....	35
Tabla 11.	Análisis Estadístico del pH de los suelos de Pastocalle y Tanicuchi	38
Tabla 12.	Análisis Estadístico de Conductividad Eléctrica de los suelos de Pastocalle y Tanicuchi	41
Tabla 13.	Análisis estadístico de Nitrógeno en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi	44
Tabla 14.	Análisis estadístico de Calcio en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi	47
Tabla 15.	Análisis estadístico de Sodio en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi	50
Tabla 16.	Análisis estadístico de Potasio en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi.....	53
Tabla 17.	Análisis estadístico de Fósforo en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi	56
Tabla 18.	Análisis estadístico de materia Orgánica en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi	58
Tabla 19.	Análisis estadístico de Estabilidad de Agregados en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi	61
Tabla 20.	Análisis estadístico de pH en aguas de Pastocalle y Tanicuchi	64
Tabla 21.	Análisis estadístico de CE en aguas de Pastocalle y Tanicuchi	67
Tabla 22.	Análisis estadístico de Oxígeno Disuelto en aguas de Pastocalle y Tanicuchi	70
Tabla 23.	Análisis estadístico de Temperatura en aguas de Pastocalle y Tanicuchi	73
Tabla 24.	Comparación de parámetros de calidad de suelo y agua en las zonas productoras comunitarias de Pastocalle y Tanicuchi	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Capas del Suelo	7
Figura 2	Intercambio catiónico en diversos niveles de suelo	8
Figura 3	Escala de granulometría para suelos. Tamaño de las partículas	9
Figura 4	Diagrama del Triángulo Textural	9
Figura 5	Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo.....	11
Figura 6	Parámetros del Agua para irrigación. Uso agrícola	19
Figura 7	Artículos de la Constitución relacionados a la soberanía alimentaria en Ecuador.	21
Figura 8	Esquema Metodológico.....	24
Figura 9	Ubicación geográfica del área de estudio en cantón Latacunga	25
Figura 10	Mapa de pH en suelos de Pastocalle	39
Figura 11	Mapa de pH en suelos de Tanicuchi	39
Figura 12	Mapa Conductividad eléctrica en suelos de Pastocalle.....	42
Figura 13	Mapa Conductividad eléctrica en suelos de Tanicuchi	42
Figura 14	Mapa de Nitrógeno en suelos de Pastocalle	45
Figura 15	Mapa de Nitrógeno en suelos de Tanicuchi	45
Figura 16	Mapa de Calcio en suelos de Pastocalle	48
Figura 17	Mapa de Calcio en suelos de Tanicuchi	48
Figura 18	Mapa de Sodio para suelos de Pastocalle.....	51
Figura 19	Mapa de Sodio para suelos de Tanicuchi	51
Figura 20	Mapa de Potasio en suelos de Pastocalle	54
Figura 21	Mapa de Potasio en suelos de Tanicuchi	54
Figura 22	Mapa de Fósforo en suelos de Pastocalle.....	56
Figura 23	Mapa de Fósforo en suelos de Tanicuchi	57
Figura 24	Mapa de Materia orgánica en suelos de Pastocalle	59
Figura 25	Mapa de Materia orgánica en suelos de Tanicuchi	59
Figura 26	Mapa de Estabilidad de agregados en suelos de Pastocalle	61
Figura 27	Mapa de estabilidad de agregados en suelos de Tanicuchi	62
Figura 28	Mapa de pH en aguas de Pastocalle	65
Figura 29	Mapa de pH en aguas de Tanicuchi	65
Figura 30	Mapa de Conductividad eléctrica para aguas de Pastocalle	68
Figura 31	Mapa de Conductividad eléctrica para aguas de Tanicuchi	68
Figura 32	Mapa de Oxígeno disuelto para aguas de Pastocalle	71

Figura 33 Mapa de Oxígeno disuelto en aguas de Tanicuchi	71
Figura 34 Mapa de Temperatura en aguas de Pastocalle	73
Figura 35 Mapa de Temperatura en aguas de Tanicuchi	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 pH de suelo en zonas de Pastocalle y Tanicuchi	38
Gráfico 2 Conductividad eléctrica en suelo de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi	41
Gráfico 3 Nitrógeno en suelo de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi	44
Gráfico 4 Calcio en suelo de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi	47
Gráfico 5 Sodio en suelo de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi	50
Gráfico 6 Potasio de suelos en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi	53
Gráfico 7 Fósforo de suelos en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi.....	56
Gráfico 8 Materia orgánica de suelo en zonas de Pastocalle y Tanicuchi	58
Gráfico 9 Estabilidad de Agregados de suelo en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi	60
Gráfico 10 PH del agua en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi	63
Gráfico 11 Conductividad eléctrica del agua en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi.....	66
Gráfico 12 Oxígeno disuelto del agua en zonas de Pastocalle y Tanicuchi	68
Gráfico 13 Temperaturas del agua en zonas de Pastocalle y Tanicuchi	71

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE PASTOCALLE Y TANICUCHI DEL CANTÓN LATACUNGA”

Fecha de inicio:

Octubre 2024.

Fecha de finalización:

Marzo 2025.

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Agronómica.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizúete

Estudiante: Génesis Eliana Meneses Ayme

Lector 1: Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa Ph.D.

Lector 2: Ing. Mg. Clever Gilberto Castillo de la Guerra

Lector 3: Ing. Mg. Guido Euclides Yauli Chicaiza **Coordinador**

del Proyecto:

Nombre: Génesis Eliana Meneses Ayme

Teléfono: 0991871598

Correo electrónico: genesis.meneses4492@utc.edu.ec

Área de conocimiento:

Agricultura, Silvicultura y Pesca - Producción Agropecuaria.

Línea de investigación:

Línea 1: Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y prevención de desastres naturales **Línea de**

vinculación con la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Fomentar el uso razonable de las riquezas naturales en la producción agropecuaria conlleva a la transformación de los procesos productivos sin vulnerar las necesidades de la población ni el equilibrio del medio ambiente. Es de capital importancia adaptarse a los cambios climáticos que se presentan actualmente en los ecosistemas productivos y en general.

Este enfoque va dirigido a la consecución de una mayor sostenibilidad de la producción del sector agropecuario, especialmente la producción lechera. El primer paso consiste en determinar las condiciones que presentan estos recursos del suelo y agua, para posteriormente evaluarlas en cuanto a su calidad y disponibilidad. De esta manera los productores tendrán en sus manos una herramienta de análisis para administrarlos eficientemente. Esto se traduce en mejoras en la alimentación de las vacas, en su salud y por ende se obtendrá una leche con características aceptables para el consumo.

En un análisis de los elementos que intervienen en el desarrollo de actividades pecuarias en un predio, se establece que existe una relación compleja entre suelo-agua-planta-animal-climahombre. La alimentación animal es garante de la producción y viene dada en función de la disponibilidad del alimento con parámetros óptimos, en tal sentido, la composición del suelo y el riego de los pastizales limitan su disponibilidad y por ende la buena alimentación del rebaño (Hernández y Vargas, (2022)

Es vital realizar un análisis del suelo, para dar a conocer la cantidad de nutrientes esenciales presentes para el desarrollo del cultivo. Los macronutrientes (NPK); entre otros factores como el PH, proporción de compost y textura, son los parámetros que contribuyen con la fertilización de los suelos y crecimiento óptimo del cultivo (Achig y Aimacaña, (2024). En cuanto a la disponibilidad del agua, en la producción agropecuaria de Ecuador este recurso llega a los sembradíos habitualmente por sistemas de riego (Contero y Cachipueno, 2021). Por lo general se requiere de un estudio más exhaustivo por su uso en el cultivo de los pastizales, una herramienta esencial para garantizar producciones de leche con niveles elevados en calidad (Pilliza, 2024).

Siendo las comunidades de Pastocalle y Tanicuchi del Cantón Latacunga, zonas productoras de leche, no se justifica que los productores no cuenten con asistencia tecnológica y los elementos indispensables para un proceso productivo eficiente. Se debe cumplir con los requerimientos de calidad exigidos por este tipo de sistemas en cuanto a la inocuidad de los alimentos. Para ello es fundamental que dichas comunidades conozcan las condiciones físicas y químicas de los

recursos hídricos y del suelo, esenciales en optimizar la producción y su sostenibilidad a largo plazo.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos

Se contabilizan 20 familias de la parroquia San Juan de Pastocalle y 20 familias de la parroquia de Tanicuchi para un total de 40 familias beneficiadas de forma directa asociados al presente estudio. Esto conlleva a mejorar la calidad de vida y la calidad de la producción lechera.

3.2. Beneficiarios indirectos

Se beneficiarán indirectamente la asociación de productores comunitarios de leche del cantón Latacunga, transportistas del ramo, así como 264 estudiantes y profesionales de la Ingeniería Agronómica. Se espera intervenir positivamente en la sostenibilidad y economía local, garantizando prácticas agrícolas adaptadas a las regulaciones y normativas vigentes, por tanto, se beneficiarán a los organismos de control y regulación en la materia. Es de resaltar que se promueve el acto investigativo, por lo que las universidades e instituciones gubernamentales podrán establecer trabajos en este orden, en pro de beneficios comunes. Las organizaciones ambientales se ven beneficiadas en torno a las prácticas sostenibles y de conservación de recursos que se proponen con el estudio.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El mundo enfrenta cambios considerables en sus ecosistemas que han causado una reducción de los recursos naturales disponibles, como suelos, agua, pastizales naturales y producción de pastos, causando estragos en la obtención de leche e incrementos en los costos del sector lechero (Correa et al., 2022). Esto se refleja en la composición nutricional del pasto de que consumen los rebaños y en consiguiente la leche obtenida no es la óptima recomendada para el consumo y su procesamiento.

El sector pecuario ecuatoriano registró para el año 2023 un descenso de 3,6 % con relación al año anterior en cuanto a la existencia de cabezas de ganado, contabilizando 3,7 millones, que distribuidas por regiones se puede ver que la Sierra concentra 54,8 %, en segundo lugar, está la región de la Costa 36,6 %, y la Amazonía con el 8,6 %. Relacionado con esta data, 4,3 millones de litros de leche produce la región Sierra, 77,7 % de la producción total, destacándose por presentar mayor número de reses lecheras en la zona y los pastizales que existen y que sirven a la nutrición de los rebaños, para producir 7,7 litros de leche por cada res (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2024).

Para la Sierra la actividad agropecuaria es una fuente de ingreso para los productores en el Cantón Latacunga. Los productores en esta zona son poco tecnificados, por lo que no realizan una gestión eficiente de los recursos que garanticen el éxito en el sistema productivo de sus pequeñas granjas. Teniendo en cuenta que el 50 % de los suelos del Ecuador está en proceso de degradación, es una realidad que impacta en la reducción del agua disponible y quebranta este sector productivo y la disponibilidad de alimentos.

Para Ellerbeck (2023) la información sobre todo lo relacionado con el suelo son determinantes en el control de su fertilización y proporciona herramientas para combatir su degradación. Esto se traduce en beneficios importantes que dan la buena salud de los mismos, entre ellos se enumeran: un suelo bien nutrido es determinante para purificar las aguas por filtrado de sustancias tóxicas, regula el movimiento del agua y ayuda a prevenir las inundaciones controlando las escorrentías, los microorganismos beneficiosos presentes pueden matar bacterias nocivas, entre otros aspectos.

La problemática que se aborda es el desconocimiento de los parámetros físicos y químicos de los recursos del suelo y agua de riego ya que los agricultores ganaderos de Pastocalle y Tanicuchi carecen de información, lo que conlleva a prácticas agrícolas inadecuadas y mala alimentación del ganado afectando así la productividad lechera. Sabiendo que la actividad agropecuaria es la principal fuente de ingresos para los productores de dichas zonas.

5 OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Identificar el estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche de Pastocalle y Tanicuchi del Cantón Latacunga.

5.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas y químicas de los suelos en zonas productoras comunitarias.
- Determinar el pH, conductividad eléctrica (CE), Temperatura y oxígeno disuelto (OD) de las fuentes hídricas utilizadas en las zonas productoras de Pastocalle y Tanicuchi.

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

Para alcanzar los fines establecidos en el proyecto, se plantean actividades y tareas específicas en cada área de intervención, que permitirán avanzar hacia su cumplimiento de manera organizada y efectiva. Para cada acción se contabilizan los resultados y se establecen los medios

para su verificación, tabulación y registro, que se usarán como cimiento en la toma de decisiones y mejoras a ejecutar por parte de las comunidades productoras de leche de la zona de estudio.

6.1. Actividad y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

En la Tabla 1, para cada objetivo planteado se presenta: la actividad, resultado de la actividad realizada y los medios utilizados para su verificación. Abordando dos áreas prioritarias, recursos suelo y agua, que inciden directamente en la producción de leche de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi del Cantón Latacunga, se establecen los diagnósticos, análisis a realizar, obtención de resultados y estrategias para su análisis que garantizarán la sostenibilidad de la actividad lechera.

Tabla 1. *Actividades y tareas en relación a los objetivos*

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Determinar las características físicas y químicas de los suelos en zonas productoras comunitarias.	<input type="checkbox"/> Identificación y diagnóstico de la zona de estudio. <input type="checkbox"/> Muestreo del suelo en las zonas productoras comunitarias. <input type="checkbox"/> Determinar las características físico-químicas de los suelos. <input type="checkbox"/> Analizar las características físico-químicas de cada suelo en la zona de estudio.	<input type="checkbox"/> Zonificación de la región de estudio. 40 muestras de Suelos recolectados y etiquetados. <input type="checkbox"/> Tabular las características físico-químicas del suelo. <input type="checkbox"/> Caracterización físico-química de los suelos.	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de zona de estudio. • Muestras de suelos recolectadas y etiquetadas. • Tabla de características físico-químicas del suelo en cada zona. • Análisis estadístico.
OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Determinar el PH, Temperatura y OD de las fuentes hídricas utilizadas en las zonas productoras de Pastocalle y	<input type="checkbox"/> Identificar los puntos de muestreo de agua para riego. <input type="checkbox"/> Determinar el pH, CE, OD en los puntos de muestreo. <input type="checkbox"/> Analizar los parámetros obtenidos para el agua de riego.	40 muestras de agua recolectadas, etiquetadas. <input type="checkbox"/> Análisis de 4 parámetros en recursos hídricos de riego. <input type="checkbox"/> Parámetros de calidad del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos • Tabla de características físico-químicas del agua en cada zona. • Análisis estadístico.

Tanicuchi.

Fuente: Meneses, G. (2025).

7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO

Los conocimientos teóricos, técnicos y científicos proporcionan información fundamental en los planteamientos de la presente investigación. Se revisan investigaciones sobre las condiciones que deben imperar en suelos y fuentes de aguas en centros agropecuarios. Estos estudios han demostrado la importancia de determinar las características óptimas para los requerimientos del proceso productivo. A continuación, se profundiza en la información relacionada con el objeto del presente proyecto.

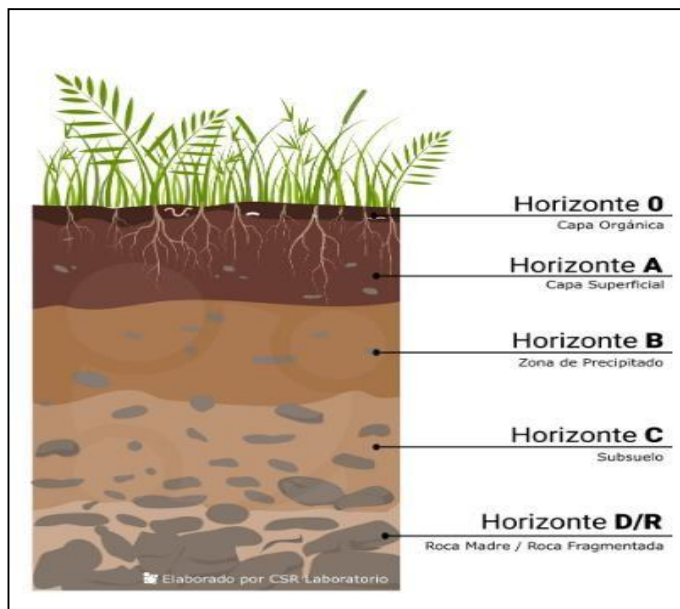
7.1. Suelo

Sustrato esencial para la existencia en el planeta, esto debido a su relación con los mecanismos ecosistémicos de la naturaleza y los dinamismos humanos. Permite el cultivo de la flora y sustento de la fauna y a la humanidad, además de purificar el agua y al aire. Su composición es compleja, se combinan materia sólida, líquida y gaseosa que le caracterizan físicoquímica y biológicamente. El suelo es de alta fragilidad, siendo afectado por los fertilizantes, insecticidas, el clima entre otros elementos empleados en el manejo y uso del mismo. La degradación es muy rápida y su recuperación es lenta, bastan dos milenios para recuperar diez centímetros de erosión (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021).

La conformación del suelo comienza con la roca madre geológicamente intacta, la cual cambia con el tiempo debido a efectos del clima, factores físicos, químicos y biológicos. Estos factores permiten que el suelo obtenga una morfología característica, en la medida que ocurre la formación de las capas u horizontes, cada una tendrá la composición y forma que se diferencian según el nivel y profundidad (Téllez Bautista eta al., 2023). Esto se puede observar en la Figura 1, donde se muestran las capas del suelo de manera general, siendo la primera compuesta por material orgánico, luego se encuentra la superficie, seguida de la zona de precipitado, le sigue el subsuelo y en lo profundo se encuentra la roca madre.

La calidad de los suelos es garantía de éxito tanto en la producción agrícola como en el sector pecuario. Es para las plantaciones su fuente inagotable de agua y elementos nutritivos necesarios para su desarrollo. Existen variedades de suelos cuyas características no se pueden cambiar, pero si mejorarlas en función al aporte de nutrimentos y regulaciones en el PH, esto se puede observar en la Figura 2, donde se muestran las capas del suelo de manera general. Para los productores agropecuarios, el suelo representa la base fundamental en la obtención de todos los rubros del ramo, por tanto, es indispensable conocer las condiciones antes y después de ejecutadas las actividades correspondientes al manejo agropecuario, para ello se implementa un análisis de los mismos que garantice la calidad deseada (Redondo, 2024).

Figura 1
Capas del Suelo



Fuente: (Redondo, 2024).

Análisis de suelo. La aireación, contenido de agua y su movilidad, la conductividad de calor, el desarrollo de las raíces y su capacidad de soportar condiciones adversas, van a depender de la conformación estructural de los suelos. De la misma forma afectan la disolución de los componentes fundamentales para el crecimiento vegetal, tanto es recomendable realizar determinaciones que conlleven a caracterizar el sustrato donde se desarrolla o desarrollará una producción, tanto en lo físico y químico, y entre otras que tienen que ver con su composición orgánica (Agrónomos, 2024).

Continuando con las recomendaciones de Agrónomos (2024), en un análisis de suelo debe incluir determinaciones de los componentes principales como los NPK (nitrógeno, fósforo y potasio), entre otros elementos (calcio, sodio y magnesio) que cuando se suman con hidrógeno

y potasio, se obtiene el intercambio catiónico y se expresan en miliequivalentes por cada 100 gramos del sustrato (meq/100 g), se pueden ver datos relevantes en la Figura 2 Y por último se considera la Conductividad eléctrica (CE) o salinidad en dS/m (decisiemens por metro) (Agrónomos, 2024). Sin ser menos importante se debe determinar su PH. Es relevante que los productores realicen un diagnóstico de los suelos frecuentemente para que puedan estar alertas a los requerimientos del mismo y no influya en el desarrollo de la siembra, sobre todo cuando se trata de siembras anualizadas.

Figura 2 Intercambio catiónico en diversos niveles de suelo

Suelo y componentes del suelo	CIC (meq/100 g)
Tipo de arcilla	
Caolinita	3-15
Illita	15-40
Montmorillonita	80-100
Textura de la tierra	
Arena	1-5
Franco arenoso fino	5-10
Marga	5-15
Franco arcilloso	15-30
Arcilla	>30
Materia orgánica	200-400

Fuente: (Agrónomos, 2024)

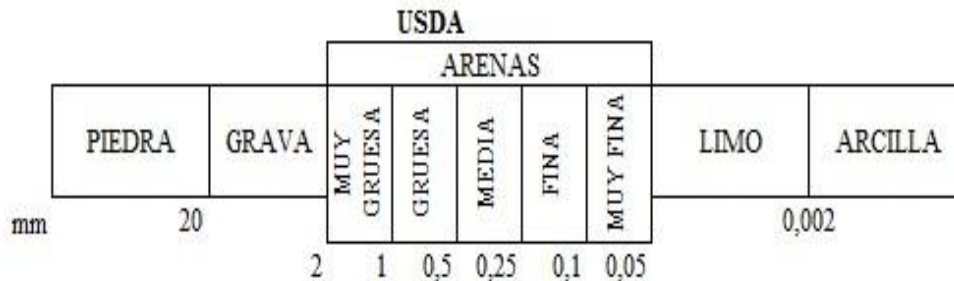
7.1.1 Propiedades físicas del suelo

Estas propiedades definen el uso del suelo, estructuralmente describen su capacidad de infiltración de agua, aire y oxígeno, así como la capacidad de enraizamiento de las plantas y su comportamiento bioquímico. De esta manera predictivamente se obtiene información sobre las condiciones imperantes para el desarrollo de los cultivos y sus requerimientos nutricionales (Vera Velázquez et al., (2022).

7.1.1.1. Textura. El suelo está formado por fragmentos y partículas sólidas de diversos tamaños, estas van desde las más grandes que se les llama arenas, pasando por las de mediano tamaño denominadas limos, y finalizando con las de menor tamaño que son las arcillas. Su tamaño va en función a la escala mostrada en la Figura 3 (Ciancaglini, 2020). Estos tres componentes sólidos del suelo determinan la textura, que de acuerdo a como se combinan, originan una terminología que gráficamente en el diagrama de la Figura 4, se puede determinar las combinaciones triangulares que definen la textura de un suelo en estudio (Trejo Cacha y Quino Seguil, 2023). La textura se relaciona con la disponibilidad de nutrientes, por ejemplo, en suelos volcánicos son mínimas las lixiviaciones de fósforo, caso contrario ocurre con el

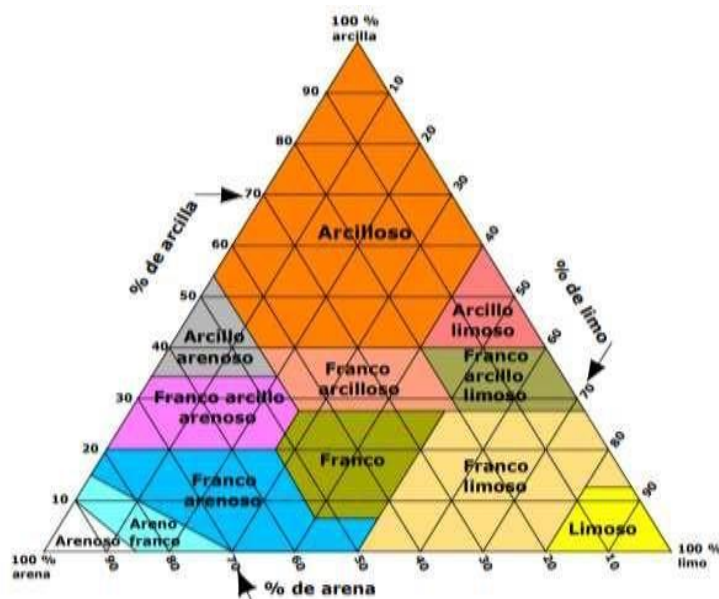
potasio. El nitrógeno es de fácil volatilidad en suelos arenosos. Es de notar que la materia orgánica aplicada a texturas diferentes, afecta el fósforo (Valverde et al., 2022).

Figura 3 Escala de granulometría para suelos. Tamaño de las partículas



Según USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) y **Fuente:** de Trejo Cacha y Quino Seguil (2023).

Figura 4 Diagrama del Triángulo Textural



Según USDA y **Fuente:** de Trejo Cacha y Quino Seguil (2023).

La textura de los suelos para el sector agropecuario juega un papel primordial, en vista de que de esta depende la rapidez de penetración del agua, esto combinado con la proporción de material orgánico. Es primordial determinarla, y el conocimiento sobre su capacidad para retener los nutrientes, que nutrientes predominan en este y establecer también las técnicas de riego a utilizar (Alfaro Simón et al., 2020).

7.1.1.2. Estructura del suelo. La forma en que se aglomeran los fragmentos sólidos en el suelo le proveen de su estructura. La arena, limo y arcilla se unen de tal manera que se convierten en agregados para dar como resultado diferentes formas geométricas de presentación en la naturaleza, como lo son: granular y migajosa, poliédrica, prismática-columnar y laminar.

Los agregados enteros o bien formados son característicos de suelos con estructura fuerte, mientras que los suelos con agregados que se desintegran fácilmente o simplemente no poseen agregados bien definidos, se les considera de estructura débil. Por tanto, el conocimiento que se tenga de esta característica va en función de determinar el uso y el manejo agronómico de los sustratos, tomando en cuenta la capacidad de estos suelos de resistir infiltraciones, impactos, precipitaciones entre otros aspectos (FAO, s.f.).

Uno de los impactos más frecuentes es la compactación debida al transitar de los animales y maquinarias sobre las capas superficiales del suelo, afectando el desarrollo de los pastos. Esto se acrecienta en función de los niveles de agua que se encuentren en el suelo, lo cual afecta la porosidad del sustrato y formación de lodos. Es de esperar que los pastizales contribuyan a la recuperación de la estructura de los suelos en estas condiciones, pero los procesos son lentos (Serrano L. , 2023). Se prefiere el suelo franco para el crecimiento eficiente de las raíces de la planta, debido a la ventilación que permite. Siendo ideales un 50 a 60 % de porosidad con gran disponibilidad de oxígeno y agua (Valverde et al., 2022).

La porosidad del suelo viene a ser textual y estructural, la primera está en relación con los microporos (2 μm) y la segunda con mesoporos y macroporos (50 μm), y la cantidad de estos va a definir su configuración. Las actividades propias del agro como mecanizado del suelo y riego influyen sobre la porosidad estructural, tomando en cuenta que en los mesoporos se retiene humedad que es absorbida por las raíces de la planta. En este caso se habla de agua capilar o aprovechable que determina la capacidad de campo, mientras que en los macroporos está el agua gravitacional (agua de drenaje) y establece la saturación en el suelo. El agua higroscópica que retiene el suelo, es no aprovechable y establece en el suelo el punto de marchitez permanente. Finalmente se habla de densidad aparente cuando se establece cantidad de agregados por unidad de volumen ocupado (Gómez Latorre et al., 2024).

7.1.1.3. Estabilidad de agregados. Los agregados mantienen el suelo bien constituido y firme, con un grado de porosidad adecuado para su nutrición, hidratación y aireación, todo en función de brindarle a la planta las condiciones óptimas para su desarrollo. Un suelo con alta estabilidad de agregados está en capacidad de mantenerse firme cuando se encuentra expuesto a condiciones adversas y a procesos erosivos (Lince-Salazar et al., 2020). La estabilidad de agregados es un indicador físico de calidad de los suelos que sirve para hacer seguimiento a los cambios que suceden en su estructura debido a las prácticas agrícolas y factores ambientales adversos (Oscullo-Chulca, 2023).

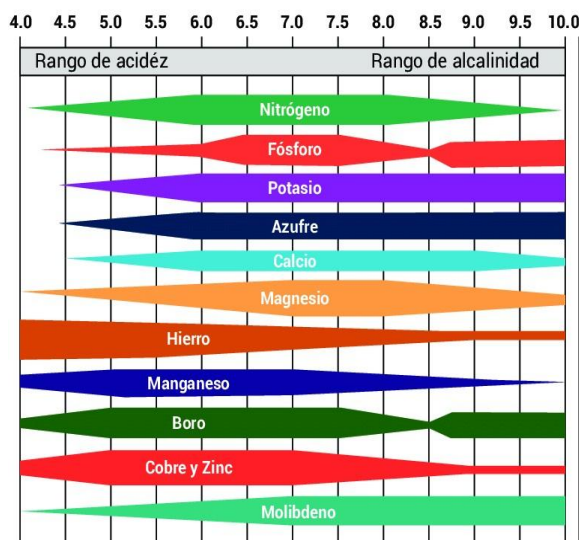
La firmeza de los agregados lo definen como blanda, de fácil rompimiento en estructura migajosa y granular; dura, resiste de forma moderada al rompimiento y muy dura, resiste fuertemente a las presiones. En suelos húmedos se suelen usar términos como friable, firme, adherente y plástico para definir la resistencia de los agregados del suelo en condiciones de humedad de campo (Vera Velázquez et al., (2022).

