



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES
CARRERA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS
APLICADAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL CANTÓN
COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA”.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORES: Edwin Eduardo Saltos Cargua

Marlon Andrés Simbaña Pupiales

DIRECTORA:

Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez, MSc.

Ibarra – Ecuador

2024



CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 06 de febrero del 2024

Para los fines consiguientes una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS APLICADAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA" de la autoría de los señores **SALTOS CARGUA EDWIN EDUARDO**, y **SIMBAÑA PUPIALES MARLON ANDRES** estudiantes de la carrera de **INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que los autores han procedido a incorporar su trabajo de titulación las observaciones y sugerencias realizadas por este tribunal.

Atentamente

TRIBUNAL TUTOR

Ing. Gladys Yaguana, M. Sc
DIRECTORA TRABAJO TITULACIÓN

Ing. Oscar Rosales, M. Sc
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|--|-----------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1004608202 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Saltos Cargua Edwin Eduardo | | |
| DIRECCIÓN: | Otavalo, Calle Antonio Ricaurte y Manuel Quiroga | | |
| EMAIL: | eesaltosc@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | SN | TELÉFONO MÓVIL: | 0967913263 |
| DATOS DE CONTACTO | | | |
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1003700422 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Simbaña Pupiales Marlon Andrés | | |
| DIRECCIÓN: | La Esperanza | | |
| EMAIL: | masimbanap@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | SN | TELÉFONO MÓVIL: | 0986819780 |
| DATOS DE LA OBRA | | | |
| TÍTULO: | Evaluación de prácticas de conservación de suelos aplicadas en sistemas agrícolas familiares del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura | | |
| AUTOR (ES): | Saltos Cargua Edwin Eduardo Simbaña Pupiales Marlon Andrés | | |
| FECHA: DD/MM/AAAA | 06/02/2024 | | |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | | | |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO | | |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniero en Recursos naturales Renovables | | |
| ASESOR /DIRECTOR: | Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez, MSc. | | |

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de febrero de 2024

EL AUTOR:

(Firma)

Nombre: Saltos Cargua Edwin Eduardo

(Firma)

Nombre: Simbaña Pupiales Marlon Andrés

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, queremos agradecer a Dios por darnos la fortaleza y la capacidad durante este proceso para la formación como Ingenieros en Recursos Naturales Renovables

Agradecemos de manera especial el apoyo familiar que nos brindaron, colocando su confianza, paciencia, empatía, humildad y apoyo incondicional guardado en nosotros.

A la Universidad Técnica del Norte por darnos este proceso de formación como profesionales para la República del Ecuador, donde se obtuvieron conocimientos, experiencia y valores de sus prestigiosas instalaciones.

A la Ing. Gladys Yaguana M.Sc., Ing. Oscar rosales M.Sc., por brindarnos su ayuda y colaboración en las consultas realizadas y el aporte ejecutado en este trabajo de titulación

Finalmente, agradecer a nuestros amigos, compañeros a quienes nos apoyaron de manera desinteresada.

Eduardo y Marlon

DEDICATORIA

A mis padres José Clemente Simbaña y María Luisa Pupiales por ser un aporte importante en mi vida y en los momentos difíciles de mi carrera, llenando de sabiduría con sus consejos, valores, y principios, logrando formar a la persona que soy ahora.

A mis hermanos Wilmer, Kevin y Sharnel Simbaña por ser un apoyo en cada una de las circunstancias en el proceso de mi carrera y de mi vida.

A mi esposa Diana Andrango y su hijo Matías, por llegar a mi vida y ser personas abnegadas que siempre están sacándome una sonrisa, gracias por sus consejos y sabiduría que fueron motivos para culminar con mi carrera.

A mi hija Lourdes Nizaraly quien es y será la fuente y motivo de mi esfuerzo con su llegada a nuestras vidas fortaleció los sueños y aspiraciones que siempre se tiene para futuro.

A mi cuñada Anita Sevillano y sobrinos Joseph y Dariana Simbaña por ser parte de este proceso y ayudarme, apoyarme en las circunstancias necesarias.

Finalmente, dedico a mis familiares y amigos que han estado siempre pendientes de este esfuerzo acompañándome en cada uno de los momentos y sobre todo siempre llenándome de consejos, esto también es para ustedes estimados amigos.

Marlon Simbaña

DEDICATORIA

A mis padres Rafael Saltos y Yolanda Cargua, por ser los pilares fundamentales en toda etapa de mi vida estudiantil y personal, por enseñarme que los valores de responsabilidad, humildad y amabilidad me permitirían llegar lejos. Les agradezco por apoyarme en toda situación y por hacerme la persona que soy hoy en día.

A mi hermano Carlos Saltos por ser un gran apoyo en todo momento y por ser una persona con quien he podido compartir cada logro y hazaña tanto en lo personal como en lo académico.

A mi pareja Jenny Estrada, por ser una maravillosa mujer con quien he compartido una larga etapa llena de momentos de aprendizaje, felicidad y logros. Por ser una persona que siempre me ha encaminado a tomar en cuenta mis metas y objetivos.

A mi hija Atenea Margarita por ser el motivo de mi esfuerzo y dedicación por llenarme de felicidad y colmarme de cosas buenas en todo momento.

Finalmente, dedico esto a mis familiares y amigos que han estado al pendiente de mí y mi familia en todo momento acompañándome en cada peldaño superado, a quienes me han sabido aconsejar y brindar una sonrisa de apoyo y fuerza para culminar con mi etapa universitaria.

Eduardo Saltos

ÍNDICE DE CONTENIDO

| Contenido | Páginas |
|--|----------------|
| CAPÍTULO I..... | 13 |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.1. Revisión de antecedentes..... | 13 |
| 1.2. Problema de investigación..... | 15 |
| 1.3. Justificación..... | 16 |
| 1.4. Preguntas directrices de la investigación..... | 17 |
| 1.5. Objetivos..... | 17 |
| 1.5.1. Objetivo general..... | 17 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 17 |
| CAPÍTULO II | 18 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 18 |
| 2.1. Marco teórico referencial | 18 |
| 2.1.1. <i>Suelo</i> | 18 |
| 2.2. Propiedades físicas del suelo | 19 |
| 2.2.1. Textura..... | 20 |
| 2.2.2. Densidad aparente..... | 22 |
| 2.3. Propiedades químicas del suelo..... | 22 |
| 2.4. Prácticas de conservación de suelos..... | 26 |
| 2.5. Degradación del suelo agrícola | 29 |
| 2.6. Marco legal..... | 29 |
| 2.6.1. Constitución de la República del Ecuador..... | 29 |
| 2.6.2. Código Orgánico del Ambiente | 30 |
| 2.6.3. Plan de Creación de Oportunidades..... | 30 |
| CAPÍTULO III | 31 |
| METODOLOGÍA | 31 |
| 3.1. Descripción del área de estudio..... | 31 |
| 3.2. Identificación de las prácticas de conservación de suelos en las parroquias | 33 |
| 3.2.1. Identificación de la población..... | 33 |

