



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 GUAYTACAMA Y
TOACAZO DEL CANTÓN LATACUNGA**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Agrónomo.

Autora:

Pilliza Guanotasig Nelly Patricia

Tutor:

Chasi Vizuete Wilman Paolo

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Pilliza Guanotasig Nelly Patricia, con cédula de ciudadanía No. 0504036716, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE GUAYTACAMA Y TOACAZO 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, 12 de agosto del 2024



Nelly Patricia Pilliza Guanotasig

C.C: 0504036716

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, **PILLIZA GUANOTASIG NELLY PATRICIA** identifica con cédula de ciudadanía **0504036716** 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 GUAYTACAMA Y TOACAZO 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: Marzo 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizuet

Tema: **“DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE GUAYTACAMA Y TOACAZO 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 12 días del mes de agosto del 2024.


Nelly Patricia Pilliza Guanotasig
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 GUAYTACAMA Y TOACAZO DEL CANTÓN LATACUNGA”, de Pilliza Guanotasig Nelly Patricia, 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, 12 de agosto del 2024



Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, Mg.

C.C: 0502409725

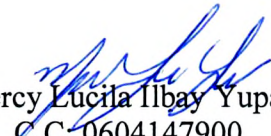
DOCENTE TUTOR

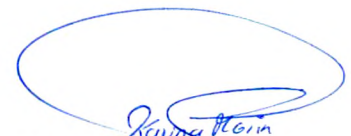
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN


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: Pilliza Guanotasig Nelly Patricia, con el título del Proyecto de Investigación: “**DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE GUAYTACAMA Y TOACAZO 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, 12 de agosto del 2024


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


Ing. Karina Paola Marin Quevedo, Mg.
C.C: 0502672934
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ing. Clever Gilberto Castillo de la Guerra, Mg.
C.C: 9501715494
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Esta investigación de pregrado y el resultado de mi formación, se la debo a muchas personas, en especial a mis padres, Elsa Guanotasig y Milton Pilliza por el apoyo económico, moral y el amor más sincero que han brindado siempre, a mis abuelitos, Maria Chicaiza y Alberto Guanotasig quien me criaron y formaron como una persona de bien todo el esfuerzo que han hecho por mí y para mi serán muy bien recompensados sin lugar a duda este es el primero de muchos logros que están a base de su sudor y lágrimas, todo esto prevalecerá en mi memoria, más bien le doy gracias a Dios y al niño de Isinche por siempre cuidarme y guiarme en mi camino gracias por ayudarme a construir mis éxitos y por todas las cosas buenas que me permitieron sonreír

Finalmente, agradecer infinitamente a mis tres lectores Ing. Mercy Ilbay, Ing. Karina Marin, Ing. Clever Castillo y a mi tutor Ing. Paolo Chasi por su invaluable tiempo y comprensión en el transcurso de mi investigación.

Nelly Patricia Pilliza Guanotasig

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón esta investigación a toda mi familia, mi pareja sentimental y en especial a mi pequeño hijo, Hamilton Balladares quien ha sido mi fortaleza para seguir y culminar mis estudios pese a todo lo que hemos pasado eres y serás ese guerrero que lucha todos mis batallas junto a mí. A todos ellos dirijo mi admiración, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y el de triunfar en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo los quiero con todo mi corazón

A mis queridas hermanas, Nataly Pilliza y Narcisa Pilliza gracias porque son mi inspiración y fortaleza a seguir en adelante, gracias por estar siempre a mi lado apoyándome en todo momento.

Nelly Patricia Pilliza Guanotasig

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TITULO: “DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y
AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE
GUAYTACAMA Y TOACAZO DEL CANTÓN LATACUNGA”**

Autora:
Pilliza Guanotasig Nelly Patricia

RESUMEN

La producción lechera es uno de los rubros agropecuarios más importantes para el país. Esta actividad genera aproximadamente 1 400 millones de dólares al año. Y según (MAG, 2023) la provincia de Cotopaxi produce 737.702 litros de los cuales aproximadamente el 60% proviene de la producción comunitaria que puede incrementarse con un mejor manejo de sus recursos productivos. La presente investigación tuvo como objeto determinar el estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche en la parroquia de Guaytacama y Toacazo en la provincia de Cotopaxi, para el cumplimiento del mismo se planteó analizar las características químicas N, P, Ca, K, Na, CE, pH en pasta saturada de suelo mediante la utilización de Ionómetros LAQUAtwin, el porcentaje de MO (Materia orgánica) y el IEA (Índice de estabilidad de agregados) 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 realizó con un medidor multiparámetro HANNA. HI98194.

De los datos obtenidos se estableció que en las zonas de Guaytacama y Toacazo tienen un promedio del pH de 6,26. CE, 185,25 dS*m⁻¹. Nitrógeno 234,5ppm. Calcio 49,53ppm. Sodio 22,95ppm. Potasio 57,45ppm. Fósforo 80,77ppm. Materia Orgánica 1,83% Estabilidad de agregados 0,63. Los datos obtenidos del Ph del agua tienen un promedio de 7,96, Ce, 506,78 temperatura °C 15,45 y el OD, 142,32 esto indica que los valores son aptos para la producción de pasturas, los mismos nos servirán para dar una caracterización real del sistema productivo lechero comunitario y generar estrategias sostenibles para mejorar la producción en función del mejoramiento de las características físicas, químicas del suelo y del agua utilizada en este rubro productivo comunitario de las zonas en estudio.

Palabras claves: Suelos, producción lechera, características, comunitarias, Guaytacama, Toacazo

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “DETERMINATION OF THE STATUS OF SOIL AND WATER RESOURCES IN COMMUNITY PRODUCER AREAS OF MILK OF GUAYTACAMA AND TOACAZO IN THE LATACUNGA CANTON”

Autora:

Pilliza Guanotasig Nelly Patricia

ABSTRACT

Dairy production is one of the most important agricultural sectors for the country. This activity generates approximately 1.4 billion dollars per year. According to (MAG, 2023), the Cotopaxi province produces 737,702 liters of which approximately 60% comes from community production that could be increased with better management of its productive resources. This research had as aimed to determine the status of soil and water resources in community producer areas of milk in the Guaytacama and Toacazo parishes in the Cotopaxi province, for the fulfillment of it the study was proposed analyzing the chemical characteristics N, P, Ca, K, Na, EC, and pH in saturated soil paste through the use of Ionometros LAQUAtwin, the percentage of OM (Organic Material), and the ASI (Aggregate Stability Index) using the calcination method and the technology application SLAKES, respectively, for water source parameters such as pH, EC, T°, DO, was performed with a multiparameter meter HANNA HI98194.

From the obtained data, it was established that the Guaytacama and Toacazo areas have an average in pH of 6.26. EC, 185.25 dS*m⁻¹. Nitrogen 234.5 ppm. Calcium 49.53 ppm. Sodium 22.95 ppm. Potassium 57.45 ppm. Phosphorus 80.77 ppm. Organic Matter 1.83%. Aggregate Stability 0.63. The data obtained from the water pH have an average of 7.96, EC, 506.78, temperature 15.45°C, and DO, 142.32 it indicates that the values are suitable for pasture production, they will help to provide a real characterization of the community dairy production system and generate sustainable strategies to improve production by enhancing the physical and chemical characteristics of the soil and water used in this community production sector in the studied areas.

Keywords: Soils, dairy production, characteristics, community, Guaytacama, Toacazo

INDICE 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
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
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:	5
5.1. Objetivo General.....	5
5.2. Objetivos Específicos	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	1
7.1 El suelo	1
7.1.1 Calidad del suelo	1
7.1.2 Parámetros de la calidad del suelo.....	2
7.1.3 Propiedades físicas del suelo	2
7.1.3.1 Textura.....	2
7.1.3.2 Estructura.....	3
7.1.3.3 Estabilidad de agregados	3
7.1.4. Propiedades químicas del suelo	4
7.1.4.1 Conductividad Eléctrica	4
7.1.4.2. Capacidad de intercambio catiónico.....	4
7.1.4.5 Ph potencial hidrogeno	5
7.1.4.6 Nitrógeno (N)	5

7.1.4.7 Fosforo (P).....	6
7.1.4.9 Calcio (Ca).....	7
7.1.4.10 Sodio (Na)	7
7.1.4.11 Materia orgánica.....	8
7.2 Agua	8
7.2.1 Calidad del agua para riego	8
7.2.1 Parámetros de la calidad agua para riego	9
7.2.1.1 Aplicaciones móviles.....	11
7.2.1.2. Gestor de recursos terrestres - SLAKES	11
7.2.1.3 Tes de mediciones rápidas	11
7.2.1.4 Ionómetros (LAQUAtwin)	11
7.2.1.5 Multiparametro HANNA.....	11
7.2.2 Ph (Potencial Hidrogeno)	12
7.2.3 Conductividad Eléctrica	12
7.2.4 Oxígeno disuelto.....	13
7.2.5 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.....	14
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	14
9. METODOLOGÍA.....	14
9.1. Investigación campo	14
9.1.2. Investigación descriptiva	14
9.3. Área de estudio	14
9.3.1. Metodología de la investigación.....	15
9.3.2. Identificación y Georreferenciación de la zona de estudio.....	15
9.3.4. Muestreo de suelo	16
9.4. Análisis de características físicas y químicas de suelo.....	17
9.4.1. Análisis de características físicas	17
9.4.2. Metodología para la determinación de índice de estabilidad de agregados.	17
9.5. Análisis de las características químicas del suelo	21
9.6. Metodología extracción de pasta saturada del suelo para la determinación de Nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, sodio, conductividad eléctrica.....	23
9.7. Metodología para determinación de materia orgánica por el método de calcinación. ..	26
9.7.1. Preparación de la muestra.....	27
9.7.2. Preparación de los crisoles	27

9.8. Análisis de características de agua	31
9.8.1. Muestreo del agua.....	31
9.8.2. Determinar el pH, CE, Temperatura, OD.....	32
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
10.1. Resultados de las características físicas del suelo.....	33
10.1.2. Análisis de Estabilidad de agregados (EA)	33
10.2. Resultados de las características químicas del suelo	35
10.2.1. Análisis de pH en el suelo	35
10.2.4. Análisis del Nitrógeno en el suelo (N)	39
10.2.5. Análisis del Calcio en el suelo (Ca).....	41
10.2.6. Análisis del Sodio en el suelo (Na)	43
10.2.7. Análisis del Potasio en el suelo (K).....	45
10.2.8. Análisis del Fósforo en el suelo (P).....	47
10.2.9. Análisis de Materia orgánica en el suelo (MO).....	49
10.3. Estado de agua utilizado en los sistemas productivos de leche.....	51
10.3.1. Potencial de hidrógeno (pH).....	51
10.3.3. Análisis de Temperatura.....	55
10.4. Análisis de los requerimientos en pastos.....	59
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
Conclusiones.....	60
Recomendaciones	61
14. BIBLIOGRAFÍA	61
15. ANEXOS	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 2: Criterios de calidad del agua en uso agrícola (PH, CE, OD, Temperatura).....	10
Tabla 3: Clasificación de la Salinidad del Agua.....	13
Tabla 4: Interpretación de la estabilidad de agregados del suelo	20
Tabla 5: Interpretación de resultados pH del suelo.....	23
Tabla 6: Interpretación de resultados niveles de nutrientes en ppm.	26
Tabla 7: Interpretación del porcentaje de materia orgánica del suelo (MO)	30
Tabla 8: Parámetros de estudio.....	33
Tabla 9: Análisis estadístico de EA en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	35
Tabla 10: Análisis estadístico de pH en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.....	37
Tabla 11: Análisis estadístico de la CE en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo..	39
Tabla 12: Análisis estadístico de Nitrógeno en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	41
Tabla 13: Análisis estadístico de Ca en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	43
Tabla 14: Análisis estadístico de Na en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	45
Tabla 15: Análisis estadístico de K en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.....	47
Tabla 16: Análisis estadístico de P en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	49
Tabla 17: Análisis estadístico de MO en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo. ...	51
Tabla 18: Análisis estadístico del pH del agua de riego en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	52
Tabla 19: Análisis estadístico de CE del agua de riego en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	55
Tabla 20: Análisis estadístico de la temperatura del agua de riego en las zonas de Guaytacama y Toacazo.....	56
Tabla 21: Análisis estadístico del OD de riego en las zonas de Guaytacama y Toacazo.....	58
Tabla 22: Comparación de valores de calidad de suelo y agua en las zonas de Guaytacama y Toacazo y rangos ideales para pastos.	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de área de estudio.....	15
Figura 2. Estabilidad de agregados en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.....	34
Figura 3. pH del suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.....	36
Figura 4. CEs en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	38
Figura 5. Nitrógeno en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.....	40
Figura 6. Calcio en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	42
Figura 7. Sodio en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.....	44
Figura 8. Potasio en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	46
Figura 9. Fósforo en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.	48
Figura 10. Materia orgánica en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.....	50
Figura 11. Potencial de Hidrógeno en el agua de riego de las zonas de Guaytacama y Toacazo.	52
Figura 12. Conductividad eléctrica en el agua de riego de las zonas de Guaytacama y Toacazo.	54
Figura 13. Temperatura en el agua de riego de las zonas de Guaytacama y Toacazo.	55
Figura 14. Oxígeno disuelto en el agua de riego de las zonas de Guaytacama y Toacazo.	57

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Muestreo de suelo.....	16
Fotografía 2. Método de Muestreo zigzag	17
Fotografía 3. Etiquetado de las muestras	17
Fotografía 4. Aplicación Slakes	18
Fotografía 5. Agregados en forma triangular	19
Fotografía 6. Ajuste de color, base de los agregados	19
Fotografía 7. Añadir agua destilada a los agregados.....	20
Fotografía 8. Resultado del agredo	20
Fotografía 9. Peso de la muestra de suelo	21
Fotografía 10. 25ml de agua destilada	22
Fotografía 11. Agitar 30 min en el Agitador magnético	22
Fotografía 12. Colocar tres gotas en el ionometro	23
Fotografía 13. Elaboración de la pasta saturada.....	24
Fotografía 14. Reposo de la muestra.....	25
Fotografía 15. Extracción de la pasta saturada.....	25
Fotografía 16. Extracción de la muestra.....	25
Fotografía 17. Colocar tres gotas en los ionometros.....	26
Fotografía 18. Introducir los crisoles dentro de la mufla	28
Fotografía 19. Pesar el crisol.....	28
Fotografía 20. Pesar 5gr de la muestra de suelo.....	29
Fotografía 21. Introducir en la mufla los crisoles con los 5gr de suelo	29
Fotografía 22. Extraer el crisol con la muestra de suelo	29
Fotografía 23. Toma de muestra de agua	31
Fotografía 24. Muestras de agua recolectadas	31
Fotografía 25. Muestras de agua para análisis	32
Fotografía 26. Análisis de las muestras agua recolectadas	32

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA EN ZONAS PRODUCTORAS COMUNITARIAS DE LECHE DE GUAYTACAMA Y TOACAZO DEL CANTÓN LATACUNGA

Fecha de inicio:

Abril 2024

Fecha de finalización:

Agosto 2024

Lugar de ejecución:

Campus Salache Universidad Técnica de Cotopaxi

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 Vizuite.

Estudiante: Nelly Patricia Pilliza Guanotasig.

Lector 1: Mercy Lucila Ilbay Yupa. PhD.

Lector 2: Ing. Mg. Karina Paola Marin Quevedo.

Lector3: Ing. Mg. Clever Gilberto Castillo de la Guerra.

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Nelly Patricia Pilliza Guanotasig

Teléfonos: 0988718064

Correo electrónico: nelly.pilliza6716@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 de la carrera:

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

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Durante las últimas décadas, los ecosistemas vinculados a la producción han experimentado transformaciones aceleradas y extensas, incluyendo la pérdida de agrobiodiversidad y la degradación de suelos y agua. Estos cambios han afectado directamente la producción y han exacerbado la pobreza en las áreas agrícolas. En el ámbito de la producción lechera, la calidad del suelo y del agua es crucial, ya que influye directamente en la productividad, la salud del ganado lechero y la calidad de la leche (Carabalí et al., 2019).

Un acceso adecuado a agua de buena calidad es fundamental para la hidratación del ganado, su bienestar y la higiene, lo que a su vez afecta la producción de leche y la salud general de los animales (Ortiz et al., 2019). El agua debe estar libre de contaminantes y tener los niveles adecuados de minerales y nutrientes para evitar problemas de salud en el ganado, como enfermedades metabólicas o infecciones. La calidad del agua también impacta en la eficiencia de los procesos digestivos del ganado y en la reducción de costos asociados a tratamientos veterinarios y a la mejora de la calidad del producto final (Pérez et al., 2019).

Por lo tanto, garantizar agua limpia y en cantidades suficientes es esencial para mantener la salud del ganado y optimizar la producción lechera. Sin embargo, los productores de las zonas productoras de Toacazo y Guaytacama no tienen conocimiento sobre la calidad del suelo y agua utilizada en el ejercicio productivo. Esto sumado a la falta de información de las características del recurso en sus zonas y la falta de asistencia técnica para mejorar los suelos y por ende su producción.

La presente investigación pretende entregar una información preliminar del estado y características del suelo donde producen sus pastos para la alimentación de su ganado y de la

calidad de agua que utilizan Este conocimiento podrá permitir la implementación de estrategias y prácticas sostenibles que eviten la degradación y el mal uso de los recursos en estudio para la gestión correcta de su unidad productiva

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1 Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos Del proyecto de investigación son 20 familias de la parroquia Guaytacama y 20 familias de la parroquia de Toacazo del Cantón Latacunga.

3.2 Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos del proyecto de investigación son 264 estudiantes de la carrera de Agronomía y la asociación de productores comunitarios de leche del Cantón Latacunga.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

En el marco de la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios, es una preocupación global la degradación de suelos y el agua. Las transformaciones suscitadas durante los últimos 50 años en los ecosistemas denotan cambios acelerados y extensos; cambios que han generado la pérdida irreversible de la diversidad de la vida sobre la tierra y han acentuado la pobreza (Hassan, Scholes, y Ash 2005).

La ONU (2022) afirma que, debido al cambio en los usos del suelo, al uso excesivo de agroquímicos y a las prácticas no sustentables, la mayoría de suelos negros han perdido la mitad de reservas de carbono orgánico y sufren procesos de erosión entre moderados y graves, desequilibrio de nutrientes y pérdida de biodiversidad. La degradación del suelo tendría impactos en la economía mundial, debido a que el actual modelo que se sigue en la gestión del suelo amenaza la mitad de producción del mundo valorada en 44 billones de dólares; las estimaciones destacan que la implementación de un proceso de recuperación de suelos generaría hasta 140 billones de dólares al año, con una inversión de menos de la cuarta parte de lo que se gasta por año en subsidios agrícolas y combustibles fósiles

El EC Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi (2015, 178) menciona que, las actividades agrícolas y productivas en la zona se han caracterizado por la contaminación de ríos y fuentes de agua, deterioro de suelos y consecuentes impactos en la espacialidad del territorio agrario, crecimiento de zonas periurbanas empobrecidas en forma desordenada alrededor de centros urbanos y aumento de minifundios y erosión por sobreexplotación de suelos.

La economía campesina de nuestro territorio se fundamenta especialmente en la crianza de animales para la obtención de leche y esto corrobora lo que plantea Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC.2023) la región Sierra concentra la mayor cantidad de cabezas de ganado, con un 54,8% del total nacional, seguida por la Costa con el 36,6 %, y la Amazonía con el 8,6 %. La producción diaria de leche a nivel nacional fue de 5,6 millones de litros en 2023. La provincia de Pichincha produce el 14% del total nacional, seguido por la provincia de Cotopaxi con el 12%, Chimborazo con el 11% y Tungurahua con el 10%.