7.1.2 Propiedades químicas del suelo

7.1.2.1. pH (Potencial de Hidrógeno). Viene a representar la concentración de hidrogeniones (H^+) que indica que tan alcalino o ácido se presenta el suelo, lo cual es un factor esencial en el manejo agronómico de los cultivos en general, se puede ver en la Figura 3 como afecta el PH el acceso a los recursos nutritivos en el sustrato. Para cada cultivo existe un rango óptimo para su desarrollo en función del pH del sustrato, pero en general todos se desenvuelven muy bien en suelos con pH entre 6 y 7,5. Conocido el nivel ácido o alcalino, se puede estimar el contenido de algunos nutrientes minerales, así como la presencia de elementos tóxicos, permitiendo tomar decisiones en pro del desarrollo de los cultivos, en función de prácticas de enmiendas agrícolas y uso de suelo (Agrónomos, 2024).

El pH regula diversas reacciones químicas que en su seno de desarrollan naturalmente, al igual que los micronutrientes se disuelven a valores de pH ácido y básico, e incluso plantas toleran estos niveles de y basicidad (Vera Velázquez et al., (2022).

Figura 5 Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo



Fuente: (Agrónomos, 2024).

7.1.2.2. Conductividad eléctrica. Indica la salinidad de los suelos, determinando la cuantía de iones inorgánicos disueltos en el mismo. Los suelos comúnmente presentan contenido de algunas sales que en proporciones adecuadas son necesarias en los cultivos, sin embargo, el

alto porcentaje afecta su desarrollo. Suelos con alta salinidad son característicos de zonas áridas con poca precipitación, pero en otros casos puede deberse al manejo agronómico y uso del suelo. Un rango de CE de 0-0,8 dSm⁻¹ es admisible en el crecimiento eficiente de un número considerable de productos agrícolas (Agrónomos, 2024). Los iones como el K⁺, Ca⁺², Cl⁻, Mg⁺², Na⁺, H⁺, NO₃⁻, SO₄⁻, Cl⁻, HCO₃⁻, OH⁻, presentan la propiedad de conducir la corriente eléctrica y es cuando se mide su conductividad en suspensión. A mayor concentración de estas sales se obtendrá una mayor conductividad eléctrica y viceversa (INIA, s.f.). La disposición de las sales obedece a dos procesos, uno que es debido a la naturaleza, donde la roca madre es salina y con bajos niveles de lluvia en contraste con altas transpiración. Otra forma es la topografía, drenajes, geología del suelo y su cercanía a depósitos de sal. Un porcentaje elevado de sodio intercambiable eleva la salinidad de los sustratos. De considerable alcalinidad o basicidad, sin vegetación y áridas. Con presencia de caliza que eleva el pH has 9 por contener carbonato principalmente sódico, calcio y magnesio. Los carbonatos en porcentajes altos afectan el crecimiento de las raíces e impiden la asimilación de nutrientes como el hierro, zinc y el fósforo (Vera Velázquez et al., (2022).

7.1.2.3. Nitrógeno. Constituye un elemento indispensable en el desarrollo de los cultivos, su forma orgánica, presente en mayor proporción en el suelo y va en función de la materiales vegetales y animales e inorgánica en descomposición. Este hecho permite que las bacterias nitrificantes del suelo intervengan y ayuden en el proceso puesto que le permite absorberlo en forma de amonios, nitratos y nitritos. Es necesario enfatizar que, siendo tan importante en los cultivos, se debe tener en cuenta su fácil pérdida por lixiviado y la heterogeneidad. Debido a estas posibilidades en la naturaleza del suelo, no es suficiente para las necesidades demandadas por el cultivo, en tanto que los suelos requieren de fertilizaciones bien sean naturales o químicas con nitrógeno (Escorcia et al., 2022).

Para Serrano (2023) los procesos fotosintéticos que le proporcionan la coloración verde característica de los pastos son regulada por el nitrógeno, es esencial en el metabolismo celular lo que indica su aporte en la formación del follaje y raíces. Es un nutriente de protección contra ataques de insectos y enfermedades. Como es un importante constituyente proteico y vitamínico, su deficiencia se traduce en cultivos con bajo porcentaje en proteína y decoloración en el follaje con tendencia a amarillo.

Es bien conocido que los pastos en siembra intensiva demandan elevadas proporciones nutricionales como el nitrógeno, esencial en la obtención de pasto verde por área sembrada. De allí radica la importancia de incorporar fertilizantes con enmiendas ricas en nitrógeno que

potencie, dese todos los puntos de vista, la obtención de pastizales nutritivos y en cantidades adecuadas para la alimentación animal (Hernández y Vargas, 2022). En contraposición, se encuentran suelos con elevados niveles de acidez, a los cuales se les suministra gran cantidad de soluciones nitrogenadas en pro de mejorar los cultivos de corte, de forma que no es aprovechado por el cultivo y se pierde en forma de otros compuestos como los nitratos. La estima de pérdida de nitrógeno por hectárea va de 14 a 80 kilogramos anuales (Malaver González y Rincón Zabala, 2021).

7.1.2.4. Calcio. Es un elemento nutricional esencial en los cultivos que para que pueda ser absorbido se debe presentarse en su forma iónica y en solución. En la naturaleza se presenta unido a la estructura del sustrato y el resto disueltos, de esta última forma pasa a través de la raíz de la planta. La disponibilidad de calcio en sus dos formas está influenciada por el origen de los suelos, del manejo agronómico y muy importante es que va en función de las características fisicoquímicas como la, pH y estructura. Aunado a esto el calcio influyen en conductividad eléctrica de los suelos por el aporte de iones (Ferro et al., (2023). Generalmente en suelos con alto grado de degradación se encuentran niveles bajos en Ca. Su presencia se limita cuando se forman carbonato, muy ligado al nivel de pH que impere. En contraposición, niveles altos de Ca crean discrepancias con el sodio, potasio y magnesio (Valverde et al., 2022).

En suelo de alta acidez el calcio es bajo, sobre todo en el trópico, tomando en cuenta que la planta lo obtiene fácilmente en forma de ión (Ca^{2+}), es muy común una alta aplicación de cal para mejorar los suelos (Hernández y Vargas, 2022). El tipo de suelo va a determinar el porcentaje del ión calcio que contiene, se estima de manera general un 60 a 80 % de Ca^{2+} , pero solo el 3 % es absorbido por la planta, sin embargo es considerable para los requerimientos nutricionales de los pastos, tomando en cuenta que lo absorbe cuan este está creciendo (Malaver González y Rincón Zabala, 2021).

7.1.2.5. Sodio. Elemento útil que se encuentra en el suelo como sales sódicas. Los contenidos de sodio varían de muy bajos en las zonas húmedas y semihúmedas a altas concentraciones sobre los suelos en regiones áridas, así como también en las áreas donde anteriormente existían lagunas, lagos entre otros. El catión Na^+ en exceso se une a los coloides del suelo provocando la pérdida de la estructura, es decir una baja estabilidad de agregados por dispersión de los mismos que conduce a suelos de baja permeabilidad y sin aireación suficiente. El sodio en altas concentraciones y en conjunto con un pH alcalino es responsable de precipitar sales de calcio y magnesio (Flores-Magdaleno et al., (2022).

7.1.2.6. Potasio. Elemento esencial en la nutrición de los cultivos, por estar estrechamente ligados a las actividades enzimáticas en los procesos de fotosíntesis, por ende, es primordial en el desarrollo de los mismos. Su contenido en el suelo responde a tres formas, soluble que va directo a la planta, intercambiable y de reserva. Este contenido lo regulan las arcillas en los intercambios iónicos (Escobar Roca, 2022). El suministro de potasio debe ser elevado en las primeras etapas de desarrollo de la planta, por su influencia en procesos enzimáticos, síntesis proteica, turgencia y ajustes en presencia de iones y aniones. Le permite al cultivo adaptarse a situaciones adversas debidas al clima o agentes bióticos (Malaver González y Rincón Zabala, 2021).

Se obtiene del suelo al inicio del desarrollo, en este sentido la planta lo consume en un 95 % a la mitad de su ciclo vegetativo, mucho más de lo que retiene de nitrógeno y fósforo, por tanto, el suministro de potasio en las primeras etapas de desarrollo es esenciales. Es por ello que en el cultivo de pastos, el potasio se relaciona directamente con la obtención de semillas más que para generar follaje verde (Malaver González y Rincón Zabala, 2021). El potasio regula el metabolismo en simbiosis con otros componentes, interviene en procesos de respiración y pérdida de humedad por transpiración. Es por ello que le provee la capacidad de resistir ante eventos climáticos adversos, regulando el estrés hídrico. Actúa beneficiosamente en fijar el nitrógeno presente en la atmósfera (Serrano L. , 2023).

7.1.2.3. Fósforo. Considerado un nutrimento importante para el crecimiento de las plantas, que para la mayoría de los suelos se encuentra en bajas concentraciones. Se presenta alta en aquellos con fertilizaciones frecuentes por agricultura intensiva. El fósforo en forma de fosfato es absorbido más fácilmente por la planta, participando en la constitución de sus órganos, el metabolismo celular obtención de energía para su desarrollo. Igualmente ayuda simbióticamente en la fijación del nitrógeno (Escobar Roca, 2022). Se encuentra en los fosfolípidos y proteínas y coadyuva en los procesos enzimáticos y asimilación de grasa, carbono y proteínas (Hernández y Vargas, 2022).

Agronómicamente, el fósforo estimula el desarrollo de las hojas, influye en el crecimiento óptimo de las raíces y nutricionalmente contribuye a la calidad de los pastos y cultivos en general. Es esencial en los procesos de almacenamiento y suministro de energía, por ende los bajos suministros del suelo a la planta se traduce en menor desarrollo de la misma. Su función metabólica radica en su participación en actividades enzimáticas y constitución molecular de la planta. Es importante que las fertilizaciones con este macronutriente tomen en cuenta dosis y su disposición para su absorción. El fósforo regula el período vegetativo de los cultivos, desde la

reproducción, madurez y circulación de nutrientes en el sistema y por ende el eficiente suministro de agua (Malaver González y Rincón Zabala, 2021).

Niveles bajos de fósforo se asocian con suelos ácidos y altos contenidos de metales tóxicos como el hierro y aluminio, en esencia son suelos que limitan la siembra de leguminosas, elevando el uso de fertilización con fósforo para inducir la absorción del elemento fijado al suelo por parte del cultivo (Hernández y Vargas, 2022). Generalmente se establece un requerimiento mínimo de 20 mg/l en sistemas intensivos con alta fertilización y para cultivos de ciclo anual un valor más alto de 30 a 50 mg/l (INIA, s.f.). Bajo porcentaje de fósforo, es porque en su mayoría, el elemento está presente como fosfato de hierro o aluminio poco soluble y de difícil absorción. Se perfila como parte fundamental del metabolismo vegetal, ayudando en el crecimiento de las raíces y retoños, favoreciendo la estructura seminal y fortaleciendo el cultivo ante situaciones de estrés (Serrano L. , 2023).

7.1.2.4. Materia orgánica. Es una combinación heterogénea de varios compuestos orgánicos vegetales y animales en cantidades que varían de acuerdo con la evolución, uso y tratamiento del suelo. La composición orgánica del suelo brinda información relevante en cuanto al contenido de compost, subproductos de lombricultura y residuos encalados, directamente dependientes de la microbiota y profundidad del horizonte (Aguirre Forero et al., 2022). La Materia orgánica permite determinar los atributos del sustrato por estar muy ligada con su composición. De esta manera, su contenido suministra datos relevantes en base a estructura, contenidos disponibles de nitrógeno, carbono, entre otros elementos esenciales en el crecimiento de los vegetales (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f.). El suelo se ve beneficiado por altos contenidos de carbono orgánico, mejora la capacidad de intercambio catiónico y retención de agua. Se encuentra en los desechos descompuestos de origen vegetal y animal por acción de bacterias, se conoce como humus, con valores proximales condensados (Vera Velázquez et al., (2022). Para CEPAL (2021) la materia orgánica es un agregado heterogéneo rico en carbono que continuamente se encuentra en degradación y le da el calificativo de ente vivo a los suelos. La capacidad del suelo para retener carbono es más eficiente si los porcentajes de materiales orgánicos son elevados, hecho que se relaciona con las prácticas agronómicas que se realizan en los procesos productivos. Los suelos del planeta secuestran 1,5 billones de toneladas de carbono, más que todas las selvas juntas, por ello es muy importante que las prácticas agropecuarias sean sostenibles, devolviéndole los nutrimentos que se sacan con cada proceso.

7.2 Agua

Desde un punto de vista químico está compuesta por hidrógeno más oxígeno. Es incolora, inodora e insípida. Es esencial tanto para la alimentación de todos los seres vivos, posteriormente del oxígeno, es el elemento más crucial e indispensable para la existencia en el planeta. Este elemento representa la mayor porción de peso en animales y plantas. La carencia de agua puede causar la muerte más precipitadamente que la falta de cualquier otro componente (Jiménez, 2021).

En todo proceso productivo el agua debe ser limpia, que no constituya riesgos en la salud animal ni para los alimentos. En este sentido, es vital contar con agua que cumpla los parámetros de calidad exigidos para el riego. Para el proceso productivo lechero, el agua debe tratarse como otro nutriente básico para el desarrollo de cultivos y pastos que servirán de alimento a los animales. Por lo tanto, es crucial determinar las características del recurso hídrico a usar en zonas productoras de leche (Jiménez, 2021).

Es determinante para la producción agropecuaria se demanda el uso de agua en su dinámica del día a día, sobre todo para en el riego de pastizales. Este recurso lo obtienen las unidades de producción de las fuentes naturales, pozos profundos, precipitaciones entre otras reservas artificiales. En los campos de pasto en épocas lluviosas se optimiza el uso del recurso, pero durante el verano se requiere de su suministro a través de sistemas de riego, factor de gran importancia tomando en cuenta que en los pastizales la disponibilidad de nitrógeno se ve afectado por la sequía (Gutiérrez et al., 2024).

El manejo agronómico de los pastos requiere el uso indispensable del agua para su buen desarrollo, y el cumplimiento de este objetivo está en relación con propiciar el lixiviado de sales, potenciar la emergencia, control en la conformación de capas duras en el suelo y atenuar climas muy fríos o extremo cálidos. Pero de mayor importancia es que el agua de riego viene a renovar la humedad que se pierde por evapotranspiración del cultivo y del sustrato, evitando un estrés por su deficiencia, lo cual genera bajas en los rendimientos esperados. El estrés hídrico reduce la pérdida de humedad en el cultivo pero disminuye su capacidad de retener carbono y el movimiento de nutrientes creando déficit no deseados. En la Figura 6 se establecen criterios en cuanto a la forma que debe presentar el nutriente para su absorción y como es la movilidad del mismo en el suelo y en la planta (Gómez Latorre et al., 2024).

Análisis de Agua. Para Serrano et al. (2024) el origen del recurso agua va a impactar en los parámetros que definen su calidad modificándolos en la medida que se dan los procesos en la naturaleza o debido a las alteraciones producto de las actividades humanas. Generalmente, se

van a ver afectados el pH y disposición de sales y nutrientes en el suelo. Esto se puede traducir en el uso de agua con condiciones no aceptables o fuera de parámetros que a su vez afecta la calidad de los alimentos o productos finales del proceso productivo en cuestión.

Será de beneficio para los productores agropecuarios conocer al detalle con condiciones en las que se encuentra el recurso agua que se está utilizando en sus procesos productivos. Para esto se hace necesario establecer tanto las cantidades necesarias a utilizar en cada etapa de la cadena productiva como la composición física y química del agua que está en el proceso, tomando en cuenta su origen y los tratamientos a que pueda estar sometida para su posterior uso, como filtraciones, tratamientos químicos entre otros (Serrano et al., 2024).

7.2.1 Propiedades químicas del agua

Es importante determinarlas, tomando en cuenta que en proporciones fuera de parámetro afectan la fertilización del cultivo. Se hace necesario realizar los siguientes análisis en el agua: el Potencial de hidrógeno, salinidad, porcentaje de oxigenación y temperatura. Los Carbonatos y bicarbonatos ($\text{CO}_3 / \text{HCO}_3$) se deben mantener en valores menores a 1,5 miliequivalentes por litro de agua, garantizando que se depositen en los sistemas de riego por precipitación de sales como el magnesio y calcio. En cuando al Sodio, este puede afectar la infiltración en el suelo si se presenta en valor elevado, para su control se mide la relación de adsorción de sodio, que debe ser menor a 10.

Por último, se considera seguro un valor menor a 10 partes por millón (ppm) de Nitratos, evitando intoxicaciones humanas y pérdida de fertilizantes en el suelo. Es muy importante determinaciones relativas a presencia de factores biológicos que representen una amenaza para el consumidor como lo son los virus y bacterias, aparte está la dureza y la temperatura al momento de suministrarla en el proceso productivo (Instituto del Agua, 2024).

7.2.1.1. pH del agua. Se considera un factor relevante en la disponibilidad de los elementos esenciales y el desarrollo de microorganismos beneficioso para el suelo, así como la disposición de material orgánico. No menos importante se considera la contaminación del recurso por elementos que representan peligro por su toxicidad (Instituto del Agua, 2024). Valores neutros de pH permiten que los cultivos absorban los alimentos de forma equilibrada, mientras que un pH alcalino afecta el suelo, es necesario que este se encuentre 5,5 a 7, garantizando que el recurso para regar los cultivos sea óptimo en calidad (Nugra Rocano et al., 2023). El agua de las lluvias ácidas puede alterar el pH de las aguas para riego (Swistock, 2024).

7.2.1.2. Conductividad eléctrica del agua. Representa la presencia de sales dispersas en el agua, cuyos valores deben ser inferiores a 0,7 dS/m (Instituto del Agua, 2024). Una

conductividad eléctrica alta indica aguas saturadas con sales, lo recomendable está en un rango de 1.0 a 2.0 mmhos/cm según lo dispuesto para el agua en la agricultura (EC Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2015). Se considera que el agua para riego requiere valores alrededor de 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Encarnación Bustillos y Valle Samaniego, (2024). Agua con conductividad eléctrica elevada necesita que sea diluida con agua de valores menores como las aguas de lluvia o tratamientos más avanzados (Swistock, 2024).

7.2.1.3. Oxígeno disuelto (OD). Es esencial para la vida de las raíces de las plantas, siendo el agua su principal transporte. Un rango referencial va de 3 a 4 mg/l de OD para mayoría de los cultivos. Las bajas concentraciones causan ennegrecimiento en raíces y se inhibe su desarrollo. Existen técnicas para mejorar la solubilidad del oxígeno en el agua como el burbujeo, inyectar aire, incorporar saltos, agitación y enfriamiento (HANNA Instruments, s.f.). El OD es un parámetro que viene a representar la proporción de oxígeno disponible en el agua y además va a determinar qué tan contaminada puede estar si se obtienen valores muy por debajo de lo recomendado. Gran número de elementos intervienen en la disolución del oxígeno, temperatura y salinidad de las aguas son los más importantes (Instituto del Agua, 2024). Sus valores pueden variar motivado a las épocas lluviosas, por otra parte, existe una proporcionalidad entre el OD y la vegetación existente (Baquerizo Figueroa et al., 2024).

7.2.1.4. Temperatura. Una medida para verificar la calidad de las fuentes hídricas y que se ve influenciada por condiciones de altitud, temperatura ambiental y presencia de aguas con alta temperatura. Influye en la determinación del oxígeno disuelto entre otros aspectos indicadores de calidad (Baquerizo Figueroa et al. (2024) Un rango aceptable según la Normativa vigente, es 10-30° C, de manera que no afecta la absorción de los nutrientes y pérdidas de humedad, al mismo tiempo, que si son elevadas causan daños irreversibles en los cultivos (EC Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2015).

7.2.2 Parámetros de calidad del agua

Las múltiples medidas a evaluar se presentan en la tabla de calidad de agua de irrigación de la Figura 6. Adicional, en Ecuador, se debe cumplir con el Capítulo VI, parámetros que se visualizan en la Tabla de Criterios para el agua en uso agrícola (pH, CE, OD, Temperatura) de la Figura 7 (EC Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2015). Se propone una clasificación de la salinidad del agua en función de la conductividad eléctrica, y explicativa de sus efectos sobre los cultivos, todo conforme a lo ilustrado en la Tabla 3.

Figura 6*Parámetros del Agua para irrigación. Uso agrícola*

Parámetros	Simbolo	Unidad	Valores normales en aguas de riego
SALINIDAD			
Contenido en sales			
Conductividad eléctrica	CE _a	dS/m	0 – 3
Total sólidos en solución	TSD	mg/l	0 – 2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	meq/l	0 – 20
Magnesio	Mg ²⁺	meq/l	0 – 5
Sodio	Na ⁺	meq/l	0 – 40
Carbonatos	CO ₃ ²⁻	meq/l	0 – 0'1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	meq/l	0 – 10
Cloro	Cl ⁻	meq/l	0 – 30
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	meq/l	0 – 20
NUTRIENTES			
Nitrato-nitrógeno	NO ₃ -N	mg/l	0 – 10
Amonio-nitrógeno	NO ₄ -N	mg/l	0 – 5
Fosfato-fósforo	PO ₄ -P	mg/l	0 – 2
Potasio	K ⁺	mg/l	0 – 2
VARIOS			
Boro	B	mg/l	0 – 2
Acidez o basicidad	pH	1-14	6 – 8'5
Relación de absorción de sodio	RAS	meq/l	0 - 15

Fuente: (Instituto del Agua, 2024)

Tabla 2. *Criterios de calidad del agua de uso agrícola (pH, CE, OD, Temperatura)*

PARAMETRO	RANGO IDEAL	RANGO ACEPTABLE
pH	6 - 9	5,5 - 8,5
Conductividad eléctrica (mmhos/m)	0,3 a 0,7	0,7 - 3
Oxígeno disuelto (%)	80 - 90	60 - 101
Temperatura °C	15 - 25	10 - 30

Fuente: (EC Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2015)

Tabla 3. *Clasificación de la Salinidad del Agua*

CLASIFICACION	RANGO DE CE (mmhos/m)	EFFECTOS EN EL SUELO Y LAS PLANTAS
Agua dulce	< 1,0	Baja salinidad, apta para la mayoría de los cultivos.
Agua ligeramente salina	1,0 - 2,0	Puede afectar cultivos sensibles a la salinidad.
Agua moderadamente salina	2,0 - 4,0	Requiere prácticas de manejo específicas para mitigar la salinidad.
Agua muy salina	4,0 - 8,0	Solo apta para cultivos tolerantes a la salinidad.

Agua salinidad extrema	> 8,0	No apta para la mayoría de los cultivos.
------------------------	-------	--

Fuente: (EC Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2015)

7.3 Aplicaciones móviles.

7.3.1 Gestor de recursos terrestres-SLAKES.

Según Oscullo Chulca (2023) Slakes es una aplicación para teléfonos Android de alta gama creada por la Universidad de Sydney, se establece como un método para decretar la estabilidad de agregados con requerimientos mínimos de adiestramiento y equipos sencillos. Para llevar a cabo el análisis. La aplicación SLAKES se ejecuta desde el teléfono y toma imágenes de tres agregados del suelo secos y mientras se disgregan en agua en una caja de Petri, pondera su estabilidad usando coeficientes para expresar el parámetro a través de la función de Gompertz ajustándose a las fotografías Reportan los valores directamente en pantalla en diez minutos y un texto para descargar sobre el proceso (Flynn et al., 2020).

7.3.2 Test de medición rápida.

7.3.2.1. Ionómetros. Para EcuRed (2020) son instrumentos usados para determinar la concentración de iones en una muestra de forma confiable y sencilla. Son diversos los análisis que se pueden ejecutar con estos instrumentos, nutrientes presentes en los sustratos, savias, alimentos, calidad de los recursos hídricos y agua en general. Se pueden realizar análisis de pH, en fertilizaciones y determinaciones de iones de cloro y flúor con sonda específicas. Poseen un electrodo de ión plano que requiere de muy pequeñas cantidades de muestra. Se deben calibrar, por tanto, se inicia con la limpieza del sensor plano utilizando agua destilada, seguido se le aplica la solución tampón para dar inicio de calibración, colocar nuevamente agua y secar con paño, quedando listo para proceder con la medición.

Los medidores LAQUAtwin permiten medir pH, conductividad y diversidad de elementos nutritivos (N, Ca, K, entre otros) disueltos en suelo, agua de riego y más soluciones. Son útiles para evaluar la nutrición en la siembra, en sitio y a tiempo en búsqueda de medidas en pro del beneficio de las cosechas y la economía (HORIBA, s.f.).

7.3.2.2. Multiparámetro HANNA. Son instrumentos portátiles que pueden dar hasta 14 mediciones diferentes para comprobar los atributos de los recursos en la naturaleza. Las mediciones posibles van desde los principales como el potencial de hidrógeno, salinidad, oxigenación hasta potencial reductivo, turbidez, sales disueltas y temperatura de las soluciones. Son de configuración sencilla y rápida. Su sonda multisensorial trabaja con un microprocesador diferencial en la determinación de cada elemento. Las lecturas se transmiten de forma digital

con conexión USB, muy estable y con rapidez, y se registran los valores durante el proceso de medición. Poseen un sistema de GPS de fácil instalación. Son resistentes al agua y a trabajos fuertes, no requieren cambio de celdas ni reactivos especiales (HANNA Instruments, s.f.).

A continuación, se profundiza en trabajos previos relacionaos con el objeto del presente proyecto.

7.4 Antecedentes

La Constitución Nacional del año 2008 instituye normativa legal en cuanto a la seguridad alimentaria de Ecuador y tenencia eficaz de las riquezas de la tierra y el agua, así como el incentivo en el uso de tecnologías nuevas y limpias. En la Figura 7, se resumen los Artículos constitucionales a los que se hace referencia. El Artículo 282, 318, 410 y 423 establecen las actuaciones del Estado y las responsabilidades de los organismos a través de los cuales se ejecutarán dichas normativas (Cordero, 2022).

En este sentido se crea la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (LORSA), se aprueba en 2009 para regular todo lo relacionado con alimentación y la articulación de programas y proyectos relacionados con este tema. La Ley establece en su Artículo 1, pilares fundamentales como las medidas de disponibilidad a los recursos naturales, la protección de la agro diversidad, la exploración, y tecnificación, dándole carácter legal a las disposiciones gubernamentales en pro del beneficio de los sectores productivos y su aporte a la seguridad alimentaria de la región (Cordero, 2022).

Figura 7

Artículos de la Constitución relacionados a la soberanía alimentaria en Ecuador.

ARTICULO CONSTITUCIONAL	DESCRIPCION
Artículo 282	El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra. Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes. El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental.
Artículo 318	El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades Productivas en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.
Artículo 410	Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.
Artículo 423	La integración, en especial con los países de Latinoamérica y el Caribe será un objetivo estratégico del Estado. En todas las instancias y procesos de integración, el Estado ecuatoriano se comprometerá a: 2. Promover estrategias conjuntas de manejo sustentable del patrimonio natural, en especial la regulación de la actividad extractiva; la cooperación y complementación energética sustentable; la conservación de la biodiversidad, los ecosistemas y el agua; la investigación, el desarrollo científico y el intercambio de conocimiento y tecnología; y la implementación de estrategias coordinadas de soberanía alimentaria.

Fuente: (Cordero, 2022)

Con base en las Leyes constitucionales que impulsan el acceso seguro y eficaz de los alimentos y demás recursos (Cordero, 2022), se han realizado investigaciones y proyectos que apuntan a esta área en zonas productoras de leche. Esta actividad impacta positivamente en la economía de la región, dando el primer paso en la consecución de los objetivos de los sectores que se dedican a la obtención de leche, se traducirá en mejoras técnicas y económicas para dichos sectores.

Achig y Aimacaña (2024) realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar el estado de los recursos suelo y agua en las zonas productoras comunitarias de leche de Poaló, Once de Noviembre, Belisario Quevedo, Ignacio Flores y Eloy Alfaro del cantón Latacunga. Concluyeron que los suelos de la parroquia Once de Noviembre fueron los mejores con una CE de 519 dS/m, N con un valor de 536 mg/L, y K de 71 meq/100 g, mientras que en la parroquia de Poaló se observó agua óptima para pastizales, con pH 7.12, OD de 99.10 mg/L y CE 0.62 S/m.