| | |
|---|----|
| 3.2.2. Población estadística finita | 34 |
| 3.2.3. Identificación de la muestra..... | 35 |
| 3.2.4. Encuesta..... | 36 |
| 3.2.5. Tabulación y diseño de los gráficos..... | 36 |
| 3.3. Relación entre las prácticas de conservación y las propiedades químicas y físicas del suelo..... | 37 |
| 3.3.1. Muestreo de los parámetros químicos | 37 |
| 3.3.2. Muestreo no probabilístico | 38 |
| 3.3.3. Muestreo en campo..... | 38 |
| 3.3.4. Herramienta para toma de muestras..... | 39 |
| 3.3.5. Muestra compuesta | 40 |
| 3.3.6. Muestreo de densidad aparente (DA) | 41 |
| 3.3.7. Análisis de laboratorio y estadístico..... | 43 |
| 3.4. Diseño de estrategias para el mejoramiento de la calidad de suelos e incremento de la productividad de cultivos..... | 44 |
| 3.4.1. Modelo presión-estado-respuesta | 44 |
| CAPÍTULO IV | 46 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 46 |
| 4.1. Identificación de prácticas de conservación de suelos en Quiroga y San Francisco..... | 46 |
| 4.1.1. Uso de suelo en las parroquias de Quiroga y San Francisco | 53 |
| 4.2. Relación entre las prácticas de conservación y las propiedades químicas y físicas del suelo en las parroquias | 54 |
| 4.2.1. Ubicación de los puntos de muestreo en las parroquias | 54 |
| 4.2.2. Análisis de Normalidad de Datos | 55 |
| 4.2.3. Análisis de los parámetros químicos de las parroquias | 57 |
| 4.2.4. Componentes principales..... | 59 |
| 4.2.5. Correlación de prácticas de conservación de suelos | 61 |
| 4.2.6. Contenido de la materia orgánica en las parroquias | 62 |
| 4.2.7. Contenido de bases catiónicas en las parroquias | 64 |
| 4.2.8. Contenido del nitrógeno en las parroquias | 67 |
| 4.2.9. Análisis de la textura de las parroquias | 69 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.10. Densidad aparente de las parroquias..... | 72 |
| 4.2.11. Regresión lineal entre materia orgánica y densidad aparente de Quiroga | 73 |
| 4.2.12. Regresión lineal de la materia orgánica y densidad aparente de las parroquias San Francisco..... | 75 |
| 4.3. Diseñar estrategias para el mejoramiento de la calidad de suelos e incremento de la productividad de cultivos, en el marco de la sustentabilidad. | 77 |
| 4.3.1 Programa de fomentación de buenas prácticas de conservación de suelos | 77 |
| 4.3.2. Programa de mejora en el rendimiento de los cultivos mediante el uso de abonos orgánicos. | 79 |
| Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de mejora en el rendimiento de los cultivos mediante el uso de abonos orgánicos. | 80 |
| 4.3.3 Programa de reducción del uso de agroquímicos en los cultivos. .. | 81 |
| Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de reducción del uso de agroquímicos en los cultivos..... | 82 |
| 4.3.4. Programa de disminución de la frontera agrícola a sectores naturales | 83 |
| CAPÍTULO V | 85 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 85 |
| 5.1. Conclusiones..... | 85 |
| 5.2. Recomendaciones | 87 |
| REFERENCIAS..... | 88 |
| ANEXOS..... | 101 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Taxonomía del suelo | 19 |
| Tabla 2. Clases texturales del suelo | 20 |
| Tabla 3. Relación entre textura y comportamiento probable del suelo | 21 |
| Tabla 4. Elementos principales del suelo | 23 |
| Tabla 5. Categorías del pH en el suelo..... | 25 |
| Tabla 6. Caracterización del área de estudio..... | 33 |
| Tabla 7. Número de habitantes de las parroquias San Francisco y Quiroga..... | 34 |
| Tabla 8. Materiales de campo y oficina para la aplicación de la investigación | 37 |
| Tabla 9. Profundidad de la muestra de los diferentes tipos de cultivos | 41 |
| Tabla 10. Matriz de comparación y análisis de respuestas en los agricultores | 50 |
| Tabla 11. Datos del análisis químico de la parroquia Quiroga | 57 |
| Tabla 12. Datos del análisis químico de la parroquia San Francisco..... | 58 |
| Tabla 13. Interpretación de análisis de suelo | 62 |
| Tabla 14. Textura del suelo Quiroga..... | 69 |
| Tabla 15. Textura del suelo San Francisco | 70 |
| Tabla 16. Datos de la densidad aparente de las parroquias | 72 |
| Tabla 17. Análisis de regresión lineal MO y DA..... | 73 |
| Tabla 18. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados de MO y DA | 73 |
| Tabla 19. Análisis de regresión lineal MO y DA..... | 75 |
| Tabla 20. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados de MO y DA | 75 |
| Tabla 21. Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de fomentación de buenas prácticas de conservación de suelos | 78 |
| Tabla 22. Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de incremento de materia orgánica en los suelos | 80 |
| Tabla 23. Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de reducción del uso de agroquímicos en los cultivos | 82 |
| Tabla 24. Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de disminución de la frontera agrícola a sectores naturales | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Triángulo de textura de suelos..... | 21 |
| Figura 2. Ubicación del área de estudio..... | 32 |
| Figura 3. Aplicación del cálculo del tamaño de la muestra general | 35 |
| Figura 4. Método de Zigzag para muestreo de suelo | 39 |
| Figura 5. Barreno para muestreo de suelo..... | 40 |
| Figura 6. Proceso de obtención de muestras | 42 |
| Figura 7. Modelo de indicadores Presión-Estado-Respuesta (PER)..... | 45 |
| Figura 8. Tipos de cultivos que se realizan en las parroquias..... | 46 |
| Figura 9. Tipos de abonos usados en los cultivos | 47 |
| Figura 10. Prácticas de conservación de suelos | 49 |
| Figura 11. Cobertura de suelo en las parroquias | 54 |
| Figura 12. Puntos de muestreo en las parroquias..... | 55 |
| Figura 13. Prueba de normalidad de datos en el programa SPSS | 56 |
| Figura 14. Predictores del muestreo en campo para parámetros químicos | 59 |
| Figura 15. Gráfica de clústeres de los componentes principales | 60 |
| Figura 16. Diagrama de correlación de los componentes principales..... | 61 |
| Figura 17. Contenido de la materia orgánica Quiroga..... | 63 |
| Figura 18. Contenido de la materia orgánica en San Francisco..... | 64 |
| Figura 19. Contenido de las bases catiónicas en Quiroga..... | 65 |
| Figura 20. Contenido de las bases catiónicas en San Francisco | 66 |
| Figura 21. Contenido del nitrógeno en Quiroga | 67 |
| Figura 22. Contenido del nitrógeno en San Francisco | 68 |
| Figura 23. Textura del suelo en las parroquias Quiroga y San Francisco..... | 71 |
| Figura 24. Regresión entre densidad aparente y materia orgánica | 74 |
| Figura 25. Regresión entre densidad aparente y materia orgánica | 76 |

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Revisión de antecedentes

Las prácticas de conservación de suelos comprenden un conjunto de técnicas y enfoques que buscan mitigar los efectos de la erosión, degradación y pérdida de nutrientes del suelo, al mismo tiempo que fomentan su regeneración y enriquecimiento (Andrade & Rodríguez, 2002). Estas prácticas pueden variar desde la implementación de terrazas y bancales en laderas empinadas, hasta la adopción de técnicas de agroforestería y la promoción de sistemas de siembra directa. Su objetivo principal es mantener la salud y la fertilidad del suelo, permitiendo que las tierras agrícolas sean productivas y sostenibles a lo largo del tiempo (Gómez, Villagra, & Solorzano, 2018).