A nivel de unidades productivas lecheras, las familias productoras enfrentan los problemas de degradación de suelos y agua y acceso a estos bienes naturales. Un estudio realizado a nivel de fincas en la zona del valle agrícola del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi realizado por (Guilcamaigua 2022) revela que la calidad del suelo y del agua en los sistemas productivos varían en función de su manejo. Algunas de las variables estudiadas mostraron la presencia de residuos de pesticidas en el agua de riego, contaminación por agrotóxicos, diferentes niveles y valores respecto a materia orgánica, macro y micronutrientes, PH, conductividad eléctrica, entre otras, comparados con sistemas naturales.

Estudios previos han demostrado que las disponibilidades de nutrientes para el pasto se ven afectadas por la calidad del suelo, y en efecto, estarían alterando la alimentación del ganado, puesto que, la falta de alimentación o su bajo contenido en nutrientes, estaría influyendo en el rendimiento de la producción lechera como en su calidad (Valencia y Augusto 2019). La producción lechera puede ser afectada por la falta de bienestar animal que a su vez está determinada, entre otros aspectos, por el tipo de alimentación; alimentación que tiene relación directa con la calidad de suelos y agua a nivel de los agroecosistemas (FEDEGAN 2021).

El sistema de producción lechera en Guaytacama y Toacazo es una fuente importante en la producción de alimentos para la subsistencia familiar, y en la generación de empleo para hombres y mujeres en estas comunidades. Conocer las condiciones de la calidad del suelo y el agua con miras a mejorar sus aspectos críticos puede aportar a aumentar la productividad, la salud del ganado y la sustentabilidad del sistema productivo de la leche.

En este contexto, la problemática central que motiva esta investigación es la necesidad de conocer el estado actual del suelo y el agua en su relación con la dinámica y funcionamiento del sistema productivo de la leche en las zonas de Guaytacama y Toacazo, a partir de metodologías accesibles, que permitan valorar la calidad de los recursos productivos y un manejo adecuado que permitan mejorar la producción lechera. Puesto que, la calidad de suelos

[y agua] son determinantes de la sustentabilidad en la agricultura y la calidad del ambiente, con la consecuente salud de plantas, animales y humanos (Ellerbeck 2023)

5. OBJETIVOS:

5.1.Objetivo General

Determinar el estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche de Guaytacama y Toacazo

5.2.Objetivos Específicos

Determinar las características físicas químicas de suelos en zonas productoras comunitarias.

Determinar el pH, CE, Temperatura, OD, de las fuentes hídricas utilizadas en las zonas productoras de Guytacama y Toacazo

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

Tabla 1.

Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MEDIO DE VERIFICACION
•Determinar las características físicas químicas de suelos en zonas productoras comunitarias.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Georreferenciación de la zona de estudio 2. Identificación de productores comunitarios 3. Muestreo de suelos y agua de zonas productoras comunitarias 4. Análisis de características físicas y químicas de suelo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zonificación de la zona de Estudio 2. Número de productores comunitarios para el estudio 3. Muestras de suelo y agua de productores 4. Suelos caracterizados con análisis físicos y químicos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lista de Productores 2. Muestras recolectadas y etiquetadas 3. Tabla de características físicas químicas por muestra
OBJETIVO 2	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MEDIO DE VERIFICACION
• Determinar el pH,CE,Temperatura,OD, de las fuentes hídricas utilizadas en las zonas productoras de Guytacama y Toacazo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar los puntos de muestreo 2. Determinar el pH, CE, Tempera, OD, en 40 puntos correspondientes a la zona de muestreo 3. Analizar los parámetros evaluados para el agua de riego 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muestras recolectadas, etiquetadas 2. Análisis de 4 parámetros de calidad de agua para riego 3. Parámetros de calidad del agua 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Base de datos 2. Tablas de los parámetros de la calidad del agua

Elaborado por: Nelly Pilliza, (2024).

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 El suelo

El suelo es el lugar de crecimiento y cohabitación de plantas y animales; en las zonas rurales es el lugar de producción de alimentos destinados a la población (Acosta 2007). El suelo es el medio de soporte para las plantas, proporciona el agua y los nutrientes para el crecimiento de las plantas, y el oxígeno a las raíces para la respiración (Casas 2012).

En su condición ideal un suelo posee cuatro componentes con proporciones definidas: 45% de material mineral, 5% de materia orgánica, 25% de aire, y 25% de agua; los materiales minerales provienen del proceso de descomposición de la roca madre por la acción de la lluvia, la nieve y el viento y los cambios de temperatura; el componente biótico del suelo comprende las plantas, los animales y la materia orgánica en contacto con los microorganismos (hongos y bacterias) que son los encargados de desintegrarla (Acosta 2007).

Las partículas minerales del suelo son las arenas, los limos y las arcillas; las arenas miden de 0.2 a 2.0 mm de diámetro, las partículas de limo miden 0.002 a 0.2 mm y las arcillas miden menos de 0.002 mm de diámetro; las partículas más pequeñas se llaman coloides y son capaces de cargarse eléctricamente, siendo este proceso de importancia para la fertilidad del suelo; las partículas que provienen de la descomposición de los seres vivos y de sus secreciones son los ácidos húmicos, el humus y la materia orgánica.

7.1.1 Calidad del suelo

La calidad del suelo se interpreta como la utilidad que tiene el suelo para un propósito específico en una escala de tiempo que puede ser amplia (Carter et al. 1997). El concepto de calidad del suelo ha sido relacionado con la capacidad del suelo para funcionar; incluye atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental (Cruz et al. 2004). El estado de las propiedades del suelo, que son sus características dinámicas, como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo definido constituyen la salud del suelo (Romig et al. 1995).

La calidad de suelos para el propósito de producción agrícola y pecuaria, podría definirse en base a Hartemink (2006), con los siguientes criterios: a) La pérdida de la fertilidad del suelo implica descensos en: niveles de Carbono orgánico del suelo, PH, Capacidad de intercambio catiónico y nutrientes; b) El componente principal a investigar es materia orgánica del suelo, junto a otros importantes componentes que revelan el contenido nutricional tales como

Nitrógeno total, Nitrógeno orgánico, Fósforo disponible, Calcio intercambiable, Magnesio y Potasio; c) La fertilidad del suelo se agota cuando se remueven cantidades de nutrientes superiores a los incorporados, y cuando aumenta o disminuye el pH debido a procesos de acidificación y/o presencia elevada de elementos tóxicos; d) La posible pérdida de nutrientes y características en el suelo se da por: remociones, adiciones, transferencias y transformaciones de elementos en el suelo.

Varias de las propiedades de los suelos agrícolas son heredados de su forma natural, no obstante, la mayoría de las propiedades vienen de la influencia del tipo de manejo de suelo y el cultivo presente, según Magdoff en 1992 (Garcés 2010, 58). Al respecto existe la preocupación de la contaminación generada por el uso de insumos fertilizantes y pesticidas en los modelos de producción intensivos. Los valores de referencia para parámetros de calidad de suelos o límites de detección de contaminantes se encuentran en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador, TULSMA, Libro VI, Anexo 2 (EC MAE 2015).

7.1.2 Parámetros de la calidad del suelo

Las variables para evaluar la calidad de los suelos o indicadores, representan una condición y generan información sobre los cambios o tendencias de esa condición (Dumanski et al. 1998). Adriaanse (1993) menciona que, los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificación, cuantificación y comunicación de fenómenos complejos. Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que en él ocurren (Soil Quality Institute SQI 1996). Hünнемeyer, Velozo, y Müller (1997) establecieron que los indicadores deberían permitir: (a) analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; (b) analizar los posibles impactos antes de una intervención; (c) monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas; y (d) ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible. (Hünнемeyer, Velozo, y Müller 1997)

7.1.3 Propiedades físicas del suelo

7.1.3.1 Textura

La textura constituye el tamaño y la proporción en que se encuentran las partículas minerales que forman el suelo determinando sus propiedades físicas en donde se incluyen la estructura, porosidad y el color. En lo que respecta a su textura se distinguen tres tipos de suelos: arena, arcilla y limo (Velázquez, 2022).

Según Villavicencio (2022) en los suelos arcillosos con partículas muy pequeñas, la fase gaseosa es baja y no hay espacio entre ellas para el oxígeno. Por lo tanto, la fase gaseosa será más alta en los suelos arenosos.

Sin embargo, el tamaño de las partículas y la textura del suelo también afectan la capacidad de retención de agua. Estos tres factores mencionados, además de depender del tamaño de las partículas, también dependen del nivel de agregados del suelo (BPA, 2020).

La textura muestra el porcentaje de partículas de limo, arena y arcilla en una muestra de suelo, las cuales tienen diferentes tamaños. Es importante considerar este indicador para conocer cuánta agua y aire retiene, así como la velocidad con que el agua se sumerge y atraviesa el suelo. (Villavicencio, 2022)

7.1.3.2 Estructura

La estructura del suelo constituye la forma en la que las partículas se unen para formar agregados. Ron (2022) sostiene que la permanencia estructural de los agregados del suelo se refiere a la capacidad de los agregados para mantener su forma cuando están expuestos a fuerzas inducidas artificialmente, como la humectación, el impacto de las gotas de lluvia, el flujo de agua o un proceso dispersivo específico. En otras palabras, representa la resistencia de los agregados a cualquier alteración. Carrera (2022) dice que la estructura del suelo se puede definir agrupando las partículas de arena, limo y arcilla. Cuando estas partículas se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se llaman agregados.

La estructura del suelo no es un parámetro estable, sino que puede variar en función de las condiciones climáticas, el manejo del suelo, los procesos edáficos, etc.

El suelo está compuesto por un conjunto de agregados de diferente tamaño y estabilidad y la unión de los agregados de suelo organizados en una forma geométrica definida constituyen estructura del suelo una de las características físicas más importantes del suelo a relación con su uso y manejo.

7.1.3.3 Estabilidad de agregados

La estabilidad de los agregados (EA) es la capacidad del suelo para mantener las características del espacio sólido y poroso cuando se exponen a procesos de deterioro, y se considera un buen indicador de la sostenibilidad del suelo, es un expositor de del nivel de erosión, la aeración, la actividad biológica y la emisión de carbono, todo esto es puede ser causado por las gotas de

lluvia, presencia de presiones mecánicas externas o internas, la explosión de aire atrapado por la humedad. (Tecnal, 2023)

7.1.4. Propiedades químicas del suelo

7.1.4.1 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es la propiedad que define la actividad vegetal y microbiana. Se mide en dSm^{-1} , ecológicamente es relevante para comparar entre límites superiores e inferiores para la actividad microbiana y vegetal (Friedman 2005) 1 (Cruz et al. 2004). La CE del suelo es una medida afectada por la combinación de contenido de agua del suelo, contenido de sales disueltas, contenido de arcillas, mineralogía y temperatura del suelo (Tarr et al. 2005). El suelo naturalmente tiene disueltas sales, por lo que la conductividad eléctrica puede ser muy baja pero nunca nula. Las sales son buenas para los organismos que las consumen disueltas en el agua, sin embargo, el exceso puede afectar tanto al crecimiento de las plantas como a la actividad de los microorganismos del suelo (Cremona y Enríquez 2020). El método tradicional para medir la CE de la solución de suelo es en el extracto de pasta de saturación (Friedman 2005).

7.1.4.2. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad efectiva de intercambio catiónico (*CIC eff.*) del suelo es una propiedad importante que refleja la capacidad de las superficies del suelo para adsorber cationes intercambiables al pH actual del suelo. Los cationes como Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} y H^+ son generalmente adsorbidos por superficies de suelo cargadas negativamente. A pH bajo, las arcillas son las principales responsables de esta adsorción. A medida que el pH aumenta, más cationes se adsorben a superficies de carga variable, como las arcillas, el alofano, la materia orgánica del suelo y los óxidos de Fe y Al.

La *CIC eff.* está estrechamente relacionada con la superficie disponible del suelo y refleja las superficies reactivas a las que el carbono orgánico del suelo (SOC) puede adsorberse. Esta capacidad se mide rutinariamente para evaluar la fertilidad del suelo y se informa en bases de datos a gran escala. Los cationes metálicos multivalentes, como Al^{3+} y Ca^{2+} , juegan un papel crucial en la estabilización del SOC al unir compuestos orgánicos a superficies minerales mediante puentes intercambiables y enlaces iónicos. La fuerza de estos enlaces depende del tamaño de la capa de hidratación y la valencia de los cationes, siendo los puentes con Ca^{2+} más estables que aquellos con cationes monovalentes (Zhao et al., 2020).

En suelos ácidos, el Aluminio es importante en la coordinación de la complejidad entre moléculas orgánicas y superficies minerales, mientras que el Fe^{3+} forma precipitados insolubles y el Ca^{2+} forma enlaces iónicos con ligandos que contienen oxígeno. Los cationes metálicos también pueden formar complejos organometálicos que provocan agregación y protegen físicamente la materia orgánica del suelo. Esta capacidad de intercambio catiónico es fundamental para entender la fertilidad y la estabilidad del SOC en diferentes condiciones ambientales (Solly et al., 2020).

7.1.4.5 Ph potencial hidrogeno

El potencial hidrógeno define la cantidad de iones H^+ libres en la solución del suelo. Se usa este criterio para determinar si el suelo es ácido o es alcalino. La escala de medición de pH tiene una escala que va del 1 al 14; siendo su valor neutro el 7. Los valores inferiores a 7 son ácidos y los mayores a 7 son alcalinos. Los suelos agrícolas presentan valores entre 3 y 10. Para el crecimiento de plantas el valor óptimo de pH es entre 6.0 y 7.5. Cada uno de los valores está calculado como una relación logarítmica, lo que quiere decir que para cambiar de un valor al siguiente tiene que incrementarse el número de iones en 10 veces respecto del anterior; por ejemplo, un valor de pH de 6 tiene 0.000001 y un valor de pH de 7 tiene 0.0000001 gramos de hidrógeno por litro de agua, es decir, 10 veces más hidrogeno. El pH es muy importante en la fertilidad del suelo, debido a que los nutrientes que las plantas absorben tienen que estar en solución y en forma de iones, el vehículo para la formación de nutrientes que puede absorber una planta depende de la cantidad de iones hidrógeno que haya en el agua (Acosta 2007)

7.1.4.6 Nitrógeno (N)

Para los sistemas agrícolas la incorporación de nitrógeno es esencial para la fertilidad del suelo y por tanto para la productividad vegetal (Cerón y Aristizabal 2012). El N no solo es uno de los constitutivos esenciales de moléculas necesarias para el crecimiento vegetativo, sino que además entra en la composición de la clorofila del cual depende la acumulación fotosintética y de diversas materias fitorreguladoras endógenas; el nitrógeno, estimula el follaje y el crecimiento del tallo, intensifica el color verde, además constituye el 40 o 50% de la materia orgánica del protoplasma de las plantas (Lalatta 1998).

El N, entra en la composición de todas las proteínas simples y compuestas que constituyen la principal parte del citoplasma de las células vegetales y entra en la composición de los ácidos nucleicos (ribonucleico ARN y desoxirribonucleico ADN), que juega un papel importante en el organismo, como también es parte importante de la clorofila o pigmentos verdes de las

plantas, plasma vital donde tiene lugar la función clorofílica asimiladora del carbono y la formación de azúcares, grasas, proteínas, vitaminas y hormonas; las plantas requieren de este nutriente desde el principio del ciclo hasta el final de mismo, siendo las épocas críticas: germinación, crecimiento, floración, emisión de brotes y desarrollo frutal (Rodríguez 2010).

7.1.4.7 Fosforo (P)

Según el manual integral de fertilidad de los suelos (1997) “el P es esencial para el crecimiento de las plantas, no puede ser sustituido por ningún otro nutriente, la planta debe tener P para cumplir su ciclo normal de producción, ya que es indispensable para el crecimiento de las raíces, hojas, flores y frutos, aumenta la resistencia a heladas, sequías, desempeña un papel importante en el desarrollo del sistema radical, interviene en la formación del tejido leñoso y además en la fructificación, formación y maduración del fruto, esencial en la formación de semillas”. Soria y Viteri (1999) mencionan que “el fósforo desempeña funciones claves en la fotosíntesis, en el metabolismo de los azúcares, en el almacenamiento y transferencia de la información genética, además promueve la formación inicial y el desarrollo de la raíz, el crecimiento de la planta y la formación de la semillas, ya que acumula la mayor parte de P como reserva nutritiva que contribuye durante la germinación de las mismas, a la formación del primer tallo y de la raíz primaria hasta que la nueva planta comienza a realizar las funciones de asimilación, contribuyendo a aumentar la resistencia de la planta a las enfermedades”. Según Pérez (2011) “la cantidad de P total del suelo, expresada como P_2O_5 , en raras ocasiones sobrepasa el 0,50% y puede clasificarse, como inorgánico y orgánico. El P inorgánico es suministrado por la meteorización de minerales como la apatita $Ca_5(PO_4)_3F$ y en menor proporción puede formar parte de la cadena de silicatos donde sustituye al silicio, o encontrarse en minerales neo formados. El P orgánico es de gran importancia para la fertilidad del suelo debido a que determinados compuestos orgánicos son una fuente indirecta de formas solubles. El humus y otros tipos de materia orgánica no humificada son la principal fuente de P orgánico en el suelo”. Rodríguez (2004) indica que “el P interviene en la formación de núcleo proteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos, tiene una gran importancia vital en la división celular, la respiración y la fotosíntesis, la síntesis de azúcar, grasas y proteínas, la acumulación de energía en los compuestos de ATP y NADP, en los fenómenos de fosforilación, ayudando a un mayor desarrollo radical, mayor crecimiento y desarrollo de la planta, acelerando la floración y la fructificación”.

7.1.4.8 Potasio (K)

Soria y Viteri (1999) mencionan que “la función básica del potasio es facilitar el rápido flujo de los productos de fotosíntesis dentro de la planta (floema), promoviendo de esta manera el almacenamiento de glucosa, oxígeno y energía en órganos como las semillas, los tubérculos y frutas. La investigación básica ha demostrado que la tasa de transporte de agua y nutrientes en el interior de tejidos conductores (xilema) se incrementa por efecto de un alto suplemento de potasio. Entre las funciones que se le atribuyen al elemento, está la de otorgar cierta tolerancia al estrés producido por cambios climáticos y condiciones desfavorables. Estimula la cantidad y extensión de la ramificación radical, además la elongación, la turgencia y la tasa de regeneración de la raíz”. Soria y Viteri (1999) mencionan que “el potasio es a menudo descrito como el elemento de la calidad en la producción de los cultivos, debido a la mejor utilización del nitrógeno y el incremento en la producción de proteínas; en el mejor tamaño de los granos, semillas, frutas y tubérculos; a la mejor forma de las semillas y tubérculos; mayor contenido de jugo, incremento del contenido de vitamina C, mejor color de frutas, uniformidad y maduración más rápida de frutas y otros cultivos, resistencia al daño físico en el transporte y almacenamiento”.

7.1.4.9 Calcio (Ca)

Soria y Viteri (1999) mencionan que “el calcio ayuda a convertir el $N-NO_3$, en formas necesarias para la formación de proteínas, activa un gran número de sistemas enzimáticos que regula el crecimiento de la planta, es necesario para la formación de la pared celular y para la división normal de la célula, junto con el Mg y el K, ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta producidos por la respiración”. a. Causas de deficiencias de calcio en el suelo: a) Suelos muy ácidos donde el pH es muy bajo. b) Suelos arenosos con contenidos muy bajos de calcio.