En el mismo orden Pilliza (2024) se centró en determinar el estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche en la parroquia de Guaytacama y Toacazo, para ello se analizaron los atributos químicos N, P, Ca, K, Na, CE, pH de los suelos con el uso de Ionometros LAQUAtwin. La Materia orgánica (MO) y el Índice de estabilidad de agregados (IEA) con el método de calcinación y la aplicación tecnológica SLAKES respectivamente, para los

parámetros de las fuentes hídricas como pH, CE, T°, OD se lo realizo con un medidor multiparámetro HANNA. HI98194.

Oña y Villamarin (2024) se enfocaron en evaluar el estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche Alaquez, Joseguango y Mulalo del cantón Latacunga 2024, con el fin de proponer estrategias para una gestión más sostenible. Se realizaron los análisis de las características físicas y químicas de los suelos y agua en la zona en estudio, revelando una diferencia significativa en los parámetros, indicando heterogeneidad en sus condiciones nutricionales.

8. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Se podrá determinar los parámetros físico-químico de los recursos suelo y agua de riego en las zonas productoras comunitarias de leche de Pastocalle y Tanicuchi del cantón Latacunga?

9. METODOLOGÍA

La investigación tiene como objetivo evaluar la situación del suelo y del agua en comunidades de las zonas productoras comunitarias de leche de Pastocalle y Tanicuchi. La metodología incluye un diagnóstico completo de las zonas referenciadas, las técnicas de recolección de las muestras en sitio, estudios de los elementos constituyentes y la tabulación de los resultados.

Todos estos elementos se utilizan en el análisis general de la situación problema y proporcionar recomendaciones basadas en evidencia científica para mejorar las prácticas agropecuarias y las condiciones ambientales que imperan en la zona.

Las zonas de muestreo se seleccionan estratégicamente para obtener muestras representativas de los recursos y de diferentes condiciones edafológicas y de manejo agropecuario. Seguido se describen los procedimientos de recolección y análisis de muestras, así como las herramientas y equipos utilizados, de forma detallada, con la debida precisión para garantizar la fiabilidad de los resultados.

9.1. Tipos de Investigación

9.1.1. Investigación Exploratoria

Se realiza para obtener la información inicial de las condiciones de los recursos naturales existentes en las zonas productoras de leche. Se recolectan datos de fácil acceso y se observan tendencias. Se obtiene información útil para el abordaje de la zona, permite planificar la logística para llevar a cabo las actividades establecidas en el cronograma.

9.1.2. Investigación de campo

Se lleva a cabo dentro del ambiente natural y social de la zona productora de leche en Pastocalle y Tanicuchi, donde se desarrollan las actividades relacionadas con el objeto de estudio. Se

fundamenta en la obtención de los datos primarios de forma directa, observando los hechos en el lugar del acontecimiento, muestreo de los recursos naturales en los puntos estratégicos dentro de los predios seleccionados.

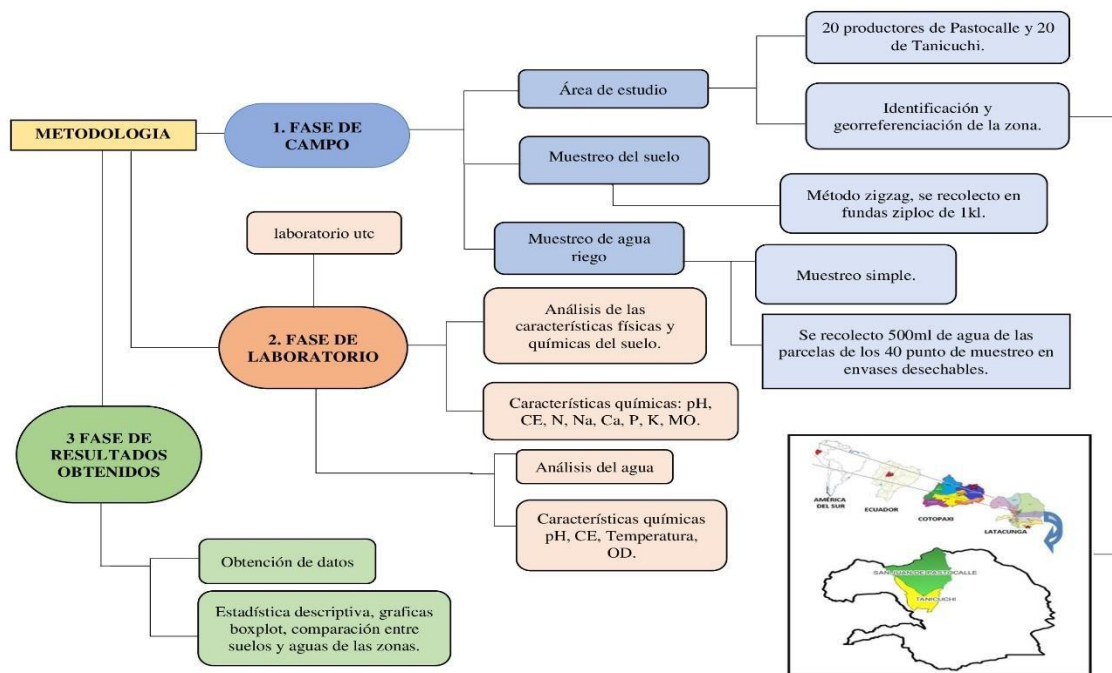
9.1.3. Investigación descriptiva

Permite describir las características y condiciones actuales de la zona y su impacto en el manejo eficiente de los recursos, verificar los conocimientos que poseen las comunidades productoras de leche en cuanto al tema en estudio. Se caracterizan los recursos en función de los procesos productivos y su relación con el medio ambiente. Los resultados se utilizan para establecer posibles mejoras a implantar en el entorno.

9.2. Metodología de la Investigación

En la Figura 8 se esquematizan los procedimientos metodológicos que se deben cumplir para el avance de la investigación. Se detallan cada fases en la consecución de los objetivos planteados.

Figura 8 Esquema Metodológico



Fuente: Meneses, G. (2025).

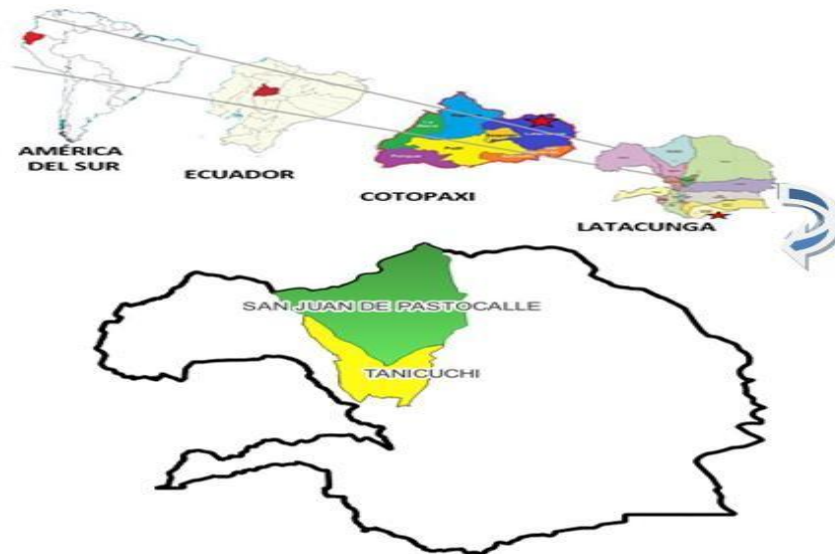
Área de estudio

El estudio apunta al beneficio de las comunidades productoras de leche en dos parroquias el cantón de Latacunga ubicado en la Jurisdicción de Cotopaxi en Ecuador en la faja montañosa Andina. Zona volcánica que la representa por el volcán activo Cotopaxi y otros (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador, 2014).

Tanicuchi es uno de los centros comunitarios de Latacunga donde se llevará a cabo la investigación. Se ubica al centro de la sierra, 22 kilómetros de la zona noroccidental del centro poblado de Latacunga con altitudes que van desde 2.920 hasta 4.040 msnm. Latitud y longitud son -0.7851 , -78.6455 , respectivamente. La economía parroquial se fundamenta en actividades agrícolas y pecuarias, industriales, comerciales y de construcción, adicional el turismo ocupa un sector importante en menor cuantía (Caisa Velásquez y Toapanta Jacho, (2022).

San Juan de Pastocalle, es el segundo sector objeto de estudio, que se encuentra ubicado a 32 kilómetros de la ciudad de Latacunga, con una extensión de $138,7 \text{ Km}^2$, coordenadas geográficas latitud y longitud; $0^\circ 40' 42'' \text{ S}$ y $78^\circ 38' 06'' \text{ W}$ respectivamente, con elevación de 3,132 msnm (Romero Bravo, 2022). En cuanto al uso del suelo, los campos de pasto cubren el 45 %, agricultura el 26 % y páramo el 11 %. La temperatura oscila de 6 a 12° C (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Juan de Pastocalle, 2020).

Figura 9 Ubicación geográfica del área de estudio en cantón Latacunga



Fuente: PDOT Provincia Cotopaxi, PDOT Cantón Latacunga y PDOT Pastocalle y Tanicuchi. Genesis Meneses, (2025)

9.2.1. Identificación y georreferenciación del área en estudio

Se realiza la revisión de la data de productores comunitarios de leche en los sectores Pastocalle y Tanicuchi, y conforme a esta información, se seleccionaron 20 productores en cada zona para un total de 40 puntos de muestreo, a los cuales se les determina su ubicación con la ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Obtenidas las coordenadas UTM, se tabula y registra la información para vaciar en los mapas de zonificación de suelos y fuentes hídricas de la zona referenciada. Esto proporciona información relevante para el estudio y futuras investigaciones,

como registro de la zona y sus características más relevantes de dichos recursos en la producción lechera de la zona.

9.2.2. Muestreo de suelos de zonas productoras comunitarias de leche

Una vez ubicados los puntos de muestreo y basados en el método de Farmaha et al. (2020), se realiza el muestreo iniciando con la remoción de la capa vegetal sobre el suelo y cualquier impureza presente. Se continúa dividiendo la zona en cuadros para la toma de muestra de diferentes puntos en cada cuadro. Usando una representación de zigzag se cubre de forma eficiente la región. Ya en cada zona se utiliza un barreno y se procede a tomar una muestra representativa y suficiente a 20 centímetros de profundidad. Esta se conforma primeramente con 6 submuestras para luego obtener 2 kilogramos de suelo de cada punto de análisis.

Se disponen en bolsas plásticas con cierre hermético, limpias que luego se sellan y etiquetan de forma conveniente rotulando con un número, lugar, nombre del productor, fecha y hora.

Seguido se trasladan en el menor tiempo posible a instalaciones que garanticen su conservación para luego disponer de ellas en el laboratorio y proceder a su preparación de acuerdo con cada análisis a realizar.

9.2.3. Metodologías para determinación de características químicas del suelo de Pastocalle y Tanicuchi

Se realizan las determinaciones de las características de los suelos conforme a lo establecido por la guía de la Universidad Técnica de Cotopaxi (s.f.).

9.2.3.1. Determinación de pH. Para las determinaciones se utiliza el equipo Ionómetro LaquaTwin pH-33, el cual debe calibrarse por lo menos 2 veces al día, según recomendaciones del proveedor. Seguidamente se describen los materiales, reactivos y equipos adicionales para llevar a cabo los procedimientos establecidos que garantizan resultados idóneos y por último su interpretación.

Materiales

- Vaso de precipitado, 50 ml.
- Piseta
- Probeta
- Agitadores
- Papel de filtro
- Tamiz 2 mm

Reactivos

- Agua destilada

- Soluciones pH estándar.

Equipos adicionales

- Balanza electrónica □ Agitador magnético

Preparación de la muestra.

- Se deja secar la muestra al ambiente por 48 horas.
- Se pesan 10 gramos de suelo para tamizarlos.

Procedimiento

- Los 10 gramos de suelo tamizado se colocan en un vaso de precipitado.
- Se añaden 25 ml de agua destilada.
- Se colocan los agitadores en la suspensión de suelo para llevarla al agitador magnético durante 30 minutos.

Se deja reposar por 10 minutos hasta alcanzar el equilibrio iónico.

- Se colocan 3 gotas (0,1 ml) de la muestra en el ionómetro para determinar el pH.
Repetir el procedimiento para cada muestra. (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f.)

Interpretación de datos

Estos valores de pH pueden limitar o beneficiar la absorción de nutrientes por los cultivos de acuerdo al nivel en que se encuentre el suelo y a los requerimientos de las plantas, por lo que su determinación es de vital importancia para establecer el uso en los suelos. En la Tabla 4 se establecen criterios para la interpretación de resultados de pH.

Tabla 4.

Resultados para pH en suelos

RANGO DE pH	INTERPRETACIÓN
<4.4	Muy ácido
4.6 a 5.5	Fuertemente ácido
5.6 – 6.4	Levemente ácido
6.5 – 7.5	Neutral
7.6 –9.0	Levemente alcalino
9,1 -10,0	Alcalino
>10.0	Fuertemente alcalino

Fuente: (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f.).

9.2.3.2. Determinación de la Conductividad Eléctrica (CE), Nitrógeno (N), Calcio (Ca), Sodio (Na), Potasio (K) y Fósforo (P). Para estas determinaciones es necesario realizar el procedimiento preliminar que consiste en extraer pasta saturada del suelo. Con este fin se sigue la metodología de Ibañez Asensio y Moreno Ramón (2018). El método consiste en disolver las sales del suelo con agua destilada de manera que se den las condiciones de saturación deseado para que puedan ser extraída la solución usando una bomba de vacío. El procedimiento seguido es utilizar la solución resultante para establecer las cantidades presentes de dichos componentes presentes en la muestra de suelo y su conductividad eléctrica, utilizando test específicos de medición rápida de iones (Ionómetros). Seguido se especifican los requerimientos necesarios, las instrucciones de ejecución de dichas actividades y cómo interpretar de los resultados obtenidos. **Materiales**

- Cápsula de porcelana
- Espátula
- Embudo buchner
- Papel filtro
- Papel film
- Botellas plásticas de 500 ml

□

- Envases de vidrio
- Pissetas
- Tamiz 60 (200 μm)

Reactivos

- Agua destilada

Equipos

- Balanza analítica
- Bomba de vacío
- Ionómetros

Preparación de la muestra

- Se dejan reposar por 24 horas 500 gramos de cada muestra de suelo.
- Transcurrido el reposo se tamiza la muestra usando el tamiz 60.

Procedimiento

- Se pesan de 400 a 500 gramos de la muestra tamizada en la cápsula de porcelana.
- Se agrega agua destilada a la muestra hasta obtener una mezcla pastosa y brillante de lodo usando la espátula de forma constante. Se toma nota de los mililitros de agua utilizados,
- Para comprobar que la mezcla está lista para usar, ésta debe deslizarse suavemente por las paredes de la cápsula. Adicional se realiza un corte con la espátula a mitad de la mezcla, el cual debe cerrarse y unirse nuevamente con facilidad.
- Se tapan las muestras con papel film para darle un reposo de dos horas.
- Se comprueba el estado de saturación del suelo revisando: si presenta agua superficial requerirá de añadir suelo seco y si se presenta seca, se debe agregar agua destilada. Ocurrido una u otra situación, se realiza la corrección y se deja en reposo por 24 horas. Se deben anotar las cantidades añadidas.
- Se coloca filtro de papel en el embudo buchner para evitar que se pierda material durante el proceso, y se vierte la pasta saturada reposada en el embudo.
- Se conecta el embudo con la muestra a la bomba de vacío y se extrae la solución en envases de vidrio.
- Pasar la solución a un envase de plástico lista para ser usada en las determinaciones de las concentraciones de los iones de N, Ca, Na, K y P disueltos en la solución extraída, así como su salinidad (CE).

Para las determinaciones se colocan 3 gotas en los respectivos Ionómetros que darán los resultados en cuestión. (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f.)

Interpretación de datos

La gran importancia de determinar las concentraciones de los macronutrientes N, P, K, así como el sodio y el calcio, presentes en el suelo, radica en los casos que se deban aplicar enmiendas nutricionales, esenciales para la nutrición y el consecuente desarrollo de los cultivos. Para su consideración e interpretación, en la Tabla 5 se establecen niveles de bajo, medio y alto para cada elemento, sin restar importancia a la salinidad que viene dada por la CE en los mismos.

Tabla 5.

Resultados para N, Ca, Na, K, P y CE

ELEMENTO	NIVELES		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Conductividad Eléctrica (dSm^{-1})	<500	500-1000	>1000
Nitrógeno (ppm)	<500	500-4000	>4000
Calcio (ppm)	<41	41-140	>140
Sodio (ppm)	<16	16-31	>31
Potasio (ppm)	<76	76-150	>150
Fósforo (ppm)	<15	15-30	>30

Fuente: (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f.).

9.2.3.3. Determinación de Materia Orgánica. Considera Burgos Hernández et al. (2023) que para los suelos con pH menor o igual a 7,5, el método de pérdida por ignición (LOI400) aportó resultados de carbono orgánico semejantes a los obtenidos con oxidación de dicromato. En los suelos alcalinos los métodos de digestión con dicromato, LOI 550 y LOI-400 suministraron resultados parecidos. Para estos últimos recomienda el de dicromato sobre todo cuando se está en presencia de dolomita. Barrezueta-Unda et al. (2020) calibró la técnica de ignición (siglas en inglés-LOI) para determinar el elemento orgánico en suelos cultivables, el mejor resultado fue con LOI a 430°C. Siguiendo estas recomendaciones, el estudio utiliza el método por ignición LOI a 430°C conforme a lo establecido en protocolo de la Guía de práctica de laboratorio de características físico-químicas del suelo (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f.).

Materiales

- Espátula
- Guantes de carnaza
- Pinzas
- Crisoles de 50 ml
- Tamiz 2 mm

□

Reactivos

- Agua destilada
- Desecante (Gel de sílice) **Equipos**
- Balanza analítica
- Mufla
- Estufa
- Desecador

Preparación de la muestra □ Se

pesan 200 gramos de suelo.

- Tamizar los 200 gramos de suelo.
- Se pesan 100 gramos de la muestra tamizada.
- Se realiza el secado previo a los 100 gramos muestra tamizada en la estufa a 105° C por 24 horas. Con esto se garantiza que el cálculo del peso perdido por la calcinación corresponda a MOS. Se recomienda realizar las determinaciones inmediatamente después de recoger las muestras, debido a que se exponen al ambiente por más de un día, dará resultados alterados.

Preparación de los materiales.

Los crisoles a utilizar se preparan como se indica a continuación:

- Preparar la mufla a 430° C para realizar el secado de los crisoles por 2 horas.
- Se retiran los crisoles de la mufla con los guantes térmicos y las pinzas.
- Se colocan inmediatamente los crisoles en el desecador para bajar su temperatura.
- Cumplido el periodo de enfriamiento, se pesan en la balanza analítica siempre manipulándolos con las pinzas, rotulándolos con su peso y registrando los valores de control. Este valor corresponde a Peso de crisol total en gramos. **Procedimiento**
- Usando la muestra seca de la estufa, se pesan 5 gramos (corresponde a *Peso de suelo seco* en los crisoles secos y pesados. Siempre manipulando los crisoles con pinzas.

Sumados crisoles + suelo seco, corresponde a *Peso muestra seca 105° C*. Ver Ecuación 1.

- Se llevan los crisoles con 5 gramos de suelo preparado y seco a la Mufla a 430 °C por 2 horas.

Culminado el proceso de calcinación, se retiran de la mufla los crisoles + suelo calcinado usando pinzas y guantes térmicos.

- Se colocan inmediatamente en el desecador hasta conseguir su temperatura ambiental.

- Ya fríos se pesan los crisoles + suelo calcinado en la balanza analítica para tomar nota del peso y registrar. El registro corresponde a *Peso muestra calcinada 430° C* en gramos a usar en la Ecuación 2. (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f.)

Ecuaciones para el cálculo de la MO Ecuación 1

Ecuación para el cálculo de peso de la muestra seca en la estufa a 150° C

$$\text{Peso muestra seca } 105^{\circ} \text{ C} = \text{Peso de crisol total} + \text{Peso de suelo seco}$$

Fuente: de (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f.).

Dónde:

Peso muestra seca 105° C: peso conjunto de la muestra suelo de seco y el crisol seco, en gramos.

Peso de crisol total: peso en gramos del crisol seco, a 430° C en la mufla.

Peso de suelo seco: 5 gramos de la muestra seca, a 105°C en la estufa.

Ecuación 2

Ecuación para el cálculo de % Materia orgánica según LOI-430° C

$$\% \text{ MO} = \frac{\text{Peso muestra seca } 105^{\circ} \text{ C} - \text{Peso muestra calcinada } 430^{\circ} \text{ C}}{\text{Peso muestra calcinada } 430^{\circ} \text{ C}} \times 100$$

Fuente: de (Barrezueta-Unda et al, (2020).

Dónde:

Peso muestra seca 105° C: Peso conjunto de la muestra suelo de seco y el crisol seco, obtenido de la Ecuación 1.

Peso muestra calcinada 430°C: peso en gramos de la muestra de suelo calcinada en la mufla.

Interpretación de datos

La materia orgánica constituye un indicador de fertilidad de los suelos. Un nivel de bajo a muy bajo (<1 %), generalmente presentan deficiencia de nutrientes, inconvenientes con la capacidad de retener humedad y acción de microbiota benéfica para el sustrato, hecho que afecta considerablemente el rendimiento de los cultivos. Igualmente, los suelos de proporción moderada de MO (de 1 a 1,5%) requieren de atención. Y los niveles de medio a un nivel alto de MO (>3 %) en los suelos se interpreta que puede estar siendo tratado con algún compost o material que le atribuye de nutrimentos y en mejora de sus características físicas y químicas (Gutiérrez-González et al., 2022). La Tabla 6 muestra una síntesis de rangos de las concentraciones de materia orgánica para la interpretación de resultados en las muestras de suelo recolectadas y analizadas.

Tabla 6.

□

Resultados para Materia Orgánica (MO)

RANGO % MO	INTERPRETACION
<1	Nivel Bajo
1-3	Nivel medio
>3	Nivel Alto

Fuente: (Arzola Pina & Machado de Armas, 2015)

9.2.4. Metodologías para determinación de características físicas del suelo de Pastocalle y Tanicuchi

Conforme a lo establecido por la guía para determinación de características físicas y químicas del suelo, se realizan las determinaciones a saber, de las muestras de suelos.

9.2.4.1. Determinación de Estabilidad de Agregados. El Soil Health Intitute (2022) evaluó cuatro métodos más utilizados para estudiarla. 1. Estabilidad al agua utilizando simulación de precipitaciones. 2. Estabilidad de agregados al agua tamizados en húmedo. 3. Reconocimiento de imágenes de teléfonos inteligentes con el software SLAKES y 4. El diámetro medio y peso de los agregados estables al agua. Como resultado se obtuvo que ninguno de los métodos dio diferencias de eficiencia por lo que se consideró la viabilidad de usarlos indiferentemente para dicha determinación. Siendo todos manejables y aconsejables, SLAKES es el más recomendado en cuanto a practicidad si se estima el corto tiempo en obtener resultados y su bajo coste.

En función de esto se detallan los siguiente materiales, equipos, reactivos y procedimientos para llevar a cabo las determinaciones de EA con metodología SLAKES. **Materiales**

- Espátulas
- Pinzas
- Cajas Petri de vidrio
- Base de papel blanco
- Trípode para teléfono celular
- Lámpara de luz blanca LED
- Tamices **Reactivos**
- Agua destilada

Equipos

Teléfono celular con la aplicación SLAKES instalada

□ Vernier

Preparación del suelo

Se deja secar la a temperatura ambiente por 24 horas.

Verificar que el tamaño de los agregados en la muestra sea de 4 y 8 mm, muy simétricos.

Preparación del equipo

- Se descarga la aplicación SLAKES en el teléfono celular usando Play Store
- Se coloca el teléfono en el trípode en posición requerida (15 a 20 cm de alto).

Procedimiento

- Se colocan tres agregados del suelo en una cápsula Petri seca, dispuestos en forma de triángulo. Dispuesta sobre un fondo blanco.
- Enfocar el teléfono de manera que se reconozca la muestra correctamente. Se ilumina el área con las lámparas emitiendo su luz sobre la placa de Petri eliminando la posible sombra que interfiera en la toma de la fotografía.
- Se toma la fotografía inicial. Se verifica el ajuste el color de la base donde están los agregados
- Para tomar la segunda fotografía, a los agregados se les añade agua destilada en proporción que cubra totalmente y evitando que se unan entre sí.
- Se da inicio pulsando el botón correspondiente y se esperan 10 minutos para que aparezca el resultado del índice de estabilidad en pantalla. Esto sin mover el teléfono. (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f.)

Interpretación de datos

En la tabla 5 se denota que un índice menor a 3 corresponde a suelos con alta estabilidad alta, de 3 a 7 estabilidad moderada y superiores 7 estabilidad baja.

Tabla 7.

Índice de Estabilidad de Agregados

RANGO DE ÍNDICE SLAKES	NIVEL DE ESTABILIDAD DE AGREGADOS
>7	Inestable
3 -7	Moderadamente estable
<3	Estable

Fuente: de (Oscullo Chulca, 2023)

9.2.5. Muestreo de aguas de zonas productoras comunitarias de leche en Pastocalle y Tanicuchi

Siguiendo el método de muestreo simple, se toma la muestra en las zonas determinadas con anterioridad, consideradas representativos de las fuentes hídricas, en 40 puntos de las unidades productivas comunitarias. Estas muestras luego se analizan individualmente (Ideam-Invema, 2021). Ya en sitio se procede de inmediato a tomar las muestras llenando el envase desechable

□ con 250 ml de agua, se colca la tapa rosca y se protege con papel film. Se procede al etiquetado correcto de los envases llenos, rotulando con: lugar, nombre del productor, fecha, hora y análisis a realizar. Se colocan cuidadosamente en una hielera tipo icopor o plástica provista con hielo para mantenerla a baja temperatura sin llegar a la congelación, sellada y en las condiciones que requiere cada determinación de parámetro (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2021).

9.2.6. Metodologías para determinación de características químicas del agua de Pastocalle y Tanicuchi

Se utiliza el instrumento de medición rápida multiparámetro HANNA H19829-00041 para determinar los parámetros en las muestras de agua recolectadas en los 40 puntos establecidos de las comunidades productoras de leche, cuyas determinaciones se comparan con lo señalado en la legislación actual Tulsma para el análisis de calidad de agua para riego.

9.2.6.1. Determinación de pH, Conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y Temperatura. Materiales

□ Envases plásticos

Reactivos

- Agua destilada **Equipos**
- Multiparámetro HANNA H198194

Preparación del equipo

- Sumergir la sonda del equipo multiparámetro en agua destilada para calibrar.

Procedimiento

- Se abren los envases contentivos de las muestras de agua.
- Se coloca dentro del envase la sonda del Multiparámetro calibrada.
- Se selecciona el parámetro a determinar en el equipo.
- Se toma nota del resultado visualizado en pantalla del equipo.

Interpretación de datos

En la tabla 8 se establecen los niveles guía aceptables para los parámetros medidos conforme a lo establecido en el anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente de Ecuador.

Tabla 8.

Rangos aceptables para Multiparámetro según Tulsma

PARÁMETRO	RANGO ACEPTABLE TULSMA
pH	6 – 9
Conductividad eléctrica (milimhos/cm)	0.7 – 3
Oxígeno disuelto (%)	60 – 101
Temperatura (° C)	10 – 30

Fuente: (EC Ministerio de Ambiente de Ecuador, 2015)

Tabla 9.

Resultados para pH en agua

pH del Agua	Clasificación
< 4.0	Muy Ácido
4.0 a 5.5	Ácido
5.5 a 6.5	Ligeramente Ácido
6.5 a 7.5	Neutro
7.5 a 8.5	Ligeramente Alcalino
> 8.5	Muy Alcalino

Fuente: (Universidad Técnica de Cotopaxi, s.f)

Tabla 10.