La importancia de las prácticas de conservación de suelos radica en su capacidad para abordar los desafíos que enfrenta la agricultura familiar y a pequeña escala, que representa una parte significativa de la producción de alimentos en las regiones (Samoza, 2018). Estos sistemas agrícolas son fundamentales para la seguridad alimentaria y el sustento de millones de personas, pero a menudo se ven amenazados por la erosión, la degradación del suelo y el cambio climático (Gómez & Flores, 2015). La adopción de prácticas de conservación de suelos no solo protege la productividad y la resiliencia de estos sistemas, sino que también contribuye a la mitigación del cambio climático al aumentar la captura de carbono en el suelo (Alba, Alcaráz, Cermeño, & Barbero, 2011).

Estudios realizados por Hernández et al. (2005) muestran que las prácticas de conservación significan un manejo adecuado en el sistema agroecológico y pretenden incrementar la eficiencia de la producción en el campo agrícola, protegiendo las áreas buenas y con un enfoque de transición agrícola para mejorar la calidad de suelos y la producción convencional. La combinación de técnicas tradicionales y técnicas que permiten contribuir para la mejora de resultado agronómicos, lo que aumenta la

productividad y calidad de cultivos, reduciendo en el aspecto económico, garantizando a los agricultores locales tener más rendimiento para satisfacer las necesidades en su economía (AGROBIT, 2019).

En Ecuador se llevaron a cabo investigaciones de campo y análisis de datos para evaluar la adopción y el impacto de prácticas como la siembra directa, cultivos de cobertura y terrazas en diferentes zonas agrícolas del país. Los resultados indicaron que estas prácticas de conservación de suelos contribuyeron significativamente a la reducción de la erosión, la mejora de la fertilidad del suelo y la productividad agrícola (Nieto & Vicuña, 2015). Además, se destacó la importancia de promover políticas públicas y programas de capacitación para fomentar la adopción generalizada de estas prácticas en la agricultura familiar, con el fin de garantizar un uso sostenible de los recursos naturales y proteger el suelo para las futuras generaciones (Andrade & Rodríguez, 2002).

La producción agrícola en Cotacachi se caracteriza por su enfoque en la agricultura familiar y a pequeña escala. Los agricultores locales practican métodos tradicionales de cultivo y tienen un profundo conocimiento de las condiciones climáticas y del suelo de la región (Gascón, 2016). A pesar de esto, también se han implementado prácticas modernas de conservación de suelos y técnicas agrícolas sostenibles para preservar los recursos naturales y aumentar la productividad de manera respetuosa con el medio ambiente. Además de su importancia económica, la producción agrícola en Cotacachi también es relevante para la conservación de la biodiversidad, ya que muchos de los cultivos y prácticas agrícolas locales están vinculados a tradiciones ancestrales y conocimientos indígenas (Aragón, Albuja, Paz, Burbano, & Aragón, 2019).

En Cotacachi hay una rica diversidad de cultivos nativos adaptados a las condiciones locales. Los agricultores han reconocido la importancia de rescatar y mantener estas variedades autóctonas para proteger la biodiversidad agrícola y preservar el patrimonio cultural de la región (Mejía, Mejía, & Muñoz, 2018). De

acuerdo con Tapia (2011) menciona a Cotacachi como una de las zonas andinas con potencial en la ejecución sobre un programa de agricultura sostenible y el manejo de los recursos naturales con la aplicación de prácticas de conservación de suelos y atribuir un mejor desarrollo en el ámbito local.

1.2. Problema de investigación

Ecuador es uno de los países que reúne características sociales climáticas y topográficas de las regiones donde se conservan diferentes suelos en la agricultura, lo que reduce los impactos generados por el mal uso de actividades agrícolas. Como menciona Quichimbo (2020), Ecuador destaca entre los más importantes en la lista de países con mayor pérdida de área con respecto al uso de suelo, ya que las prácticas agrícolas forman parte de las actividades que generan réditos económicos al país.

La provincia de Imbabura posee recursos naturales, lo que permite a la población realizar actividades para el desarrollo socioeconómico. En los cantones de la provincia, la agricultura es un eje principal en cultivos de maíz (*Zea mays*), papas (*Solanum tuberosum*), entre otras, pero la ausencia de buenas prácticas agrícolas es el principal problema de la degradación del suelo. Al no implementar estas prácticas del manejo adecuado del suelo, provoca la disminución de nutrientes y la baja producción agraria (GAD Pimampiro, 2023).

La parroquia Quiroga se caracteriza por ser un sector de producción agrícola que forma parte de un área de suelos ricos en materia orgánica, con presencia de carbono, calcio, potasio (GAD Santa Ana de Cotacachi, 2015). Sin embargo, no se aprovecha mejor este recurso, lo que permite ver la baja capacidad productiva en el desarrollo económico de su localidad, los agricultores realizan sus producciones de una manera no aprovechable, perjudicando al suelo y bajando la capacidad productiva de cultivos.

1.3. Justificación

En la parroquia de San Francisco y Quiroga se desempeñan varias actividades con respecto a la producción y comercialización agrícola, ya que, en estos sectores el área dedicada al aprovechamiento agrícola cubre grandes zonas de la superficie de cada lugar. Los agricultores del cantón Cotacachi se han visto en realizar varios acuerdos con las entidades rectoras tanto del cantón como de la parroquia, haciendo hincapié en crear sistemas agrícolas que permitan que ellos manejen y trabajen grandes áreas de terreno para la agricultura y ganadería (GAD Santa Ana de Cotacachi, 2015).

Los gobiernos autónomos facilitan capacitaciones, charlas y otros proyectos dirigidos a los involucrados en la agricultura, para mejorar la gestión y el aprovechamiento del recurso suelo. El objetivo principal es fomentar un mejor desempeño en el ámbito productivo, lo que implica que los habitantes puedan rescatar y aplicar los conocimientos locales y ancestrales relacionados con los sistemas agrícolas familiares presentes en diversas zonas del país. Esto permitirá promover la conservación de los suelos y fortalecer el contenido entre los agricultores y las instituciones encargadas del desarrollo agrícola (Jiménez, 2020).

La investigación busca promover y reforzar la implementación de prácticas de conservación del suelo para apoyar a las familias que dependen económicamente de la producción de cultivos en terrenos, huertos y viveros. Es importante destacar que estas acciones se encuentran con el quinto apartado del Artículo 5 del Código Orgánico del Ambiente, que busca la preservación y el uso sostenible del suelo para prevenir la degradación, desertificación y otros factores que puedan afectar su manejo (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

1.4. Preguntas directrices de la investigación

¿Qué prácticas de conservación de suelos se realizan en los cultivos agrícolas de las parroquias Quiroga y San Francisco?

¿La calidad de suelo en las parroquias San Francisco y Quiroga mantienen un estado óptimo para generar una productividad agrícola?

¿Existen técnicas que permitan mejorar la productividad de cultivos en las parroquias San Francisco y Quiroga?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelos aplicadas en sistemas agrícolas familiares del cantón Cotacachi, parroquias San Francisco y Quiroga, en la calidad de suelos y productividad de los cultivos.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar prácticas de conservación de suelos que se realicen en sistemas agrícolas familiares de las parroquias.
- Determinar la relación entre las prácticas de conservación y las propiedades químicas y físicas del suelo.
- Diseñar estrategias para el mejoramiento de la calidad de suelos e incremento de la productividad de cultivos.

1.6. Hipótesis

Ho: La realización de labores agrícolas aplicando prácticas de conservación de suelos no influye en las propiedades físicas y químicas en el suelo del cantón Cotacachi.

Ha: La realización de labores agrícolas aplicando prácticas de conservación de suelos influye en las propiedades físicas y químicas en el suelo del cantón Cotacachi.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico referencial

A continuación, se especifican términos que permiten orientar el trabajo de grado, además permite dirigir el estudio hacia los objetivos establecidos, genera metodologías que se usarán en la parte experimental para el respectivo resultado.