7.1.4.10 Sodio (Na)

Los suelos afectados por Na^+ y sales son comunes en las regiones semiáridas y áridas donde la precipitación anual es insuficiente para satisfacer las necesidades de evapotranspiración de las plantas, como resultado las sales del suelo no se disuelven, en vez de ello, se acumulan en cantidades que son perjudiciales para el crecimiento de los vegetales. Los problemas salinos no se limitan a zonas semiáridas o áridas, pueden también presentarse aún en regiones subhúmedas y húmedas en condiciones propicias (Bohn, McNeal, y O'Connor 1993)

7.1.4.11 Materia orgánica

La materia orgánica (N y C total) en el suelo es una propiedad que define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión. (Cruz et al. 2004). La materia orgánica en el suelo es importante desde el punto de vista nutrimental, como fuente de nutrimentos, y por ser un mejorador de las características físicas y almacén de energía para la vida microbiana del suelo. La forma de mantener un buen contenido de materia orgánica en el suelo es mediante la adición de abonos orgánicos y residuos vegetales e industriales apropiados y transformados como compost y vermicompost (Santos 2016).

7.2 Agua

El agua en el suelo es vida en el suelo como en el resto de los componentes del ecosistema, en el suelo existe gran cantidad de organismos que necesitan el agua para hacer sus funciones vitales, ayuda a la descomposición de la materia entre otras funciones necesarias para que se complete el ciclo del flujo de energía (Rivera y Dallatorre 2018). El conocimiento del contenido de agua del suelo tiene gran importancia tanto en aspectos agrícolas como hidrológicos, afectando el rendimiento de los cultivos, las prácticas de manejo agrícola y un amplio rango de procesos físicos y químicos en el suelo (Jong y Bootsma 1996).

7.2.1 Calidad del agua para riego

Por sus características estructurales, el agua disuelve y mantiene en suspensión un gran número de sustancias, algunas de las cuales son potencialmente tóxicas para las plantas, por lo que su acumulación (ya sea o no directamente tóxica) genera problemas en los vegetales por efecto salino (Kalaji y Pietkiewicz 1993). En este sentido, uno de los factores más importantes en la producción intensiva de cultivos después de la disponibilidad del agua, es su calidad (Bojórquez, s. f.), la cual se puede dividir en química y agronómica.

La calidad química del agua, que puede tener un uso muy amplio, está dada por las cantidades de sales y la proporción de diferentes iones que ésta tiene en solución; su conocimiento permite determinar si se puede recomendar con fines domésticos, industriales, pecuarios y/o agrícolas (Gómez, Muñoz, y Rodríguez 2015). El problema frecuente en el caso del riego de cultivos, es que generalmente no se especifica con qué calidad química se debe utilizar el agua, sino que solamente se da importancia a la calidad agronómica determinada por: cultivo a regar, condiciones climatológicas, métodos de riego, condiciones de drenaje del suelo y prácticas de manejo de agua, suelo y plantas (Aceves 2011).

Sin embargo, la calidad del agua para riego, también está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contenga; por lo tanto, esta calidad es una consideración fundamental para la investigación de las condiciones de salinidad o contenido de sodio intercambiable en cualquier zona de riego (Gómez, Muñoz, y Rodríguez 2015).

7.2.1 Parámetros de la calidad agua para riego

Por sus características estructurales, el agua disuelve y mantiene en suspensión un gran número de sustancias, algunas de las cuales son potencialmente tóxicas para las plantas, por lo que su acumulación (ya sea o no directamente tóxica) genera problemas en los vegetales por efecto salino (Kalaji y Pietkiewicz 1993). En este sentido, uno de los factores más importantes en la producción intensiva de cultivos después de la disponibilidad del agua, es su calidad (Bojórquez, s. f.), la cual se puede dividir en química y agronómica.

La calidad química del agua, que puede tener un uso muy amplio, está dada por las cantidades de sales y la proporción de diferentes iones que ésta tiene en solución; su conocimiento permite determinar si se puede recomendar con fines domésticos, industriales, pecuarios y/o agrícolas (Gómez, Muñoz, y Rodríguez 2015). El problema frecuente en el caso del riego de cultivos, es que generalmente no se especifica con qué calidad química se debe utilizar el agua, sino que solamente se da importancia a la calidad agronómica determinada por: cultivo a regar, condiciones climatológicas, métodos de riego, condiciones de drenaje del suelo y prácticas de manejo de agua, suelo y plantas (Aceves 2011).

Sin embargo, la calidad del agua para riego, también está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contenga; por lo tanto, esta calidad es una consideración fundamental para la investigación de las condiciones de salinidad o contenido de sodio intercambiable en cualquier zona de riego (Gómez, Muñoz, y Rodríguez 2015).

La calidad del agua de riego depende de la cantidad y tipo de sales presentes, siendo los principales problemas el aumento de salinidad, reducción de permeabilidad y presencia de iones tóxicos. Los parámetros de calidad del agua más importantes para el riego y el uso agrícola son el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura. Estos parámetros son fundamentales porque influyen directamente en la salud y el crecimiento de las plantas, tal como se evidencia a continuación en la siguiente tabla

Tabla 2.

Criterios de calidad del agua en uso agrícola (PH, CE, OD, Temperatura)

Parámetro	Rango ideal	Rango aceptable	Efectos en el riego
pH	6-9	5,5-8,5	Afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Un pH muy ácido o muy alcalino puede ser tóxico para las raíces.
Conductividad eléctrica	0.0 a 1.0 mmhos/cm	1.0 a 2.0 mmhos/cm	Mide la cantidad de sales disueltas en el agua. Una CE alta puede afectar la absorción de agua por las plantas y aumentar el riesgo de salinidad del suelo.
Oxígeno disuelto	Mayor a 5 mg/L	Mayor a 4 mg/L	Es esencial para la respiración de las raíces. Un nivel bajo de OD puede provocar estrés en las plantas.
Temperatura	15 a 25 °C	10 a 30 °C	Afecta la tasa de transpiración y la absorción de nutrientes. Temperaturas extremas pueden dañar las plantas.

Fuente: Adaptado de (Bwire et al., 2020; Ramos et al., 2022)

Elaborado por: Nelly Pilliza, (2024)

Conocer la calidad del agua de riego es crucial para los agricultores, ya que parámetros como el pH, la conductividad eléctrica (CE), el oxígeno disuelto (OD) y la temperatura influyen directamente en la salud y productividad de los cultivos. El pH afecta la disponibilidad de nutrientes y la salud de las raíces, mientras que la CE estima la cantidad de sales disueltas, crucial para evitar la salinidad del suelo. El OD es vital para la respiración de las raíces y la actividad de los microorganismos del suelo, y la temperatura impacta la transpiración, la absorción de nutrientes y la actividad biológica. Estos parámetros son fáciles de medir con

herramientas accesibles y proporcionan información esencial para que los agricultores puedan tomar decisiones informadas sobre el manejo del agua de riego, ajustando prácticas y seleccionando cultivos adecuados para optimizar la producción agrícola (Bwire et al., 2020; Ramos et al., 2022).

7.2.1.1 Aplicaciones móviles

7.2.1.2. Gestor de recursos terrestres - SLAKES

Esta versión de la aplicación Slakes ha sido desarrollada por Soil Health Institute que brinda acceso abierto a un método confiable para calcular la estabilidad de agregados, uno de los indicadores de la salud del suelo que se miden con más frecuencia. Se fotografían tres agregados de suelo secados al aire al principio y al final de una inmersión de 10 minutos en el agua. En donde el área del suelo de ambas imágenes estima automáticamente utilizando un algoritmo umbral de píxeles en la aplicación del teléfono. Siendo así un índice de estabilidad de agregados adimensional calculando la relación entre el área inicial y final del suelo. Los valores del índice oscilan entre 0.1 – 1 los valores más altos indican mayor estabilidad de agregados (Soil Health Institute , 2024).

7.2.1.3 Tes de mediciones rápidas

7.2.1.4 Ionómetros (LAQUAtwin)

7.2.1.5 Multiparametro HANNA

Los multiparámetros Hanna se caracterizan por su diseño intuitivo y fácil de usar, lo que los hace accesibles para productores con distintos niveles de experiencia técnica. Las instrucciones de uso son claras y sencillas, y la interfaz de usuario suele ser amigable y fácil de navegar. La calibración de los sensores de los multiparámetros Hanna es un proceso sencillo y rápido, que puede realizarse utilizando soluciones de calibración estándar fácilmente disponibles, garantizando mediciones consistentes y precisas. Ofrece una amplia gama de multiparámetros para satisfacer las necesidades específicas de cada productor, con modelos que presentan diferentes combinaciones de parámetros, rangos de medición y características adicionales como registro de datos, conectividad Bluetooth o GPS. Además, brinda un excelente soporte técnico a sus clientes, ofreciendo asistencia para la selección del equipo adecuado, el uso de los instrumentos y la interpretación de los resultados.

Las características más importantes que determinan la calidad del agua para riego son: 1) la concentración total de sales solubles; 2) la concentración relativa de sodio con respecto a otros

cationes; 3) la concentración de boro u otros elementos que puedan ser tóxicos y 4) bajo ciertas condiciones, la concentración de bicarbonatos con relación a la concentración de calcio más magnesio (Richards 1985), y 5) presencia y concentración de Fe y Mn (Castellanos et al. 2002). Ciertos constituyentes del agua emergen como indicadores de problemas en su calidad cuando ésta se usa por periodos prolongados (Ayers y Wescot 1994). Algunos indicadores de calidad del suelo se refieren a su calidad desde un enfoque ambiental, algunos de ellos son pH, CE y oxígeno disuelto

7.2.2 Ph (Potencial Hidrogeno)

El pH del agua de riego es una variable muy importante, ya que determina las concentraciones relativas de las especies disueltas de carbonato (Baccaro et al. 2006). Se mide el grado de acidez o basicidad de una disolución acuosa mediante de la siguiente relación: $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$. Las sustancias disueltas pueden alterar el equilibrio de disociación del agua, alterando por lo tanto el pH. Aguas con $\text{pH} < 7$ suelen ser acidas, $\text{pH} > 9$ son salinas lo cual inciden negativamente en la absorción de nutrientes para en las plantas (Custodio y Llamas 2001).

7.2.3 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) del agua mide su capacidad para transmitir corriente eléctrica, la cual depende de la concentración y movimiento de iones disueltos en el agua. El agua disuelve sales minerales en forma de iones que conducen la electricidad, por lo que una alta CE indica una alta concentración de iones. La CE también afecta al crecimiento de las plantas y se mide a una temperatura de referencia de 25 °C. La medición de CE requiere considerar la presencia de iones disueltos, sus concentraciones, estados de valencia, movilidad y temperatura, y se expresa en unidades de $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Muhammad & Aamir, 2020). Se estima que, el valor idóneo de CE para agua de regadío debe ser menor a 2,25 mmhos/cm (Mandal et al., 2018).

Este parámetro se relaciona de manera directa con la salinidad del agua. El exceso de sal en el suelo aumenta la presión osmótica de la solución, lo que puede provocar sequía fisiológica, donde las plantas se marchitan a pesar de que el suelo parezca húmedo. Esto ocurre porque un alto potencial osmótico impide que las raíces absorban el agua y el agua perdida por transpiración no puede ser reemplazada (Mohamed et al., 2018). La clasificación de la salinidad del agua se detalla a continuación:

Tabla 3.

Clasificación de la Salinidad del Agua

Clasificación	Rango de CE (mmhos/cm)	Efectos en el suelo y las plantas
Agua dulce	< 1.0	Baja salinidad, apta para la mayoría de los cultivos.
Agua ligeramente salina	1.0 a 2.0	Puede afectar cultivos sensibles a la salinidad.
Agua moderadamente salina	2.0 a 4.0	Requiere prácticas de manejo específicas para mitigar la salinidad.
Agua muy salina	4.0 a 8.0	Solo apta para cultivos tolerantes a la salinidad.
Agua salina extrema	> 8.0	No apta para la mayoría de los cultivos.

Nota: Adaptado de (Abdulwahed et al., 2018; Mandal et al., 2018)

Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

Determinar si la salinidad del agua de riego es adecuada depende de varios factores, incluyendo el tipo de cultivo, la tolerancia del suelo a las sales y las prácticas de manejo empleadas. Generalmente, el agua de riego se considera apta para la mayoría de los cultivos si su conductividad eléctrica es inferior a 1 dS/m. Sin embargo, algunos cultivos son más sensibles a la salinidad; por ejemplo, cítricos, hortalizas y ciertos frutales pueden verse afectados por niveles de CE de hasta 0.5 dS/m, mientras que cultivos como la remolacha, la alfalfa y algunas gramíneas forrajeras pueden tolerar niveles de CE de hasta 2 dS/m o más. La tolerancia del suelo a las sales también es crucial, ya que suelos con buena estructura y drenaje pueden soportar mayores niveles de salinidad en comparación con suelos arcillosos o mal drenados (Abdulwahed et al., 2018; Mandal et al., 2018).

7.2.4 Oxígeno disuelto

Es la concentración de oxígeno en el agua por debajo del límite de saturación, en condiciones de campo (elevación y temperatura), según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del

Ministerio de Ambiente (EC MAE 2015). Mide la capacidad oxidante de varios tipos de elementos en su forma reducida y cambia su solubilidad (Custodio y Llamas 2001).

Existe una relación entre el uso de la tierra y los parámetros fisicoquímicos del agua, ocurre un aumento de la conductividad y una disminución del oxígeno disuelto a medida que se intensifican las actividades humanas; el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica y el pH fluctúan de acuerdo al régimen de lluvias, los cambios drásticos de estos factores se producen en épocas de disminución del río, con la afectación de su capacidad de dilución natural; las actividades agroindustriales, industriales y domésticas que contaminan el agua están relacionadas con valores bajos de oxígeno disuelto; las concentraciones menores de OD afectan el funcionamiento y supervivencia de comunidades biológicas, pudiendo llevar a la muerte de la ictiofauna (Castro, Fraile, y Vargas 1996).

7.2.5 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos.

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

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

9. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

9.1. Investigación campo

La investigación es de campo, ya que la recolección de las muestras se realizó directamente en el lugar de los productores de las parroquias Guaytacama y Toacazo

9.1.2. Investigación descriptiva

Procedimiento basado en detallar y explicar el objetivo de estudio centrado, se describieron directamente los datos obtenidos en campo y características del proyecto de investigación.

9.3. Área de estudio

La parroquia de Guaytacama, ubicada en la provincia de Cotopaxi, se sitúa a 12 kilómetros al norte de Latacunga. Se extiende sobre una superficie de 37 kilómetros cuadrados,

equivalentes a 3700 hectáreas, caracterizadas por un suelo arenoso, apto para la agricultura y altamente productivo. Esta zona se encuentra a una altitud de 2906 metros sobre el nivel del mar. Guaytacama limita al norte con las parroquias Toacaso y Tanicuchi, al sur con San Felipe y Poaló, al este con el río Cutuchi, que la separa de las parroquias Mulalo y Aláquez, y al oeste con el cantón Saquisilí (49).

La parroquia de Toacaso se encuentra ubicada en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi sus límites son: al Norte: limitado por la parroquia Pastocalle y Chaupi, Sur: limitado por Saquisilí, Tanicuchí y Guaytacama, Este: limitado por Tanicuchí, Oeste: limitado por el Cantón Sigchos. Cuenta con 38 comunidades compuesta por el 70% de 15 población indígena y el 30% de población mestiza.

El proyecto de investigación se desarrolló en la parroquia de Guaytacama y Toacazo pertenecientes a la provincia de Cotopaxi.

Figura 1.

Mapa de área de estudio.



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

9.3.1. Metodología de la investigación

9.3.2. Identificación y Georreferenciación de la zona de estudio

La identificación de la zona de estudio se la realizó mediante la visita insitu a los productores establecidos en la base de datos proporcionada por el proyecto mejoramiento genético comunitario.

Para la georreferenciación de la zona se utilizará un GPS (sistema de posicionamiento global) con el cual determinamos las coordenadas UTM de cada uno de los sitios de muestreo de suelo y agua de los productores comunitarios de leche. Con estas coordenadas utilizamos google maps y delimitamos la zona y elaboramos un mapa.

9.3.3. Muestreo de suelos y agua de zonas productoras comunitarias

Esta investigación se basó y fue complementado en el protocolo de tomas de muestras de suelo inferido por (Arévalo & Gauggel, 2019).

9.3.4. Muestreo de suelo

1. Se reconoció las áreas donde se tomarán las muestras, con la ayuda de un barreno se tomó 6 submuestras a una profundidad de 20cm, en la cual se mezcló y se recolectó una submuestra de 2 kg de cada área

Fotografía 1.

Muestreo de suelo

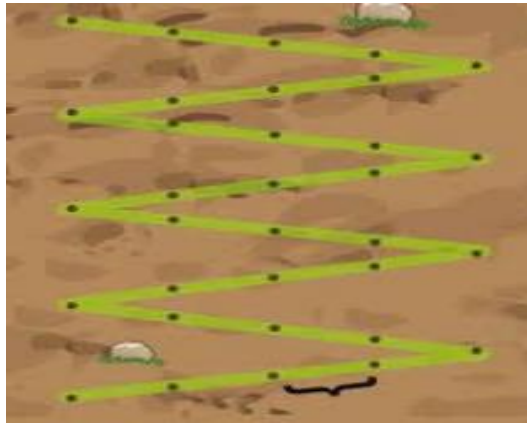


Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

2. El muestreo fue en forma de zigzag hasta tener una muestra considerable de suelo.

Fotografía 2.

Método de Muestreo zigzag



Fuente: (Rafaela, s. f.)

3. Para el etiquetado de las muestras se usó los códigos de la letra GT (Guaytacama) y TC (Toacazo)

Fotografía 3.

Etiquetado de las muestras



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

9.4. Análisis de características físicas y químicas de suelo

9.4.1. Análisis de características físicas

9.4.2. Metodología para la determinación de índice de estabilidad de agregados.

Para la determinación de este índice utilizaremos la aplicación slakes, Este método produce resultados cuantitativos en 10 minutos, es una aplicación gratuita que solo requiere un teléfono inteligente, una placa de Petri, un soporte para teléfono y agua destilada. Este método para cuantificar la estabilidad de agregados (*Flynn et al., 2020; Stewart et al. 2018*).

Materiales y equipos

- Cajas Petri de vidrio
- Agua destilada
- Espatula
- Pinzas
- Teléfono móvil con la aplicación Slakes

Procedimiento

1. Se requiere que la muestra de suelo para esta práctica debe estar previamente seca al ambiente por 24 horas.
2. Se descarga la aplicación Slakes de forma gratuita en Play Store.

Fotografía 4.

Aplicación Slakes

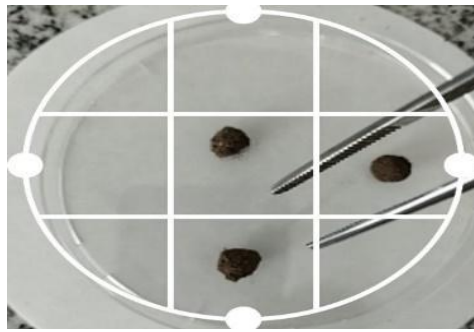


Fuente: Changoluisa N.R, (2024)

3. Se procede a tomar trípode a la 15 – 20 cm de altura para tomar la fotografía.
4. En una caja Petri se añade 3 agregados de 4 a 8 diámetros de ancho en forma triangular.

Fotografía 5.

Agregados en forma triangular

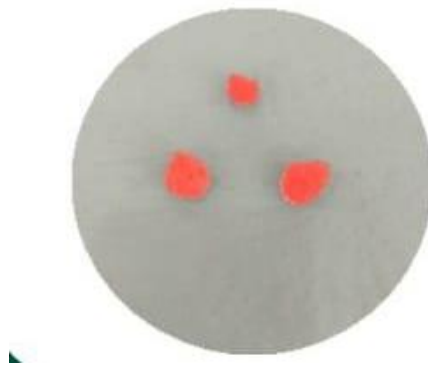


Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

5. Se procede a toma la primera foto de los agregados ajustando el color solo en la base que corresponda a estos.

Fotografía 6.

Ajuste de color, base de los agregados



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

6. Por consiguiente, se toma la segunda foto, pero en esta debe ser añadida agua destilada hasta que cubra por su totalidad los agregados. Donde cambiara su forma por el contacto con el agua, pero no tiene inferencia en el resultado.