Resultados para Oxígeno Disuelto en agua

Nivel de OD	Porcentaje de Saturación de DO
Supersaturación	≥ 101 %
Excelente	90 - 100%
Adecuado	80 - 89%
Aceptable	60 - 79%
Pobre	< 60%

Fuente: (Sierra, 2018)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

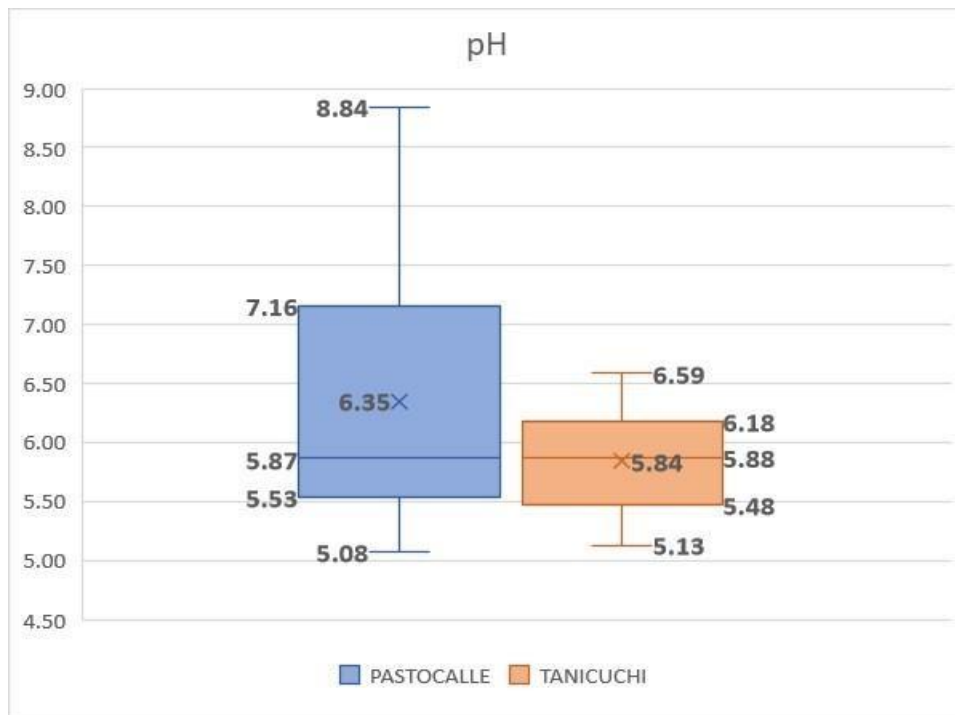
10.1. Características químicas del suelo de Pastocalle y Tanicuchi

10.1.1. pH (*Potencial de Hidrógeno*)

Los datos de pH de los suelos de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi se representan en el Gráfico 1, en donde se puede observar que en Pastocalle el 70 % de los productores tienen un suelo ligeramente ácido puesto que se encuentran dentro del rango de pH entre 5 y 6.5, mientras el 15 % tiene un suelo neutral ya que el rango de pH está entre 6.5 y 7.5, y el 15 % restante tiene un suelo ligeramente alcalino encontrándose sus valores de pH entre 7.5 y 9. Tanicuchi presenta un 90 % de sus suelos ligeramente ácidos y el 10 % restante corresponde a pH neutro. Como se puede observar en la Figura 1, la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes esenciales para el suelo, entre ellos el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio; es mayor cuando el pH oscila entre 6,5 y 7,5. En cuanto a Pastocalle y Tanicuchi solo el 15 % y 10 % respectivamente, se encuentran en el rango óptimo, la mayoría de los suelos están fuera de rango por ser ligeramente ácidos y pocos suelos se presentan cercanos a la alcalinidad. Para Bonilla et al. (2021) un suelo óptimo posee características físicas y químicas idóneas para el desarrollo de cultivos, entre las cuales establece un valor para el pH de 7. El autor ha establecido un sistema de verificación y recomendaciones para alinearlas y así, brindar un suelo óptimo o estandar. Gutiérrez-González et al. (2022), de igual forma sugiere que un pH de 6.7 a 7.3 es considerado neutro, y de los resultados obtenidos se puede asegurar que los suelos no presentan inconveniente de disponibilidad de los nutrientes esenciales para el buen desarrollo de los cultivos. Esto corrobora que el 15 % del suelo en Pastocalle y 10 % en Tanicuchi son óptimos. Por otro lado, el pH mayor de 7 presentara inconvenientes con la disponibilidad de elementos como el hierro, zinc y cobre. Esta situación se presenta en el 15 % de los suelos de Pastocalle con pH entre 7,5 y 9.

Sin embargo la mayoría de los suelos de las zonas en estudio, tienden a ser ligeramente ácidos, pH por debajo de 6 en el 70 % de los suelos de Pastocalle y en un 90 % de Tanicuchi, lo que trae como consecuencia una disminución de la disponibilidad de nutrientes, especialmente el fósforo (P) lo que pone de manifiesto que se debe aplicar una corrección como opción en la disminución de la acidez, además de mejorar la capacidad de retener el agua y obtener un suelo más estable (Vargas-Díaz et al., (2022).

Gráfico 1 pH de suelo en zonas de Pastocalle y Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

En la Tabla 11 se representan los estadísticos de resumen para los suelos de Pastocalle y Tanicuchi, con los cuales se realiza un análisis comparativo de las determinaciones de pH de los productores de la zona referenciada. Comenzando con la Media, la cual indica que el valor promedio de pH de 5,84 en Tanicuchi es menor al pH de 6,35 de la zona de Pastocalle, significa que Pastocalle posee suelos neutrales con tendencia a ser ligeramente más básicos que los de Tanicuchi ligeramente ácidos. Esta dispersión del pH se vé reflejada en el error típico de 0,25 para Pastocalle que es mayor a 0,09 de Tanicuchi. Los datos para la desviación estandar siguen demostrando mayor dispersión o variabilidad del pH en Pastocalle con 1,10 comparado con la de Tanicuchi de 0,42.

La curtosis en ambas zonas, muy cercanas a cero, sugieren que la distribución del pH es bastante similar a una distribución normal, sin embargo el valor de este estadístico para la zona de Tanicuchi (-0,82) indica una mayor desviación, lo que quiere decir que los valores de pH están más dispersos alrededor de la media, con menos valores extremos, siendo más plana que la distribución de Pastocalle con un valor de -0.01. El rango también indica mayor variabilidad del pH en la zona Pastocalle con 3,76 en comparación a 1,46 de Tanicuchi. De manera general Pastocalle es una zona con valores de pH mas dispersos con respecto a la media, teniendo en cuenta que se puede observar alto porcentaje de suelos ácidos e igual cantidad de suelos neutros

y alcalinos, mientras que en Tanicuchi los suelos son ligeramente ácidos en su mayoría y un bajo porcentaje de suelos netros.

Tabla 11.

Análisis Estadístico del pH de los suelos de Pastocalle y Tanicuchi

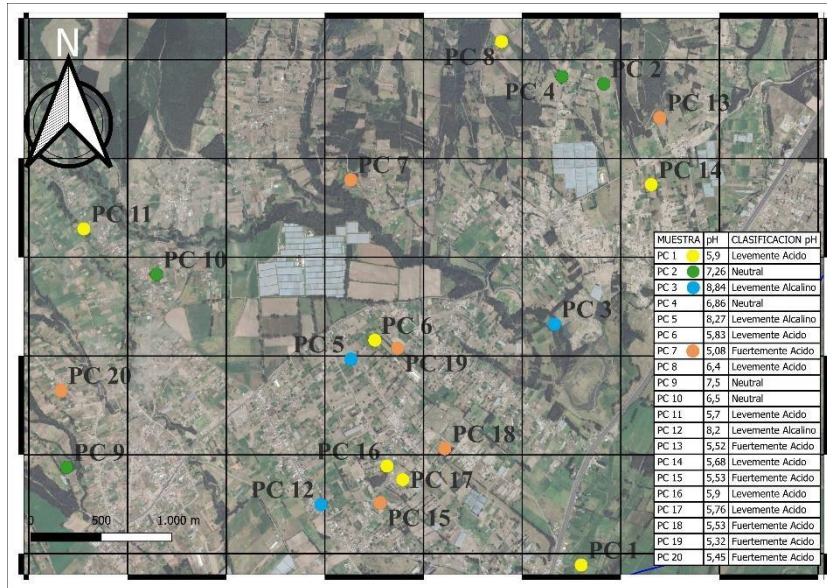
<i>PASTOCALLE</i>		<i>TANICUCHI</i>	
Media	6,35	Media	5,84
Error típico	0,25	Error típico	0,09
Mediana	5,87	Mediana	5,88
Moda	5,90	Moda	#N/D
Desviación estándar	1,10	Desviación estándar	0,42
Varianza de la muestra	1,22	Varianza de la muestra	0,18
Curtosis	-0,01	Curtosis	-0,82
Coefficiente de asimetría	1,07	Coefficiente de asimetría	0,15
Rango	3,76	Rango	1,46
Mínimo	5,08	Mínimo	5,13
Máximo	8,84	Máximo	6,59
Suma	127,03	Suma	116,77
Cuenta	20	Cuenta	20
Nivel de confianza (95,0%)	0,52	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	0,20

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

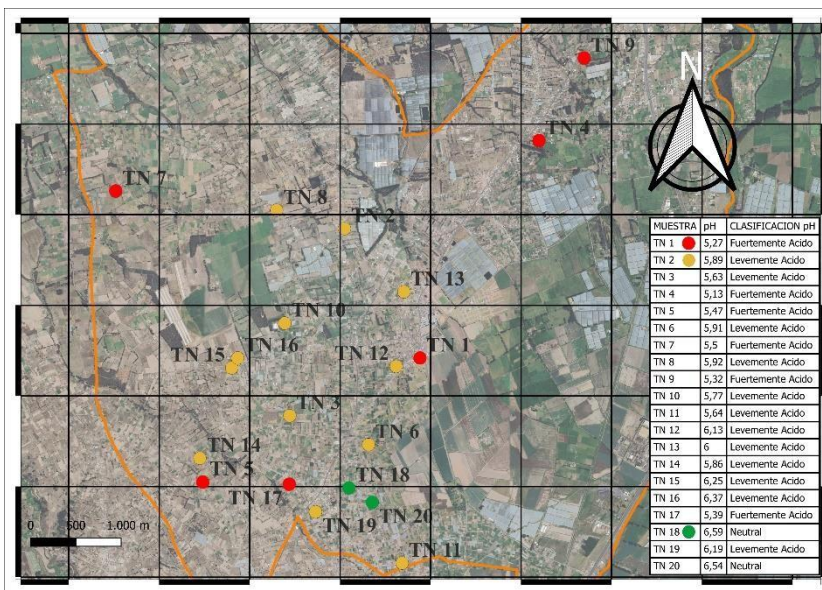
Se generan los mapas de los suelos utilizando el software QGIS, para georreferenciar los puntos de muestreo y determinación de pH, cuyos resultados se muestran en la Figura 10 para Pastocalle, donde de los 20 puntos, en su mayoría, (45 %) corresponde a suelos levemente ácidos, 25 % fuertemente ácidos, 20 % son suelos óptimos (neutral) y 10 % son ligeramente alcalinos. La Figura 11 indica Tanicuchi, con el 90 % de los suelos con tendencia a la acidez, siendo un 60 % levemente ácidos en contraste con un 10 % neutral. En concordancia espacial, los suelos presentan en ambas zonas, tendencias ligeras a la acidez, ubicadas en función de darles el óptimo tratamiento y uso.

Figura 10 Mapa de pH en suelos de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 11 Mapa de pH en suelos de Tanicuchi



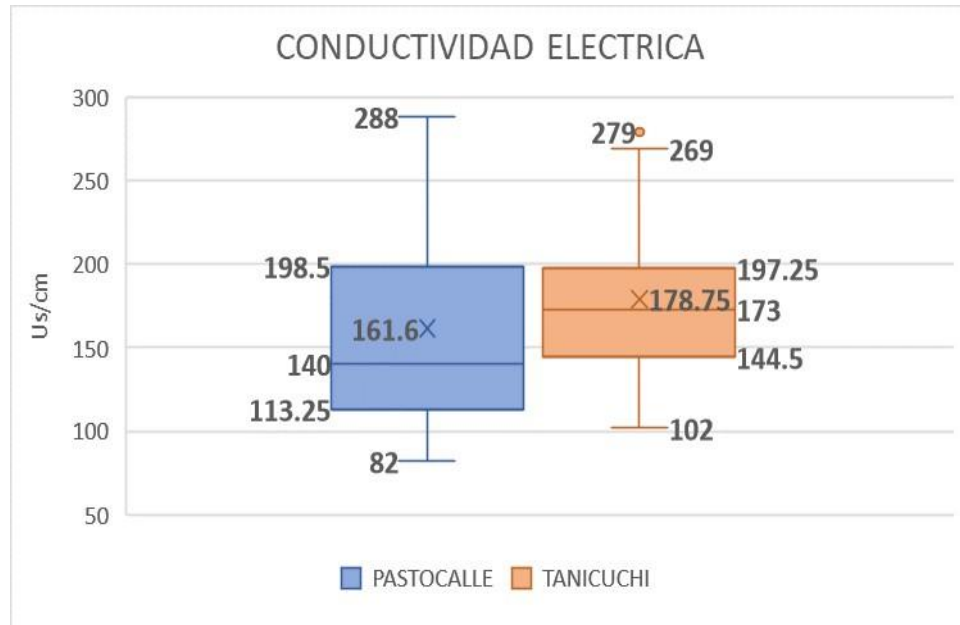
Fuente: Meneses, G. (2025).

10.1.2. Conductividad Eléctrica (CE)

Los datos de C.E de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi se representan en la grafico 2 en donde podemos observar que todos los valores se encuentran por debajo de 500 dS/m, por tanto, se les considera de baja conductividad eléctrica. Para Tanicuchi se observan valores mayores de CE en promedio, aun cuando Pastocalle presente el máximo valor. Según Sánchez Bernal et al. (2020), el buen desarrollo de los pastos se ve afectado por los suelos con alta salinidad, como referente se denota que a valores mayores a 2 dS m^{-1} (500 dS/m) empiezan a decrecer los porcentajes de emergencia de los cultivos en suelos ligeramente salinos; tomando en cuenta que

todos los suelos de Pastocalle y Tanicuchi no son salinos por encontrarse en un rango de CE menor a 500 dS/m, se estima un buen desarrollo para los cultivos.

Gráfico 2 Conductividad eléctrica en suelo de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

Para el análisis estadístico se detallan los datos en la Tabla 12, comenzando por la mediana que representa el promedio, siendo mayor para los suelos de Tanicuchi, con mayor variabilidad en Pastocalle conforme a valor más alto de error típico de 14,74 en comparación a 10,23 de Tanicuchi. Para la mediana se observa que Tanicuchi presenta el valor más alto de 173, por lo que se son suelos de mayor salinidad aun encontrando dentro del rango aceptable. La desviación estándar de Pastocalle de 65,91 sugiere mayor dispersión de los datos alrededor de la media, contra 45,75 de Tanicuchi, valores más agrupados cerca de su promedio. Al analizar la varianza de la muestra en Tanicuchi (2093,04), se observa que es menor a la de Pastocalle (4343,52), indicando que los valores de conductividad eléctrica son más equilibrados entre las muestras, lo que apunta a una uniformidad en los niveles de salinidad de los suelos.

Continuando con curtosis, el valor de -0,35 para Pastocalle significa que los valores de la conductividad eléctrica están más disgregados alrededor de la media, con menos valores extremos, distribución más plana que la normal; caso contrario para Tanicuchi con 0,41, que refleja una distribución con más valores agrupados en torno a la media y más valores extremos, lo que le da forma más punteada que una distribución normal. El coeficiente de asimetría para ambos casos indica una distribución de los valores sesgada a la derecha, con la mayoría de los valores del lado inferior, pero algunos en valores altos que permiten el equilibrio. En cuanto al rango, los suelos de Pastocalle presentan el rango más amplio de C.E. de manera general los

suelos en ambas zonas de estudio se encuentran dentro de los niveles aceptables de C.E. pero Tanicuchi presenta una mayor dispersión en los datos.

Tabla 12.

Análisis Estadístico de Conductividad Eléctrica de los suelos de Pastocalle y Tanicuchi

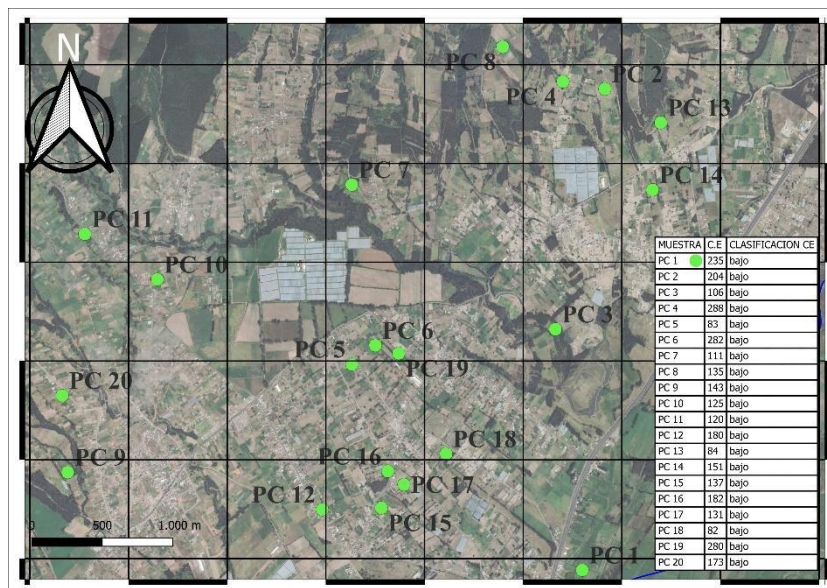
	<i>PASTOCALLE</i>		<i>TANICUCHI</i>
Media	161,60	Media	178,75
Error típico	14,74	Error típico	10,230
Mediana	140	Mediana	173
Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	65,91	Desviación estándar	45,75
Varianza de la muestra	4343,52	Varianza de la muestra	2093,04
Curtosis	-0,35	Curtosis	0,41
Coefficiente de asimetría	0,81	Coefficiente de asimetría	0,76
Rango	206	Rango	177
Mínimo	82	Mínimo	102
Máximo	288	Máximo	279
Suma	3232	Suma	3575
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>30,84</u>	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>21,41</u>

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

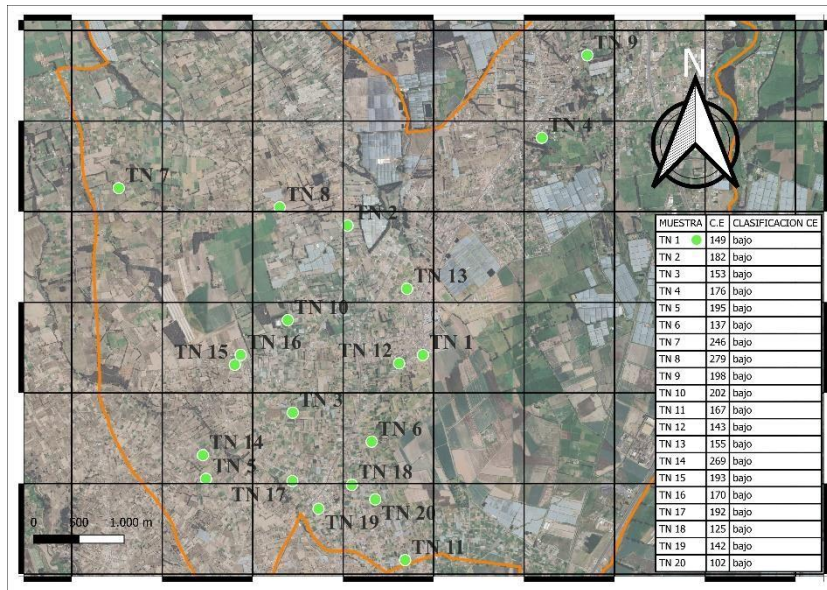
En cuanto a los mapas generados para la conductividad eléctrica en Pastocalle y Tanicuchi, se observa en la Figura 12 y Figura 13, respectivamente, que los puntos georreferenciados están mostrando baja conductividad eléctrica en un 100% de los suelos, información que corrobora que la salinidad no es un problema que afecta la calidad de los suelos en estudio.

Figura 12 Mapa Conductividad eléctrica en suelos de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

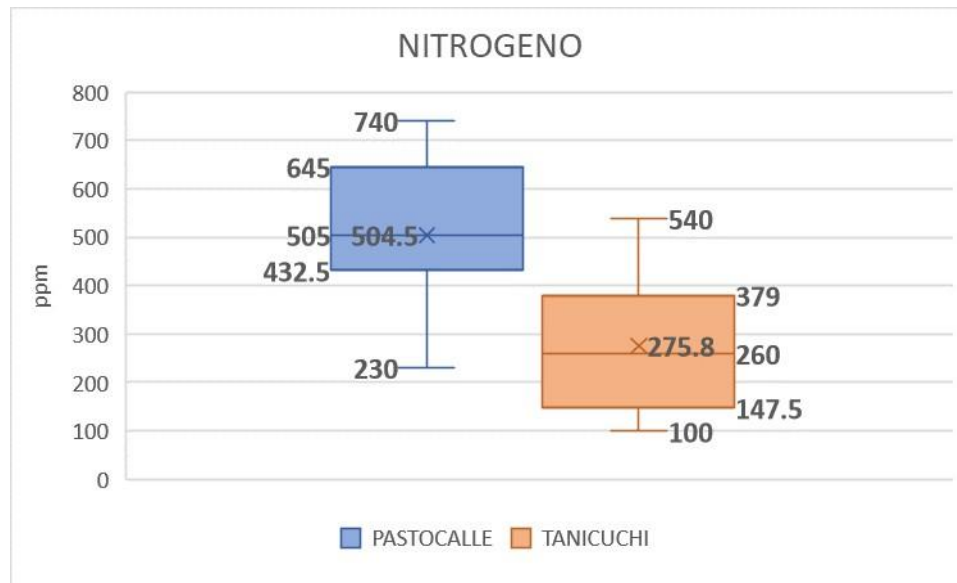
Figura 13 Mapa Conductividad eléctrica en suelos de Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

10.1.3. Nitrógeno

Los resultados para determinaciones de nitrógeno (N) en los diferentes suelos de la zona de estudio según el gráfico 3, revelan valores por debajo de las 500 ppm en el 50 % y 90 % de los suelos de Pastocalle y Tanicuchi respectivamente, y el 50 % y 10 % restantes para cada zona en referencia, se establecen en valores medios, en un rango de 500 ppm sin llegar a 1000 ppm. No se observan suelos con niveles altos. Para Malaver González y Rincón Zabala (2021) una evaluación de varias fuentes de nitrógeno y fósforo en el medio de pastizales elefante (*Pennisetum purpureum*), como indicador de la calidad de los suelos, arrojaron resultados efectivos y progresivos en el aumento de proteína comparado con el control, sin aplicación. El estudio llevado a cabo por Pilliza (2024) considera que 200 ppm de nitrógeno son recomendables para el desarrollo eficiente de diversos pastizales.

Gráfico 3 Nitrógeno en suelo de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi

Fuente: Meneses, G. (2025).

Para el análisis estadístico se presenta la Tabla 13 con los valores de resumen, indicando primeramente que el promedio de 504,5 ppm de nitrógeno en Pastocalle es ligeramente mayor al valor indicado como bajo, mientras de Tanicuchi se encuentra por debajo de 500 ppm con 275,80 ppm. El error típico de 32,46 en Pastocalle infiere una variabilidad mayor para los niveles de nitrógeno con respecto a Tanicuchi que presente un error de 29,38. La mediana en cada caso, indica que Pastocalle presenta datos tanto en el rango bajo como en el medio con un valor de 505 ppm, mientras que Tanicuchi se distribuye en partes iguales, pero por debajo de los valores de 500 ppm con una mediana de 260. Para la moda se observan que son más frecuentes valores medios de 650 ppm en Pastocalle en comparación con 320 en Tanicuchi. La desviación estándar y la varianza es mayor en Pastocalle con 145,18 y 21078,68 respectivamente, indicando mayor separación de los datos de la media, es decir mayor dispersión con respecto a Tanicuchi que presenta un valor de 131,40 para la desviación estándar y 17266,48 para varianza. La curtosis establece para ambos casos suelos que tienen distribuciones con menos valores extremos que una distribución normal, pero Pastocalle con 0.66 tiene una distribución más plana y menos propensa a valores extremos que Tanicuchi con curtosis de -0.38. Un valor de -0.28 de coeficiente de asimetría para Pastocalle indica que la distribución de los datos tiene una cola más larga hacia la izquierda con probabilidad de valores extremos bajos, es decir menores a la media, y la mayoría de los valores están por encima de la media. Mientras que Tanicuchi con un coeficiente positivo de 0,48, tiene una distribución de los datos con una cola más larga hacia la derecha, con valores extremos altos y la mayoría de los valores están por debajo de la media. Para lo que se resume que los suelos de Tanicuchi

presentan menos variabilidad en cuanto al contenido de nitrógeno, pero se consideran bajos, a diferencia de Pastocalle que presenta mayor variabilidad con tendencia hacia valores medios de nitrógeno en sus suelos.

Tabla 13.

Análisis estadístico de Nitrógeno en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi

	<i>TANICUCHI</i>	
<i>PASTOCALLE</i>		
Media	504,50	Media 275,80
Error típico	32,46	Error típico 29,38
Mediana	505	Mediana 260
Moda	650	Moda 320
Desviación estándar	145,18	Desviación estándar 131,40
Varianza de la muestra	21078,68	Varianza de la muestra 17266,48
Curtosis	-0,66	Curtosis -0,38
Coefficiente de asimetría	-0,28	Coefficiente de asimetría 0,48
Rango	510	Rango 440
Mínimo	230	Mínimo 100
Máximo	740	Máximo 540
Suma	10090	Suma 5516
Cuenta	20	Cuenta 20
	Nivel de confianza	
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>67,95 (95,0%)</u>	<u>61,50</u>

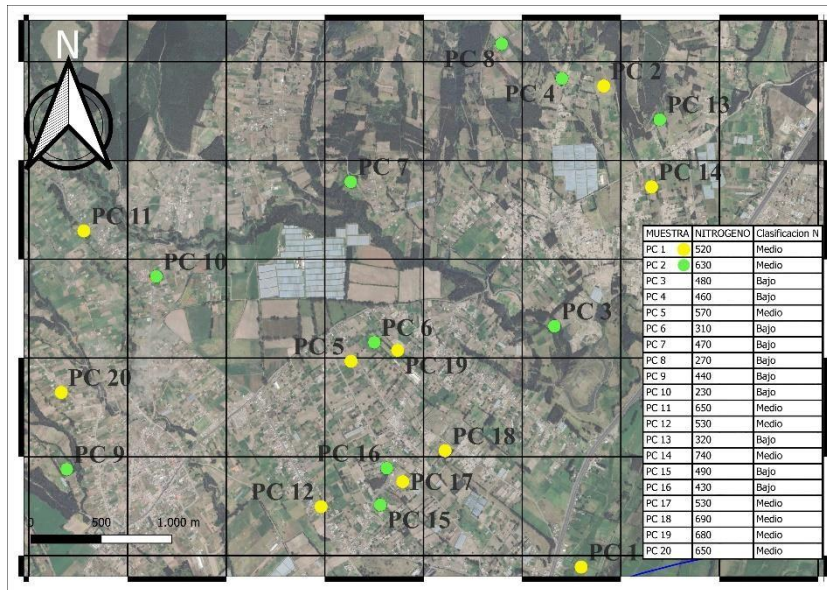
Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

En relación a los datos georreferenciados de los contenidos de nitrógeno en suelos de Pastocalle, se observa en la Figura 14, 90 % de los puntos están por debajo de los niveles aceptables y 10 % en un nivel medio de concentraciones del elemento. Conforme a los resultados establecidos en los análisis de laboratorio para dicha zona. Para Tanicuchi, la Figura 15

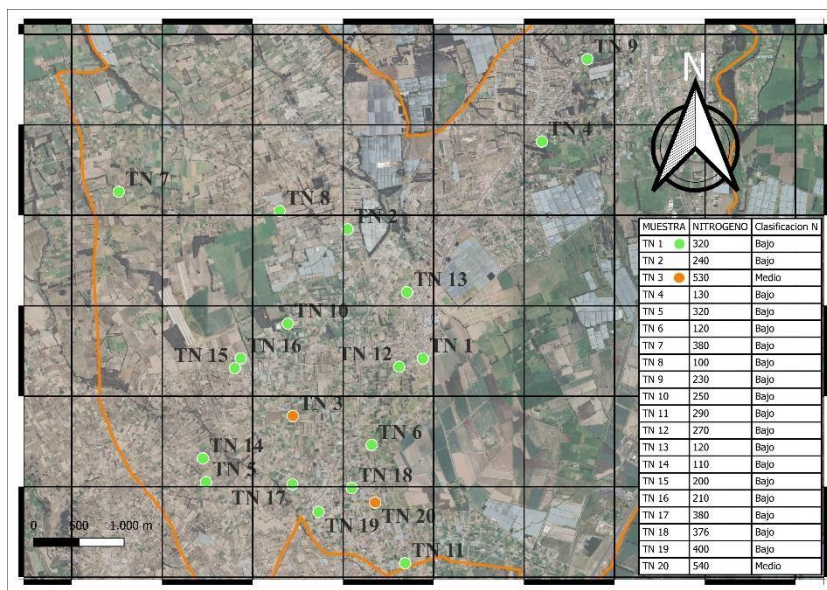
En relación a los datos georreferenciados de los contenidos de nitrógeno en suelos de Pastocalle, se observa en la Figura 14, suelos con 50 % en nivel bajo de nitrógeno y 50 % están en un nivel medio. Esta tendencia viene a verificar la necesidad de fertilizar dichos suelos, en mayor proporción en Tanicuchi, para garantizar la disponibilidad de este importante elemento para el desarrollo de pastizales. Para Tanicuchi, la Figura 15, 90 % de los puntos están por debajo de los niveles aceptables y 10 % en un nivel medio de concentraciones del elemento. Conforme a los resultados establecidos en los análisis de laboratorio para dicha zona.