2.1.1. *Suelo*

El suelo es principal recurso natural que forma parte de la superficie de la corteza terrestre, generando una importancia socioambiental que permite el desarrollo y contenido de especies de fauna y flora, estas relacionándose en los aspectos ecológicos (Domínguez, 2016). El suelo beneficia a las plantas obteniendo agua y nutrientes que se genera por la descomposición de material vegetal y restos de animales (Molina, 2019).

El suelo también es denominado un recurso natural que tiene capas y su diferente contenido entre factores físicos, químicos permiten la transformación para albergar otros organismos (FAO, 2015). Los suelos a su vez tienen una clasificación por su textura, profundidad, color y porcentaje de materia orgánica que permiten caracterizarlo a partir de los estudios edáficos dando importancia para la identificación correspondiente como se observa en la Tabla 1 (Castillo & Bogante, 2011).

Tabla 1*Taxonomía del suelo.*

| Orden | Descripción |
|--------------|--|
| Andisoles | Su característica se basa en ser suelos de colores muy oscuros, tiene una alta porosidad en su estructura. |
| Oxisoles | Contienen un grado alto de porosidad y se caracteriza por ser arcilloso. |
| Vertisoles | Se compone en su mayoría por ser suelos arcillosos y con mayor capacidad a cuarteaduras. |
| Ultisoles | Aquí se destaca el suelo mineralizado correspondiente al 35 % en saturación. |
| Molisoles | Suelos mediamente profundos, sus principales componentes se dan entre el calcio y magnesio. |
| Inceptisoles | En este tipo de suelos ya se puede realizar proceso de agricultura por su humedad correspondiente. |
| Entisoles | Suelos aptos para el desarrollo de cultivos por su alta retención de minerales. |

Nota. Esta tabla muestra ordenes de la taxonomía de suelos. Modificado de “(Villaseñor, Chabla, & Luna, 2015)”.

2.2. Propiedades físicas del suelo

El desarrollo de la mezcla de partículas de los componentes bióticos y abióticos en proporciones viables constituyen una desintegración que permite dar ciertas características al suelo (Murcia, 2014). Para establecer un rendimiento correcto se realiza análisis entre el contenido de las propiedades físicas y químicas (FAO, 2015). Mediante este contenido el suelo llega a tener ciertas características que permiten mejorar el suelo (Albarracín, 2019).

2.2.1. Textura

Esta propiedad física permite analizar la fertilidad y capacidad de retención de agua en el suelo (Pellegrini, 2019). Su contenido ayuda a la transformación positiva o negativas dependiendo de la cantidad que se logra incorporar (Coral & Recalde , 2017). Las clases de textura en el suelo permite a su vez ver su clasificación ayudando a saber qué tipo de cultivo puede ser óptimo, la clasificación de las clases de textura del suelo se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2

Según USDA las Clases texturales del suelo

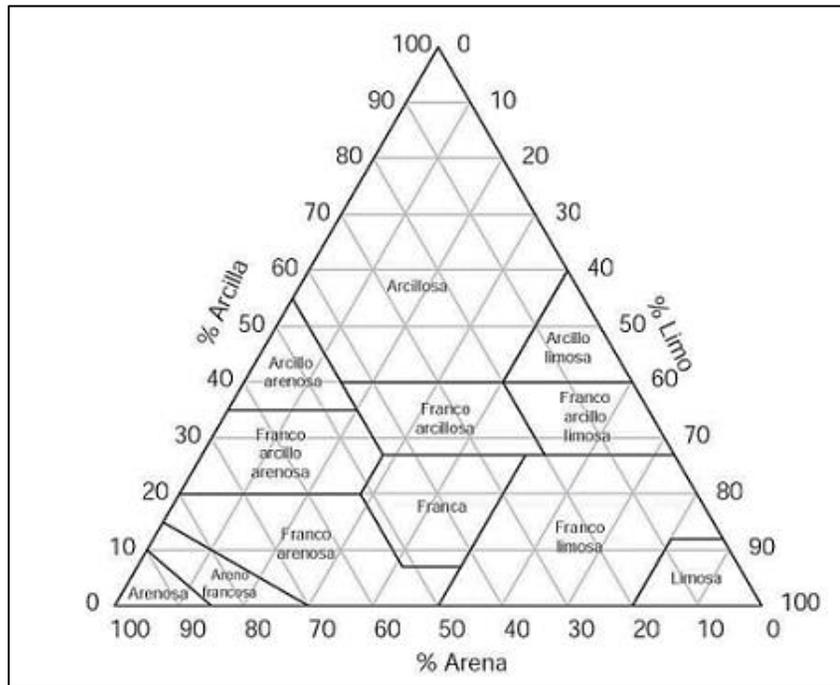
| CLASE DE TEXTURA | ARENA (%) | LIMO (%) | ARCILLA (%) |
|--------------------------|-----------|----------|-------------|
| Arenoso | 86 a 100 | 0 a 14 | 0 a 10 |
| Franco arenoso | 70 a 86 | 0 a 30 | 0 a 15 |
| Franco arenoso | 50 a 70 | 0 a 50 | 0 a 20 |
| Franco | 23 a 52 | 28 a 50 | 7 a 27 |
| Franco limoso | 20 a 50 | 74 a 88 | 0 a 27 |
| Limoso | 0 a 20 | 88 a 100 | 0 a 12 |
| Franco arcilloso | 20 a 45 | 15 a 52 | 27 a 40 |
| Franco arenoso arcilloso | 45 a 80 | 0 a 28 | 20 a 35 |
| Franco limoso arcilloso | 0 a 20 | 40 a 73 | 27 a 40 |
| Arcilloso arenoso | 45 a 65 | 0 a 20 | 35 a 55 |
| Arcilloso limoso | 0 a 20 | 40 a 60 | 40 a 60 |
| Arcilloso | 0 a 45 | 0 a 40 | 40 a 100 |

Nota. En la tabla se puede evidenciar la clase de textura que se puede encontrar en el suelo. Modificado de “ (USDA, 2019)”.

El triángulo de texturas Figura 1 corresponde a los porcentajes de estimación que permite dar nombre a la textura que representa (USDA, 2019).

Figura 1

Triángulo de textura de suelos.



Nota. Triángulo de textura del suelo. (FAO, 2015).

Lo que detalla la textura del suelo permite influenciar en las características del suelo, estas determinan la funcionalidad, carencias o suficiencias de nutrientes, y también actores climáticos que llegaron a suceder. También se menciona suelos arenosos que poseen buena aireación, alta permeabilidad y baja retención de humedad (Amézquita, 2013) en cuanto a los suelos francos pueden llegar a ser más equilibrados como se puede evidenciar en la Tabla 3.

Tabla 3*Textura y comportamiento del suelo.*

| Propiedad | Arenoso | Arcilloso | Franco |
|-------------------------------|----------------|------------------|---------------|
| Permeabilidad | alta | baja | media |
| Retención de agua | baja | alta | media |
| Aireación | media | baja | media |
| Nutrientes | baja | alta | media |
| Tamaño partículas | media | alta | media |
| Dificultad para el laboreo | media | alta | baja |
| Potencial de escorrentía | baja | baja | media |
| Erosionabilidad por el viento | alta | media | baja |

Nota. En la tabla se evidencia la relación entre la textura y comportamiento del suelo “(Amézquita, 2013)”.