Fotografía 7.

Añadir agua destilada a los agregados

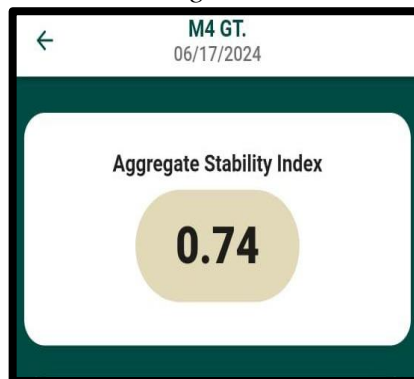


Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

7. Se debe esperar por 10 minutos en la aplicación, sin mover el celular en ningún momento y realice su análisis dando así un resultado donde valores cercanos al 1 el suelo es altamente estable y menores 0,50 tiene baja estabilidad de agregados.

Fotografía 8.

Resultado del agredo



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

Tabla 4.

Interpretación de la estabilidad de agregados del suelo

CALIFICACIÓN DEL DIÁMETRO MEDIO PONDERADO DMP (mm)	Estabilidad estructural
>0.5	Inestable
0.5 – 1.5	Ligeramente estable
1.5 – 3.0	Moderadamente estable
3.0 – 5.0	Estable
<5	Muy estable

Fuente: (Gómez, 2013)

9.5. Análisis de las características químicas del suelo

9.5.1. Metodología para determinación de pH en laboratorio

Para la determinación vamos a utilizar la solución acuosa, ionometro pH LaquaTwin PH-3

Materiales y equipos

- Vaso de precipitación de (50ml)
- Agua destilada
- Probeta
- Pila agitadora
- Balanza de precisión
- Agitador magnético
- Ionometro

Procedimiento

1. Pesar 10gr de suelo seco al aire, después se procede a tamizar, (tamiz 2ml).

Fotografía 9.

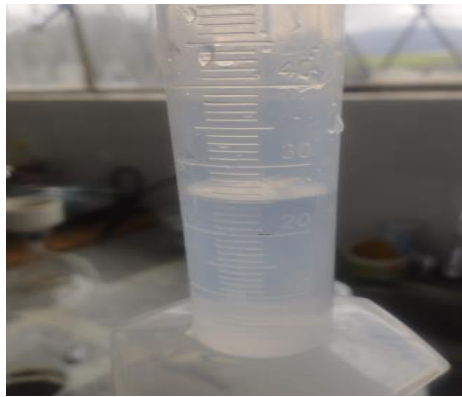
Peso de la muestra de suelo



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

2. Una vez tamizado introducir la muestra en un vaso de precipitación de 50ml
3. Después se procede añadir 25ml de agua destilada

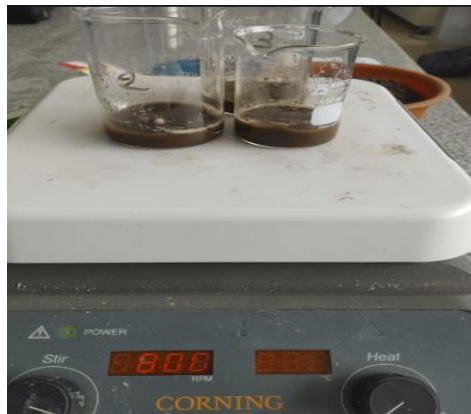
Fotografía 10.
25ml de agua destilada



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

4. Una vez añadido el agua introducir los agitadores en la suspensión
5. Durante 30 min dejar agitar en el agitador magnético, dejar reposar por 10 minutos para de esta manera lograr el equilibrio iónico.

Fotografía 11. *Agitar 30 min en el Agitador magnético*



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

Colocar máximo tres gotas en el Ionómetro para poder determinar el pH.

Fotografía 12.

Colocar tres gotas en el ionometro



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

Tabla 5.

Interpretación de resultados pH del suelo

pH	Rango
Muy fuertemente Ácido	Menor a 4.5
Fuertemente Ácido	4.6 a 5.5
Medianamente Ácido	5.6 a 6
Ligeramente Ácido	6.1 a 6.5
Neutro	6.6 a 7.3
Ligeramente Alcalino	7.4 a 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 a 8.4
Fuertemente Alcalino	8.5 a 9
Muy fuertemente Alcalino	Mayor a 9.1

Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

9.6. Metodología extracción de pasta saturada del suelo para la determinación de Nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, sodio, conductividad eléctrica.

El extracto de pasta saturada (SPE, saturated paste extract) consiste en la extracción de una pequeña fracción de los nutrientes presentes en una muestra de suelo, para determinar estos elementos (N, P, K Ca, Na, CE), se utilizó el método propuesto por, *Ibáñez Asensio*

Materiales y equipos

- Tamiz 60 (250mm)
- Agua destilada

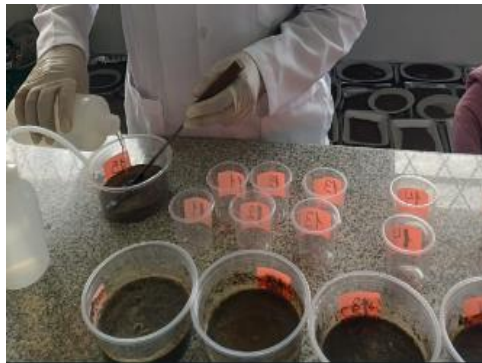
- Papel film
- Papel filtro
- Espátula
- Ionómetros
- Balanza analítica
- Embudo buchner
- Kitasato
- Bomba de vacío

Procedimiento

1. Tener 200 gr de muestra de suelo de cada muestra, mantener en reposo la muestra 24 horas antes del procedimiento a continuación, tamizar la muestra en el número de tamiz 60.
1. Elaborar una mezcla entre el suelo y el agua destilada mezclar con la espátula hasta obtener la mezcla tipo lodo, debe dar como resultado una pasta brillante para comprobar que se haya realizado de manera correcta, con la espátula realizamos un corte transversal en la mitad de la mezcla si se cierra o se vuelve unir uniformemente será válida.

Fotografía 13.

Elaboración de la pasta saturada

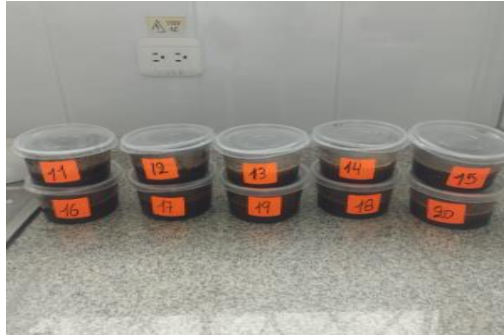


Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

2. Tapar la mezcla con plástico Stretch Film y dejar en reposo por dos horas.

Fotografía 14.

Reposo de la muestra



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

3. Después de esperar el debido reposo de las muestras, procedemos a tomar la muestra y añadir en el embudo Buchner colocando en su base un papel filtro para evitar pérdidas de extracción, consecuentemente se conectó a la bomba al vacío. Se esperó alrededor de 5 minutos para obtener los mililitros de agua de la pasta que se requiera.

Fotografía 15.

Extracción de la pasta saturada



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

4. Extraer la muestra de la botella de vidrio en una de plástico.

Fotografía 16.

Extracción de la muestra



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

- Colocar máximo tres gotas en los Ionómetros para poder determinar cada uno de los parámetros a medir.

Fotografía 17.

Colocar tres gotas en los ionometros



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

Tabla 6.

Interpretación de resultados niveles de nutrientes en ppm.

Nutrientes	Niveles en ppm		
	Bajo	Medio	Alto
Potasio(k)	<76	76-150	>150
Calcio (Ca)	< 41	41-140	>140
Sodio (Na)	<80	80-400	>400
Nitrógeno (N)	<500	500-4000	>4000
Conductividad Eléctrica	<500 dS/m	500-1000 dS/m	>1000 dS/m

Fuente:(INIAP, 2014)

Elaborado por: Pilliza Nelly

9.7. Metodología para determinación de materia orgánica por el método de calcinación.

Para el método de la determinación de la materia orgánica por calcinación se utilizó el método propuesto por Walkley y Black

9.7.1. Preparación de la muestra

Se pesó 100 gr de suelo y posteriormente tamizado a 2 mm se secó los 100 gr de suelo tamizado dentro de la estufa a 105 °C durante 24 hrs. (esto es para eliminar el agua de la muestra de suelo para asegurarnos que la pérdida de peso que sufra la muestra de suelo en la mufla, corresponda únicamente a la calcinación de la materia orgánica).

9.7.2. Preparación de los crisoles

Se introdujeron los crisoles de 50ml dentro de la mufla durante 2 horas a una temperatura de 430 °C. (Esto es para eliminar la humedad de los crisoles). Puestos los guantes térmicos posteriormente sacar los crisoles con ayuda de las pinzas. Y poner los crisoles directo al desecador hasta que alcance una temperatura ambiente.

A continuación, se pasó a pesar el crisol en la balanza analítica de precisión y así estableciendo el peso del crisol total. Y posteriormente anotar el peso total de cada crisol.

Finalmente enmarcar con ayuda de un lápiz cada crisol porque cada crisol tiene su peso.

Materiales y equipos

- Tamiz 2mm
- Espátula
- Crisoles
- Pinzas
- Guantes de cocina
- Desecador
- Balanza analítica
- Estufa

Procedimiento

1. Tener 100 gr de suelo y posteriormente tamizar a 2 mm.
2. Secar los 100 gr de suelo tamizado introduciéndole en la estufa a 105 °C durante 24 horas.
3. Introducir los crisoles dentro de la mufla durante 2 horas a una temperatura de 430 °C, esto es para eliminar la humedad de los crisoles.

Fotografía 18.

Introducir los crisoles dentro de la mufla



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

4. Anotar el peso total de cada crisol y enmarcar el número de muestra

Fotografía 19.

Pesar el crisol



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

5. Pesar en la balanza analítica de precisión 5 gr de la muestra de suelo para consiguiente ser añadida al crisol.

Fotografía 20.

Pesar 5gr de la muestra de suelo



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

6. Poner los crisoles con los 5 gr de suelo dentro de la mufla a 430 °C por 2 horas.

Fotografía 21.

Introducir en la mufla los crisoles con los 5gr de suelo



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

7. Extraer el crisol con la muestra de suelo y dejar en el desecador para que alcance la temperatura ambiente.

Fotografía 22.

Extraer el crisol con la muestra de suelo



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

8. Finalmente se pesó de nuevo los crisoles con los gr de suelo anotando el peso final después de estar dentro de la mufla a 430 °C.

Para el cálculo de materia orgánica una vez ya obtenido el valor por el método de calcinación se procedió a utilizar la fórmula.

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

Fuente: Recuadro de Pina & de Armas, (2015).

$$\% \text{ materia orgánico} = \frac{(\text{Peso } 105^{\circ}\text{C (gr)} - \text{Peso } 430^{\circ}\text{C (gr)})}{\text{Peso } 430^{\circ}\text{C (gr)}} * 100$$

Fuente: Recuadro de Pina & de Armas, (2015).

Dónde:

Peso 105°C (gr)

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

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

Dónde:

Peso 430°C (gr)

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

Tabla 7.

Interpretación del porcentaje de materia orgánica del suelo (MO)

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

Fuente: Recuadro de Pina & de Armas, (2015).

Elaborado por: Pilliza Nelly

9.8. Análisis de características de agua

9.8.1. Muestreo del agua

Para el muestreo se utilizó la metodología de muestreo simple que consiste en tomar las muestras de un lugar determinado para su análisis individual.

Se recolecto 40 muestras de agua de cada parcela de los productores de Guaytacama y Toacazo.

9. Se recolecto 250ml de agua de los 40 puntos de muestreo en los envases desechables con tapas

Fotografía 23.

Toma de muestra de agua



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

2. Sellamos bien los envases con las tapas y cubrimos con papel film cada envase y etiquetamos con fecha, lugar, numero de muestra, y parámetros

4. Colocamos en un cooler con hielos para mantener fresca la muestra hasta llegar al laboratorio UTC. Salache.

Fotografía 24.

Muestras de agua recolectadas



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

9.8.2. Determinar el pH, CE, Temperatura, OD.

Para la determinación de indicadores utilizaremos el equipo multiparámetro HANNA HI9829-00041 donde se analizaron los parámetros del PH, CE, OD, Temperatura °C recomendados para el análisis de calidad para riego con la Normativa Tulsma.

Procedimiento:

1. Destapamos los envases las muestras recolectadas de los puntos de muestreo.

Fotografía 25.

Muestras de agua para análisis



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

2. Con ayuda del agua destilada remojamos para calibrar en cero.
3. En cada muestra ya calibrada el multiparámetro se coloca en el agua marcando los datos para el análisis en la pantalla.
4. Registro de datos con las unidades en estudio.

Fotografía 26.

Análisis de las muestras agua recolectadas



Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024)

Tabla 8.

Parámetros de estudio

MULTIPARAMETRO_HANNA H198194		
Nombres	Parámetros	Rangos (TULSMA)
1) Potencial de Hidrógeno	pH	6-9
2) Conductividad Eléctrica	EC (mmhos/cm)	0,7- 3,0 (mmhos/cm)
3) Oxígeno Disuelto	OD%	60 %- 101%
4) Temperatura °C	T°C	10-30°C

Fuente:(TULSMA.pdf, s. f.)

Elaborado por: Pilliza Nelly, (2024).

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Resultados de las características físicas del suelo.

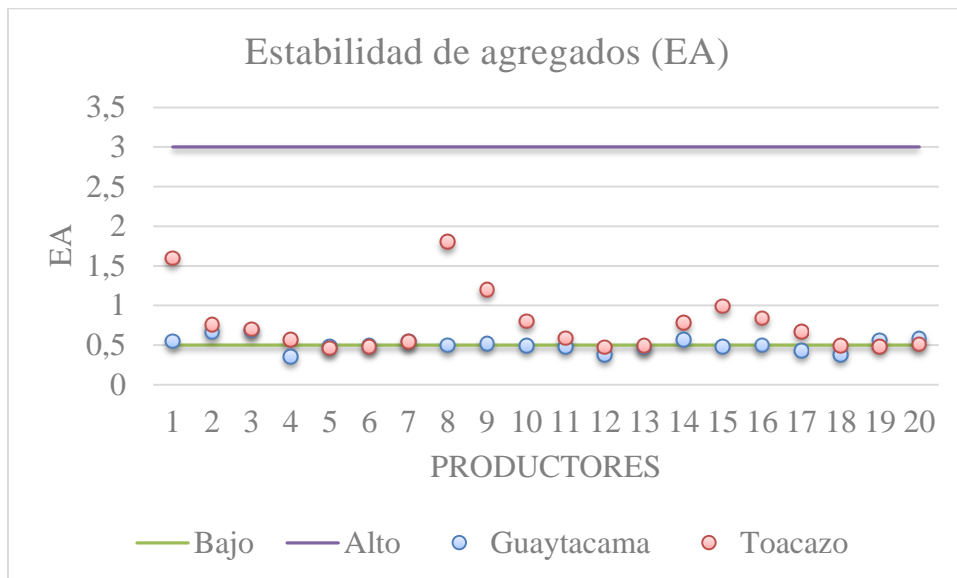
10.1.2. Análisis de Estabilidad de agregados (EA)

Los datos de la Estabilidad de agregados en el suelo se presentan en la Figura 2 y corresponden a las localidades de Guaytacama y Toacazo. En Guaytacama el 50% de las muestras son estables y el 50% son inestables. En Toacazo el 70% de muestras son estables y el 30 % son inestables (Anexo 1, Tabla 1).

De acuerdo a Gabioud, Wilson, y Sasal (2011) los factores que estarían afectando la estabilidad de los agregados pueden ser: la materia orgánica, ya que un mayor contenido de materia orgánica generalmente mejora la estabilidad; la textura del suelos, debido a que suelos con mayor contenido de arcilla tienden a tener agregados más estables; el manejo del suelo, porque prácticas agrícolas, como compactación debido a que el cultivo tiene más de tres años de establecimiento lo que está afectando la estabilidad. En la zona se encuentran presentes estos factores con distintas especificidades.

Figura 2.

Estabilidad de agregados en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 9, se presenta el análisis estadístico de los datos de estabilidad de agregados (EA). En Guaytacama, la media o valor central de los datos de la estabilidad de agregados es 0,51, mientras que en Toacazo es 0,76. El error típico mide la variabilidad de los datos alrededor de la media y en Guaytacama, el error típico es 0,02, y en Toacazo es 0,08. La mediana es en Guaytacama 0,50, y en Toacazo 0,63. Siendo este el valor que divide los datos en dos partes iguales. La moda en ambos lugares es 0,48 y es el valor más frecuente en los datos. La desviación estándar es en Guaytacama 0,09, y en Toacazo, es 0,38 indicando bajo grado de dispersión de los datos alrededor de la media. La varianza de la muestra es en Guaytacama 0,01, y en Toacazo, es 0,14 indicando baja variación de los datos entre sí. La *curtosis* mide la forma de la distribución de los datos, en Guaytacama, es 0,34, y en Toacazo, es 2,68. El *coeficiente de asimetría* indica si la distribución es simétrica o sesgada, en Guaytacama, es 0,25, y en Toacazo, es 1,78. Estos datos estadísticos sugieren que la estabilidad de agregados en Toacazo es mayor que en Guaytacama, con una mayor dispersión y asimetría en Toacazo.

Tabla 9.*Análisis estadístico de EA en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.*

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	0,51	Media	0,76
Error típico	0,02	Error típico	0,08
Mediana	0,50	Mediana	0,63
Moda	0,48	Moda	0,48
Desviación estándar	0,09	Desviación estándar	0,38
Varianza de la muestra	0,01	Varianza de la muestra	0,14
Curtosis	0,34	Curtosis	2,68
Coefficiente de asimetría	0,25	Coefficiente de asimetría	1,78
Rango	0,34	Rango	1,34
Mínimo	0,35	Mínimo	0,46
Máximo	0,69	Máximo	1,8
Suma	10,11	Suma	15,22
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de confianza(95,0%)	0,04	Nivel de confianza(95,0%)	0,18

Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

10.2. Resultados de las características químicas del suelo

10.2.1. Análisis de pH en el suelo

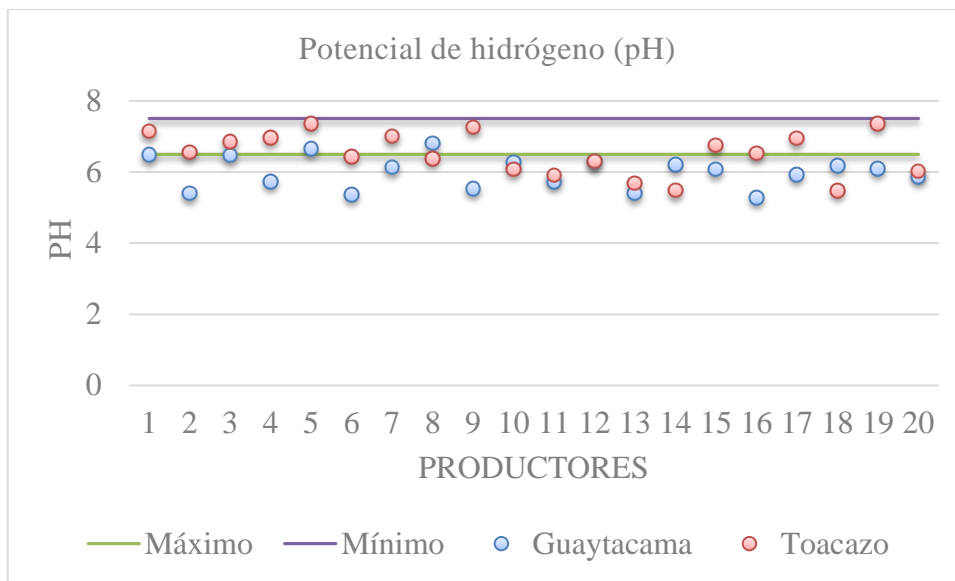
Los datos de pH del suelo de las zonas de Guaytacama y Toacazo se representan en la Figura 3. En Guaytacama, el 40% de los productores tienen suelos neutros, mientras que el 30% tiene suelos ácidos. En Toacazo, el 60% de los productores tiene suelos neutros y el 40% tiene suelos ácidos. Aproximadamente el 60% de los valores están dentro del rango de pH entre 6,5 y 7,5, mientras que el 40% está fuera de este rango. Aproximadamente el 57.89% de los valores en Guaytacama y el 62.5% de los valores en Toacazo están dentro del rango de pH entre 6,5 y 7,5. Los valores fuera de rango tienden en su mayoría a la acidez (Anexo 2, Tabla 2).