Figura 14 Mapa de Nitrógeno en suelos de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 15 Mapa de Nitrógeno en suelos de Tanicuchi



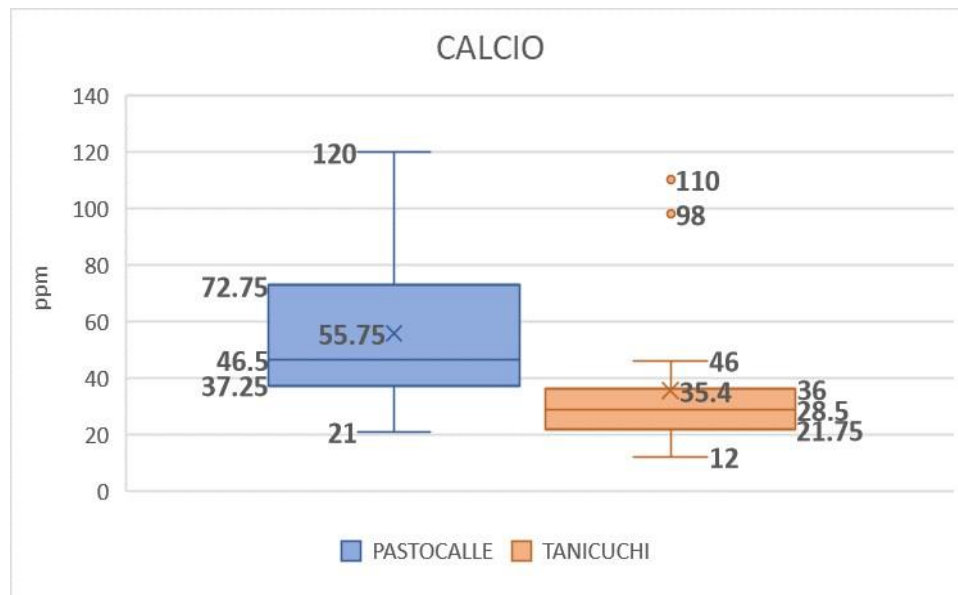
Fuente: Meneses, G. (2025).

10.1.4. Calcio

Las determinaciones de calcio, según el Gráfico 4 en los suelos de Tanicuchi relevan que un 85 % se presentan bajos en Ca (menor a 41 ppm), en comparación con un 40 % para los suelos de Pastocalle, mientras que el 15 % y 60 % restante de los suelos de Tanicuchi y Pastocalle, respectivamente, están a un nivel medio de contenido de Ca (41 a 140 ppm). No se presentan suelos con elevados niveles de Ca mayores a 140 ppm. En Pastocalle los niveles de Ca se encuentran en su mayoría en niveles medios, mientras que los de Tanicuchi son generalmente bajos en calcio. Estos niveles bajos de calcio en la mayoría de los lotes de Tanicuchi se pueden

atribuir a la acidez de los mismos. El calcio es uno de los nutrientes fundamentales para el desarrollo de los cultivos, cuando se le observa en bajas concentraciones, se está en la presencia de suelos ácidos. Un elevado nivel de Ca, en forma de carbonato, inmoviliza el hierro (Fe), Boro (B), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn), producto de pH alcalinos en el suelo, precipitándolos. Como también se inhibe al Potasio (K) y al Magnesio (Mg) (Portilla et al., (2021).

Gráfico 4 Calcio en suelo de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

Para el análisis estadístico de estas determinaciones de calcio en Pastocalle y Tanicuchi se observa en la Tabla 14. Siendo el valor promedio de Pastocalle 55,75, lo ubica por en el nivel medio de Ca en la zona, mientras que la media de Tanicuchi es de 35,4 menor a 41, lo que indica que se encuentran en niveles bajos de Ca. Siendo ligeramente mayor el error típico en Pastocalle (6,26) en comparación con Tanicuchi (5,56), se determina una dispersión de los datos muy similar en ambas zonas, tendiendo Pastocalle a una variabilidad mayor. La mediana de 46.5 en Pastocalle indica que al menos el 50 % de las muestras en esta zona tienen un contenido de calcio mayor en comparación con la mediana de 28.5 de Tanicuchi donde se puede con el 50 % de las muestras en esta zona tienen un contenido de calcio menor.

En cuanto a la dispersión de los datos son muy similares en ambas zonas, siendo ligeramente mayor en Pastocalle con 27,99 comparado a 24,87 en Tanicuchi, esto al igual que la similitud en las varianzas donde Pastocalle presenta 783,67 en contra de 618,57 de Tanicuchi. Curtosis alta de 5.33 en Tanicuchi, es indicativo de una distribución con colas muy pesadas debido a que hay muchos valores extremos (muy bajos) en los datos, es decir la mayoría de los datos están concentrados cerca de la media, pero hay valores atípicos significativos que se alejan, en tanto que la curtosis moderadamente positiva en Pastocalle de 0.28, indica una distribución algo

pesada en comparación con la normal y que hay algunos valores extremos, estando los datos congruentemente bien distribuidos con pocas informaciones alejadas de la media.

Un coeficiente de asimetría en 1,00 para Pastocalle es moderado con ciertos valores altos, pero la mayoría de los datos están relativamente cerca de la media, siendo mayor en Tanicuchi de 2.38, muestra una asimetría más pronunciada, con valores más concentrados por debajo de la media, y algunos en extremo altos alejados considerablemente del promedio. Esto refleja además que el rango de valores es similar para ambas zonas de estudio (99-98), con valores máximos y mínimos muy variables de 21 en Pastocalle y 12 en Tanicuchi. La variabilidad de los contenidos de Ca es similar para ambos casos con la diferencia de que Tanicuchi tiene distribución a valores en un rango bajo de los niveles aceptables en comparación con Pastocalle cuyas determinaciones están en un porcentaje equilibrado en los niveles bajos y medios con mayor tendencia a presentar un contenido de Ca mayor.

Tabla 14.

Análisis estadístico de Calcio en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi

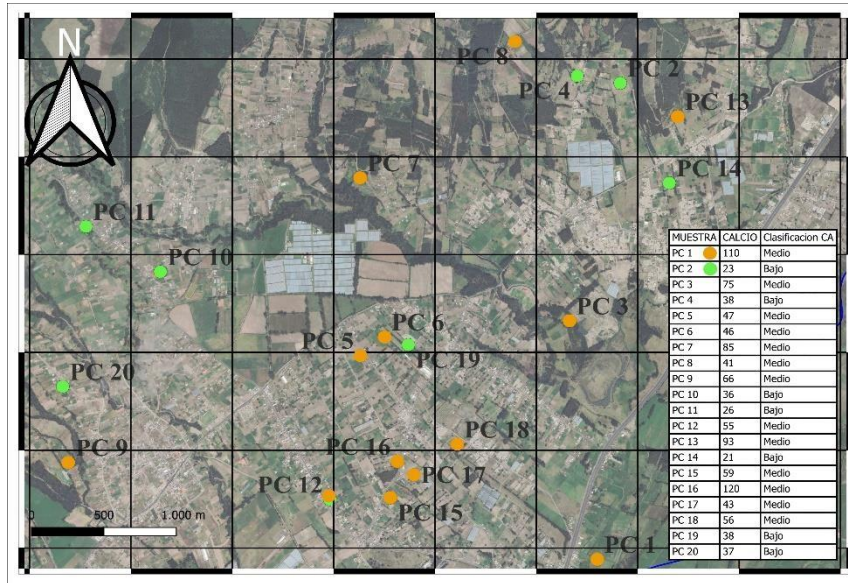
	<i>PASTOCALLE</i>		<i>TANICUCHI</i>
Media	55,75	Media	35,4
Error típico	6,26	Error típico	5,561
Mediana	46,5	Mediana	28,5
Moda	38	Moda	36
Desviación estándar	27,99	Desviación estándar	24,87
Varianza de la muestra	783,67	Varianza de la muestra	618,57
Curtosis	0,28	Curtosis	5,33
Coeficiente de asimetría	1,00	Coeficiente de asimetría	2,38
Rango	99	Rango	98
Mínimo	21	Mínimo	12
Máximo	120	Máximo	110
Suma	1115	Suma	708
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>13,10</u>	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>11,64</u>

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

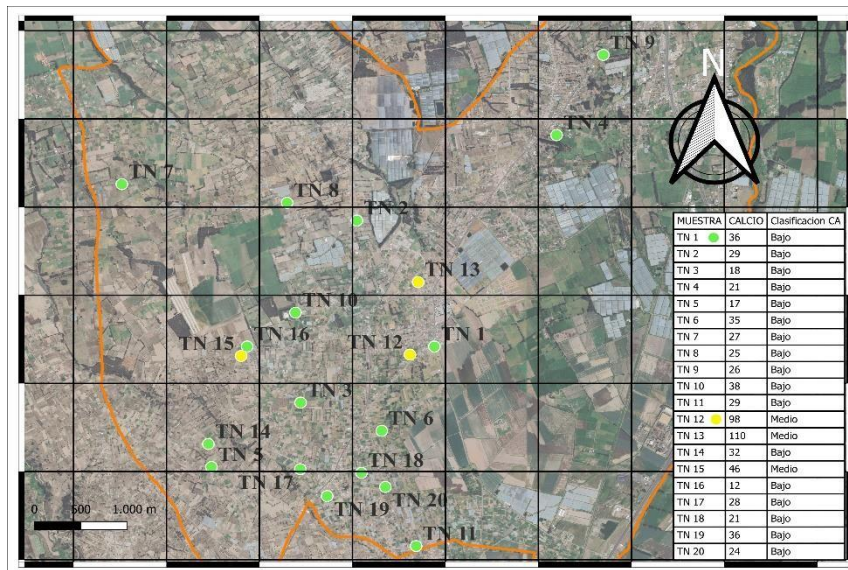
En los puntos georreferenciados para Pastocalle, se denotan suelos bajos en Ca en un 40 % y el restante 60 % se encuentra en nivel medio, conforme a mapa generado en la Figura 16. Para Tanicuchi, el mapa revela niveles medios de Ca en un 15 % de los puntos georreferenciados y el 75 % se presentan con bajo nivel, con requerimientos mayores de calcio en comparación a Pastocalle. Se contrasta con los resultados y se verifica la información.

Figura 16 Mapa de Calcio en suelos de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 17 Mapa de Calcio en suelos de Tanicuchi



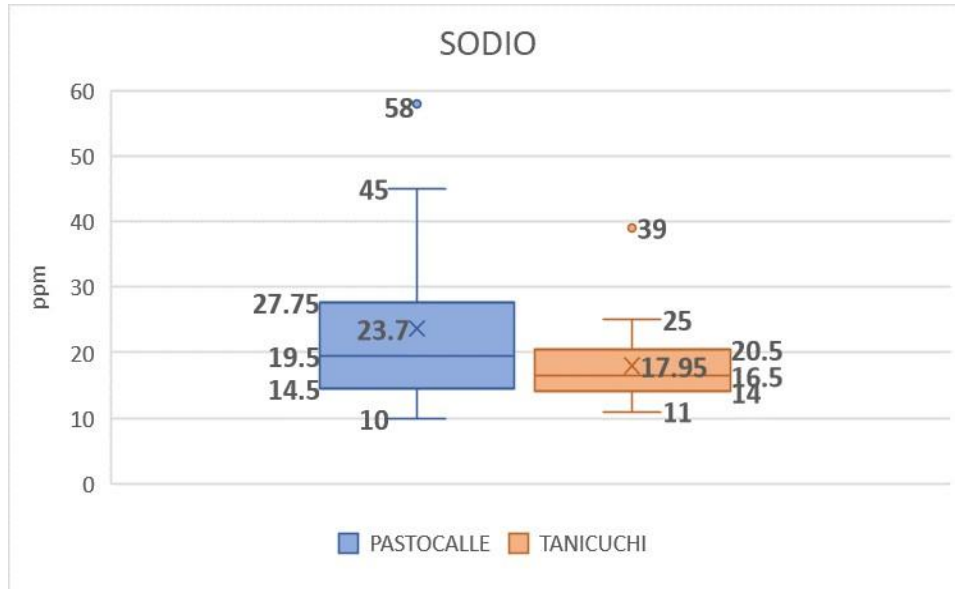
Fuente: Meneses, G. (2025).

10.1.5. Sodio

Con respecto al contenido de sodio (Na) en los suelos estudiados para Pastocalle y Tanicuchi, los datos revelan en la Figura 5, que el 35 % de los suelos de Pastocalle presentan bajos niveles de Na (menos de 16 meq/100gr), en contraposición con el 50 % en Tanicuchi. El 45 % de los suelos en ambos casos está en nivel medio (16-30 meq/100gr), siendo los suelos de Pastocalle los que presentan un 20 % en nivel alto (mayor a 30 meq/100gr) contra 5 % en Tanicuchi. Tanicuchi se caracteriza por presentar un alto porcentaje de suelos bajos en Na en comparación con Pastocalle con 20 % de suelos con nivel alto, lo cual puede ser referencia de suelos con salinidad considerable o mayor al resto de los suelos. Para Intagri (2022) un suelo de alta

salinidad se origina como consecuencia de procesos de mineralización o meteorización de la roca en sus orígenes, es un inconveniente que limita la producción, ya sea por aguas de riego no aptas como el uso indiscriminado de los fertilizantes.

Gráfico 5 Sodio en suelo de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

Un análisis estadístico detallado del contenido de sodio (Na) según la Tabla 15, se inicia con la comparación de medias entre los sectores de estudio, siendo mayor el promedio en Pastocalle con 23,7 mientras que Tanicuchi se presenta con 17,95. El error típico mayor en Pastocalle de 2,83 en comparación a 1,39 en Tanicuchi expresa una mayor dispersión de los datos en torno a la media, lo que quiere decir que presenta mayor variabilidad, lo que es congruente con una mayor desviación estándar de 12,64 puntos en comparación con 6,25 (en Tanicuchi). La varianza mayor en Pastocalle de 159,80 sigue indicando que los valores tienden a alejarse más de la media, esto puede indicar una mayor heterogeneidad entre valores, a diferencia de Tanicuchi con 39,10 con menor variabilidad, más concentrados cerca de la media, para una mayor homogeneidad o semejanza entre estos.

La elevada curtosis de 6,19 en Tanicuchi refleja una distribución con mayor propensión a valores extremos, lo que sugiere que la distribución con valores atípicos significativos, en referencia a la curtosis de 1.63 de Pastocalle, hay valores extremos, pero menos frecuentes y la distribución es más moderada, lo que se ve reflejado de igual forma en el mayor coeficiente de asimetría de Tanicuchi con 2,12 y 1,39 en Pastocalle. Finalmente, el rango de valores de 48 en Pastocalle sugiere que los suelos presentan valores más altos que Tanicuchi con 28.

Tabla 15.

Análisis estadístico de Sodio en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi

*PASTOCALLE**TANICUCHI*

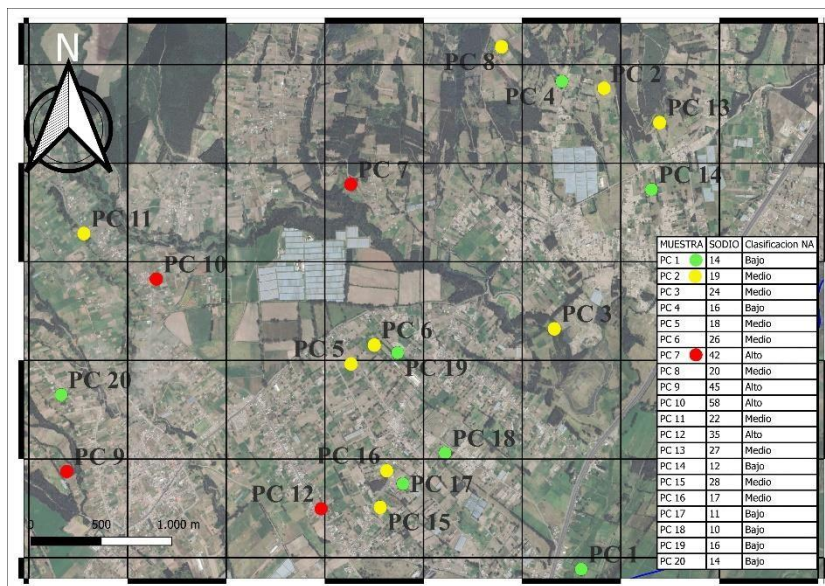
Media	23,70	Media	17,95
Error típico	2,83	Error típico	1,398
Mediana	19,50	Mediana	16,5
Moda	14	Moda	16
Desviación estándar	12,64	Desviación estándar	6,25
Varianza de la muestra	159,80	Varianza de la muestra	39,10
Curtosis	1,63	Curtosis	6,19
Coefficiente de asimetría	1,39	Coefficiente de asimetría	2,12
Rango	48	Rango	28
Mínimo	10	Mínimo	11
Máximo	58	Máximo	39
Suma	474	Suma	359
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>5,92</u>	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>2,93</u>

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

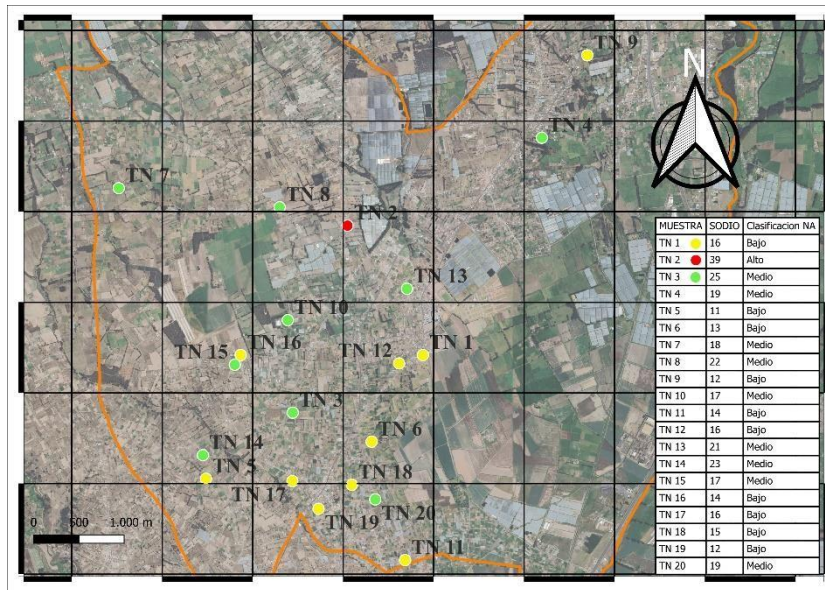
En la Figura 18 se observa el mapa con la distribución de los suelos para Pastocalle, develando niveles bajos de Na en 35 %, un 45 % en niveles medios y el restante 20 % con alto nivel del elemento. Para Tanicuchi, en la Figura 19, los datos georreferenciados establecen 50 % están en nivel bajo de Na, 45 % en nivel medio y 5 % con nivel alto. El mapa corrobora que Pastocalle presenta un porcentaje mayor de salinidad en comparación de Tanicuchi, a considerar.

Figura 18 Mapa de Sodio para suelos de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 19 Mapa de Sodio para suelos de Tanicuchi



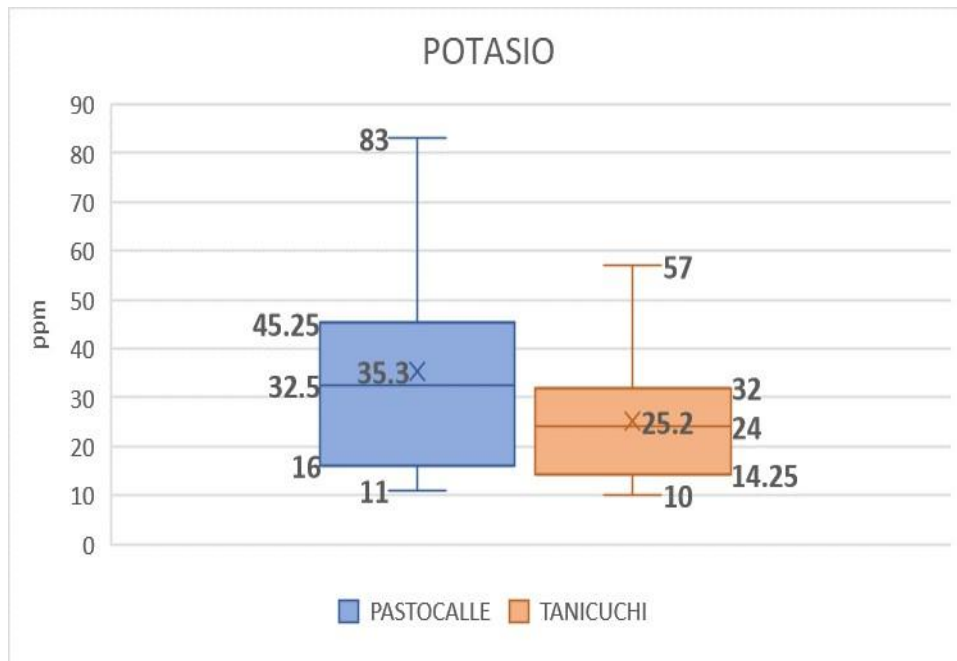
Fuente: Meneses, G. (2025).

10.1.6. Potasio

EL Gráfico 6 revela los resultados del contenido de Potasio (K) en los suelos analizados de las zonas en referencia, por lo que se muestran para Tanicuchi que el 100 % de los suelos contienen bajos niveles de K (menores a 76) mientras Pastocalle ubica sus suelos 95 % bajos en K y el restante 5 % con valores medios (76-150). Ningún suelo se ubica en nivel mayor a 150 ppm de K, siendo los suelos de Pastocalle los que se acercan a los valores medios de K con tendencia a bajos.

El potasio suministrado desde el suelo varía debido diferentes materiales presentes y su origen, debidas a la meteorización. En tanto que la necesidad de potasio va a ser diferente para distintos suelos, aun cuando exista en sus formas disponibles y no disponibles. La humedad juega un papel fundamental en la absorción de K, a mayor humedad será más intercambiable el K, en tanto que existe mejor respuesta a la fertilización con potasio en periodos de sequía (Extensión de la Universidad de Minnesota, 2024).

El potasio es soluble en agua y, la sequía afecta su disposición, mientras que en suelos con alta humedad puede inducir que se lixivie extremadamente. Los resultados en un análisis del suelo reflejan el potasio intercambiable y se estima analizado el potasio con relación a un contenido adecuado, es decir en su carácter iónico, el 4% de la CIC. Lo que requiere determinar la CIC para evaluar cabalmente la cantidad de potasio del suelo en estudio (LAT Nitrogen Austria GmbH, 2023).

Gráfico 6 Potasio de suelos en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi

Fuente: Meneses, G. (2025).

Los datos estadísticos resumidos en la Tabla 16 para Pastocalle la media de los valores (35,5) ubica sus suelos con más alto contenido de potasio (K), tomando en cuenta un punto del muestreo a nivel medio, siendo la media de Tanicuchi de 25,2. Esto coincide con el error típico de 4,52 de Pastocalle, mayor al de Tanicuchi de 2,83. La dispersión de los datos alrededor del promedio es mayor para Pastocalle con 20,20, siendo más homogénea la distribución de Tanicuchi con 12,66. De igual manera hay una varianza mayor para Pastocalle de 408,12 en comparación con 160,17 en Tanicuchi.

Las curtosis de ambas áreas de estudio son cercanas a cero por tanto evidencian una distribución normal, con una tendencia mayor para Tanicuchi con 0,50 en relación a 0,34 de Pastocalle. Los similares coeficientes de asimetría ubican las distribuciones ligeramente hacia la derecha. Esto se refleja en una similitud de los resultados, ambas zonas con tendencias a valores bajos en potasio, acercándose Pastocalle a los valores medios por su límite inferior.

Tabla 16.

	<i>PASTOCALLE</i>	<i>TANICUCHI</i>
Media	35,30	25,2
Error típico	4,52	2,830
Mediana	32,50	24
Moda	14	28
Desviación estándar	20,20	12,66
Varianza de la muestra	408,12	160,17

Curtosis	0,34	Curtosis	0,50	<u>Análisis</u>
Coefficiente de asimetría	0,87	Coefficiente de asimetría	0,85	
Rango	72	Rango	47	
Mínimo	11	Mínimo	10	
Máximo	83	Máximo	57	
Suma	706	Suma	504	
Cuenta	20	Cuenta	20	
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>9,45</u>	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>5,92</u>	

Fuente: Meneses, G. (2025).

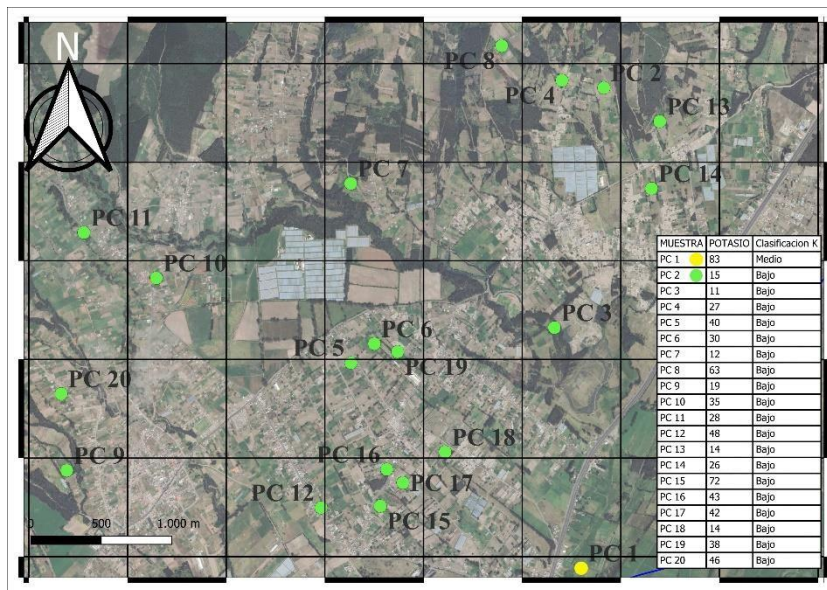
estadístico de Potasio en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi

Distribución espacial

Los mapas en las figuras 20 y 21 establecen datos georreferenciados que ubican al 100 % de los suelos con bajos niveles de K para Tanicuchi y Pastocalle presenta al menos un punto con 5 % de nivel medio, estando el 95 % por debajo del rango aceptable. Se contrasta la información de

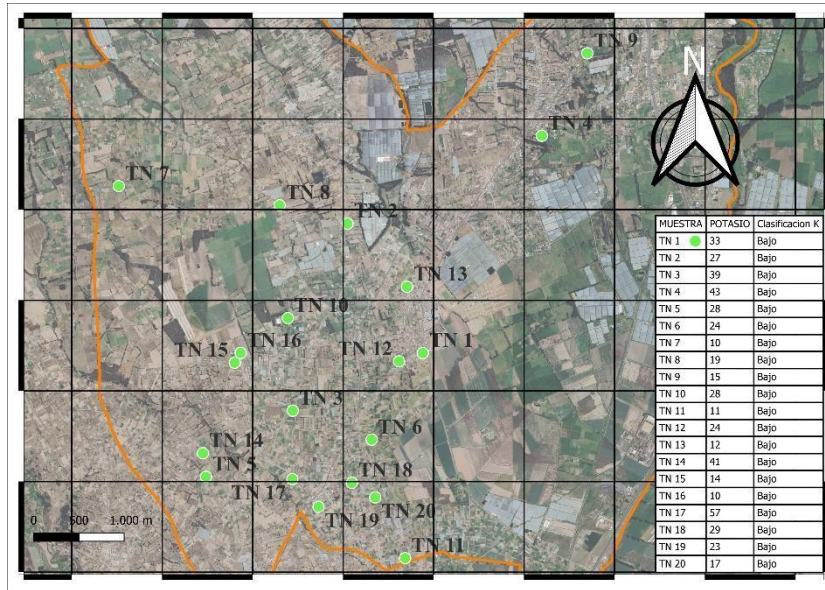
campo para estimar fertilizaciones adecuadas en estas zonas.