2.2.2. Densidad aparente

La densidad aparente, llamada densidad aparente del suelo, es una medida usada para cuantificar la masa de un suelo en relación con su volumen total. La función principal de la densidad aparente es proporcionar información sobre la compacidad y la estructura del suelo (Rojas , 2020). Una densidad aparente alta indica que el suelo está más compactado, lo que puede afectar negativamente la porosidad y la circulación del aire y agua en el suelo. Esto puede dificultar el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas, así como la infiltración y retención de agua, lo que puede llevar a problemas de drenaje y la escorrentía del agua superficial (Noguera & Vélez , 2011).

2.3. Propiedades químicas del suelo

Según Orozco y Muñoz (2012), Las propiedades químicas del suelo se refieren a las características relacionadas con la composición química de la matriz sólida y la solución del suelo. Estas propiedades son fundamentales en la fertilidad y la productividad del suelo, ya que afectan la disponibilidad de nutrientes para las plantas

y otros organismos dependientes del suelo. Existen algunos elementos principales que se hallan en la capa edáfica que se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4

Elementos principales del suelo

| Elemento | Características |
|-----------------------|---|
| pH | Parte importante para el cultivo está relacionado directamente con el pH, este permite el balance de los macro y micronutrientes para disponer un suelo estable (Ramos & Zúñiga, 2008). |
| Materia orgánica (Mo) | La materia orgánica del suelo gestiona componentes importantes como: oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo y azufre. Ésta ayuda a la regulación y la fertilidad, a través de los nutrientes para satisfacer las necesidades de la biodiversidad y la estructura física de los suelos (Trinidad , 2018). Además, posibilita que las partículas logren establecer fijación en el suelo y generar suficiente espacio poroso, facilitando la absorción de agua por las raíces. |
| Nitrógeno | El Nitrógeno es indispensable cuando consideramos un aporte importante en el cultivo, este permite la adquisición de nutrientes y proteínas (González L. , 2013). En los sistemas agrícolas familiares, el uso de fertilización suele ser muy costosa, pero soluciona problemáticas importantes en los cultivos (Solorio & Miranda, 2019). |
| Bases catiónicas | Las bases catiónicas, también conocidas como cationes básicos, son iones positivamente cargados que se encuentran en el suelo y desempeñan un papel fundamental en la nutrición de las plantas. (Burbano, 2018). Este contenido se define como parte de verificación de la fertilidad del suelo, se distinguen cuando existen fuertes asociaciones entre calcio y magnesio o a su vez deficiencias entre calcio y magnesio (Benítez, 2022). |
| Fósforo | Como afirma Patiño et al, (2014) el fósforo desempeña un papel muy importante en la agricultura puesto que es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Para asegurar un crecimiento saludable de los cultivos, es esencial suministrar fósforo en forma de fertilizantes para corregir deficiencias y garantizar rendimientos óptimos en la agricultura (Pantano, Grosseli, Mozeto, & Fadini, 2016). |
| Potasio | El potasio es necesario para el funcionamiento adecuado de varios procesos metabólicos, como la síntesis de proteínas y la activación de enzimas. Además, desempeña un papel crucial en la regulación del equilibrio hídrico de las plantas, mejorando su resistencia a la sequía y el estrés (Meneses, Mendoza, & Cecílio, 2017). |

| Continúa... | |
|-------------|--|
| Elemento | Características |
| Manganeso | Este tipo de elemento es un micronutriente importante para la producción de cultivos y sobre todo para fortalecer las plantas, se enfoca principalmente en el crecimiento y la relaciones que permite activar las reacciones en el metabolismo del fósforo y nitrógeno (Álvarez, 2016). |
| Zinc | Este elemento es de gran importancia ya que juega un papel importante el cual se encarga en la maduración y producción de las semillas, esto lo hace para rendir de manera adecuada el desarrollo vegetativo y dando un mejor cuidado a suelo (Rodríguez & Castellanos, 2014). |
| Hierro | Es el cuarto elemento más abundante de la tierra, al poseer altas concentraciones de carbonatos y bicarbonatos disminuye la solubilidad y movilidad. El pH al ser alcalino disminuye su asimilación y al ser más ácido permite mejor la asimilación de hierro (Mata, 2015). |
| Cobre | Es esencial para el desarrollo de las plantas y requerido en menor proporción en comparación con otros elementos. Es una coenzima que está involucrada en la formación y transformación de aminoácidos, también influye en el color y sabor de los frutos (Intagri, 2022). |
| Boro | El boro permite al suelo una protección adicional hacia las raíces, las cuales representan de mejor forma las paredes celulares protegiendo a los cultivos que posteriormente al enraizar podemos detallar la fijación y evitar la degradación en el suelo (Intagri, 2022). |
| Calcio | La presencia de calcio es fundamental en el suelo, este elemento permite convertir a un suelo estéril en un fértil ya que mantiene una estructura en los suelos agrícolas, favoreciendo en el crecimiento de las raíces absorbiendo los nutrientes necesarios para mantener un suelo con buena producción (Agricultura, 2017). |

Nota: Principales elementos del suelo importantes para verificar la productividad de los cultivos.

Tabla 5*Categorías del pH en el suelo*

| pH | Categoría | Interpretación |
|-----------|----------------------|--|
| < 5.0 | Extremadamente ácido | Contiene alta toxicidad y niveles bajos de bases catiónicas. |
| 5.0-5.5 | Fuertemente ácido | Toxicidad media por el aluminio y magnesio dando una deficiencia de fósforo, azufre y materia orgánica. |
| 5.5-6.0 | Moderadamente ácido | Los cultivos requieren mayor contenido de molibdeno. |
| 6.0-6.5 | Ligeramente ácido | Niveles altos en aluminio lo que dificulta la existencia de nutrientes en los cultivos. |
| 6.5-7.3 | Neutro | Buenos niveles de Calcio y Magnesio lo que permite el crecimiento y engrosamiento de las plantas. |
| 7.4-8.0 | Alcalino | Deficiencia en la disponibilidad de micronutrientes, y altos niveles de calcio, magnesio. |
| > 8.0 | Muy alcalino | Serias limitaciones en la disponibilidad de los nutrientes. Exceso de sodio lo que genera perjudicial en el cultivo. |

Nota. Interpretación de pH en el suelo (Osorio, 2012).

El pH en el suelo usualmente fluctúa entre 4 y 8, cabe recalcar que los suelos con pH menor a 7 son ácidos y si el pH es mayor a 7 son alcalinos, se puede interpretar mejor estos valores en la Tabla 5 (Ramos & Zúñiga, 2008).

2.4. Prácticas de conservación de suelos

Las prácticas agrícolas de conservación de suelos tienen como principal objetivo la reducción en la erosión del suelo y retención de humedad. Las técnicas de conservación de suelo mantienen la biodiversidad en las eco comunidades que contribuyen a la zona edáfica al evitar las escorrentías, sedimentación en masas de agua y protección del suelo ante los agrietamientos (Gómez, Villagra, & Solorzano, 2018). Los beneficios que se busca al realizar estas prácticas contemplan en aumentar la calidad de la tierra, para que la productividad agrícola crezca y el almacenamiento de agua aumente (Cotler, Cram, Martínez, & Bunge, 2015). Entre las practicas más utilizadas en la agricultura tenemos las siguientes:

- **Rotación de cultivos:** Las rotaciones de cultivos se basan en la siembra alternada de cultivos limpios y densos o la sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos, esta práctica se rige según las condiciones ecológicas y económicas de la región para así optimizar la producción y el uso de recursos (Silva et al., 2015). La técnica de rotación de cultivos es pionera en el control de varias enfermedades y plagas presentes en las plantas, además, permiten el aumento de nutrientes en el suelo y la sustentabilidad agrícola (Alarcón, Jiménez, & Benítez, 2020).
- **Cultivos asociados:** Los cultivos múltiples son una técnica agrícola en la cual se pretende aprovechar el espacio disponible para aumentar la producción de cultivos, estos cultivos crecen en la misma parcela incluso plantando un segundo cultivo entre los surcos de otro que está creciendo (FAO, 2015). Cabe recalcar que, mediante esta técnica de conservación de suelo, los recursos disponibles son aprovechados de mejor manera y los productores no evidencian complicaciones en la zona cultivada, lo que permite adquirir mayor ventaja en el aprovechamiento de este. (Contreras, Marín, & Viera, 2021).
- **Manejo del rastrojo:** Esta técnica también llamada cobertura muerta, se encarga de distribuir los residuos de cosechas sobre el suelo en el cual se va a cultivar, estos residuos de cultivo forman una capa vegetal protectora que

disminuye la erosión y evita el impacto de las gotas de la lluvia (Fallas, 2019). De la misma manera aumenta la capacidad de retención de agua y por ende aumenta la materia orgánica lo que mejora las diferentes propiedades tanto físicas como químicas del suelo y ayuda a mejorar la producción de los cultivos, es una fuente de aprovechamiento en el ámbito económico para el sector agrícola (Hidalgo, y otros, 2013).

- **Labranza cero:** Las malezas se controlan por métodos mecánicos. En cuanto a las condiciones edáficas esta práctica procura mantener una cubierta vegetal que actúa como protector del suelo para que tenga como función principal reducir los niveles de erosión y regular en contenido de humedad en el suelo (Yáñez, Cantú, & González, 2018). Este tipo de labranza tiene como condicionante en la aplicación de suelos en donde las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelo estén aptas para su buen funcionamiento (Torres, Gutierrez, Ortíz, & Gutierrez, 2016).
- **Labranza conservacionista:** Este tipo de labranza se caracteriza por presentar una cobertura o manto en el suelo con los rastrojos de las cosechas de cultivos anteriores, esta técnica es implementada tanto para conservar el agua del suelo como su fertilidad, no obstante, se encarga de la remoción y volteo del suelo para la mejora de condiciones físicas y químicas del suelo (García, Cardenas, & Parra, 2018). Por ende, este tipo de labranza tiene mayor ventaja en la generación de nutrientes en el suelo, ya que por medio de los rastrojos de las cosechas se generan una capa de materia orgánica que satisface la nueva producción que se desea implementar (González, 2015).
- **Abonos orgánicos:** Son residuos de plantas y animales usados para mejorar las propiedades físicas y/o químicas del suelo. Es importante que en esta práctica la materia orgánica esté descompuesta o mineralizada, ya que así este puede ayudar a controlar las poblaciones de patógenos que se encuentran en el medio edáfico (Huamán, Pérez, & Rivera, 2017). En suelos agrícolas la descomposición se da en condiciones normales, no es suficientemente rápida

como para compensar pérdidas de agua por erosión y usos de las plantas (Ramos & Terry, 2014)

- **Barreras vivas:** Las barreras vivas son hileras continuas de plantas perennes sembradas al nivel de la superficie del suelo, las cuales tienen como propósito reducir la velocidad y energía del agua de escorrentía para almacenarla en el suelo, estas barreras se emplean tanto en cultivos limpios como en semi bosques (Garzón, 2017). El principal beneficio de estas barreras vivas es frenar la erosión del suelo y con ello favorecer al desarrollo de las plantas (Ruíz, Bravo, & Loeza, 2001).
- **Sistema agrícola:** Según Nichols et al., (2015) sistemas agrícolas o conocidos como agroecosistemas consisten en ciertas partes y procesos en el que se incluye: un área de cultivo, equipamiento para siembra y cosecha, limpieza del terreno y zafra. Los agroecosistemas que implementan diversos cultivos con metodologías tradicionales tienen ciertas ventajas con relación a los cultivos convencionales y monocultivos. Cabe recalcar que en estos sistemas agrícolas el ser humano actúa como administrador y consumidor donde está ligado a que su producción sea totalmente sostenible (Saynes, Etchevers, Paz, & Alvarado, 2016).
- **Secano:** Este sistema demuestra la preocupación que los agricultores tenían desde hace varias décadas por la sostenibilidad del medio ambiente, esta técnica consiste en dividir el terreno en dos partes, rotándolos para que mientras uno se cultive el otro descansa y reponga los nutrientes (Olivares, 2018). Se considera una técnica poca usada en la actualidad ya que los cambios climáticos generan dificultades a los agricultores que esperan beneficiarse mediante el agua lluvia (Rómulo, 2014).
- **Irrigado:** Esta técnica se caracteriza por el uso de herramientas tradicionales como el azadón y palas, (Malpica, 2013). La agricultura irrigada se enfoca en la productividad del suelo y en la diversificación de especies vegetales. La aplicación de herramientas y mecanismo son esenciales en este tipo de técnica

para lograr llegar a los cultivos y lograr aumentar la producción que se requiere (Pérez, 2015).

2.5. Degradación del suelo agrícola

La degradación en el suelo agrícola ha sido un problema mundial desde hace varias décadas atrás, desde ese entonces nace el afán de buscar las soluciones que se pueden implementar para mitigar todos los procesos que contaminan y alteran el suelo que se dedica a la producción (Montatixe & Eche, 2020). Las funciones naturales de los suelos son amenazadas por los cambios en el contexto del medio ambiente, estos cambios son con frecuencia humana inducida o humano influenciada. La gestión humana irracional de los recursos ha dado lugar al deterioro de la calidad de suelos (Rojas , 2020).

2.6. Marco legal

Esta investigación corresponde a los cuerpos legales vigentes en el Ecuador, empleadas en las Normativas y acuerdos ministeriales, tomando en cuenta el suelo y sus importancias del uso. Siendo la Constitución Nacional del Ecuador del 2008, como la norma suprema que destaca artículos sobre la prevención y cuidado del suelo. El Código Orgánico Ambiental (COA) se establece como la agencia que destaca en la protección y uso sustentable del suelo, todo mediante la garantía de hacer respetar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

2.6.1. Constitución de la República del Ecuador

En el Título VII, capítulo II referente al Buen Vivir hace referencia a la Biodiversidad y Recursos Naturales, en la sección V suelos se establece en los siguientes artículos:

Art 409. “Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión”.

Art 410. menciona que: “El estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria” (Ecuador, Constitución de la República del, 2008).

2.6.2. Código Orgánico del Ambiente

En el Código Orgánico del Ambiente Título II, de los derechos, Deberes y Principios Ambientales, menciona que:

Art 5. “Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende: La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración” (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

Además, se menciona en el Capítulo V: Calidad de los Componentes Abióticos y Estado de los Componentes Bióticos, artículo 197 que: “Actividades que afecten la calidad del suelo. Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, se regularán y, si es necesario, restringirán. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional” (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

La importancia del contenido de estos componentes abióticos y bióticos dentro de la sociedad, cumplen un rol importante para que los individuos cuiden estos componentes y de esta forma con los códigos del ambiente se puedan preservar y evitar su contaminación o destrucción.

2.6.3. Plan de Creación de Oportunidades

Eje Económico: “Productividad agrícola, acuícola, pesquera, industrial, infraestructura, soberanía y seguridad alimentarias. Se busca considerar características agroecológicas de la nación, esto con el objetivo de mantener relativamente el desempeño de la actividad agropecuaria y aumentar la parte de aptitud en los cultivos” (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La presente investigación, contempla la evaluación de prácticas de conservación de suelos aplicadas en sistemas agrícolas del cantón Cotacachi, en las parroquias San Francisco de Cotacachi y Quiroga, para lo cual se adaptó varios procesos metodológicos.