El pH del suelo afecta significativamente el crecimiento de las plantas. Influye en la disponibilidad de nutrientes al afectar la solubilidad y disponibilidad de nutrientes esenciales; en la toxicidad de metales porque suelos ácidos pueden liberar metales tóxicos como aluminio y manganeso, perjudicando el crecimiento vegetal; en la actividad microbiana porque los microorganismos del suelo funcionan mejor en niveles de pH cercanos a 8.0, pero su eficacia disminuye en suelos ácidos; en la absorción de agua y los procesos bioquímicos porque el pH

influye en la capacidad del suelo para retener y liberar agua (Agrotica 2023). Cada planta tiene preferencias específicas de pH, lo cual se debe considerar en las dos zonas en estudio.

Figura 3.

pH del suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 10, se presenta el análisis estadístico de los datos de Ph del suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo. Respecto al *promedio*, que representa el valor central de los datos, los suelos de Guaytacama presentan un pH promedio de 5,99, mientras que en Toacazo el pH promedio es ligeramente mayor, con 6,52. La variabilidad en el pH es más alta en Toacazo, como se refleja en su mayor *error típico* (0,13 frente a 0,10 en Guaytacama); los valores más altos en Toacazo indican mayor dispersión. La desviación estándar de Guaytacama: 0,45 y Toacazo: 0,60 indican que, Toacazo tiene una mayor variabilidad en el pH del suelo. Ambos grupos tienen distribuciones aproximadamente normales, con *curtosis* cercana a cero. Sin embargo, Toacazo muestra una ligera asimetría negativa en comparación con Guaytacama. El rango de valores de pH también es mayor en Toacazo (1,89 frente a 1,52 en Guaytacama). En general, los suelos de Toacazo presentan mayor variabilidad en el pH en comparación con Guaytacama Estas diferencias en el pH pueden afectar la disponibilidad de nutrientes y, por lo tanto, el crecimiento de las plantas en cada área. Al tomar decisiones agronómicas, es importante considerar estas variaciones entre los suelos de Guaytacama y Toacazo.

Tabla 10.*Análisis estadístico de pH en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.*

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	5,99	Media	6,52
Error típico	0,10	Error típico	0,13
Mediana	6,08	Mediana	6,55
Moda	5,4	Moda	#N/D
Desviación estándar	0,45	Desviación estándar	0,60
Varianza de la muestra	0,20	Varianza de la muestra	0,36
Curtosis	-0,95	Curtosis	-0,96
Coficiente de asimetría	-0,05	Coficiente de asimetría	-0,33
Rango	1,52	Rango	1,89
Mínimo	5,28	Mínimo	5,47
Máximo	6,8	Máximo	7,36
Suma	119,89	Suma	130,48
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de confianza(95,0%)	0,21	Nivel de confianza(95,0%)	0,28

Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).**10.2.3. Análisis de la Conductividad eléctrica en el suelo (CEs).**

Los datos de CEs de las zonas de Guaytacama y Toacazo se representan en la Figura 4. El 100 % de los datos de CEs se encuentran por abajo del rango considerado bajo, por lo que, se asume que los suelos en las dos zonas tienen una menor capacidad para conducir electricidad; los valores de CEs varían significativamente entre las localidades de Guaytacama y Toacazo; los valores más bajos se encuentran en Guaytacama, mientras que Toacazo tiene valores más altos de CEs (Anexo 3, Tabla 3).

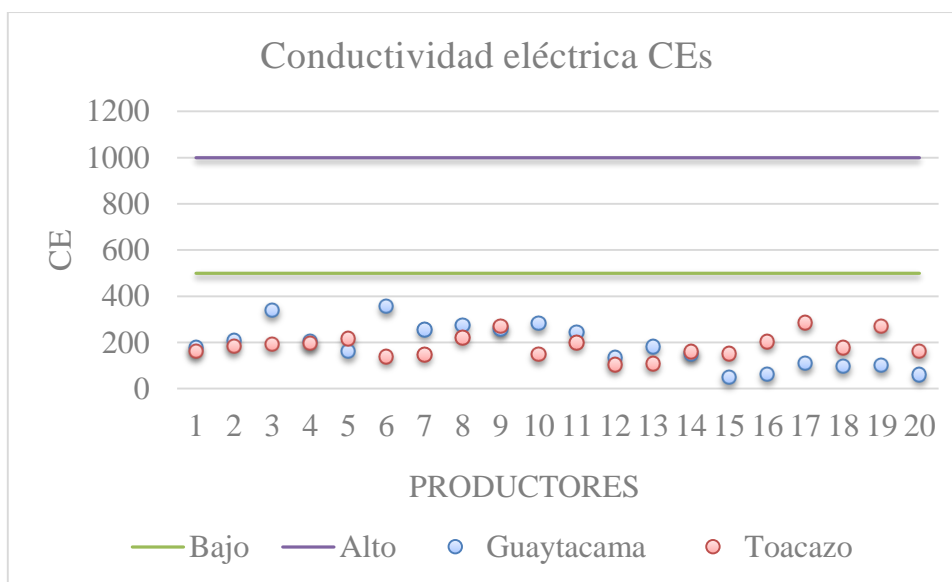
Los bajos niveles de CE en el suelo analizado se pueden atribuir a varias razones: la salinidad del suelo afecta la conductividad eléctrica (Intagri 2021d), por lo que se asume la posibilidad de que los suelos de la zona posean bajos niveles de sales; la textura y capacidad de retención del agua incluyen en la CE, así, los suelos arenosos tienen una CE más baja que los suelos arcillosos (Cropaia 2018), siendo la zona de textura franco o franco arenosa, se asume que esta característica influye en la CE.

De acuerdo a Sánchez Bernal et al. (2020), los suelos salinos suelen afectar el crecimiento y rendimiento de los pastizales y actúan disminuyendo la disponibilidad de forrajes para la alimentación de los animales; debido a que en la zona los suelos no son salinos, se asume que

en el 100 % de casos en Guaytacama y el 100 % en Toacazo no existen restricciones para el cultivo de pastos al considerar el parámetro de Ces.

Figura 4.

CEs en las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 11 se presenta el análisis estadístico de la CEs en las zonas de Guaytacama y Toacazo. La *media o promedio*, que representa el valor central de los datos es en Guaytacama, de 185,60, mientras que en Toacazo es 184,90. El *error típico*, que indica la variabilidad de las mediciones es en Guaytacama 20,50, y en Toacazo es 11,20. La *mediana* es el valor que divide los datos en dos partes iguales es en Guaytacama 178,5, y en Toacazo es 180,5. La *desviación estándar* es en Guaytacama de 91,68, y en Toacazo es 50,07, indicando mayor dispersión de los datos alrededor de la media en Guaytacama. La *varianza de la muestra* cuantifica la variabilidad total de los datos; en Guaytacama, la varianza es 8405,83(mayor variabilidad), y en Toacazo es 2506,73. Los parámetros de *curtosis* y *coeficiente de asimetría* describen que la forma de la distribución tanto en Guaytacama como en Toacazo son relativamente simétricas y no muy apuntadas. El rango muestra la diferencia entre el valor máximo y mínimo, que en Guaytacama es de es 307 mS/m, y en Toacazo es 181. En resumen, la CE en ambas zonas es bastante similar, pero Toacazo muestra menor variabilidad y error típico.

Tabla 11.*Análisis estadístico de la CE en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.*

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	185,60	Media	184,90
Error típico	20,50	Error típico	11,20
Mediana	178,5	Mediana	180,5
Moda	#N/D	Moda	163
Desviación estándar	91,68	Desviación estándar	50,07
Varianza de la muestra	8405,83	Varianza de la muestra	2506,73
Curtosis	-0,86	Curtosis	-0,14
Coeficiente de asimetría	0,23	Coeficiente de asimetría	0,49
Rango	307	Rango	181
Mínimo	50	Mínimo	105
Máximo	357	Máximo	286
Suma	3712	Suma	3698
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de confianza(95,0%)	42,91	Nivel de confianza(95,0%)	23,43

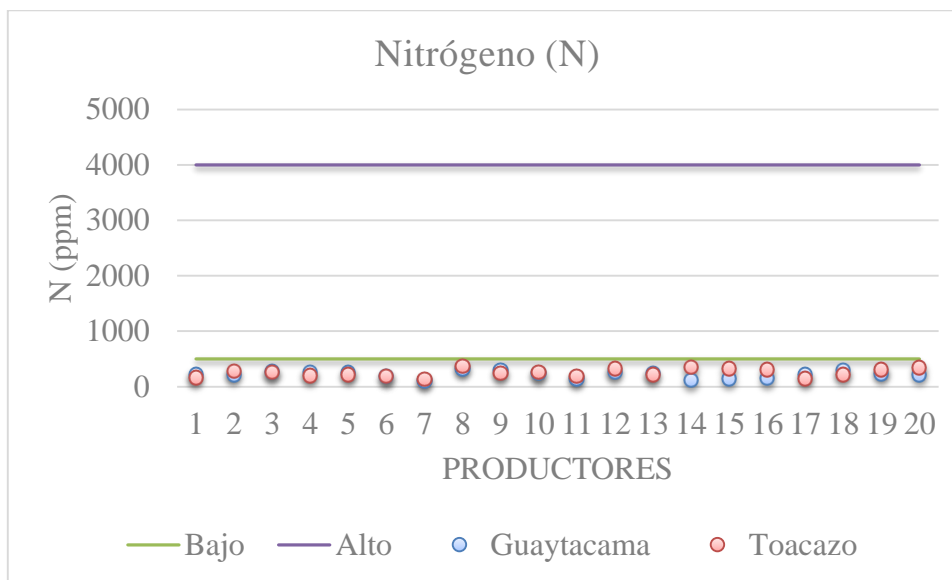
Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).**10.2.4. Análisis del Nitrógeno en el suelo (N)**

Los datos de Nitrógeno en el suelo de las zonas de Guaytacama y Toacazo se representan en la Figura 5. El 100 % de los datos de contenidos de N en suelos de las unidades productivas analizadas se ubican en niveles bajos, es decir son menores a 500 ppm (Anexo 4, Tabla 4).

Según IPNI (2003) se recomienda N para pastos (Kikuyo, Festuca alta, Raigrass, Alfalfa, Trébol, entre otros) en cantidades que varían de 40 a 400 Kg/ha por año. Si consideramos una densidad promedio del suelo de 100Kg/m y una profundidad de 20 cm, el equivalente de este valor sería de 20 a 200 ppm. Por tanto, se asume que, el 100 % de los suelos en Guaytacama y en Toacazo contienen niveles de N que permitirían el cultivo de distintos tipos de pastos.

Figura 5.

Nitrógeno en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 12 se presenta el análisis estadístico de los datos de N. La *media* que representa el valor central de los datos es en Guaytacama 218, y en Toacazo es 251. El error típico es 13,39 para Guaytacama y en Toacazo es de 16,27 (mayor variabilidad). La *mediana* o valor que divide a los datos en dos partes iguales es para Guaytacama de 225 y para Toacazo es 250. La moda o valor más frecuente es en Guaytacama de 210, y en Toacazo es 260. La *desviación estándar* muestra que la dispersión de los datos alrededor de la media es en Guaytacama de 59,88, y en Toacazo es 72,76. La *varianza*, que mide la variabilidad total de los datos en Guaytacama, es 3585,26, y en Toacazo es 5293,68. La *curtosis*, que describe la forma de la distribución con valores negativos indica una distribución menos puntiaguda que la normal, en las dos localidades tienen distribuciones relativamente achatadas. El *coeficiente de asimetría* con valores cercanos a 0 indica simetría en las dos localidades. El *nivel de confianza* (95,0%) que indica la precisión de las estimaciones en Guaytacama, es 28,02, y en Toacazo es 34,05. En general, los niveles de N en el suelo en ambas zonas muestran cierta variabilidad, pero en general, las distribuciones son similares.

Tabla 12.*Análisis estadístico de Nitrógeno en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.*

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	218	Media	251
Error típico	13,39	Error típico	16,27
Mediana	225	Mediana	250
Moda	210	Moda	260
Desviación estándar	59,88	Desviación estándar	72,76
Varianza de la muestra	3585,26	Varianza de la muestra	5293,68
Curtosis	-0,72	Curtosis	-1,16
Coficiente de asimetría	-0,36	Coficiente de asimetría	-0,005
Rango	210	Rango	240
Mínimo	110	Mínimo	130
Máximo	320	Máximo	370
Suma	4360	Suma	5020
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de confianza(95,0%)	28,02	Nivel de confianza(95,0%)	34,05

Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).**10.2.5. Análisis del Calcio en el suelo (Ca)**

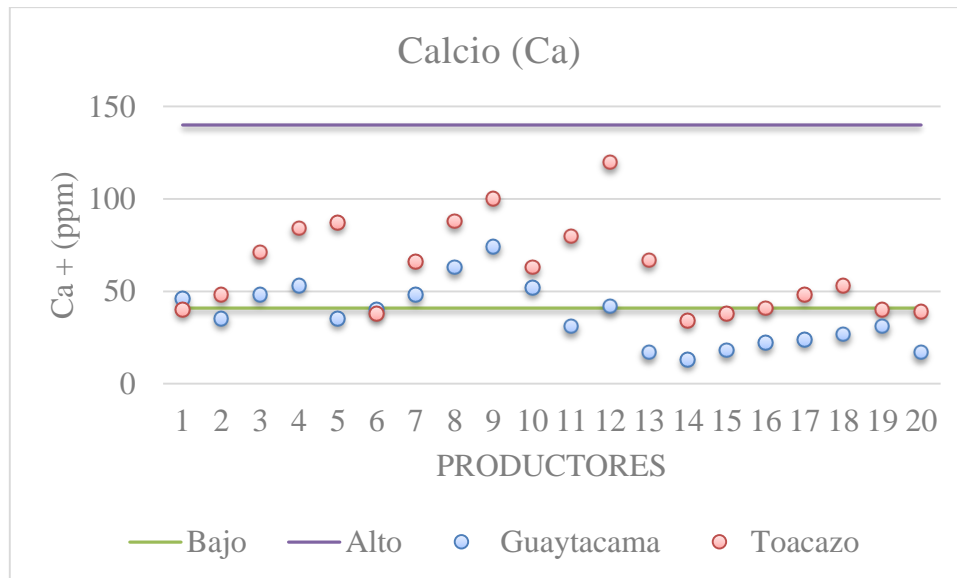
Los datos de Ca en el suelo de las zonas de Guaytacama y Toacazo se representan en la Figura 6. Guaytacama tiene un 25% de muestras con niveles bajos y un 75% con niveles medios, mientras que Toacazo tiene un 30% de muestras con niveles bajos y un 70% con niveles medios. Guaytacama tiene una mayor proporción de muestras con niveles medios de calcio, mientras que Toacazo muestra una distribución similar, pero con más valores en el rango medio. No existen valores en el rango alto (Anexo 5, Tabla 5).

Varios son los factores que influyen en los niveles de Ca según De Bajo (2017), su presencia depende del contenido total y de su forma disponible para las plantas; los suelos ácidos pueden tener menos Ca disponible, mientras que los suelos alcalinos pueden tener exceso de Ca; suelos con alta lixiviación pueden perder Ca, con la presencia de lluvias frecuentes; la aplicación de fertilizantes con Ca (nitrato de Ca o sulfato de Ca) pueden corregir deficiencias. En el caso de

estudio varios de los factores mencionados estarían influyendo en los niveles de Ca encontrados.

Figura 6.

Calcio en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 13 se presenta el análisis estadístico de los datos de Ca. La *media* en Guaytacama es de 36,8 y en Toacazo es mayor con un valor de 62,25 unidades. El *error típico* (o error estándar) es de 3,70 unidades en Guaytacama y de 5,47 unidades para Toacazo. La *desviación estándar* que indica la dispersión de los datos alrededor del promedio es 16,53 unidades para Guaytacama y de 24,48 unidades para Toacazo. La *varianza de la muestra* en Guaytacama es 273,33, reflejando la variabilidad de los datos, en Toacazo la varianza es aún mayor con 599,25. Ambas zonas tienen una *curtosis* cercana a cero, lo que sugiere una distribución aproximadamente normal. El coeficiente de asimetría en Guaytacama es 0,500, indicando una ligera asimetría positiva. En Toacazo es 0,77, también con asimetría positiva. El rango en Guaytacama es 61 unidades, mientras que en Toacazo es 86 unidades. En Guaytacama el mínimo de calcio es 1, y el máximo es 74 unidades, en Toacazo los valores oscilan entre 34 y 120 unidades. En resumen, Toacazo muestra niveles más altos de Cas que Guaytacama. La variabilidad y dispersión de los datos también son mayores en Toacazo.

Tabla 13.*Análisis estadístico de Ca en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.*

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	36,8	Media	62,25
Error típico	3,70	Error típico	5,47
Mediana	35	Mediana	58
Moda	35	Moda	40
Desviación estándar	16,53	Desviación estándar	24,48
Varianza de la muestra	273,33	Varianza de la muestra	599,25
Curtosis	-0,26	Curtosis	-0,18
Coefficiente de asimetría	0,500	Coefficiente de asimetría	0,77
Rango	61	Rango	86
Mínimo	13	Mínimo	34
Máximo	74	Máximo	120
Suma	736	Suma	1245
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de confianza (95,0%)	7,74	Nivel de confianza(95,0%)	11,46

Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).**10.2.6. Análisis del Sodio en el suelo (Na)**

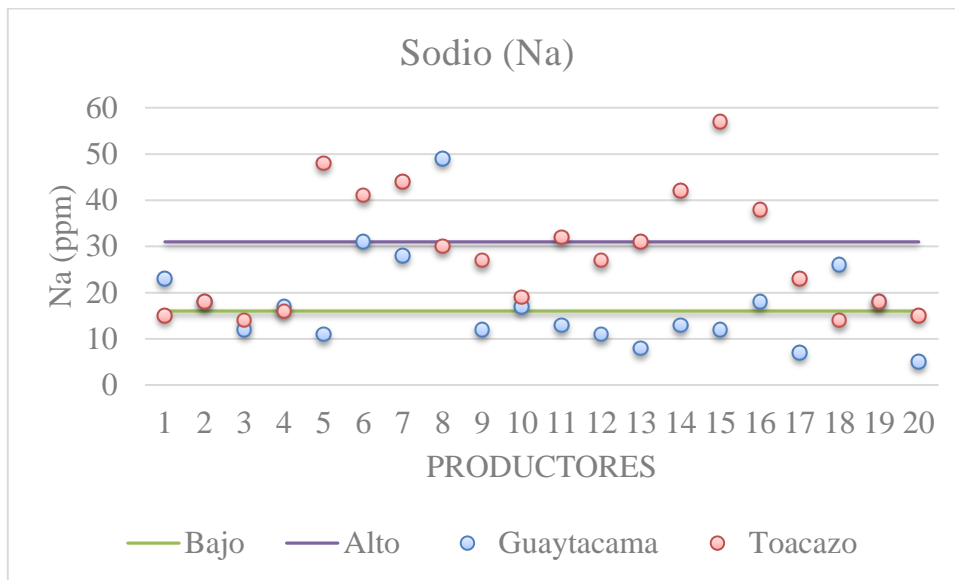
La Figura 7 presenta una síntesis del análisis de los datos de contenido de sodio (Na) en el suelo de las localidades de Guaytacama y Toacazo. En Guaytacama el 25 % de las muestras se encuentran con bajo contenido de sodio, el 50% con contenido medio y el 25 % con contenido alto. En Toacazo el 30 % de las muestras se encuentran con bajo contenido de Na, el 35 % con contenido medio y el 35% con alto contenido. Las dos localidades presentan muestras con niveles significativos de sodio en el suelo. Guaytacama tiene una distribución igual entre los niveles medio y alto, mientras que Toacazo muestra una distribución más variada, con una mayor proporción de muestras en el rango medio. Toacazo podría tener una mayor concentración de Na en general (Anexo 6, Tabla 6).