Figura 20 Mapa de Potasio en suelos de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

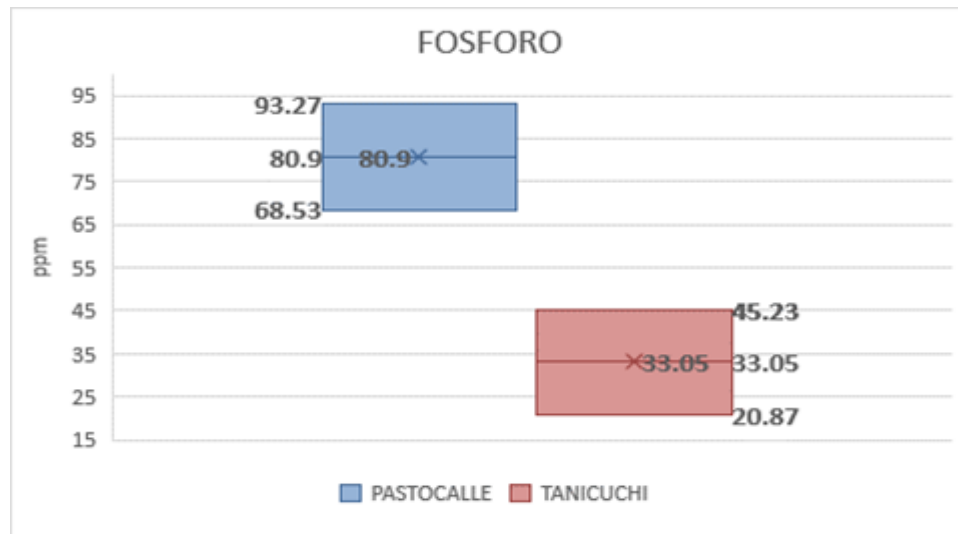
Figura 21 Mapa de Potasio en suelos de Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

10.1.7. Fósforo

El gráfico 7 para las determinaciones de fósforo (P) refleja claramente que el 100 % de los suelos de Pastocalle se encuentran con niveles altos del elemento en referencia, superiores a 50 ppm. Tanicuchi con los valores menores en P en comparación con Pastocalle, se encuentra dentro del rango aceptable para los cultivos de 20 a 50 ppm. Los resultados obtenidos por Gutiérrez-González et al. (2022) en muestras de suelos revelan que en el 70 % de los suelos presentó un contenido muy bajo de P, por debajo 7 ppm, y el 22 % de los suelos el valor fue bajo, de 8 a 14 ppm, en 6 % de los suelos era moderado, 15 a 22 ppm; el 1 % de los suelos presento un alto contenido con 23 a 30 ppm y el 1% en una concentración muy alta, mayor a 30 ppm. Por tanto, los resultados obtenidos para Tanicuchi revelan suelos bien fertilizados con respecto a este macronutriente. Los valores de P para Pastocalle se corresponden con suelos con muy alto nivel, que, una vez revisadas las referencias, esta concentración entra en el rango de contenidos >92 ppm de fósforo recomendable para cultivos en regadío con nivel muy fuerte (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, s.f.).

Gráfico 7 Fósforo de suelos en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi

Fuente: Meneses, G. (2025).

En la Tabla 17 los estadísticos de resumen presentan datos que reflejan distribución de datos muy equilibrados y simétricos. Los valores promedios altos en Pastocalle en comparación a Tanicuchi establecen una diferencia considerable, pero por presentar error típico similares, se caracterizan por la precisión y variabilidad de los datos en torno a la media, similares. La simetría de la distribución de los datos en ambas regiones viene dada por ser iguales la mediana y la media en cada caso; y las desviaciones estándar muy parecidas para ambas regiones. Esto hace menos probable que haya valores atípicos que distorsionen la distribución de los datos. La curtosis igual lo respalda, las dos zonas presentan una forma de distribución casi idéntica en términos de apuntamiento y dispersión, extremadamente platocúrtica sin valores extremos. Dado que ambos coeficientes de asimetría son extremadamente cercanos a cero y tienen signos opuestos, las distribuciones en ambas zonas son prácticamente idénticas en términos de simetría. Al igual que el rango similar es señal de alta simetría en la distribución de datos.

Tabla 17.

Análisis estadístico de Fósforo en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi

	<i>PASTOCALLE</i>		<i>TANICUCHI</i>
Media	80,90	Media	33,05
Error típico	2,84	Error típico	2,79
Mediana	80,90	Mediana	33,05
Moda	68,53	Moda	45,23
Desviación estándar	12,69	Desviación estándar	12,50
Varianza de la muestra	161,07	Varianza de la muestra	156,16
Curtosis	-2,24	Curtosis	-2,24
Coficiente de asimetría	1,727E-15	Coficiente de asimetría	-1,5193E-15
Rango	24,74	Rango	24,36
Mínimo	68,53	Mínimo	20,87

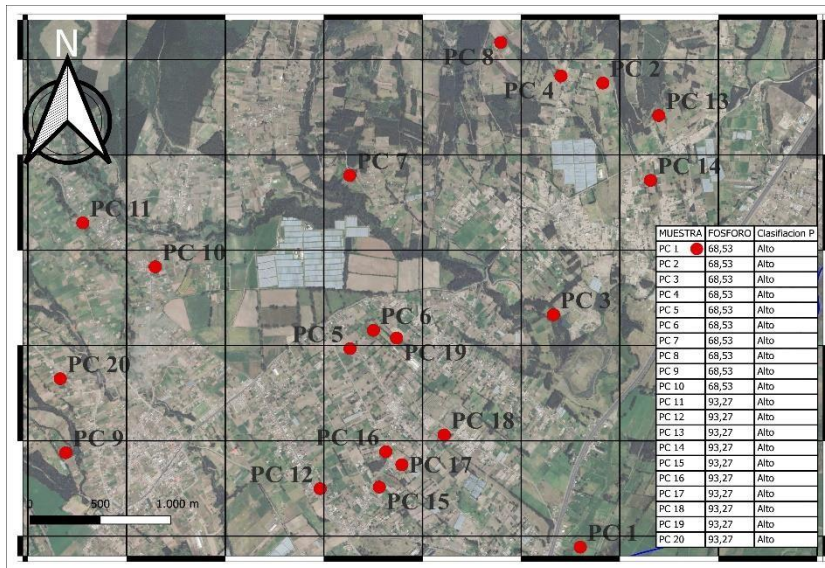
Máximo	93,27	Máximo	45,23
Suma	1618	Suma	661
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>5,94</u>	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>5,85</u>

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

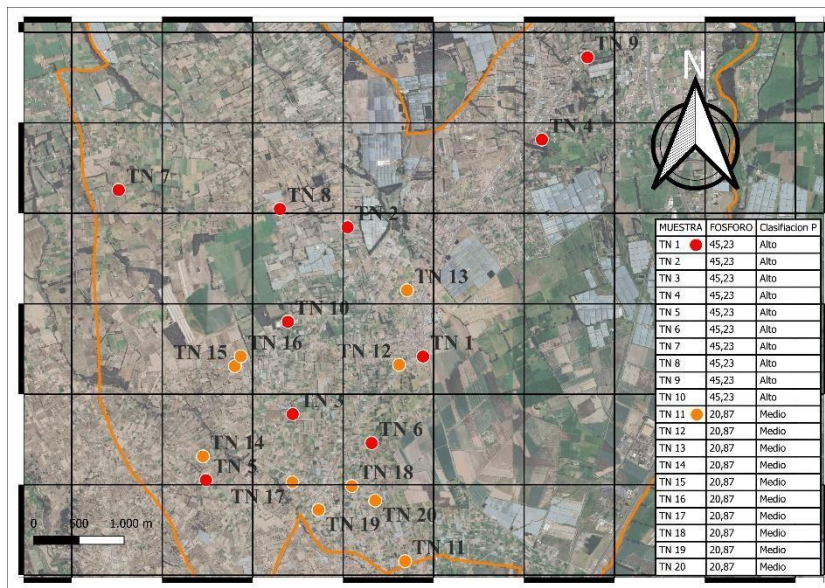
La georreferenciación corrobora la información de altos niveles de fósforo en suelos de Pastocalle según Figura 22, 100 %. En tanto que Tanicuchi, los puntos están distribuidos en un 50 % en nivel medio de P y 50 % en nivel alto, representados en la Figura 23, por tanto, son suelos bien fertilizados en este nutriente.

Figura 22 Mapa de Fósforo en suelos de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 23 Mapa de Fósforo en suelos de Tanicuchi

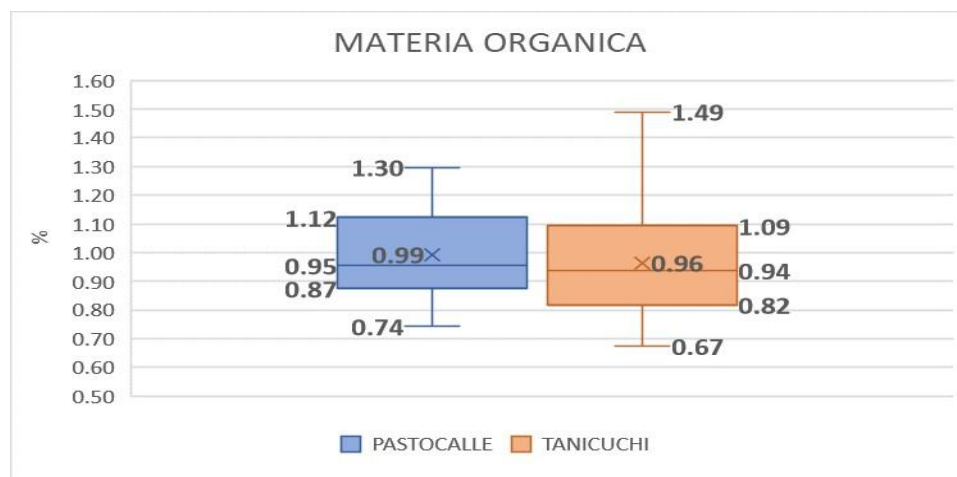


Fuente: Meneses, G. (2025).

10.1.8. Materia orgánica

La materia orgánica para Tanicuchi y Pastocalle reflejada en el Gráfico 8, denota que para ambos sectores el 60 % de los suelos se encuentran con niveles bajos (menor a 1 %) de Materia Orgánica (MO) mientras que el 40 % restante está en el nivel medio (1-3 %). No hay suelos con valores altos (mayor a 3 %) de MO en ninguno de los casos estudiados. Se establece que la zona de estudio presenta bajo nivel de MO con una tendencia hacia el nivel medio que los ubica de forma homogénea en los dos niveles. La materia orgánica de suelos arenosos en 49% son altos en MO (mayor a 1.5%), el 33 % está en un nivel moderado (1.0-1.5%) y 18% es de bajo a muy bajo, con dificultades de nutricionales, así como conservación de agua y de microorganismos benéficos, por tanto, se estima incorporar material orgánico; y en suelos arcillosos la baja MO indica que estos suelos por la falta de MO pueden presenten compactación, deficiente aireación y de microorganismos (Gutiérrez-González et al., 2022).

Gráfico 8 *Materia orgánica de suelo en zonas de Pastocalle y Tanicuchi*



Fuente: Meneses, G. (2025).

En la Tabla 18 los estadísticos de resumen establecen una similitud en la distribución de los datos en las dos zonas referenciadas, con valores que oscilan alrededor de la media de forma homogénea, desviación estándar y varianzas iguales, lo que radica en suelos muy similares en cuanto a su dispersión con respecto al promedio, sin embargo, Tanicuchi tiende a tener mayor dispersión. La curtosis negativa -0,60 para Pastocalle denota que los datos tienen menos valores extremos que en una distribución normal y están un poco más concentrados en el centro con colas ligeras, en contra de 1,57 para Tanicuchi donde hay un poco más de valores extremos que en una distribución normal. El coeficiente de asimetría es mayor para Tanicuchi de 0,87 y Pastocalle con 0,50.

Tabla 18.

Análisis estadístico de materia Orgánica en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi

*PASTOCALLE**TANICUCHI*

Media	0,99	Media	0,96
Error típico	0,03	Error típico	0,04
Mediana	0,95	Mediana	0,94
Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	0,16	Desviación estándar	0,19
Varianza de la muestra	0,02	Varianza de la muestra	0,04
Curtosis	-0,60	Curtosis	1,57
Coefficiente de asimetría	0,50	Coefficiente de asimetría	0,87
Rango	0,55	Rango	0,82
Mínimo	0,74	Mínimo	0,67
Máximo	1,30	Máximo	1,49
Suma	19,85	Suma	19,28
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>0,07</u>	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>0,09</u>

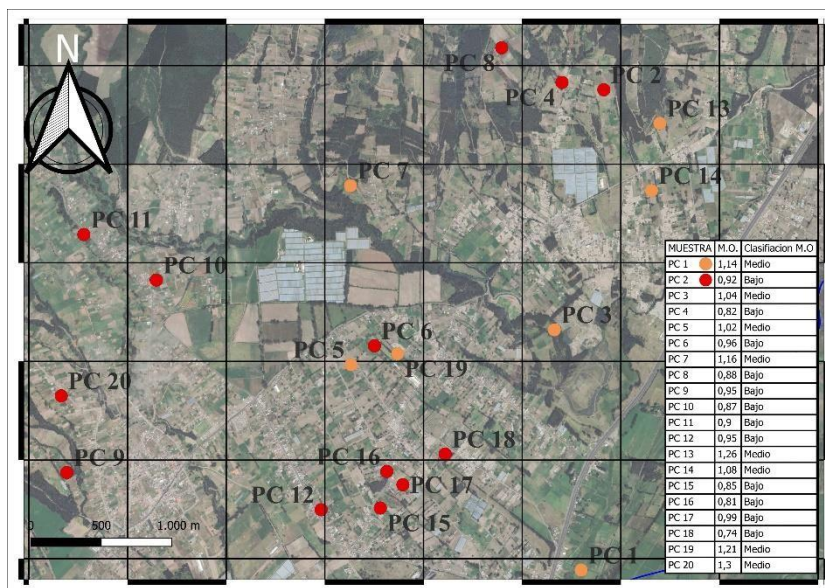
Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

Los mapas georreferenciados tanto para Pastocalle como Tanicuchi, Figuras 24 y 25, establecen suelos en un 60 % con niveles bajos de MO y el resto de los puntos, 40 % con nivel medio. Verificada la información de campo en la necesidad de incorporación de nutrientes orgánicos en algunos puntos establecidos geográficamente.

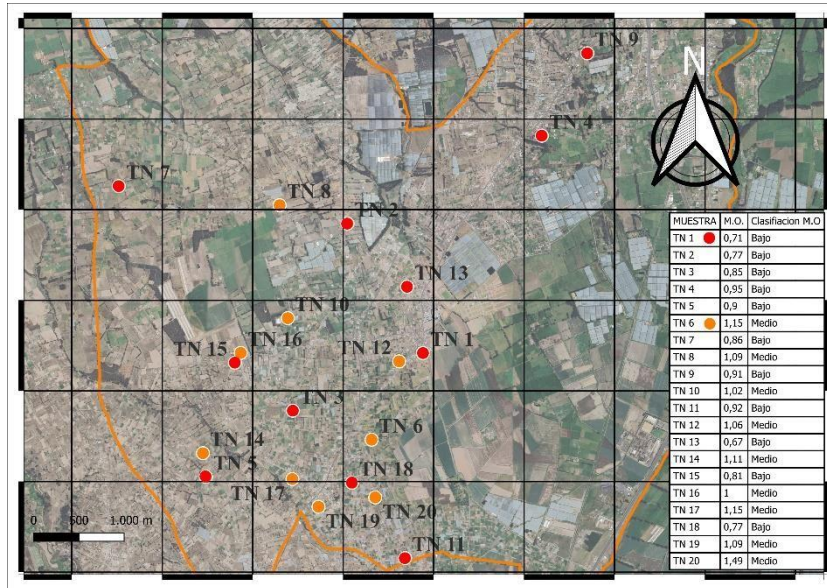
Figura 24/

Mapa de Materia orgánica en suelos de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 25 Mapa de Materia orgánica en suelos de Tanicuchi



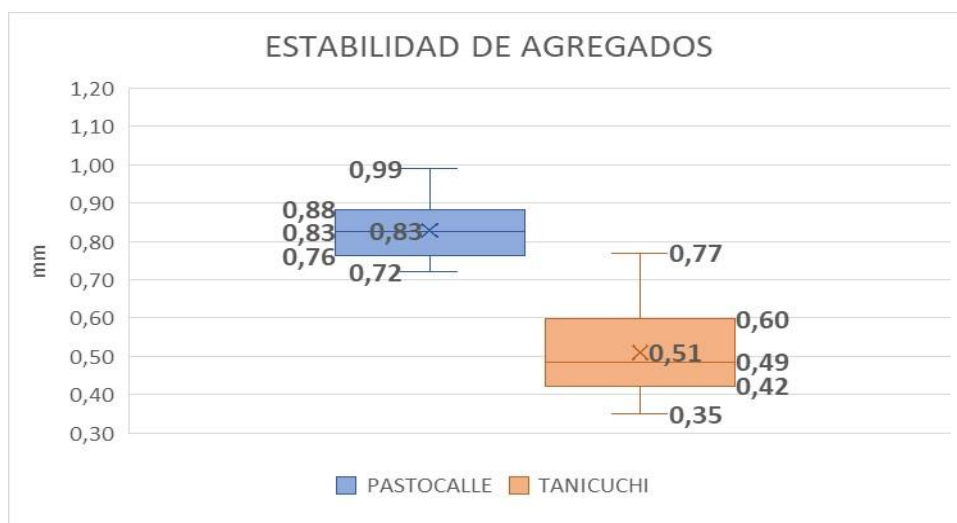
Fuente: Meneses, G. (2025).

10.2.Resultados de las características físicas del suelo

10.2.1. Estabilidad de agregados

La estabilidad de agregados mostrada en el Gráfico 9 muestra que Pastocalle presenta altos valores de estabilidad con el 100 % de sus suelos en nivel alto y Tanicuchi también con 100 % de suelos el nivel de alta estabilidad, pero en mayor proporción que Pastocalle. No se presentan suelos con inestabilidad. La estabilidad de agregados (EA) es la disposición del suelo para mantener su estructura sólida y porosa en presencia de erosión, y es un indicador de factores que afectan el desarrollo de siembras, y entre ellos, nivel de materia orgánica, presencia de microorganismos y resistencia movimientos de nutrientes (Lince-Salazar et al., (2020).

Gráfico 9 Estabilidad de Agregados de suelo en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025)..

La Tabla 19 se muestra para el análisis estadístico donde se observan media mayor para Pastocalle con 0,83 en comparación con Tanicuchi que presenta los valores más altos de estabilidad de agregados con 0,50. Ambos sectores presentan igual dispersión por presentar error típico similar de 0,02 y 0,024 en Pastocalle y Tanicuchi respectivamente. La desviación estándar es mayor en Tanicuchi de 0,11 contra 0,07 en Pastocalle, lo que indica una mayor dispersión de los valores en Tanicuchi con respecto al promedio. Las varianzas son iguales en ambos casos. Para la curtosis negativa de 0,34 en Pastocalle denota una distribución de estos datos es ligeramente más plana y menos pronunciada en las colas que una distribución normal, mientras que la curtosis positiva de Tanicuchi con 0,18, los datos están relativamente bien distribuidos con algunas observaciones alejadas de la media, pero no en gran cantidad. La estabilidad de agregados es completamente diferente en Pastocalle comparado con Tanicuchi.

Tabla 19.

Análisis estadístico de Estabilidad de Agregados en los suelos de Pastocalle y Tanicuchi

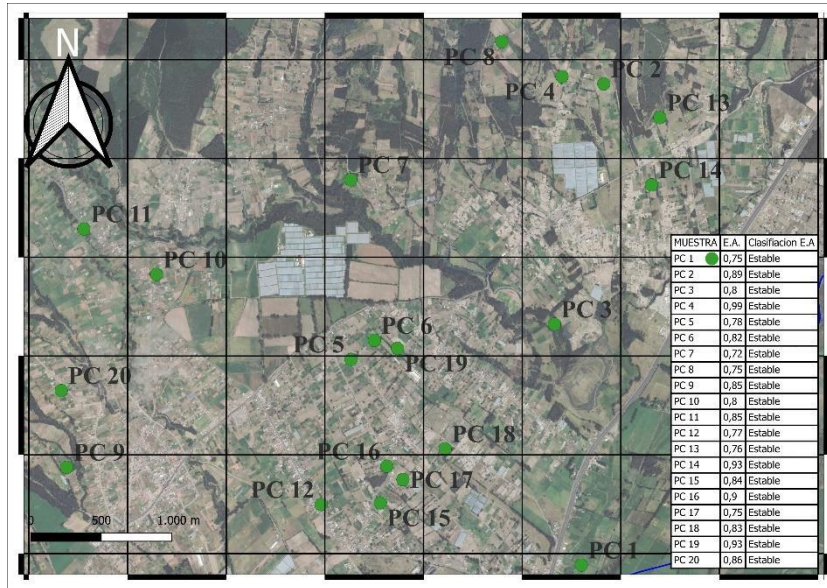
	<i>PASTOCALLE</i>		<i>TANICUCHI</i>
Media	0,83	Media	0,5095
Error típico	0,02	Error típico	0,024
Mediana	0,83	Mediana	0,485
Moda	0,75	Moda	0,48
Desviación estándar	0,07	Desviación estándar	0,11
Varianza de la muestra	0,01	Varianza de la muestra	0,01
Curtosis	-0,34	Curtosis	0,18
Coefficiente de asimetría	0,54	Coefficiente de asimetría	0,71
Rango	0,27	Rango	0,42
Mínimo	0,72	Mínimo	0,35
Máximo	0,99	Máximo	0,77
Suma	16,57	Suma	10,19
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>0,03</u>	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>0,05</u>

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

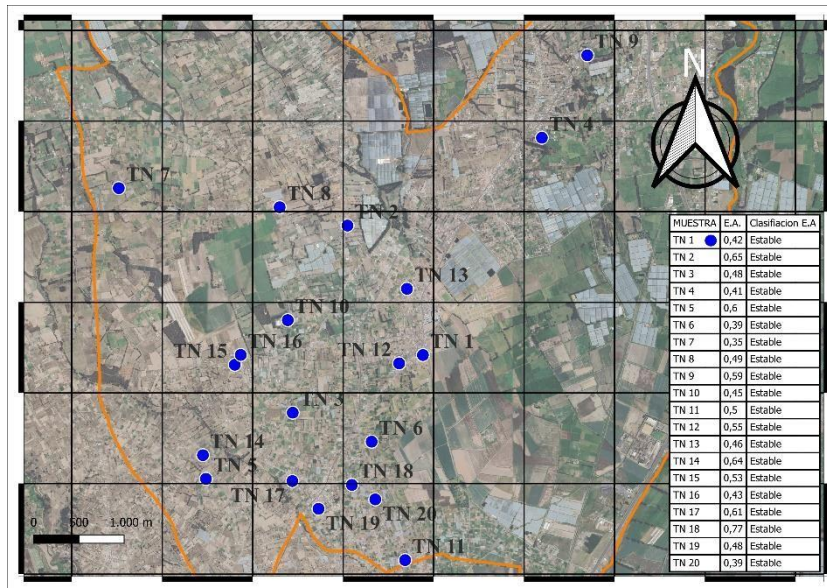
La georreferenciación en ambos sectores revela suelos estables en 100 % y en ambas zonas, según se puede observar en las Figuras 25 y 26 de los mapas generados. Lo ya establecido en campo se contrasta y se define buena estructura de dichos suelos.

Figura 26 Mapa de Estabilidad de agregados en suelos de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 27 Mapa de estabilidad de agregados en suelos de Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

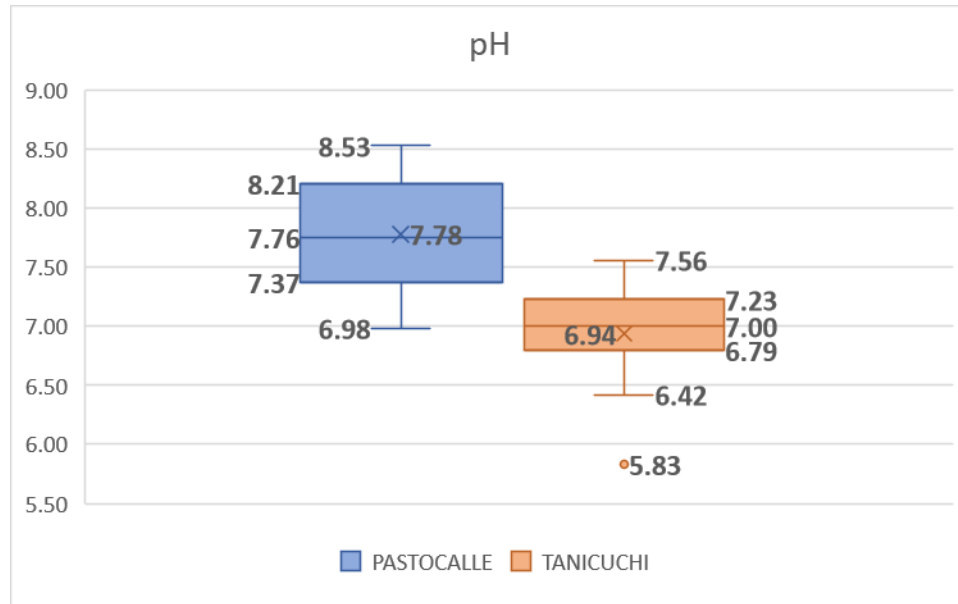
10.3.Resultados de las características químicas del Agua de Pastocalle y Tanicuchi

10.3.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

En función al gráfico 10, se obtiene información de la variación del pH del agua en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi. Para Tanicuchi el 100% se encuentran en un rango aceptable de 5,5 a 8,5. El agua de Pastocalle se distribuyen en 95 % dentro del rango aceptable y el 5 % restante, está ligeramente por encima de 8,5, muy levemente con tendencia hacia la alcalinidad sin llegar a pH 9. En comparación con la Tabla de Tulsma que establece los Criterios de calidad del agua

en uso agrícola, el agua de Pastocalle y Tanicuchi poseen un rango de pH aceptable para destinarla al riego.

Gráfico 10 pH del agua en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

Para el análisis estadístico de los datos se presenta la Tabla 20. Los valores promedios de pH para el agua difieren en cuanto que en Pastocalle la media es mayor de 7,78 en relación a Tanicuchi con 6,94. Esta diferencia de medias establece para Pastocalle, aguas de mayor pH, cercanas al límite máximo en el rango aceptable de 5,5-8,5. El error típico de 0.11 en Pastocalle determina una mayor dispersión de los datos en comparación con Tanicuchi con 0.09, lo que se ve reflejado en su desviación estándar, mayor para Pastocalle con 0.48, indicando mayor variabilidad y 0.40 en Tanicuchi con datos cercanos a la media. El valor central de pH para Pastocalle de 7,76 coloca los valores obtenidos un rango mayor a la neutralidad, mientras que Tanicuchi está por debajo de este con 7,00.