3.1. Descripción del área de estudio

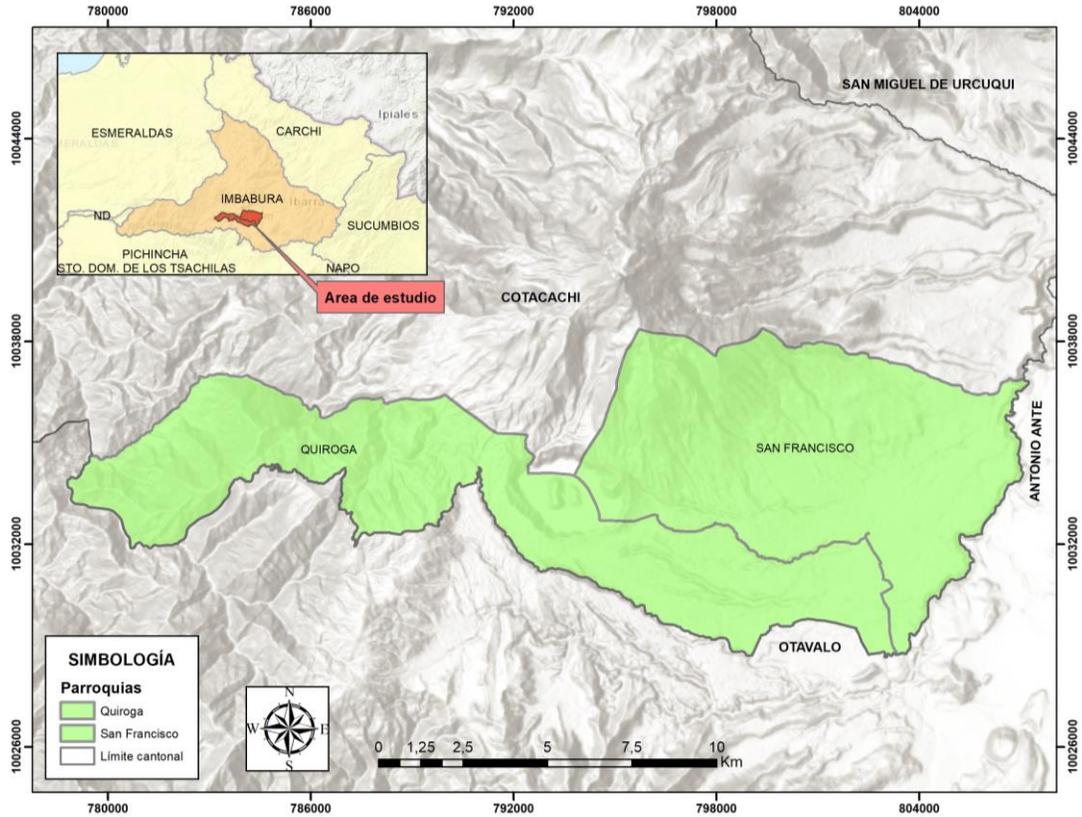
En la zona norte del Ecuador está ubicado el cantón Cotacachi en la provincia de Imbabura, con limitaciones al norte con el cantón Urcuquí y la provincia de Carchi, al sur con el cantón Otavalo y la provincia de Pichincha y al oeste con la zona no delimitada de las golondrinas y la provincia de Esmeraldas (Gascón, 2016).

“El pueblo de Cotacachi se asienta en lo que se denomina la Zona Andina del Ecuador, la cual comprende las parroquias rurales de Imantag, Quiroga y las comunidades rurales de la cabecera cantonal pertenecientes a las parroquias de San Francisco y Sagrario” (GAD Santa Ana de Cotacachi, 2015).

Las parroquias de Quiroga y San Francisco de Cotacachi fueron las zonas de estudio y salidas de campo Figura 2, de esta forma se evaluó el tipo de prácticas de conservación de suelos que realizaron las familias dedicadas a los sistemas de producción agrícola (GAD Provincial de Imbabura, 2019).

Figura 2

Ubicación del área de estudio.



Nota. El gráfico representa la ubicación de las parroquias Quiroga y San Francisco, áreas contempladas para la investigación.

Para realizar la caracterización en el área de estudio, se observa la Tabla 6, donde se indica los principales parámetros políticos y ambientales de cada una de las parroquias.

Tabla 6*Caracterización del área de estudio.*

| Localización | Sitio N° 1 | Sitio N° 2 |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Provincia | Imbabura | Imbabura |
| Cantón | Cotacachi | Cotacachi |
| Parroquia | San Francisco | Quiroga |
| Altitud | 2418 a 2440 msnm | 2450 a 2500 msnm |
| Temperatura | 15°C a 17°C | 12 a 15°C |
| Precipitaciones | 1694 a 1718 mm al año | 1897 a 1923 mm al año |

Nota. En esta tabla se resaltan los parámetros de altitud, temperatura y precipitación medias anual. Fuente: (GAD Provincial de Imbabura, 2019).

3.2. Identificación de las prácticas de conservación de suelos en las parroquias

Para el desarrollo de la identificación en cuanto a cultivos asociados en la zona de estudio, se utilizó dos herramientas de investigación la encuesta y la observación directa, esto con el fin de receptar datos y analizarlos para su respectiva interpretación.

3.2.1. Identificación de la población

El número de población permite realizar una investigación más adecuada para establecer rangos cercanos a la realidad en la ejecución del proyecto (Mucha, Chamorro, Oseda, & Alania, 2021). A través de la investigación bibliográfica se determinó que la población de cada parroquia es de 4315 y 6400 habitantes a continuación de detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

Número de habitantes de las parroquias de San Francisco y Quiroga.

| Parroquia | Año | Habitantes | Porcentaje |
|------------------|------------|-------------------|-------------------|
| San Francisco | 2021 | 4315 | 100 |
| Quiroga | 2021 | 6400 | 100 |

Nota: Número de habitantes de las parroquias de San Francisco y Quiroga. Fuente: (GAD Santa Ana de Cotacachi, 2015).

3.2.2. Población estadística finita

Este tipo de identificación de la población es crucial, ya que permite obtener un número significativo de valores con un propósito específico. En este caso, el estudio se llevó a cabo en las parroquias San Francisco y Quiroga, lo que implicó seleccionar una cantidad determinada de personas que dependen en gran medida de la agricultura como fuente de trabajo y sustento (Espejo, 2017). Se optó por analizar grupos pequeños de la población para asegurar que todos tengan la misma oportunidad de ser seleccionados, lo que llevó a considerar ambas parroquias para el estudio (Guerrero, 2020). De esta manera, se garantiza una representación adecuada de la población para el análisis de la investigación.

3.2.3. Identificación de la muestra

Para identificar estos valores se tomó en cuenta el número de productores agrícolas que pertenecen a las parroquias de Quiroga y San Francisco. Según datos del GAD Santa Ana de Cotacachi (2015), se establece en un rango del 28% del total de la población que se dedica a la agricultura, lo que demostró que cada parroquia se encuentra entre el 15 % y 13 % de la población respectivamente. Para el cálculo de la muestra se utilizó la Ecuación 1 en donde se ingresó los valores que se pueden detallar en la Figura 3 para conseguir el valor de 65 familias de ambas parroquias (Guerrero, 2020).