Según NAOS (2021), los niveles bajos de sodio se podrían atribuir a procesos de alta lixiviación, en donde el agua arrastra los nutrientes hacia capas más profundas, el Na puede ser arrastrado, quedando bajos niveles en la zona de raíces; si el suelo posee bajos niveles de sodio las plantas podrían experimentar deficiencias, lo cual podría tener efecto en la función de enzimas y absorción de nutrientes.

De acuerdo a Kali Academy (2023), los niveles medios de sodio son considerados ideales para el crecimiento de las plantas porque facilita la absorción de nutrientes como el K y el Ca; uno de los factores que influye en la disponibilidad del sodio es la textura del suelo; suelos arenosos retienen menos sodio que los arcillosos

Figura 7.

Sodio en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 14, se presenta el análisis estadístico de los datos de Na. En Guaytacama el contenido medio de NA en el suelo es de 17,45, en Toacazo es de 28,45. En Guaytacama el *error típico* indica que la variabilidad alrededor del promedio es de aproximadamente 2,27, en Toacazo es de aproximadamente 2,89. En Guaytacama el valor medio (punto central) es 15 unidades, en Toacazo es 27 unidades. La desviación estándar en Guaytacama indica que, la dispersión de los datos alrededor del promedio es de 10,16, en Toacazo es de 12,91. La varianza de la muestra indica que en Guaytacama la variabilidad total de los datos es 103,21, mientras que en Toacazo es 166,79. La *curtosis* en Guaytacama indica que distribución de los datos es relativamente puntiaguda (positiva), mientras que en Toacazo es más aplanada (negativa). El coeficiente de asimetría indica que en Guaytacama la distribución es asimétrica hacia la derecha (positiva) y en Toacazo la distribución es asimétrica hacia la derecha (positiva). En general se observa que Toacazo tiene valores más altos en promedio y una mayor variabilidad, en Guaytacama, por otro lado, muestra valores más bajos y una distribución más estrecha.

Tabla 14.

Análisis estadístico de Na en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	17,45	Media	28,45
Error típico	2,27	Error típico	2,89
Mediana	15	Mediana	27
Moda	18	Moda	15
Desviación estándar	10,16	Desviación estándar	12,91
Varianza de la muestra	103,21	Varianza de la muestra	166,79
Curtosis	3,88	Curtosis	-0,56
Coficiente de asimetría	1,72	Coficiente de asimetría	0,65
Rango	44	Rango	43
Mínimo	5	Mínimo	14
Máximo	49	Máximo	57
Suma	349	Suma	569
Cuenta	20	Cuenta	20
Nivel de confianza(95,0%)	4,75	Nivel de confianza(95,0%)	6,04

Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).**10.2.7. Análisis del Potasio en el suelo (K)**

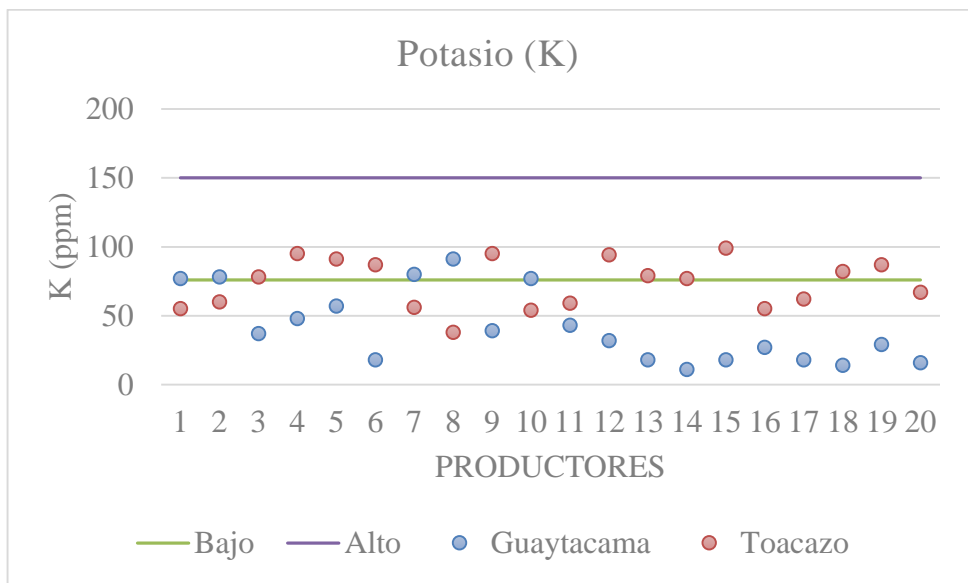
En La Figura 8, se presentan los datos de contenido de Potasio (K) en el suelo de las localidades de Guaytacama y Toacazo. En Guaytacama el 20 % de las muestras de suelo se ubican en el nivel Bajo de contenido de K (menor a 76 ppm). El 60 % en el nivel Medio (76 a 150 ppm) y el 20%. En Toacazo, no existen muestras que se ubiquen en niveles bajos de K, mientras que el 50% de las muestras se encuentran en el nivel Medio, y el 50% en el nivel Alto. Es decir, Guaytacama tiene el mayor porcentaje de muestras con niveles de potasio, mientras que Toacazo presenta una distribución equilibrada entre los niveles medio y alto (Anexo 7, Tabla 7).

(Havlin et al. 2013), el Bajo contenido de K puede deberse a la falta de aporte de fertilizantes ricos en potasio o a la lixiviación de nutrientes por lluvias intensas; los niveles Medio contenido de potasio se encuentra en suelos que han recibido una cantidad adecuada de fertilización o que tienen una fuente natural de potasio; mientras que el Alto contenido de potasio puede ser el resultado de aplicaciones excesivas de fertilizantes potásicos o de la presencia de minerales ricos en potasio en el suelo; suelos arcillosos retienen K más que suelos arenosos; las prácticas

como rotación de cultivos, aplicación de enmiendas orgánicas y tipo de cultivos influyen en los niveles de K.

Figura 8.

Potasio en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 15, se presenta el análisis estadístico de los datos de K. En Guaytacama el nivel medio de potasio en el suelo es de 41,4, en Toacazo es significativamente mayor, con 73,5. El *error típico* representa la variabilidad de los datos alrededor de la media y en Guaytacama, este error es de 5,87, mientras que en Toacazo es de 3,97. La *mediana* es el valor central de los datos ordenados. En Guaytacama, la mediana es 34,5, y en Toacazo es 77,5. La moda es el valor más frecuente y en Guaytacama es 18, mientras que en Toacazo es 55. La *desviación estándar* mide la dispersión de los datos alrededor de la media, en Guaytacama, es 26,26, y en Toacazo, 17,77. La *varianza* indica cuánto varían los datos respecto a la media, en Guaytacama, es 689,41, y en Toacazo, 315,74. La *curtosis* mide la forma de la distribución. Ambos grupos tienen una curtosis cercana a cero, lo que sugiere una distribución relativamente normal. El coeficiente de *asimetría* es en Guaytacama positivo (0,65), indicando una ligera asimetría hacia la derecha. En Toacazo, es negativo (-0,22), sugiriendo una asimetría hacia la izquierda. En resumen, los niveles de K en el suelo son más altos en Toacazo que en Guaytacama. Además, la variabilidad y la forma de la distribución difieren entre las dos localidades.

Tabla 15.*Análisis estadístico de K en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.*

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	41,4	Media	73,5
Error típico	5,87	Error típico	3,97
Mediana	34,5	Mediana	77,5
Moda	18	Moda	55
Desviación estándar	26,26	Desviación estándar	17,77
Varianza de la muestra	689,41	Varianza de la muestra	315,74
Curtosis	-1,04	Curtosis	-1,11
Coefficiente de asimetría	0,65	Coefficiente de asimetría	-0,22
Rango	80	Rango	61
Mínimo	11	Mínimo	38
Máximo	91	Máximo	99
Suma	828	Suma	1470
Cuenta	20	Cuenta	20
		Nivel de	
Nivel de confianza(95,0%)	12,29	confianza(95,0%)	8,32

Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

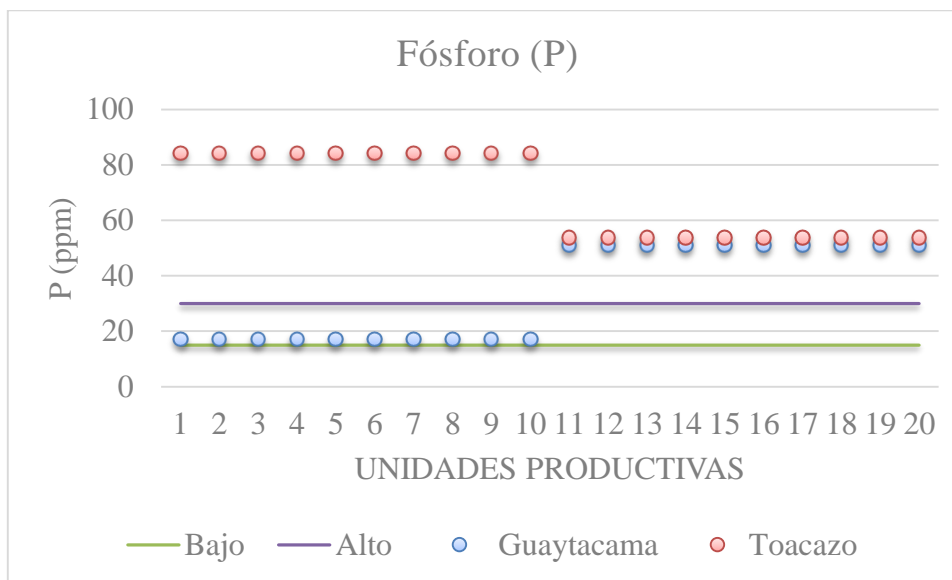
10.2.8. Análisis del Fósforo en el suelo (P)

Los datos de contenido de Potasio (K) se presentan en la Figura 9 y corresponden a muestras de suelo de las localidades de Guaytacama y Toacazo. En Guaytacama el 50% de las muestras presentan un nivel Medio de K, y el 50% un nivel Alto. En Toacazo el 100% de las muestras presentan niveles altos de K. Se observa que hay una distribución equitativa entre niveles medio y alto de contenidos de K en Guaytacama, mientras que en Toacazo todas las muestras presentan niveles altos, lo cual podría atribuirse a diferencias en la composición natural del suelo de las dos localidades o a diferencias entre el tipo de prácticas agronómicas.

El fósforo es esencial para el crecimiento de las plantas, ya que está involucrado en la fotosíntesis, la formación de ADN y la transferencia de energía; varios factores influyen en los niveles de fósforo: el pH afecta la disponibilidad de fósforo, en suelos ácidos el fósforo es menos disponible, en suelos alcalinos es más accesible; la fuente de fósforo en uso, por ejemplo si es roca fosfórica o fertilizante soluble; prácticas como la labranza y erosión pueden afectar la concentración de P (Intagri 2021a; Infoagronomo 2023). En las dos zonas se estarían presentando estos factores diferenciadores en los niveles de P.

Figura 9.

Fósforo en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 16, se presenta el análisis estadístico de los datos de Fósforo. El valor promedio del contenido de P en el suelo es de 92,63 en Guaytacama y 68,92 en Toacazo. El error típico: La variabilidad alrededor de la media es de 5,76 en Guaytacama y 3,49 en Toacazo. La mediana (valor central) coincide con la media en ambos lugares. De acuerdo a la *moda* el valor más frecuente es 117,74 en Guaytacama y 84,11 en Toacazo. La desviación estándar indica que la dispersión de los datos alrededor de la media es de 25,77 en Guaytacama y 15,59 en Toacazo. La *varianza de la muestra* indica que la variabilidad total de los datos es mayor en Guaytacama (663,96) que en Toacazo (243,04). La *curtosis* indica que en ambos grupos tienen una distribución similar (curtosis de -2,24), lo que sugiere una forma de campana. El *coeficiente de asimetría* indica que la asimetría es casi nula en ambos lugares. Los niveles de potasio en el suelo son significativamente más altos en Toacazo que en Guaytacama. Esto sugiere que la fertilidad del suelo en Toacazo podría ser más favorable para el cultivo.

Tabla 16.*Análisis estadístico de P en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.*

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	92,63	Media	68,92
Error típico	5,76	Error típico	3,49
Mediana	92,63	Mediana	68,92
Moda	117,74	Moda	84,11
Desviación estándar	25,77	Desviación estándar	15,59
Varianza de la muestra	663,96	Varianza de la muestra	243,04
Curtosis	-2,24	Curtosis	-2,24
Coficiente de asimetría	2,0E-15	Coficiente de asimetría	-1E-15
Rango	50	Rango	30,39
Mínimo	67,51	Mínimo	53,72
Máximo	117,74	Máximo	84,11
Suma	1852,5	Suma	1378,3
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de confianza(95,0%)	12,06	Nivel de confianza(95,0%)	7,30

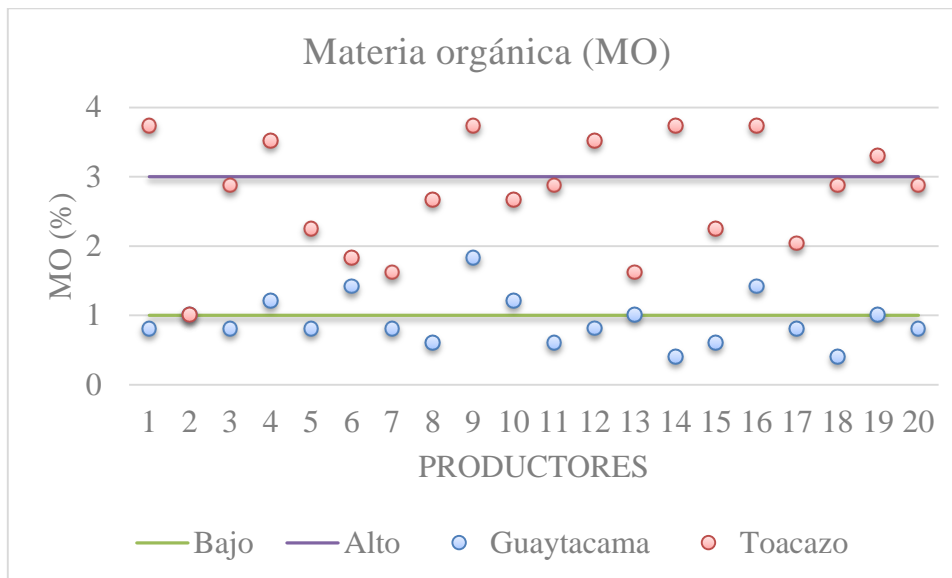
Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).**10.2.9. Análisis de Materia orgánica en el suelo (MO)**

Los datos de contenido de Potasio (K) se presentan en la Figura 10 y corresponden a muestras de suelo de las localidades de Guaytacama y Toacazo. En Guaytacama el 60% de las muestras presentan niveles bajos de K y el 40% niveles medios. En Toacazo el 65% de muestras se encuentra en el nivel medio y el 35 % en niveles altos (Anexo 9, Tabla 9).

Según Intagri (2021b); Galantini, Landcriscini, y Hevia (2007), la MO del suelo es vital para la salud y productividad de los agroecosistemas; los microorganismos descomponen la materia orgánica y liberan nutrientes como N, P, S que las plantas pueden aprovechar; los factores que influyen en los niveles de materia orgánica son la vegetación presente, el clima (por ejemplo en climas cálidos es menor la presencia de MO; la textura del suelo debido a que varía según la textura sea arenosa, arcillosa o franca; otro factor que influye es el drenaje y prácticas de laboreo.

Figura 10.

Materia orgánica en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 17, se presenta el análisis estadístico de los datos de Materia orgánica en Guaytacama y Toacazo. La *media*, que representa el valor promedio de la MO es en Guaytacama 0,92, mientras que en Toacazo es 2,74. Esto indica que Toacazo tiene un contenido de MO significativamente mayor, El *error típico* mide la variabilidad alrededor de la media es en Guaytacama 0,08, y en Toacazo 0,18. La *mediana* es el valor central y en ambos lugares, coincide con la media. La *moda* es el valor más frecuente. En Guaytacama, es 0,81, y en Toacazo, 3,73. La *desviación estándar* que indica la dispersión de los datos alrededor de la media en Guaytacama, es 0,36, y en Toacazo, 0,82. La *varianza* de la muestra indica la variabilidad total de los datos, en Guaytacama, es 0,13, y en Toacazo, 0,68. La *curtosis* mide la forma de la distribución. Ambos grupos tienen una forma diferente: Guaytacama muestra una distribución más puntiaguda (0,83), mientras que Toacazo es más aplanada (-0,73). El coeficiente de asimetría indica que Guaytacama es ligeramente asimétrica hacia la derecha (0,86), y Toacazo hacia la izquierda (-0,44). De manera general, Toacazo tiene suelos con mayor contenido de MO, mayor variabilidad y una distribución diferente en comparación con Guaytacama.