La varianza sigue indicando mayor dispersión en Pastocalle con 0,23 mientras que Tanicuchi presenta 0,16 para una mejor distribución. La curtosis de 1,78 en Tanicuchi indica que hay datos en valores extremos y puntiaguda, lo que podría indicar variaciones significativas en el pH, en contraste con Pastocalle con -1,48, con datos más dispersos, pero menos variaciones extremas con pico más bajo, lo que sugiere que el pH es más similar en esta región. El coeficiente de asimetría de -1,10 en Tanicuchi es referido a una distribución de los datos con una cola larga hacia la izquierda, sugiere una mayor frecuencia de valores más bajos en comparación con la media. Esto significa que los valores tienden a acumularse hacia el lado más bajo de la escala de pH.

Para Pastocalle el coeficiente de Asimetría de -0,03 indica que la distribución de los datos es casi simétrica, con ligero sesgo a la izquierda, ligera tendencia hacia valores más bajos sin ser significativa. El rango de valores es mayor en Tanicuchi con 1,73 indica que existe una mayor diferencia entre los valores extremos de pH en la zona, mientras que para Pastocalle con 1,55 el rango de diferencia entre los valores extremos es más consistente. Para el nivel de confianza de Tanicuchi sugiere una estimación más precisa de la media de los datos, con 0,19; en tanto que Pastocalle con 0,23 es menos precisa, pero sigue dentro del 95 %.

Tabla 20.

Análisis estadístico de pH en aguas de Pastocalle y Tanicuchi

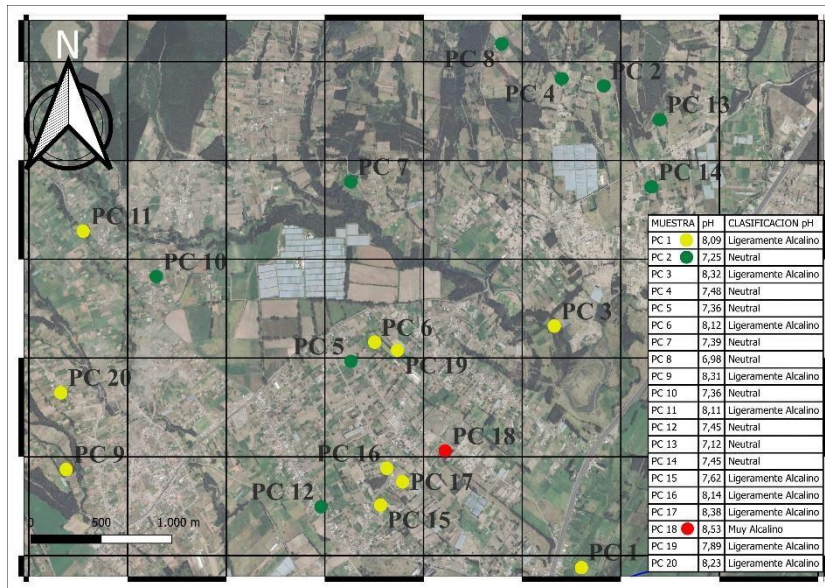
<i>PASTOCALLE</i>		<i>TANICUCHI</i>	
Media	7,78	Media	6,94
Error típico	0,11	Error típico	0,09
Mediana	7,76	Mediana	7
Moda	7,36	Moda	6,8
Desviación estándar	0,48	Desviación estándar	0,40
Varianza de la muestra	0,23	Varianza de la muestra	0,16
Curtosis	-1,48	Curtosis	1,78
Coeficiente de asimetría	-0,03	Coeficiente de asimetría	-1,10
Rango	1,55	Rango	1,73
Mínimo	6,98	Mínimo	5,83
Máximo	8,53	Máximo	7,56
Suma	155,58	Suma	138,76
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>0,22</u>	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>0,19</u>

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

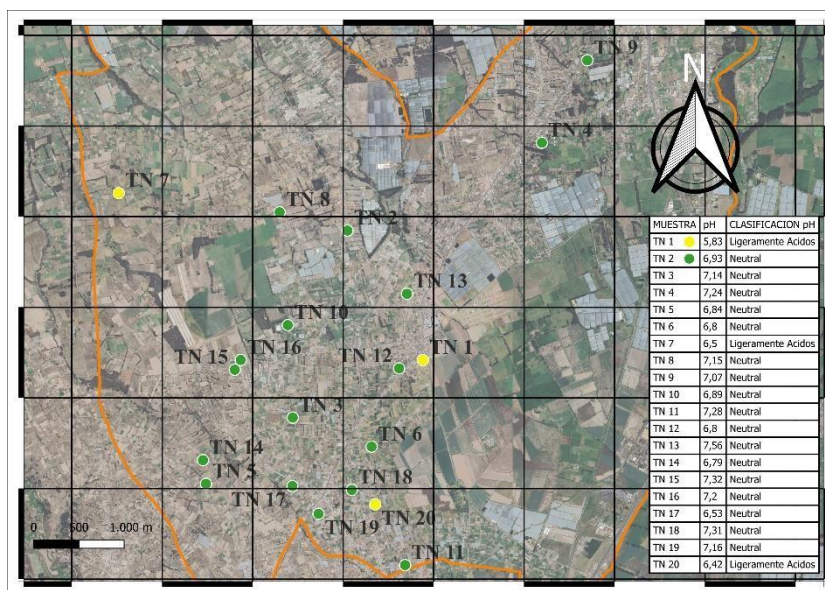
La georreferenciación La zona se divide equitativamente en suelos aptos y suelos con tendencia a la alcalinidad, hecho a tomar en cuenta al momento de usar para regadío de los cultivos. La georreferenciación para Pastocalle los puntos se distribuyen heterogéneamente con 50 % de los puntos en pH neutro, según la Figura 28, sin embargo, el 44 % son ligeramente alcalinas y 6 % muy alcalina. Para las aguas de Tanicuchi ubica 10 % de los puntos ligeramente ácida, 90 % de las aguas están en niveles aceptables para su uso (pH neutral). Según la Figura 29. La zona se divide equitativamente en suelos aptos y suelos con tendencia a la alcalinidad, hecho a tomar en cuenta al momento de usar para regadío de los cultivos.

Figura 28 Mapa de pH en aguas de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 29 Mapa de pH en aguas de Tanicuchi



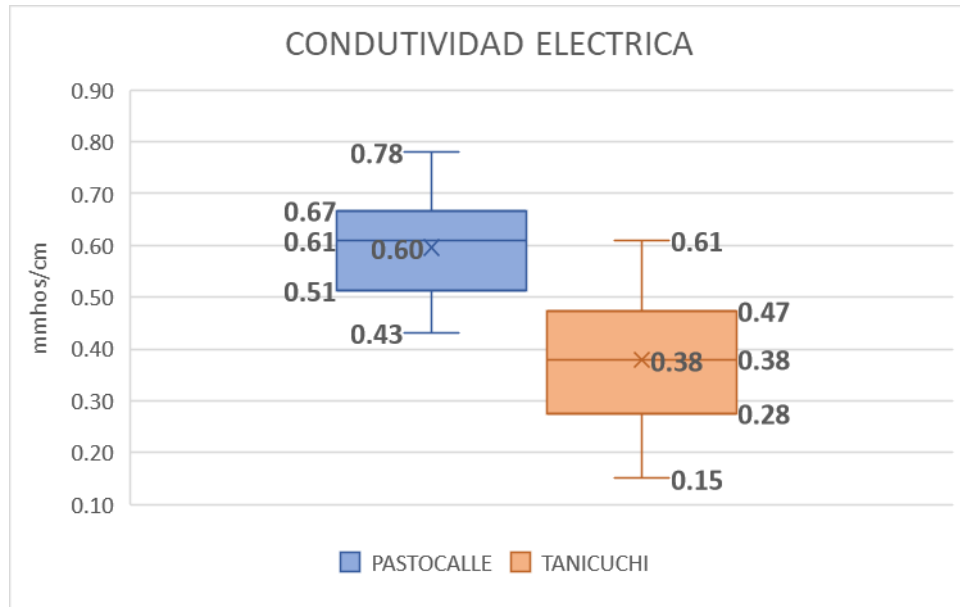
Fuente: Meneses, G. (2025).

10.3.2. Conductividad Eléctrica

Para el análisis de la conductividad eléctrica del agua en las regiones de estudio se observa el Gráfico 11 donde el valor obtenido en cada zona se encuentra dentro del rango ideal (0 - 1 mmhos/cm) para ser usada en el sistema de riego, esto conforme a lo establecido en Tulsma, Tabla sobre los Criterios de calidad del agua en uso agrícola. Las determinaciones de CE dieron como resultado que el 100 % de las aguas de Pastocalle y Tanicuchi está por debajo de 1 mmhos/cm, esto implica que la salinidad en estos reservorios no es un problema para el riego de los cultivos en la zona. Las sales disueltas en el agua traen problemas graves a los suelos y

en consecuencia al cultivo, por ende, se recomienda que estos valores deben estar por debajo de 0,7 dS/m (Instituto del Agua, 2024).

Gráfico 11 Conductividad eléctrica del agua en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

El análisis estadístico permite comparar estos resultados en función de apreciar las diferencias y tendencias de la conductividad eléctrica para cada zona. En la Tabla 21, se presenta cada uno de los estadísticos, iniciando la media, se establece las diferencias, siendo Pastocalle la zona con mayor promedio con 0,60 mientras Tanicuchi con 0,38 presenta los valores más bajos de CE. Para la variabilidad de los datos en torno a la media, el error típico en ambas zonas es similar 0,02 para Pastocalle y 0,03 para Tanicuchi, esto indica un nivel de precisión confiable en el cálculo de la media en cada región. En cuanto a la mediana, Pastocalle presenta 0,61, con aguas que poseen CE mayor a Tanicuchi con 0,38, sus valores están divididos en un rango menor de la variable.

Las desviaciones estándar son iguales para ambas áreas de estudio, con 0,10 en Pastocalle y 0,13 en Tanicuchi, la variabilidad de los datos en torno a cada una de sus medias es igual, sin mayor dispersión. Igual sucede con los valores de varianza de 0,01 y 0,02 respectivamente. Para la curtosis de -0,67 en Tanicuchi indica que la distribución tiene colas más delgadas y un pico más bajo y ancho que una distribución normal. Para Pastocalle con -0,95 es una distribución de CE aún más plana con valores más dispersos y sin extremos comparado con Tanicuchi.

El coeficiente de asimetría en Tanicuchi de 0,02 se refiere a una distribución muy cercana a la simetría perfecta, lo que sugiere que los valores de CE están distribuidos de manera uniforme, en tanto que Pastocalle con -0,11, sugiere una pequeña tendencia de los valores hacia el lado más bajo de la escala. El rango de 0,46 en Tanicuchi indica mayor variabilidad en los niveles

de iones en esta zona en comparación con Pastocalle cuyo rango es menor con 0,35. Los niveles de confianza son similares y muy estrechos, lo que sugiere estimaciones precisas para ambas zonas.

Tabla 21.

Análisis estadístico de CE en aguas de Pastocalle y Tanicuchi

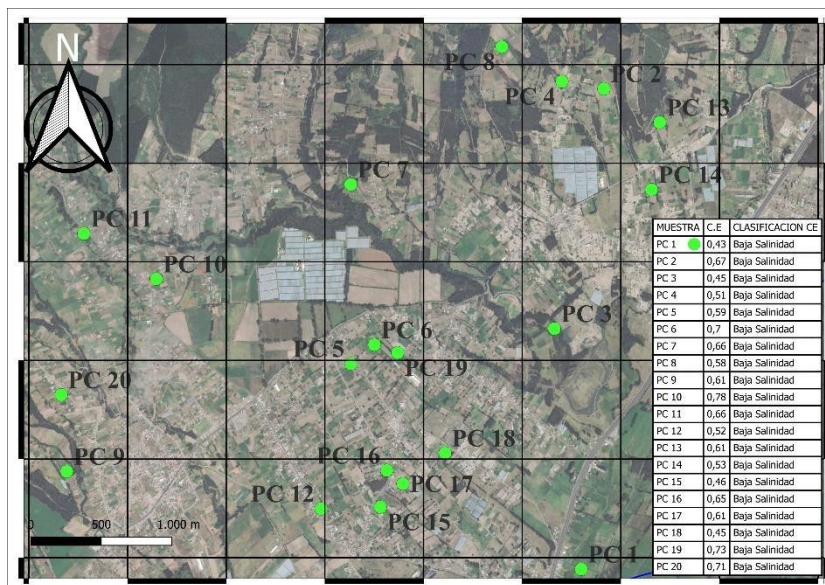
<i>PASTOCALLE</i>		<i>TANICUCHI</i>	
Media	0,60	Media	0,38
Error típico	0,02	Error típico	0,03
Mediana	0,61	Mediana	0,38
Moda	0,61	Moda	0,44
Desviación estándar	0,10	Desviación estándar	0,13
Varianza de la muestra	0,01	Varianza de la muestra	0,02
Curtosis	-0,95	Curtosis	-0,67
Coefficiente de asimetría	-0,11	Coefficiente de asimetría	0,02
Rango	0,35	Rango	0,46
Mínimo	0,43	Mínimo	0,15
Máximo	0,78	Máximo	0,61
Suma	11,91	Suma	7,58
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>0,05</u>	<u>Nivel de confianza (95,0%)</u>	<u>0,06</u>

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

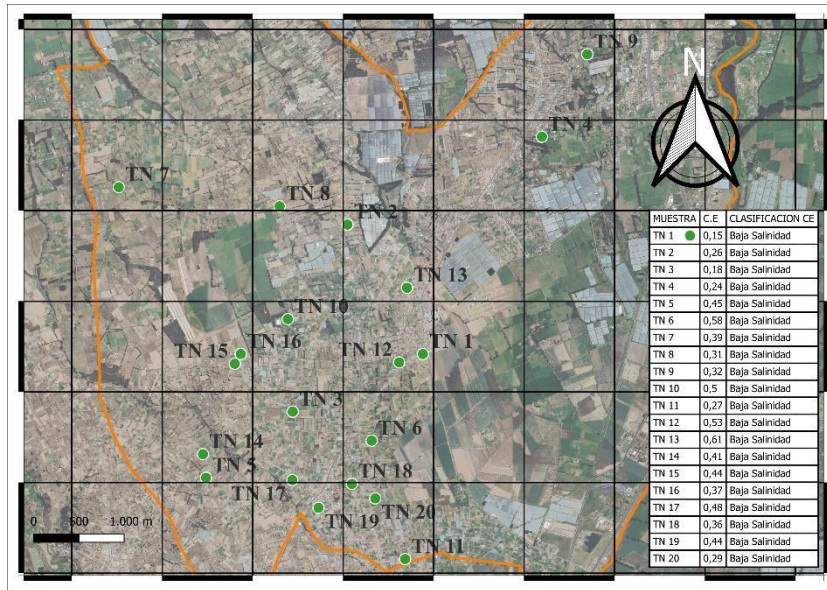
Georreferencialmente tanto Pastocalle como Tanicuchi presentan aguas con baja conductividad eléctrica en un 100 % de los puntos, por tanto, se les atribuye una baja salinidad, todo conforma a mapa generado en cada zona de las Figuras 30 y 31 respectivamente. Se corrobora el resultado de campo, con aguas ideales para riego.

Figura 30 Mapa de Conductividad eléctrica para aguas de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 31 Mapa de Conductividad eléctrica para aguas de Tanicuchi

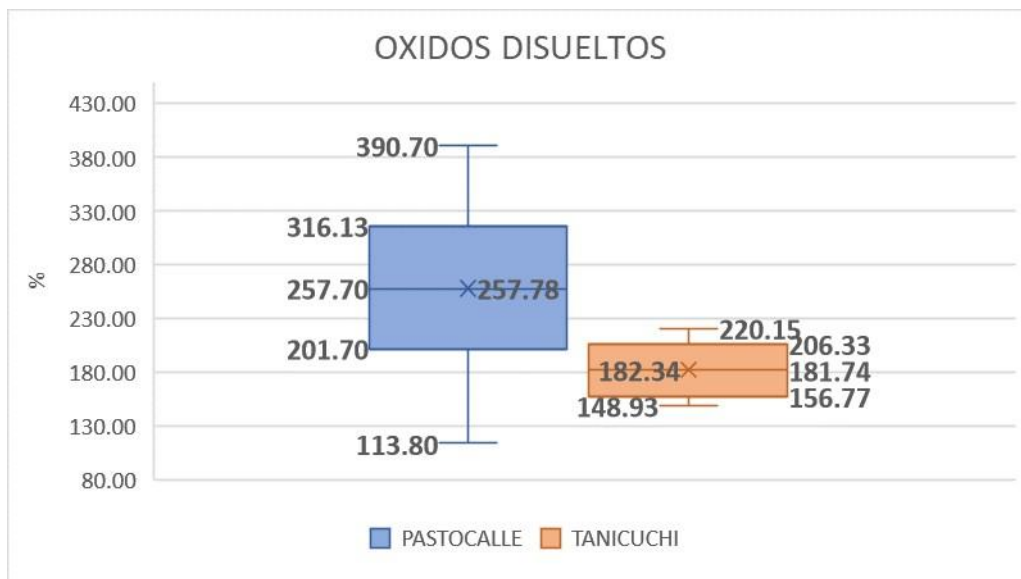


Fuente: Meneses, G. (2025).

10.3.3. Oxígeno Disuelto

El porcentaje de oxígeno disuelto en las aguas de Pastocalle y Tanicuchi, según lo mostrado en el Gráfico 1, demuestra que el 100 % de los sectores muestreados está por encima del 101 %. En función de los resultados obtenidos el agua de ambas zonas cumple con niveles de OD idóneos para el riego, en función de presentar valores mayores al 60 % mínimo recomendado por Tulsma en su Tabla sobre los Criterios de calidad del agua en uso agrícola. Se presentan valores de sobresaturación de OD. Por tanto, no existen restricciones en su uso.

Gráfico 12 Oxígeno disuelto del agua en zonas de Pastocalle y Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

Un análisis detallado de los estadísticos de resumen se realiza según la Tabla 22, donde se puede observar que los valores promedios de OD, teniendo Pastocalle la Media más elevada de 257,78 y Tanicuchi 182,34, lo que representa una menor variabilidad de los datos. Esto se representa con el error típico, siendo de 16,02 en Pastocalle para mayor dispersión de los datos en torno a la media y Tanicuchi con 5,42. La mediana de 257,7 de Pastocalle sigue ubicando los datos en el rango más alto de OD contra 181,74 de Tanicuchi. La desviación estándar expresa mayor variabilidad y dispersión de los datos de Pastocalle con 71,65 en contraste con Tanicuchi de 24,23.

La varianza de Pastocalle en 5133,18 indica alta dispersión con datos de OD muy variables y tendencias de sesgo en diferentes partes de la distribución. Esto puede reflejar que la concentración de oxígeno disuelto varía significativamente en diferentes momentos o lugares. Comparada con 586,93 de Tanicuchi, aunque indica variabilidad, es menos extremo, los ODs son menos variables, pero de una manera más controlada y consistente. La curtosis para Tanicuchi indica -1,44, más pronunciado en esta zona, la distribución de datos considerablemente más plana que una distribución normal, con una mayor dispersión de los valores y aún menos valores extremos comparado con Pastocalle con curtosis de -0,58. Coeficiente de asimetría de 0,13 en Tanicuchi indica una distribución bastante simétrica en torno a la media, aunque con una inclinación ligeramente mayor hacia valores más altos, Pastocalle con 0,05 refleja que la distribución de los datos es casi simétrica, con una leve inclinación hacia valores más altos bien distribuidos alrededor de la media. Rango de 276,90 y 71,22 en Pastocalle y Tanicuchi respectivamente, hacen referencia a valores más altos de OD en la primera región. Los niveles de confianza para los datos de OD en las dos regiones reflejan alta variabilidad de los datos en la muestra y crean incertidumbre, siendo Pastocalle con 33,53 con el mayor valor en comparación con 11,34 de Tanicuchi, con considerable variabilidad, pero n menor proporción.

Tabla 22.

Análisis estadístico de Oxígeno Disuelto en aguas de Pastocalle y Tanicuchi

	<i>PASTOCALLE</i>		<i>TANICUCHI</i>
Media	257,78	Media	182,34
Error típico	16,02	Error típico	5,42
Mediana	257,70	Mediana	181,74
Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	71,65	Desviación estándar	24,23
Varianza de la muestra	5133,18	Varianza de la muestra	586,93
Curtosis	-0,58	Curtosis	-1,44
Coeficiente de asimetría	0,05	Coeficiente de asimetría	0,13

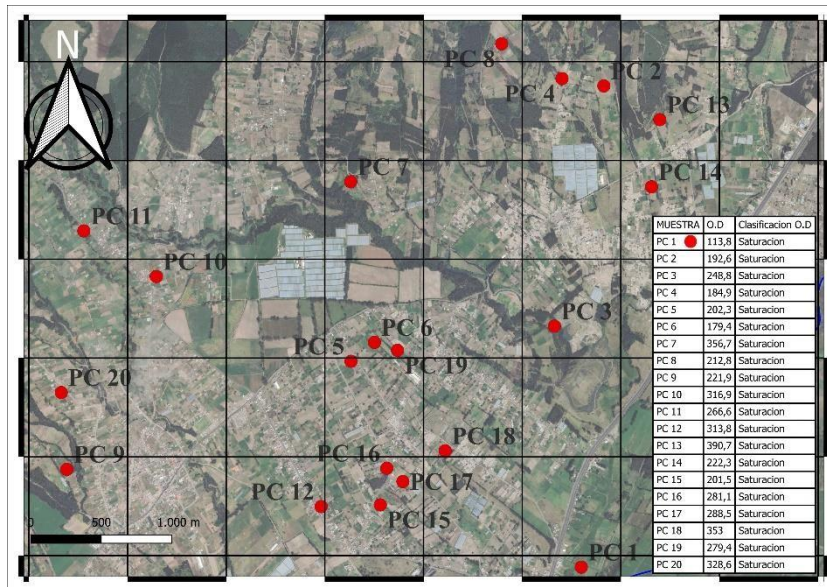
Rango	276,9	Rango	71,22
Mínimo	113,8	Mínimo	148,93
Máximo	390,7	Máximo	220,15
Suma	5155,6	Suma	3646,87
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%) 33,53</u>		<u>Nivel de confianza (95,0%) 11,34</u>	

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

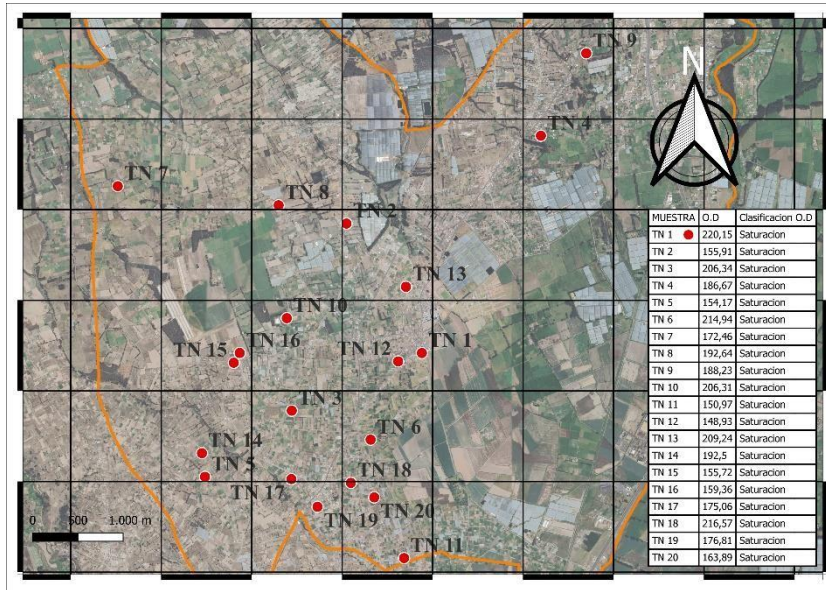
Se corrobora con los mapas la supersaturación de las aguas de Pastocalle y Tanicuchi, mostrados en las Figuras 32 y 33 respectivamente. Los niveles de OD sobrepasan los valores óptimos establecidos. 100 % de los puntos referenciados lo indican.

Figura 32 Mapa de Oxígeno disuelto para aguas de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 33 Mapa de Oxígeno disuelto en aguas de Tanicuchi

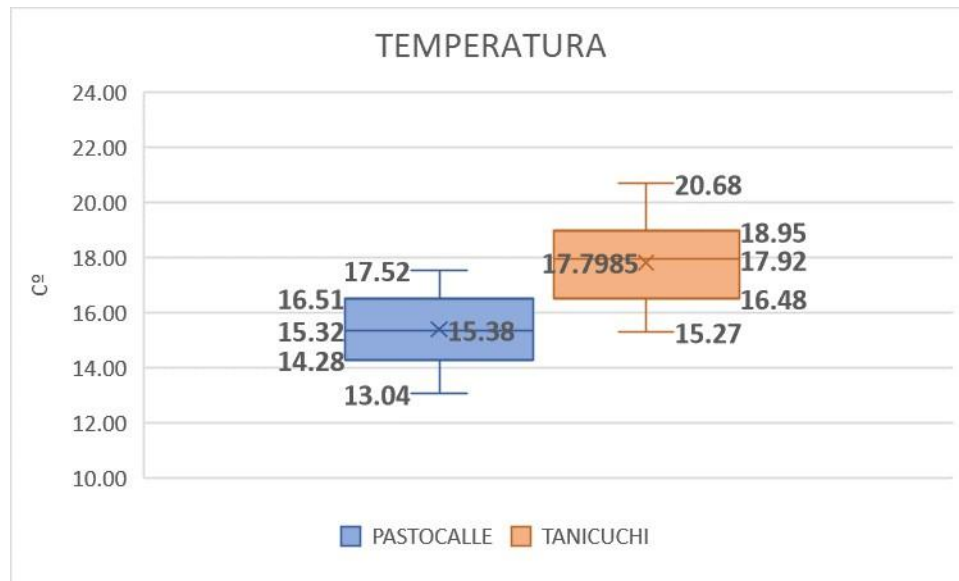


Fuente: Meneses, G. (2025).

10.3.4. Temperatura

Las temperaturas determinadas en cada una de las zonas de Pastocalle y Tanicuchi se reflejan en el Gráfico 13, donde el 100 % de los acuíferos refleja valores que van de 13° C a 21° C, dentro del rango aceptable establecido por Tulsma en su Tabla sobre los Criterios de calidad del agua en uso agrícola de 10° C a 30° C. Pastocalle presenta temperaturas más bajas (13° C a 17,6° C) en comparación con Tanicuchi que se encuentran en un rango de 15° C a 20,7° C.

Gráfico 13 Temperaturas del agua en zonas de Pastocalle y Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

La Tabla 23 representa los estadísticos de resumen para las mediciones de temperatura en las referidas áreas. La media de las temperaturas en Tanicuchi 17,80 es mayor a la de Pastocalle

con 15,38, por lo que puede estar influenciada por temperatura ambiental mayor o menos vegetación que Pastocalle. Los valores de Tanicuchi son más dispersos con respecto a la media por presentar un error típico ligeramente mayor de 0,34 y desviación estándar de 1,52 en comparación con Pastocalle en 0,29 y 1,28 respectivamente. La mediana en Tanicuchi se encuentra por encima de Pastocalle con 17,92.

En cuanto a la varianza, las temperaturas de Pastocalle varían en menor proporción con 1,64 con respecto a Tanicuchi con 2,32. Tanto Pastocalle como Tanicuchi presentan distribuciones de datos ligeramente planas con respecto a la normal, sin embargo, Pastocalle es mucho más plana que Tanicuchi por presentar curtosis de -0,94 más pronunciada que el valor de -0,78 para Tanicuchi. Un coeficiente de asimetría de 0,04 en Tanicuchi se acerca a la simetría perfecta, lo que sugiere valores de temperatura distribuidos uniformemente alrededor de la media, mientras que para Pastocalle una asimetría de -0,048 infiere una ligera asimetría hacia la izquierda, con tendencia a valores de temperatura hacia el lado más bajo. El rango de temperatura es mayor en Tanicuchi con 5,41 y Pastocalle presenta un rango de 4,48.

Tabla 23.

Análisis estadístico de Temperatura en aguas de Pastocalle y Tanicuchi

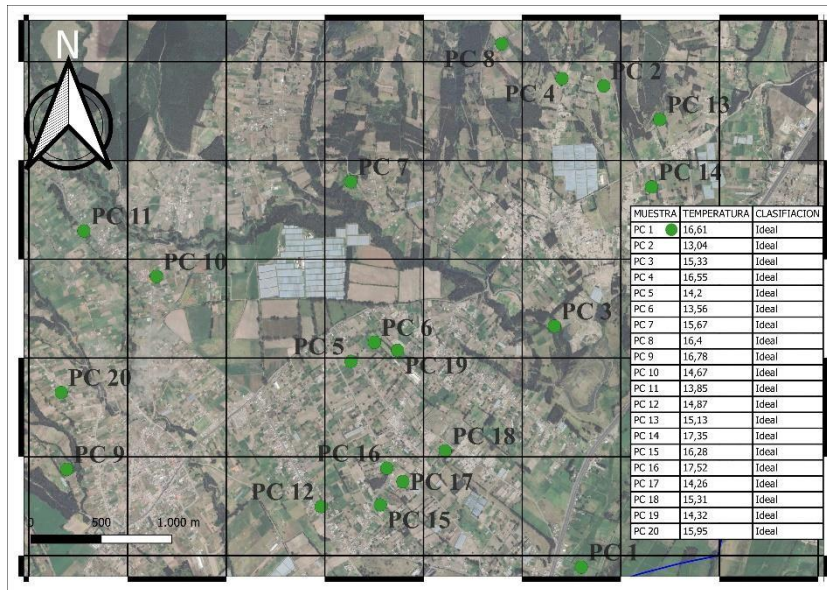
	<i>PASTOCALLE</i>		<i>TANICUCHI</i>
Media	15,38	Media	17,80
Error típico	0,29	Error típico	0,34
Mediana	15,32	Mediana	17,92
Moda	#N/A	Moda	18,95
Desviación estándar	1,283	Desviación estándar	1,52
Varianza de la muestra	1,647	Varianza de la muestra	2,32
Curtosis	-0,945	Curtosis	-0,78
Coefficiente de asimetría	-0,048	Coefficiente de asimetría	0,04
Rango	4,48	Rango	5,41
Mínimo	13,04	Mínimo	15,27
Máximo	17,52	Máximo	20,68
Suma	307,65	Suma	355,97
Cuenta	20	Cuenta	20
<u>Nivel de confianza (95,0%) 0,60</u>		<u>Nivel de confianza (95,0%) 0,71</u>	

Fuente: Meneses, G. (2025).

Distribución espacial

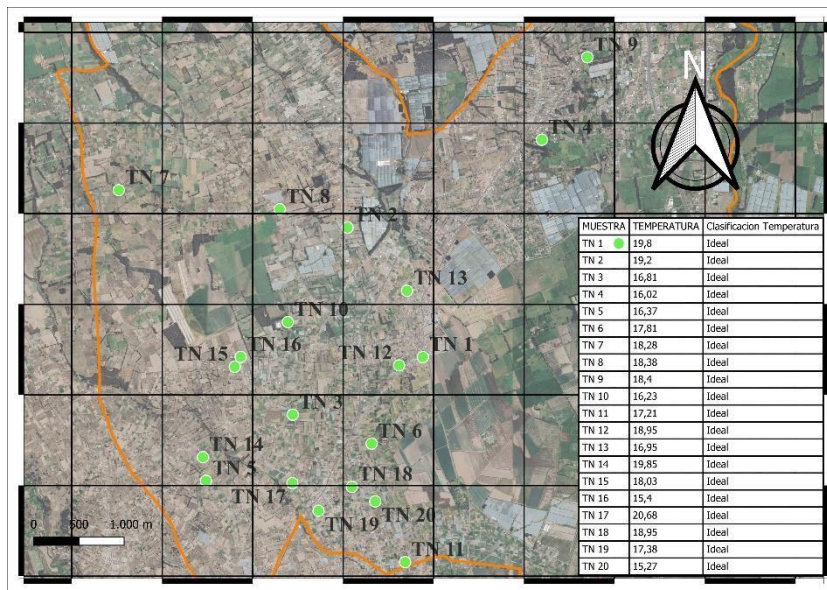
El 100 % de los puntos georreferenciados para aguas de Pastocalle y Tanicuchi ubicados en los mapas mostrados en las Figuras 34 y 35, respectivamente, revelan aguas con temperaturas ideales para el uso agrícola. Se encuentran en rango recomendado para riego de cultivos.

Figura 34 Mapa de Temperatura en aguas de Pastocalle



Fuente: Meneses, G. (2025).

Figura 35 Mapa de Temperatura en aguas de Tanicuchi



Fuente: Meneses, G. (2025).

10.4. Análisis para los requerimientos nutricionales de los pastizales

Se realiza un análisis comparativo conforme al resumen de promedios para los parámetros de calidad de los suelos y agua en las zonas de Pastocalle y Tanicuchi presentado en la Tabla 24, esto para dar respuesta a los productores comunitarios de leche, sobre cuál es la situación que presentan sus recursos, si cumplen con los requerimientos mínimos para el desarrollo adecuado de sus cultivos. Iniciando con el recurso suelo, se puede ver que los promedios de pH para Tanicuchi no cumplen con los estándares por estar fuera de rango con ligera tendencia a la

acidez (pH 5,84). Pastocalle en menor proporción se encuentra fuera de parámetro muy cerca del rango mínimo aceptable con 6,35.

En cuanto a conductividad eléctrica ambas zonas cumplen con los requerimientos de salinidad propuestos, por presentar valores menores a 500 dSm^{-1} , ubicándolos en el nivel de baja CE. Para el nitrógeno Pastocalle se encuentra en el rango requerido con 504 ppm, estando Tanicuchi fuera de rango con 275,8 ppm. Los valores promedios de Ca ubican a Pastocalle dentro del rango aceptable con 55,75 ppm mientras que Tanicuchi presenta una tendencia leve a bajo contenido del elemento con 35,40 ppm. Tanicuchi con 17,95 y Pastocalle con 23,7 ppm de sodio están dentro de parámetro recomendado.

Los niveles de potasio son bajos en todos los suelos 25,2 ppm Tanicuchi y Pastocalle con 35,3 ppm. En cuanto al fósforo Pastocalle tiene niveles altos por encima de las 50 ppm máximas permitidas (80,9 ppm) y Tanicuchi (33,05 ppm), nivele dentro del rango óptimo. Los suelos poseen porcentaje de materia orgánica en promedio muy levemente por debajo del valor mínimo aceptable (1%) con 0,99 % en Pastocalle y 0,96 % en Tanicuchi. Son suelos estables presentando valores de estabilidad de agregados dentro de los valores óptimos, 0,83 en Pastocalle y 0,509 para Tanicuchi.

Comparando las características del recurso agua se presenta que el pH para las dos regiones está dentro de parámetro con 7,78 para Pastocalle y 6,94 en Tanicuchi. La conductividad eléctrica muy bien por debajo de 0,7 S/m. Porcentaje de oxígeno disuelto mayores a 100 % en ambos sectores. Por último, las temperaturas detectadas son óptimas dentro del rango de 10°C a 30°C , lo que hace que las aguas en zona referenciada sean óptimas para el riego de los cultivos conforme al anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente de Ecuador, recurso agua para riego.

Tabla 24.

Comparación de parámetros de calidad de suelo y agua en las zonas productoras comunitarias de Pastocalle y Tanicuchi

PARAMETROS	PASTOCALLE TANICUCHI		RANGO
			<u>ACEPTABLE</u>
EN SUELO			
pH	6,35	5,84	6,5 - 7,5
Conductividad Eléctrica (us/cm)	161,6	178,75	500 – 1000
Nitrógeno (ppm)	504,5	275,8	500 – 4000

Calcio (ppm)	55,75	35,4	41 -140
Sodio (ppm)	23,7	17,95	16 – 31
Potasio (ppm)	35,3	25,2	76 -150
Fósforo (ppm)	80,9	33,05	20-50
Materia Orgánica (%)	0,99	0,96	1 – 3
Estabilidad de Agregados	0,83	0,509	0,5 – 3

EN AGUA

pH	7.78	6,94	6 – 9
Conductividad Eléctrica (S/m)	0,60	0,38	0,7 – 3
Oxígeno Disuelto (%)	257,78	182,34	60 – 101
Temperatura (° C)	15,38	17,8	10 – 30

Fuente: Meneses, G. (2025).

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1.CONCLUSIONES

- Se determino que las propiedades químicas como N, P, Ca, Na son aceptables; con un pH ligeramente ácido y con niveles bajos en salinidad y Materia orgánica (MO bajo), muy estables desde el punto de vista estructural y buena Estabilidad de Agregados), mientras que Tanicuchi presenta suelos más ácidos, igualmente se deben tratar y fertilizar para mejorar los niveles bajos en Ca, K y en menor proporción M.O. Su salinidad es más alta. Su estabilidad de agregados es menor, cerca del límite mínimo permitido.
- Se determino que los parámetros obtenidos para Pastocalle y Tanicuchi se encuentran dentro de los rangos aceptables según la norma de calidad Ambiental y descarga de efluente (TULSMA) como son el pH y la Temperatura, por otro lado tenemos porcentaje muy elevados de Oxígeno Disuelto para ambas localidad y una conductividad eléctrica menor, cerca del mínimo.

11.2.RECOMENDACIONES

- Para la zona de Pastocalle se recomienda utilizar fertilizantes ricos en potasio (sulfato de potasio, K_2SO_4), Incorporar abonos para aumentar la materia orgánica, asociado a los niveles de pH ligeramente ácidos muy cercanos a valores mínimos recomendables.

- En Tanicuchi se recomienda fertilizar con calcio (Carbonato de calcio, CaCO_3) y potasio. Incorporar compost para aumentar la materia orgánica así se mejora la estructura del suelo y la retención de agua. Control de pH del suelo en un rango óptimo (6,5-7,5) con enmiendas agrícolas para asegurar la disponibilidad de nutrientes.
- En cuanto al recurso agua, dado a los óptimos resultados obtenidos, se recomienda un análisis químico y físico en épocas diferentes año para monitorear sus características fisicoquímicas en diferentes períodos como sequía y lluvia, de manera que se puedan establecer comparaciones y tomar las medidas según los resultados.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Achig, K., y Aimacaña, S. (2024). *Determinación del estado de recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche de poalo, once de noviembre, belisario quevedo, ignasio flores y eloy alfaró del cantón latacunga*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12523>
- Agrónomos. (2024). *Agronomos.org*. <https://agronomos.org/blog/>
- Aguirre Forero, S. E., Piraneque Gambasica, N. V., y Cruz O'Byrne, R. (2022). Relación entre nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 93-111. <https://doi.org/10.22490/21456453.5186>
- Alfaro Simón, X., Estrada Maza, E., Guevara Paredes, C., Rodríguez Dioses, S., y Román Risco, L. (2020). *Textura del Suelo*. Curso de Edafología y Edafomorfología, Universidad Nacional de Trujillo. <https://es.scribd.com/document/588580233/TEXTURA-DE-SUELO>
- Baquerizo Figueroa, J. M., Sandoval Santos, L. G., Lectong Cusme, N. E., Quiñonez, N. M., Parrales Mendoza, V. Y., y Moreira Obregón, L. W. (2024). Caracterización física del agua del río Jama, Manabí, Ecuador. *Revista científica Dominio de las Ciencias*, 10(2), 74-85. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i2.3792>
- Barrezueta-Unda, S., Cervantes-Alava, A., Ullauri-Espinoza, M., Barrera-Leon, J., y CondoiGootiza, A. (2020). Evaluación del método de ignición para determinar materia orgánica en suelos de la provincia el oro-ecuador. *FAVE - Ciencias Agrarias*, 19(2), 25-26. https://www.scielo.org.ar/scielo.pHp?script=sci_arttext&pid=S16667719202000200025&lng=es&tlng=es

- Bautista-Montealegre, L., Benavides-Cruz, J. C., Cardona, W. A., Criollo-Campos, P. J., Torres-Cuesta, D. R., Albarracín-Arias, L. O., y Bolaños-Benavides, M. M. (2023). Prácticas sostenibles para la conservación de suelos en sistemas productivos ganaderos de trópico alto. *Temas Agrarios*, 28(1), 9-22. <https://doi.org/10.21897/rta.v27i2.3169>.
- Bernal Lizarazo, J. S., y Fernández Manrique, J. (2021). Implementación de buenas prácticas en alimentación bovina en la granja del colegio del Municipio de El Dorado. *Sistemas de Producción Agroecológicos*, 12(1), 101-116. <https://doi.org/10.22579/22484817.740>.
- Bonilla-Segovia, J. S., Dávila-Rojas, F. A., y Villa-Quishpe, M. W. (2021). Estudio del uso de técnicas de inteligencia artificial aplicadas para análisis de suelos para el sector agrícola. *RECIMUNDO*, 5(1), 4-19. [https://10.26820/recimundo/5.\(1\).enero.2021.4-19](https://10.26820/recimundo/5.(1).enero.2021.4-19)
- Burgos Hernández, T. D., Slater, B. K., Shaffer, J. M., y Basta, N. (2023). Comparison of methods for determining organic carbon content of urban soils in Central Ohio. *Geoderma Regional*, 34(1), e00680. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00680>
- Caisa Velásquez, O. A., y Toapanta Jacho, L. D. (2022). *Desarrollo de indicadores de sostenibilidad ambiental en la Parroquia Rural San Lorenzo de Tanicuchí, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, periodo 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1572d1b6-7cce-4de4-a74efa2ee5023c43/content>
- Ciancaglini, N. (2020). *Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico*. Studocu.com. <https://www.studocu.com/pe/document/universidadnacional-de-san-antonio-abad-del-cusco/mecanica-de-suelos/instructivo-r001-guiapara-la-determinacion-de-textura-de-suelos-por-metodo-organoleptico/31298910>
- Contero, R., y Cachipueno, C. (2021). Calidad del agua y de la leche en sistemas de ordeño manual de la Sierra Norte del Ecuador. *Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(4), e20937. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i4.20937>
- Cordero, O. (2022). Conversatorio Legislativo, de Política Pública y Programático. Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria de Ecuador. *Rev Chil Nutr* 2022, 49(S1), 34-38. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182022000400034>
- Correa, A., Abendaño, L., López, M., y Macias, U. (2022). Estrés por calor en ganado lechero con énfasis en la producción de leche y. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 1-22. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5832>

- EC Ministerio de Ambiente de Ecuador. (2015). *Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Edición Especial 387.* <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo097.pdf>.
- EcuRed contributors. (2020). *Ionómetro*. EcuRed: <https://www.ecured.cu/index.PHP?title=Ion%C3%B3metro&oldid=3690220>
- Ellerbeck, S. (2023). *La salud del suelo es crucial para la producción de alimentos: Así se puede evitar su degradación*. *World Economic Forum*. <https://es.weforum.org/stories/2023/02/la-salud-del-suelo-es-crucial-para-laproduccion-de-alimentos-asi-es-como-protegerlo-mejor/>
- Encarnación Bustillos, E., y Valle Samaniego, J. M. (2024). *Valuación de la calidad del agua del río Huallaga mediante análisis fisicoquímico y microbiológico para riego agrícola en el centro poblado Colpa Baja, distrito de Huánuco, Huánuco-2023*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4408>
- Escobar Roca, D. (2022). *Evaluación de la fijación de fósforo y potasio y su aplicación a distintas dosis en suelos con diferentes niveles de fósforo*. [Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7270>
- Escorcía, D. V., Aguirre, S. E., y Vargas, J. J. (2022). Incidencia de la profundidad de muestreo sobre el contenido de formas de carbono y nitrógeno en suelos de la Zona Bananera del departamento del Magdalena (Colombia). *Entre Ciencia e Ingeniería*, 15(30), 63-70. <https://doi.org/10.31908/19098367.2586>
- Extensión de la Universidad de Minnesota. (2024). *Potasio para la producción de cultivos*. <https://es.extension.umn.edu/PHosPHorus-and-potassium/potassium-crop-production>
- FAO. (2024). *Portan lacteo. Producción*. <https://www.fao.org/dairy-production-products/es>
- FAO. (2024). *Portal de suelos de la FAO. Propiedades físicas de los suelos*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedadesfisicas/es/>
- FAO. (2025). *La ganadería y el medio ambiente*. Obtenido de <https://www.fao.org/livestockenvironment/es/>
- FAO. (s.f.). *fao.org*. https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General

- Farmaha, B. S., Caughman, W., Y Park, D. (2020). *Precision Agriculture-Based Soil Sampling Strategies (LGP 1083)*, 1-8. [lpress.clemson.edu. https://lpress.clemson.edu/publication/precision-agriculture-based-soil-samplingstrategies/](https://lpress.clemson.edu/publication/precision-agriculture-based-soil-samplingstrategies/).
- Ferro, D. A., Andreini, B. L., Lozano, L. A., Merani, V. H.; Bongiorno, F. M.; Florencia, M.; Larrieu, L.; Millán, G.; y Soracco, C. G. (2023). Predicción de la concentración de calcio soluble en suelos agrícolas de la provincia de Buenos Aires. *Ciencias Agronómicas*, 10.35305(agro41), e031. <https://doi.org/10.35305/agro41.e031>
- Flores-Magdaleno, H., Mancilla-Villa, O. R., y Rubiños-Panta, J. E. (2022). Composición iónica y comparación de índices de salinidad de suelo agrícola de Texcoco. *Nova scientia*, 13(27). <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2789>
- Flynn, K. D., Bagnall, D. K., y Morgan, C. (2020). Evaluation of SLAKES, a smartPHONE application for quantifying aggregate stability, in high-clay soils. *Soil Science Society of America Journal*, 345-353. <https://doi.org/10.1002/saj2.20012>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Juan de Pastocalle. (2020). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia San José de Pastocalle*. https://pastocalle.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2020/08/PDYOT_PASTOCALLE_FINAL.pdf
- Gómez, F. A. (2023). *Servicios ecosistémicos del bosque andino patagónico de la provincia del Chubut : efectos de la ganadería bovina sobre los recursos suelo y agua*. Trabajo de postgrado, Universidad Nacional del Comahue. <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/17362>.
- Gonzales, J. E. (2022). *Determinación de las Propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas para Estimar la Calidad de Agua de la Quebrada Yumantay, Región Ucayali*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali. Determinación de las Propiedades Fisicoquímicas y Microbiológicas para Estimar la Calidad de Agua de la Quebrada Yumantay, Región Ucayali.
- González, L. (2024). *Finca Santa Helena: un Modelo de Producción Lechera*. [Diplomado de profundización para grado, UNAD]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/65168><https://repository.unad.edu.co/handle/10596/65168>.
- Gutierrez, F., Briones, S., y Lastra, X. (2024). Estimación de la huella hídrica de la ganadería de leche en la sierra centro norte del ecuador. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 40(2), 40(2), 362-375. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS40-31EEFX30031>

- Gutiérrez-González, L. S., Guerrero-Morales, S., Ortega Montes, F. I., Rivas-Lucero, B. A., y Palacios-Monarez, A. (2022). Análisis del Suelo y su Importancia en el Cultivo del Nogal Pecanero en el Distrito de Riego 05 Delicias. *Biológico Agropecuario Tuxpan*, 10(1), 1-9. www.doi.org/10.47808/revistabioagro.v10i1.395
- HANNA Instruments. (s.f.). *Instrumentación para la Agricultura. Agua de Riego. Hidroponía. Suelo.* www.hanna.es
<https://www.hannainst.es/img/catalogos/ficheros/catalogoagricultura-hanna.pdf>
- Hernández, R., y Vargas, C. (2022). *Aporte de nutrientes del suelo-planta a la producción de leche de vacas en pastoreo y suplementada con ensilado de maíz en el Piedemonte Llanero.* [Tesis de pregrado. Universidad de los Llanos].
<https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/4b2f0c07-9731-44108205-23c8b06a7f82/content>
- HORIBA. (s.f.). *HORIBA LAQUAtwin.* Obtenido de HORIBA Instruments Incorporated.
https://pe.us.horiba.com/LAQUAtwin_LatAm
- Ibañez Asensio, S., y Moreno Ramón, H. (2018). *Extracto de Pasta saturada del suelo.* RiuNet repositorio UPV: <http://hdl.handle.net/10251/102431>
- Ideam-Invema. (2021). *Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua 2021.*
<https://natura.org.co/wp-content/uploads/2022/06/Protocolo-de-Monitoreo-ySeguimiento-del-Agua.pdf>
- INIA. (s.f.). *Manual de Análisis de suelos.* [inia.gob.ve](http://www.sian.inia.gob.ve):
<http://www.sian.inia.gob.ve/index.PHP/catalogo-de-coleccion-pnp/manuales-pnp/10pnp>
- Instituto del Agua. (2024). *Tabla de Calidad de Agua para Riego: Guía Esencial para Optimizar la Salud de tus Cultivos.* <https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/tabla-de-calidad-de-agua-para-riegocalidad-del-agua/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2021). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Tipos de muestreo.*
<https://www.insistec.ec/images/insistec/...INEN...MUESTREO.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua, Boletín técnico Abril 2024.*
<https://mail.inpc.gob.ec/pdfs/Publicaciones/Ciudades%20Patrimoniales/EXPEDIENTE%20CANT%D3N%20LATACUNGA.pdf>

- Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador. (Noviembre de 2014). *Depuración de inventario de bienes inmuebles del patrimonio cultural del Cantón Latacunga*. <https://mail.inpc.gob.ec/pdfs/Publicaciones/Ciudades%20Patrimoniales/EXPEDIENT E%20CANT%D3N%20LATACUNGA.pdf>
- Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. (s.f.). *Guía para interpretar los resultados de los análisis de las muestras de suelos*. <https://www.itacyl.es/agro-y-geotecnologia/agrometeorologia-y-suelos/suelos-de-castilla-y-leon>
- INTAGRI. (2022). *Suelos Sódicos*. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/suelossodicos>
- Jiménez, J. (2021). *ganaderiasos.com*. <https://ganaderiasos.com/wpcontent/uploads/2021/04/EL-AGUA-EN-LA-PRODUCCION-LECHERA-.pdf>
- LAT Nitrogen Austria GmbH. (2023). *POTASIO (K)*. <https://www.lat-nitrogen.com/nutrients/potassium-k-3>
- Lince-Salazar, L. A., Castro, A. F., y Castaño, W. A. (2020). Estabilidad de Agregados de Suelos de la Zona Colombiana. *Revista Cenicafé*, 71(2), 73-91. <https://doi.org/10.38141/10778/71206>
- Malaver González, N., y Rincón Zabala, P. E. (2021). *Evaluación de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno y fosforo en el sistema de pasturas (pennisetum purpureum) pasto elefante*. [Tesis de pregrado, Universidad de los Llanos]. <https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/453e3ef1-8f39-4cbd9b32-1bd778bef2b6/content>
- Medina, G., Pereda, J., & Curbelo, L. (2024). Producción de leche en el Ecuador, su proyección en base a escenarios con énfasis en la cuenca baja del Guayas. 36(1), 38-56. <https://rpa.reduc.edu.cu./index.PHP/rpa/article/view/e4597>
- Nicolalde-Moreta, V. N. (2024). Evaluación de la Sostenibilidad de los Sistemas de Producción de la Parroquia Puéllaro en el Centro-Norte de Pichincha. *Polo del conocimiento*, 9(6), 1-25. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i6.7466>
- Nugra Rocano, W. M., Arias Patiño, L. N., Torres Segarra, S. M., y Baculima Suárez, J. A. (2023). Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de riego en San Joaquín-Cuenca. *Revista ALFA*, 7(20), 299-308. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.216>
- Oña, D., y Villamarin, G. (2024). Determinación del estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche Alaquez, Joseguango y Mulalo del cantón

- Latacunga 2024. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi].
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12486>
- Oscullo Chulca, B. I. (2023). *Evaluación de la estabilidad de agregados de un suelo agrícola del CADET con el uso de la aplicación "SLAKES"*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador].
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9352c5de-ccf0-4b9b-9edf0c9ec247be51/content>
- Pilliza, N. (2024). *Determinación del estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche de Guaytacama y Toacazo del cantón Latacunga*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi].
<https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12487>
- Pinos, D. S. (2022). *Calidad del suelo a partir de indicadores físicos y químicos aplicado a tres usos de suelo para la generación de propuestas de gestión por impactos en el suelo por acciones antrópicas en el bosque y vegetación protectores de Sunsun - Yanasacha*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21860>
- Portilla, E. C., Reyes, B. J., Cardona-Álvarez¹, J. A., y Monter-Vergara, D. (2021). Relación calcio, fósforo, magnesio y selenio sobre la reproducción en vacas lecheras durante el periodo de transición. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 13(2), e889.
<https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.889>
- Redondo, R. (2024). *csrLaboratorio*. <https://csrlaboratorio.es/suelos/horizontes-estructuraclasificacion/>
- Rojas, H. L. (2023). *Modelo pluridisciplinario para la gestión de recursos en agua en el norte y el centro de México*. Reporte Técnico, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
<http://cathi.uacj.mx/20.500.11961/27001>
- Romero Bravo, M. M. (2022). *Caracterización socio económica y productiva de la parroquia San Juan de Pastocalle del Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022*. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi].
<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c9d8f8b4-9bb7-48d3-811720303d8167ad/content>
- Ruiz, S., & Velásquez, M. (2025). *Evaluación de la calidad del agua en cuerpos hídricos cercanos a la zona minera El Dorado Resources Cachicadan- 2024*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/23349>

- Sánchez-Bernal, E. I., Santos-Jerónimo, S., Ortega-Escobar, H. M., López-Garrido, S. J., y Camacho-Escobar, M. A. (2020). Crecimiento de los pastos Cayman y Cobra en diferentes niveles salinos. *Terra Latinoamericana Número Especial 38-2: 391-401.*, 38(2), 391-401. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.613>
- Serrano, B., Herrera, G., y Jimenez, M. (2024). Tratamiento de aguas para uso agropecuario. Caso: proyecto agrosilvopastoril, Orellana, Ecuador. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 6(10), 1-19. <https://doi.org/10.35381/a.g.v6i10.3182>
- Serrano, L. (2023). *Implementación de un sistema de monitoreo para pastoreo de precisión mediante el análisis de suelos y gestión a través de información de sensores remotos para la mejora en la calidad y optimización en la producción de forrajes en finca La Granja*. Informe final de pregrado, Instituto de Tecnología de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/14452>
- Sierra, J. (2018). *Guemisa*. Obtenido de https://www.guemisa.com/articulos/que%20es%20oxigeno_disuelto.pdf
- Soil Health Intitute. (2022). *Comparación de métodos de estabilidad de agregados*. soilhealthinstitute.org: <https://soilhealthinstitute.org/news-events/comparingaggregate-stability-methods/>
- Swistock, B. (2024). *Interpretación de los análisis del agua de riego*. Penn State Extension. <https://extension.psu.edu/interpretacion-de-los-analisis-del-agua-de-riego>
- Téllez Bautista, D., Zavala Martínez, E., Grande Cano, J. D., & Vieyra Durán, J. E. (2023). La importancia de la valoración del suelo en la ganadería tropical de México. *Revista de Fomento Social*, 70(3), 319-340. <https://doi.org/10.32418/rfs.2023.307.5274>
- Trejo Cacha, R. S., y Quino Seguil, A. E. (2023). *Estudio experimental del uso de perlas de poliestireno expandido y ceniza de cascarilla de arroz para mejorar la resistencia al corte de un suelo arcilloso de baja plasticidad como material de relleno en la provincia de Talara*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-san-martin->
- Universidad Técnica de Cotopaxi. (s.f.). *Guía de práctica de laboratorio de características Físico-químico del suelo*. Material de apoyo.
- Vargas-Díaz, R. E., Wilches-Ortiz, W. A., y Espiti- Malagón, E. M. (2022). Efecto del establecimiento de sistemas de rotación para el cultivo de la papa sobre las características químicas y físicas del suelo. *Siembra*, 9(2). <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4023>

- Velásquez, R., Del Valle, H. W., Pallaroso, R., y Duma, K. (2022). Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas. *Sinapsis*, 2(21), 1-17. <https://www.itsup.edu.ec/sinapsis>
- Vera Velázquez, R., Del Valle, H. W., Pallaroso, R., y Duma, K. (2022). Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas. *Sinapsis*, 2(21), 1-17. <https://www.itsup.edu.ec/sinapsis>
- Villadares, Y. (2022). *Análisis del ambiente físico (agua y suelos) en función de los usos del suelo asociados a franjas ribereñas bajo el enfoque de Una salud (One Health), en la subcuenca de la quebrada La Mula, distrito de riego Arenal-Tempisque (DRAT), Costa Rica*. [Tesis de Posgrado, centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/249>
- Zambrano, A. M. (2021). *Análisis físico y químico de los suelos agrícolas del Sur de Manabí y su relación con los cultivos*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2929>