Tabla 17.*Análisis estadístico de MO en el suelo en las zonas de Guaytacama y Toacazo.*

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	0,92	Media	2,74
Error típico	0,08	Error típico	0,18
Mediana	0,81	Mediana	2,88
Moda	0,81	Moda	3,73
Desviación estándar	0,36	Desviación estándar	0,82
Varianza de la muestra	0,13	Varianza de la muestra	0,68
Curtosis	0,83	Curtosis	-0,73
		Coeficiente de	
Coeficiente de asimetría	0,86	asimetría	-0,44
Rango	1,43	Rango	2,72
Mínimo	0,40	Mínimo	1,01
Máximo	1,83	Máximo	3,73
Suma	18,39	Suma	54,78
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de		Nivel de	
confianza(95,0%)	0,17	confianza(95,0%)	0,38

Fuente: Investigación de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

10.3. Estado de agua utilizado en los sistemas productivos de leche

10.3.1. Potencial de hidrógeno (pH)

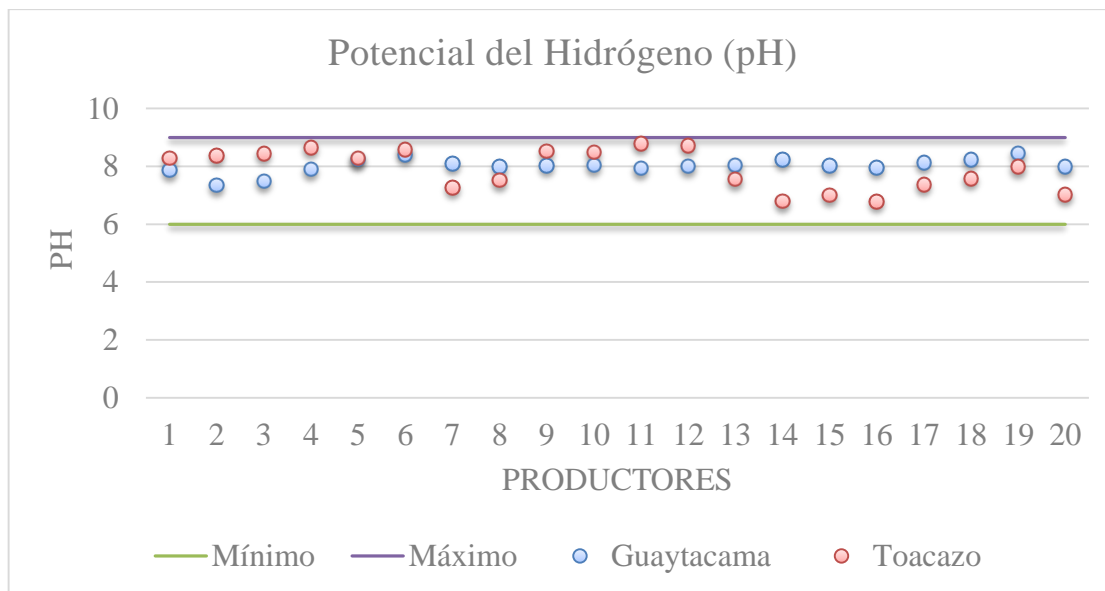
Los datos que se observan en la Figura 11 corresponden al análisis del potencial de hidrógeno (pH) del agua de sistemas de producción ubicados en las zonas de Toacazo y Guaytacama (Anexo 10, Tabla 10). Según el Tulsma, Tabla 2, Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego (EC MAE 2015), el 100 % de muestras de agua de riego de las unidades productivas analizadas en Guaytacama y Toacazo cumple el criterio de calidad de PH al ubicarse dentro del rango 6-9. Se observa comparativamente la variación del pH entre las zonas de Toacazo y Guaytacama. En Guaytacama el 55% de suelos son alcalino y el 45% de suelos son neutros. En Toacazo el 50 % de suelos son alcalinos y el 50% son neutros

Se debe considerar que, la alcalinidad del agua se refiere a su capacidad para neutralizar ácidos y está relacionada con los contenidos de carbonatos y bicarbonatos en solución; al utilizar aguas con alta alcalinidad se produce un alto pH del suelo, y este a su vez, afecta la disponibilidad de algunos nutrientes, aun si estos se encuentran presentes en el suelo; uno de los más afectados

debido a la alta alcalinidad es el hierro, lo cual se manifiesta con síntomas de clorosis intervenal de las hojas (Intagri 2021c).

Figura 11.

Potencial de Hidrógeno en el agua de riego de las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

La Tabla 18 muestra el análisis estadístico del pH del agua de riego en las zonas en estudio. El pH promedio en Guaytacama es 8,02; en Toacazo más bajo, con 7,90. La desviación estándar en Guaytacama es 0,26, lo que sugiere una variabilidad moderada en los valores de pH; en Toacazo es más alta, 0,69, indicando una mayor variabilidad en el pH del agua; una mayor desviación estándar puede afectar la consistencia del pH y, por lo tanto, la calidad del agua de riego. La curtosis en Guaytacama es positiva (1,97), lo que sugiere una distribución más puntiaguda en los valores de pH; en Toacazo es negativa (-1,47), indicando una distribución más aplanada; la curtosis afecta la forma de la distribución; valores extremos pueden influir en la calidad del agua. El rango en Guaytacama es 1,11, lo que representa la diferencia entre el pH máximo y mínimo; en Toacazo es más amplio, 2,00; un rango mayor puede indicar fluctuaciones más significativas en el pH del agua. El agua de riego en ambas zonas está cerca de la neutralidad, pero Toacazo muestra mayor variabilidad y un rango más amplio. Es importante monitorear estos parámetros para garantizar un riego adecuado y una nutrición óptima de las plantas.

Tabla 18.

Análisis estadístico del pH del agua de riego en las zonas de Guaytacama y Toacazo.

	<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>
Media	8,02	Media	7,90
Error típico	0,06	Error típico	0,15
Mediana	8,02	Mediana	8,13
Moda	8,02	Moda	ND
Desviación estándar	0,26	Desviación estándar	0,69
Varianza de la muestra	0,07	Varianza de la muestra	0,48
Curtosis	1,97	Curtosis	-1,47
Coefficiente de asimetría	-0,91	Coefficiente de asimetría	-0,33
Rango	1,11	Rango	2,00
Mínimo	7,35	Mínimo	6,78
Máximo	8,46	Máximo	8,78
Suma	160,35	Suma	157,95
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de		Nivel de	
confianza(95,0%)	0,12	confianza(95,0%)	0,32

Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** *Pilliza Nelly, (2024).*

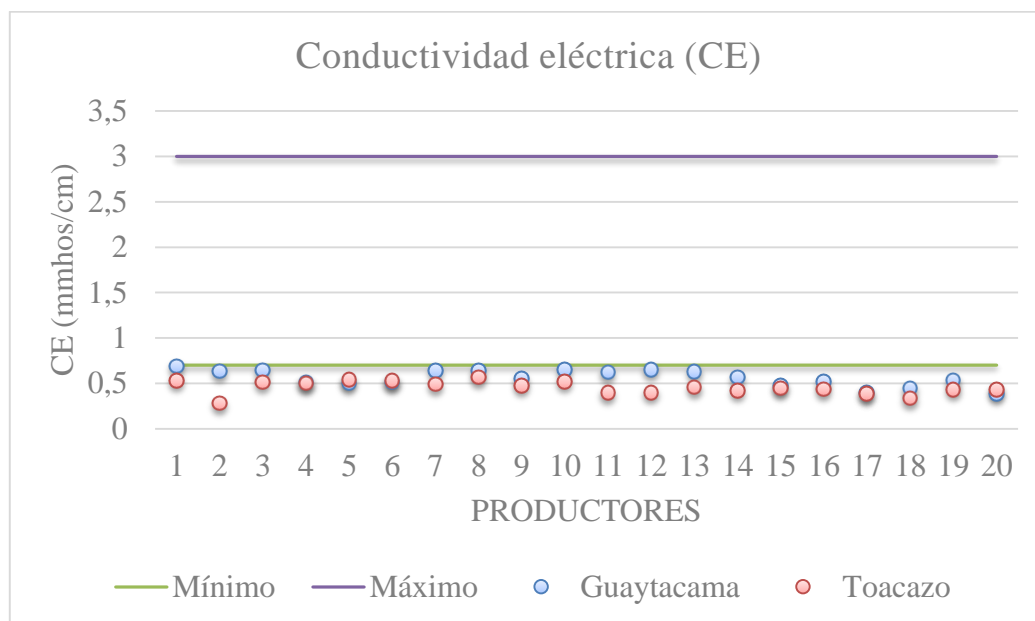
10.3.2. Análisis de Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica (CE) del agua de riego de las zonas en estudio se presentan en la Figura 12. (Anexo 11, Tabla 11). De acuerdo al Tulsma, Tabla 2, Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego (EC MAE 2015), no existe restricción para el uso del agua de riego, debido a que el rango en el cual se presentan restricciones en la CE es de 0,7 a 3,0 milimhos/cm. El 100 % de muestras de agua de riego de las unidades productivas de las dos zonas de estudio se mantiene en niveles ubicados bajo los límites mínimos que indica la normativa (0,7 es de milimhos/cm).

Un agua de riego sin restricciones en su CE es aquella que no presenta altos niveles de sales disueltas. La CE es una medida indirecta de la concentración de sales en el agua. Si bien el agua pura es mala conductora de electricidad, las sales aumentan su conductividad. Cuando el agua de riego no presenta restricciones, no afecta negativamente al suelo ni a los cultivos. Sin embargo, una alta CE puede indicar una concentración elevada de iones tóxicos, como cloruros, sodio o boro, lo que podría afectar el rendimiento de las plantas (Redondo 2017).

Figura 12.

Conductividad eléctrica en el agua de riego de las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

La Tabla 19, muestra el análisis estadístico de la CE del agua de riego en las zonas en estudio. La CE *promedio* representa el valor central de los datos; en Guaytacama es 0,56, en Toacazo es 0,45. El *error típico* mide la variabilidad de los datos alrededor de la media; en ambos casos, el error típico es 0,02, lo que sugiere que los valores individuales no se alejan mucho de la media. La *mediana* es el valor central cuando los datos están ordenados; Guaytacama y Toacazo tienen la misma mediana (0,56 y 0,45, respectivamente). La *desviación estándar* mide la dispersión de los datos; Guaytacama tiene una mayor dispersión (0,09) que Toacazo (0,07). La *Varianza de la muestra* representa la variabilidad de los datos; ambas zonas tienen una varianza de muestra similar (0,01). La *curtosis* mide la forma de la distribución; Guaytacama tiene una distribución más achatada (curtosis negativa), en Toacazo es más cercana a una distribución normal (curtosis positiva). El *coeficiente de asimetría* indica si la distribución es simétrica o sesgada; ambas zonas tienen coeficientes de asimetría cercanos a cero, lo que sugiere simetría. El *rango* es la diferencia entre el valor máximo y mínimo; Guaytacama tiene un rango de 0,30, Toacazo tiene 0,28; el Nivel de Confianza (95,0%) representa la precisión de las estimaciones. Guaytacama tiene un nivel de confianza de 0,04, Toacazo tiene 0,03. La CE del agua de riego en Guaytacama y Toacazo muestra diferencias en la dispersión, forma de distribución y niveles de confianza. Guaytacama tiene una mayor variabilidad y una distribución más achatada, mientras que Toacazo presenta una distribución más cercana a la normalidad.

Tabla 19.*Análisis estadístico de CE del agua de riego en las zonas de Guaytacama y Toacazo.*

<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media	0,56	Media	0,45
Error típico	0,02	Error típico	0,02
Mediana	0,56	Mediana	0,45
Moda	#N/D	Moda	#N/D
Desviación estándar	0,09	Desviación estándar	0,07
Varianza de la muestra	0,01	Varianza de la muestra	0,01
Curtosis	-0,76	Curtosis	0,11
Coefficiente de asimetría	-0,52	Coefficiente de asimetría	-0,62
Rango	0,30	Rango	0,28
Mínimo	0,38	Mínimo	0,28
Máximo	0,69	Máximo	0,57
Suma	11,19	Suma	9,08
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de confianza(95,0%)	0,04	Nivel de confianza(95,0%)	0,03

Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

10.3.3. Análisis de Temperatura

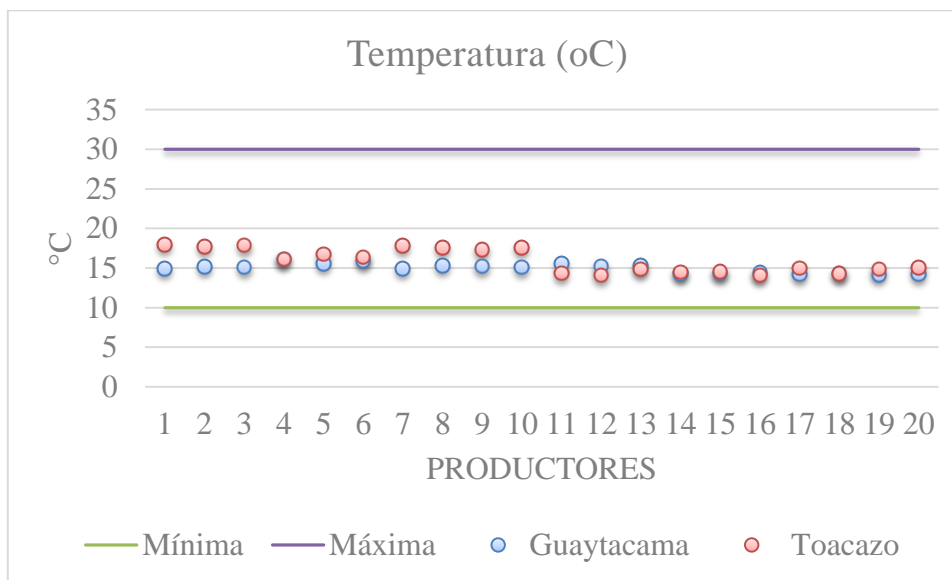
En la Figura 13 se muestran los datos de la temperatura del agua de riego de las dos zonas en estudio (Anexo 12, Tabla 12). El 100 % de los datos de temperatura del agua de las unidades productivas de las dos zonas de estudio se ubican en un rango aceptable, es decir entre 15°C y 30°C; este rango, según el conocimiento agronómico de los productores locales, es el que permite un desarrollo aceptable de los cultivos. Según el Tulsma, Tabla 2, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (EC 2015); el límite máximo permisible es < a 35 °C; este valor es una referencia para evaluar la temperatura del agua de riego.

Temperaturas menores de 10°C podrían dificultar la absorción de nutrientes y causar efectos negativos (shock) en el sistema radicular de las plantas. Temperaturas altas, cercanas, iguales o superiores a los 30°C pueden aumentar la transpiración de las plantas y afectar el normal crecimiento de las plantas (Instituto del Agua 2024).

En la Figura 13 se observa que las temperaturas del agua de riego en las dos zonas de estudio se mantienen entre los límites máximo y mínimo; las temperaturas más bajas se encuentran en los sistemas productivos de Guaytacama.

Figura 13.

Temperatura en el agua de riego de las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

La Tabla 20, contiene los datos del análisis estadístico de la temperatura del agua en las zonas de Guaytacama y Toacazo. El grupo de unidades productivas de Toacazo presenta valores *Medios o Promedio* ligeramente más altos de temperatura en comparación con Guaytacama (15,93 frente a 14,96). La *desviación estándar* indica una mayor variabilidad en Toacazo frente a Guaytacama (1,50 frente a 1,60). El rango es más amplio en Toacazo en comparación con Guaytacama (3,87 frente a 1,97). Toacazo y Guaytacama presentan una *curtosis negativa* (-1,82 y -0,92) que corresponde a grupos con distribuciones achatadas y simétricas, es decir *con coeficientes de asimetría* cercanos a cero. El nivel de confianza es más alto en Toacazo con un valor de 0,70. Estos datos indican que existen diferencias de temperatura entre las dos zonas, encontrándose los valores más altos en Toacazo, lo cual puede ser considerado para el diseño de estrategias en la selección de especies y en el diseño de estrategias de majeo del agua.

Tabla 20.

Análisis estadístico de la temperatura del agua de riego en las zonas de Guaytacama y Toacazo.

	<i>Guaytacama</i>		<i>Toacazo</i>	
Media		14,96	Media	15,93
Error típico		0,13	Error típico	0,33

Mediana	15,13	Mediana	15,56
Moda	14,92	Moda	#N/D
Desviación estándar	0,60	Desviación estándar	1,50
Varianza de la muestra	0,36	Varianza de la muestra	2,24
Curtosis	-0,92	Curtosis	-1,82
Coefficiente de asimetría	0,11	Coefficiente de asimetría	0,17
Rango	1,97	Rango	3,87
Mínimo	14,16	Mínimo	14,07
Máximo	16,13	Máximo	17,94
Suma	299,28	Suma	318,54
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de confianza(95,0%)	0,28	Nivel de confianza(95,0%)	0,70

Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

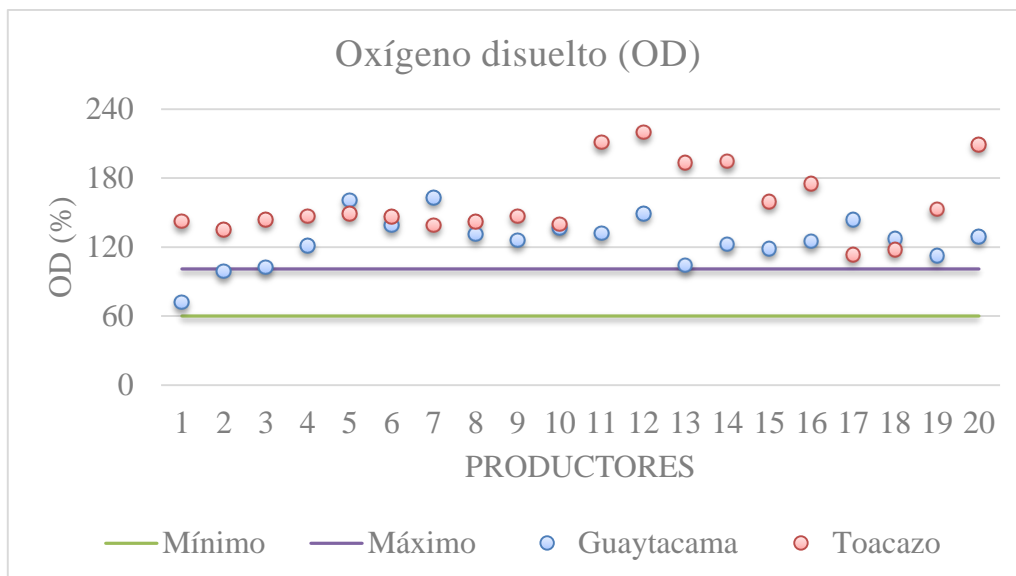
10.3.4. Análisis del Oxígeno disuelto (OD)

Los datos de Oxígeno Disuelto de las zonas de Guaytacama y Toacazo se representan en la Figura 14; los valores encontrados se interpretan como Aceptable, Excelente y Supersaturación al encontrarse dentro del rango 60 a $\geq 101\%$. El 90% de datos sobrepasan el nivel de Supersaturación. (Anexo 13, Tabla 13). Según el Tulsma (EC 2015), de manera general el OD en agua dulce usada en actividades productivas y de recreación no debe ser menor al 60% del oxígeno de saturación. De acuerdo a este valor, no existen restricciones o problemas con el OD en el agua de riego de las dos zonas en estudio.

En la Figura 14 se observa los valores altos de OD en las zonas de Guaytacama y Toacazo, que inclusive llegan a superar los valores de Supersaturación, indicando la buena calidad del agua. De acuerdo a Castro, Fraile, y Vargas (1996) los valores *bajos* de OD indican la existencia de contaminación del agua por actividades industriales y agroindustriales, lo cual no estaría ocurriendo en estas zonas.

Figura 14.

Oxígeno disuelto en el agua de riego de las zonas de Guaytacama y Toacazo.



Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

En la Tabla 21, se presenta el análisis estadístico de los datos de OD del agua de riego en las zonas de Guaytacama y Toacazo. Se observa que en Guaytacama el promedio del OD es de 125, 73, mientras que en Toacazo es de 158, 91. Además, Toacazo presenta una mayor variabilidad en los niveles de OD, siendo su desviación estándar de 30,92. Según el *rango*, los valores de OD varían más ampliamente en Toacazo que en Guaytacama (106,5 frente a 91,2). Guaytacama tiene una *curtosis positiva* (1,01) que sugiere una distribución más puntiaguda en comparación con la distribución normal. Toacazo presenta una *curtosis negativa* (-0,47) que indica una distribución menos puntiaguda. Ambas zonas tienen coeficientes de asimetría cercanos a cero, lo que sugiere simetría en las distribuciones. En general, Toacazo presenta mejor promedio de OD y puede ser beneficioso para los cultivos. En Guaytacama los niveles son más estables, sin embargo, el promedio es menor. Se debe considerar estos elementos en la adaptación de prácticas de riego por parte de los productores.

Tabla 21.

Análisis estadístico del OD de riego en las zonas de Guaytacama y Toacazo.

<i>Guaytacama</i>	<i>Toacazo</i>
-------------------	----------------

Media	125,73	Media	158,91
Error típico	4,79	Error típico	6,91
Mediana	126,75	Mediana	146,9
Moda	#N/D	Moda	#N/D
Desviación estándar	21,43	Desviación estándar	30,92
Varianza de la muestra	459,23	Varianza de la muestra	955,83
Curtosis	1,01	Curtosis	-0,47
Coefficiente de asimetría	-0,49	Coefficiente de asimetría	0,74
Rango	91,2	Rango	106,5
Mínimo	72	Mínimo	113,3
Máximo	163,2	Máximo	219,8
Suma	2514,5	Suma	3178,2
Cuenta	20,00	Cuenta	20,00
Nivel de confianza(95,0%)	10,03	Nivel de confianza(95,0%)	14,47

Fuente: Trabajo de campo. **Elaborado por:** Pilliza Nelly, (2024).

10.4. Análisis de los requerimientos en pastos

Análisis de los requerimientos nutricionales del suelo y agua para el cultivo de pastos destinados a la producción de ganado en las zonas de Guaytacama y Toacazo, en la provincia de Cotopaxi. A continuación, se presenta una tabla comparativa con los valores encontrados y las recomendaciones ideales, en base a revisión bibliográfica

Según el Tulsma (EC 2015). El pH,CE, T°C Y EL OD% del agua se encuentra dentro de los rangos ideal para la producción de los pastos, Según el Manual de fertilización y nutrición de pastos del International Plant Nutrition Institute IPNI (2003),el pH del suelo de Guaytacama 5,99 no está dentro del mismo, mientras que el pH del suelo de Toacazo 6,52 se encuentra dentro de los parámetros recomendados , La CE, tanto en Guaytacama como en toacazo fueron de 185 dSm⁻¹ y 184,9 dSm⁻¹ respectivamente y se apegan al rango propuesto, los valores del Nitrogeno en Guaytacama y toacazo están dentro del rango adecuado el uno con 218ppm y el otro con 251ppm, el nivel de Ca, en Guaytacama es de 36,8 ppm el mismo no se encuentra dentro del rango mientras que el nivel de Ca, de Toacazo está dentro del rango con 62,25ppm, en el elemento P, en Guaytacama presenta 34ppm sin embargo el P, de Toacazo presenta 62,25ppm está por encima del rango ideal, el K, de Guaytacama 41,4 ppm y Toacazo 73,5ppm no están dentro de los rangos. La MO. De Guaytacama 0,92% está fuera del rango requerido mientras que la MO. De Toacazo 2,74% está dentro del rango ideal. La Estabilidad de

Agregados del suelo tanto de Toacazo como de Guaytacama están dentro del rango ideal para la producción de pastos.

Tabla 22.

Comparación de valores de calidad de suelo y agua en las zonas de Guaytacama y Toacazo y rangos ideales para pastos.

Parámetro	Unidad	Guaytacama (Rango)	Toacazo (Rango)	Ideal
pH del agua	-	8,02	7,90	6 - 9
CE del agua	mmhos/cm	0,56	0,45	0,3- 0,7
T agua	°C	14,96	15,93	15 - 25
OD	%	125,73	158,91	60 - 190
pH del suelo	pH	5,99	6,52	6,5 - 7,5
CEs	dSm ⁻¹	185,6	184,9	200-500
N en el suelo	ppm	218	251	120 -500
Cal en el suelo	ppm	36,8	62,25	41 - 140
P en el suelo	ppm	34	68,92	20 – 50
K en el suelo	ppm	41,4	73,5	76 - 150
MO suelo	%	0,92	2,74	2 - 5
EA	%	0,51	0,76	0.50 - 3.0

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se determinó que sus suelos tienen un **pH** promedio en Guaytacama de 5,99 y en Toacazo de 6,52. La **CE**, promedio en Guaytacama de 185,6 dSm⁻¹ y en Toacazo de

184,9 dSm⁻¹ el **N**, promedio Guaytacama 218ppm y en Toacazo de 251ppm **Ca**, promedio en Guaytacama 36,8ppm y en Toacazo de 62,25ppm **P**, promedio en Guaytacama 34ppm y en Toacazo de 68,93ppm **K**, promedio en Guaytacama de 41,4ppm y Toacazo de 73,5ppm **Na**, promedio en Guaytacama de 17,45ppm y en Toacazo de 28,45ppm **MO** promedio en Guaytacama de 0,92% y en Toacazo de 7,74% y la **EA** promedio en Guaytacama de 0,51 y en Toacazo de 0,76, lo que indican que en Toacazo poseen mejor calidad de suelos que Guaytacama.

- El estado del agua en las zonas productoras de Guaytacama determino que en los parámetros **pH** del agua está entre 7,35 y 8,46 en y en Toacazo entre 6,78 y 8,78, con una tendencia hacia la alcalinidad. La temperatura (**T°C**) promedio del agua fue de 14,96 °C en Guaytacama y de 15,93 en Toacazo, la concentración de oxígeno disuelto (**OD**) estuvo en 125,73% y 158,91% en Guaytacama y Toacazo respectivamente y estos porcentajes se mantienen dentro del rango óptimo para el cultivo. Ningún parámetro en el agua presenta restricciones ni en Guaytacama ni en Toacazo.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar un sistema de monitoreo integral que involucre a las comunidades de Guaytacama y Toacazo en la recolección y análisis de datos sobre el estado del suelo y del agua. Esto no solo aumentara la precisión de la información recopilada, sino que también empodera a los productores locales al darles un rol activo en la gestión de sus recursos.
- Se recomienda realizar el análisis en épocas lluviosas, así como también establecer planes que promuevan y adopten prácticas de agricultura sostenible que protejan y mejoren la calidad del suelo y el agua, asegurando la productividad a largo plazo y la sostenibilidad ambiental de las zonas productoras de leche.

14. BIBLIOGRAFÍA

Agrotica. 2023. “¿Qué es el pH del suelo y cómo afecta a los cultivos?” 12 de enero de 2023.
<https://agrotica.es/que-es-el-ph-del-suelo-y-como-afecta-a-los-cultivos/>.

- Castro, Leda, Julio Fraile, y Jenny Reynolds Vargas. 1996. “Conductividad, oxígeno disuelto, PH y temperatura en el río bermudez (Costa Rica) y su relación con el uso del suelo en la cuenca.” *Uniciencia* 13 (1): 27–34.
- Cropaia. 2018. “La conductividad eléctrica del suelo”. 2018. <https://cropaia.com/es/blog/conductividad-electrica-suelo/>.
- De Bajo, Á.C. 2017. “Manejo del calcio en el suelo y en la planta a través de las especialidades de carbotecnia.” *Agricultura*.
- EC. 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 N° 387. Registro oficial 097 A.*
- EC MAE. 2015a. *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/Acuerdo-097.pdf>.
- . 2015b. *Anexo 2 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental del Recurso suelo y criterios de Remediación para Suelos Contaminados. Edición Especial 387.* <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>.
- Espinoza, L, N.A. Slaton, y M Mozaffari. 2012. “Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos”. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, US Department of Agriculture, and county governments cooperating. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uaex.uada.edu/publications/PDF/FSA-2118SP.pdf>.
- EzGardenTips. 2024. “Cómo cultivar pasto en suelos ácidos”. Tips Jardineros. 2024. [//es.ezgardentips.com/how-to-grow-grass-in-acidic-soil-10008](https://es.ezgardentips.com/how-to-grow-grass-in-acidic-soil-10008).
- FEDEGAN. 2022. “Fertilización, clave en el rendimiento de las praderas”. CONtexto Ganadero. 2022. <https://www.contextoganadero.com/agricultura/fertilizacion-clave-en-el-rendimiento-de-las-praderas>.
- Gabioud, Emmanuel Adrián, Marcelo Germán Wilson, y María Carolina Sasal. 2011. “Análisis de la estabilidad de agregados por el método de le bissonnais en tres órdenes de suelos”. *Ciencia del suelo* 29 (2): 129–39.
- Galantini, Juan, María Rosa Landriscini, y Carolina Hevia. 2007. “Contenido y calidad de la materia orgánica particulada del suelo”.
- Giraldo, Ruben Darío David, María Clara Ramírez, y Daniel Castro. 2020. “Efecto de la aplicación de las fuentes convencionales de calcio (cales) en el suelo, en la concentración de Ca en

- tejido y en la biomasa del pasto kikuyo”. *Revista Universidad Católica de Oriente* 31 (46): 113–26. <https://doi.org/10.47286/01211463.321>.
- Grant, Bonnie. 2018. “Sodium Tolerance Of Plants – What Are The Effects Of Sodium In Plants?” *DiverseGarden*. 4 de abril de 2018. <http://www.diversegarden.com/garden-how-to/soil-fertilizers/sodium-in-plants.htm>.
- Havlin, John L., Samuel L. Tisdale, Werner L. Nelson, y James D. Beaton. 2013. *Soil Fertility and Fertilizers*. Pearson Education India.
- Infoagronomo. 2023. “4 fuentes de fosforo para la fertilización orgánica - InfoAgronomo”. *Agricultura orgánica* (blog). 7 de octubre de 2023. <https://infoagronomo.net/fuentes-de-fosforo-para-fertilizacion-organica/>.
- Instituto del Agua. 2024. “Tabla de Calidad de Agua para Riego: Guía Esencial para Optimizar la Salud de tus Cultivos”. *Instituto del Agua* (blog). 21 de enero de 2024. <https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/tabla-de-calidad-de-agua-para-riegocalidad-del-agua/>.
- Intagri. 2021a. “El fósforo y su importancia vegetal”. *Guía de Fertilizantes Fosfóricos para Cultivos*. 2021. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/guia-de-fertilizantes-fosforicos-para-cultivos>.
- . 2021b. “Importancia de la Materia Orgánica (MO) en la Actividad Biológica en el suelo”. 2021. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/importancia-de-la-materia-organica-en-la-actividad-biologica-en-el-suelo>.
- . 2021c. “La Alcalinidad del Agua y su Efecto en los Sustratos”. 2021. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-alcalinidad-del-agua-y-su-efecto-en-los-sustratos>.
- . 2021d. “La Conductividad Eléctrica del Suelo en el Desarrollo de los Cultivos | Intagri S.C.” 2021. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>.
- IPNI. 2003. *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. Quito, Ecuador: International Plant Nutrition Institute. https://www.academia.edu/6676325/MANUAL_DE_NUTRICION_Y_FERTILIZACION_DE_PASTOS.
- Kali Academy. 2023. “Sodio - K+S Minerals and Agriculture GmbH”. *Sodio*. 2023. <https://www.ks-iberia.com/es-es/agricultura/kali-academy/nutrientes/es-sodio/>.
- Mason, Rachel E., Joseph M. Craine, Nina K. Lany, Mathieu Jonard, Scott V. Ollinger, Peter M. Groffman, Robinson W. Fulweiler, et al. 2022. “Evidence, causes, and consequences of

- declining nitrogen availability in terrestrial ecosystems”. *Science* 376 (6590).
<https://doi.org/10.1126/science.abh3767>.
- NAOS. 2021. “Informe del contenido en sal en los alimentos 2019”.
https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/nutricion/INFORME_reduccion_sal_OMS_PLAN_NAOS.pdf.
- Pastore, Melissa. 2014. “The Impact of Nitrogen Eutrophication on Caribbean Coral Reefs: A Review*”. *CONCEPT* 37 (abril).
<https://concept.journals.villanova.edu/index.php/concept/article/view/1725>.
- Patatadesiembra. 2021. “Materia Orgánica en suelo agrícola: Responsable de la Fertilidad y Sostenibilidad”. *PATATA DE SIEMBRA EN ESPAÑA* (blog). 10 de mayo de 2021.
<https://patatadesiembra.es/materia-organica-en-suelo-agricola-responsable-de-la-fertilidad-y-sostenibilidad>.
- Redondo, Miguel Angel Monge. 2017. “Interpretación de un análisis de agua para riego”. Text. iAgua. iAgua. 24 de abril de 2017. <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>.
- Sánchez Bernal, Edgar, Silvia Santos-Jerónimo, Héctor Escobar, Serafin Garrido, y Marco Camacho-Escobar. 2020. “Crecimiento de los pastos Cayman y Cobra en diferentes niveles salinos de NaCl, en invernadero”. *Revista Terra Latinoamericana* 38 (mayo):391–401.
<https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.613>.
- producción en el medio rural*. Quito: CAMAREN.
- Ayers, R.S., y D.W. Wescot. 1985. *Water Quality for Agriculture*. Vol. Paper 29. 1. Roma, Italia: FAO Irrigation and Drainage.
- Barrezueta-Unda, S., A. Cervantes-Alava, M. Ullauri-Espinoza, J. Barrera-Leon, y A. Condoy-Gorotiza. 2020. “EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE IGNICIÓN PARA DETERMINAR MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DE LA PROVINCIA EL ORO-ECUADOR”. *FAVE Sección Ciencias Agrarias* 19 (2): 25–36. <https://doi.org/10.14409/fa.v19i2.9747>.
- Barsky, Osvaldo. 1984. *Acumulación campesina en el Ecuador: los productores de papa del Carchi*. Quito, Ecuador: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede Quito.
- Bretón, Víctor. 2012. *Toacazo. En los Andes equinocciales tras la reforma agraria*. FLACSO Ecuador : Abya Yala : Departament d’Historia Social. Universitat de Lleida : GIEDEM (Antropología e Historia) Universitat de Lleida.
<http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/20487>.
- Buduba, Carlos. 2004. “Muestreo de suelos. Criterios básicos”. *Patagonia Forestal* 10 (1): 12.

- Castellanos, J.Z., A. Ortega Guerrero, O.A. Grajeda, A. Vásquez Alarcón, S. Villalobos, J. J. Muñoz Ramos, V. Zamudio, et al. 2002. "Changes in the quality of groundwater for agricultural use in Guanajuato". *Tierra Latinoamericana* 20 (2): 161–70.
- Chiriboga, Manuel. 2003. "Innovación, conocimiento y desarrollo rural". *Debate agrario*, n° 36, 119–49.
- EC. 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 N° 387. Registro oficial 097 A.*
- EC Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi. 2015. "Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025". http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000110001_FINAL-PDYOT-COTOPAXI-2015_17-08-2015_18-17-17.pdf.
- EC Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Latacunga. 2016. "Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Latacunga 2016 - 2028". https://www.latacunga.gob.ec/images/pdf/PDyOT/PDyOT_Latacunga_2016-2028.pdf.
- EC MAE. 2015a. *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/Acuerdo-097.pdf>.
- Ellerbeck, Stefan. 2023. "La salud del suelo es crucial para la producción de alimentos: Así se puede evitar su degradación". Alimentación y agua. Foro Económico Mundial. 10 de febrero de 2023. <https://es.weforum.org/agenda/2023/02/la-salud-del-suelo-es-crucial-para-la-produccion-de-alimentos-asi-es-como-protegerlo-mejor/>.
- FEDEGAN. 2021. "¿Cuáles son los dos grandes problemas de la producción lechera en el mundo?" CONtexto Ganadero. 2021. <https://www.contextoganadero.com/economia/cuales-son-los-dos-grandes-problemas-de-la-produccion-lechera-en-el-mundo>.
- Franco-Crespo, Christian, Lilian Victoria Morales Carrasco, Nelson Rodrigo Lascano Aimacaña, Giovanna Alejandra Cuesta Chávez, Christian Franco-Crespo, Lilian Victoria Morales Carrasco, Nelson Rodrigo Lascano Aimacaña, y Giovanna Alejandra Cuesta Chávez. 2019. "Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador". *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* 30 (2): 103–20. <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.0>.
- Franco-Crespo, Christian, y Jose Maria Sumpsi Viñas. 2017. "The Impact of Pricing Policies on Irrigation Water for Agro-Food Farms in Ecuador". *Sustainability* 9 (9): 1515. <https://doi.org/10.3390/su9091515>.

- Gaona, Rómulo Campos, Katherine Garcia Alegria, Mauricio Velez Terranova, Erika Hernandez, Raúl Molina Benavides, Hugo Sánchez Guerrero, Carlos Vicente Durán Castro, y Leonidas Giraldo Patiño. 2015. “El mejoramiento genético y la producción de leche. La esencia de una realidad de producción animal”. *Acta Agronómica* 64 (3sup): 296–306. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n3sup.50263>.
- Garcés, Sandra. 2010. “Bienestar y sustentabilidad en el medio rural: Análisis de tres agroecosistemas (uno agroecológico, uno convencional y uno mixto) en Carchi y Esmeraldas a través de indicadores multidimensionales”. Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. <http://hdl.handle.net/10469/2384>.
- Gómez, Juan José Castellón, Roberto Bernal Muñoz, y María de Lourdes Hernández Rodríguez. 2015. “Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala”. *Ingeniería* 19 (1): 39–50.
- Guerrero, Andrés, Osvaldo Barsky, Eduardo P. Archetti, Kristi Anne Stolen, Manuel Chiriboga, Jorge Trujillo, Fernando Velasco, et al. 1988. “El problema agrario en el Ecuador”. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/5382-opac>.
- Guilcamaigua Paztuña, Doris Elena. 2022. “Evaluación de las 4 ‘S’ para la transición agroecológica: determinación social en la propuesta de un sistema de evaluación crítico e intercultural y su aplicación en el valle agrícola de Cotopaxi”. doctoralThesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/8988>.
- Hartemink, Alfred E. 2006. “Assessing Soil Fertility Decline in the Tropics Using Soil Chemical Data”. *Advances in Agronomy* 89:179–225. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)89004-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)89004-2).
- Hassan, Rashid, Robert Scholes, y Neville Ash, eds. 2005. *Ecosystems and human Well-being: Current state and trends. Finding of the Condition and Trends Working Group of the Millenium Ecosystem Assesment*. Washington, DC: Island Press.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. 2013. *Normalizacion 2018. Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras*. Vol. 2169: 2013. <http://apps.normalizacion.gob.ec/download/index.php/buscar>.
- Izquierdo Bautista, Jaime, y John Jairo Arévalo Hernández. 2021. “Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación”. *Ingeniería y Región* 26 (diciembre):20–28. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>.
- Janvry, Alain de, y Elisabeth Sadoulet. 2006. “Progress in the Modeling of Rural Households’ Behavior under Market Failures”. En *Poverty, Inequality and Development: Essays in*

- Honor of Erik Thorbecke*, editado por Alain de Janvry y Ravi Kanbur, 155–81. Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/0-387-29748-0_9.
- Larrea, Carlos, Renato Landín, Ana Isabel Larrea, Wladimir Wrborich, y Rosario Fraga. 2008. “Mapas de pobreza, consumo por habitante y desigualdad social en el Ecuador : 1995 - 2006; metodología y resultados”. <http://hdl.handle.net/10625/39800>.
- Mamani, Elva Brigida Marca. 2022. “EVALUACIÓN DE TECNICAS DE MEDICIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE) Y LA RELACION DEL SUELO (pH) EN PASTA SATURADA MEDIANTE ECUACIONES DE EDAFOTRANSFERENCIA”.
- ONU. 2022. “Hay que detener la pérdida de suelos negros, la base alimentaria de muchos países”. Noticias ONU. Mirada global Historias humanas. 5 de diciembre de 2022. <https://news.un.org/es/story/2022/12/1517292>.
- Requelme, Narcisa, y Nancy Bonifaz. 2012. “Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador”. *La Granja* 15 (1): 55–69. <https://doi.org/10.17163/lgr.n15.2012.05>.
- Sanchez-Medina, A.P., J.G. Herrera-Haro, J.E. Ramirez-Bribiesca, M.E. Ortega-Cerrilla, P. Mendoza-Nazar, y J. Dorantes Jiménez. 2018. “Evaluación económica del sistema de producción lechera familiar”. *AGROProductividad* 11 (1): 111–18.
- SENPLADES. 2014. “Ficha de cifras generales Cantón Latacunga”. Sistema Nacional de Información. 2014. Accedido en mayo de 2021. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0501_LATACUNGA_COTOPAXI.pdf.
- Valencia, Murillo, y Cesar Augusto. 2019. “Proyecto productivo aplicado en la producción de leche cruda bovina leche & fuent@”. *Repositorio institucional UNAD*, Proyecto aplicado, , septiembre. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/31120>.
- Wiggins, Steve, Johann Kirsten, y Luis Llambí. 2010. “The Future of Small Farms”. *World Development*, The Future of Small Farms, 38 (10): 1341–48. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.06.013>.