[Ec: 1]
$$n = \frac{N * Z^2 * \sigma^2}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * \sigma^2}$$

Figura 3

Aplicación del cálculo del tamaño de la muestra general.

| DATOS | | TABLA DE VALORES DE Z | | |
|---------------------------------|---|-----------------------|------|----|
| N=Población | 1496 | Confiabilidad | Z | |
| PQ=Constante | 0,5 | 99,7 | 3 | |
| Z=90% confiabilidad | 1,645 | 99 | 2,58 | |
| e=Error al 10% | 0,1 | 98 | 2,33 | |
| n=Muestra | 65 | 97 | 2,17 | |
| | | 96 | 2,06 | |
| | | 95 | 1,96 | |
| | | 94 | 1,89 | |
| | | 93 | 1,82 | |
| | | 92 | 1,76 | |
| | | 91 | 1,7 | |
| | | 90 | 1,65 | |
| | | | | |
| FÓRMULA | $n = \frac{N * Z^2 * PQ * N}{(N - 1) * (e^2) + (Z^2 * PQ)}$ | | | |
| APLICACIÓN DE LA FORMULA | | | | |
| Z2 | PQ | N | e2 | n |
| 1,645 | 0,5 | 1496 | 0,1 | 65 |

Nota. Aplicación para el cálculo del tamaño de la muestra general.

3.2.4. Encuesta

La encuesta planteada se desarrolló con el objetivo de obtener la información necesaria asociadas a las prácticas de conservación de suelo. Este método de investigación permitió determinar si los agricultores realizan actividades que se favorezcan al cuidado del suelo y por ende aumenten la producción de sus cultivos, así también, se verificó el cumplimiento de las mismas prácticas de conservación en cada uno de sus terrenos. Cabe recalcar que cada encuesta se clasificó de acuerdo con la parroquia a la que pertenezca cada encuestado, esta se caracterizó mediante 11 preguntas cómo se puede observar en el Anexo 1.

3.2.5. Tabulación y diseño de los gráficos

Para tabular los datos obtenidos de las encuestas realizadas en las familias de ambas parroquias, se procedió a organizar la información para luego ser ingresada al programa Excel. Se utilizó un método de tabulación manual, que permitió agregar los datos obtenidos en las encuestas a las tablas correspondientes. Para el análisis, se abordó cada pregunta de la encuesta y se compararon los datos en función de la cantidad de personas que eligieron cada opción. En el diseño de los gráficos y la interpretación se aplicó el uso de GraphPad Prism 8, este software permite generar de datos y gráficas que mejoran la interpretación con respecto a otros programas (Estrella, 2014).

3.3. Relación entre las prácticas de conservación y las propiedades químicas y físicas del suelo

3.3.1. Muestreo de los parámetros químicos

Se llevó a cabo el análisis de las propiedades químicas del suelo, utilizando un método que cubriera los puntos estratégicos de los suelos agrícolas de las parroquias San Francisco y Quiroga. En la Tabla 8 se detallan los diversos materiales que fueron utilizados durante el estudio.

Tabla 8

Materiales de campo y oficina para la aplicación de la investigación.

| Materiales de campo | Material de oficina |
|----------------------------|----------------------------|
| Encuesta | Laptops |
| Cartografía del lugar | Libreta de campo |
| GPS | Esferos |
| Fundas herméticas | |
| Cinta métrica | |
| Cámara digital | |
| Balde (recipiente) | |
| Libreta de campo | |
| Etiquetas | |
| Guantes | |
| Barreno | |
| Pala | |

Nota. Materiales para la aplicación de muestreo.

3.3.2. Muestreo no probabilístico

Para obtener las muestras de suelo, se utilizó un método de muestreo no probabilístico, que fue implementado en campo según el juicio de los tesisistas. Se hizo hincapié en que la investigación se basa principalmente en la observación y búsqueda de datos cualitativos (Ochoa, 2015). Este proceso se llevó a cabo en las zonas preestablecidas, aprovechando las áreas utilizadas para la producción agrícola en ambas parroquias. Cabe destacar que esta metodología permitió reducir los costos del muestreo en campo facilitando la toma de datos de manera eficiente y efectiva (Guerrero, 2020).

3.3.3. Muestreo en campo

En el muestreo en campo se optó por utilizar el método de Zigzag, como se muestra en la Figura 4. Este método consistió en recolectar las muestras en líneas cruzadas, caminando de 15 a 20 pasos desde cada punto seleccionado en los cultivos familiares (Mendoza, 2020). Mediante este proceso, se establecieron los puntos estratégicos en cada zona para el muestreo de suelo. Las submuestras recogidas se combinaron meticulosamente para tener una muestra representativa de 1 kilogramo, almacenada cuidadosamente en una bolsa de polietileno etiquetada adecuadamente para enviar después al laboratorio. Esta precaución en el manejo y almacenamiento de las muestras asegura la integridad y precisión de los análisis realizados en el laboratorio, lo que es fundamental para obtener resultados confiables en la investigación (López & Tames, 2014).

Figura 5

Barreno para sacar muestra de suelo.



Nota. En el gráfico se observa el instrumento para recolectar las muestras de suelo.

Fuente: (Gutierrez & Ricker, 2014).

3.3.5. Muestra compuesta

Para mejorar la efectividad de los resultados, se aplicó una muestra compuesta que implica la homogenización de submuestras utilizando el método de zigzag detallado en la Figura 4. Cada una de estas submuestras debe contener la misma cantidad de suelo, es decir, 0.5 kg, y se recolectan de manera que no haya contenido con materiales o residuos presentes en el lugar, como basura, materia orgánica, heces de ganado o zonas degradadas por el fuego (Chávez, Moreno, & Ortiz, 2013). Además, cada submuestra se tomó a una profundidad específica, correspondiente a cada tipo de cultivo, tal como se observa en la Tabla 9. Al aplicar este método, se busca obtener una muestra representativa y homogénea que permita obtener resultados precisos y confiables en el análisis del suelo.

Tabla 9

Profundidad de la muestra correspondiente a los diferentes tipos de cultivos.

| Profundidad | Tipo de cultivo |
|--------------------|------------------------|
| 0-10 cm | pastos |
| 0-30 cm | anuales |
| 0-50 cm | frutales |

Nota. Esta tabla se observa la profundidad con la cual se debe trabajar para la recolección de las submuestras (FAO, 2015).

3.3.6. Muestreo de densidad aparente (DA)

Como menciona Recalde (2017), el método del cilindro es una técnica utilizada para la determinación de la densidad aparente. Este método consiste en tomar muestras de suelo con un cilindro metálico o plástico de volumen conocido, el cual se introduce cuidadosamente en el suelo para extraer una muestra intacta. (Silva, Rivas, Albuquerque, & Fernández, 2017) Posteriormente, se mide la masa de la muestra y se calcula la densidad aparente dividiendo la masa de suelo por el volumen del cilindro. Este procedimiento ofrece información crucial sobre la compactación del suelo y su capacidad para retener agua y nutrientes, siendo fundamental en prácticas agrícolas (Marujanda & Villa, 2015). Los materiales que se utilizan para la toma de estas muestras son los siguientes:

- Tubo de PVC
- Martillo
- Madera
- Balanza Analítica
- Horno de Secado
- Espátula
- Fundas ziploc
- Pala
- Recipiente de aluminio

El proceso se basa con la limpieza del área de maleza y excavación de un agujero de 30 cm de profundidad. Con delicadeza, se colocó un cilindro de PVC en posición horizontal y se golpeó suavemente para extraer una muestra sin perturbarla. Las muestras se etiquetaron, guardaron cuidadosamente y llevaron al laboratorio. Allí, se midió el volumen del cilindro basado en su diámetro y altura. Antes de ingresar al horno, se pesaron las muestras para luego secarlas a 110°C durante 24 horas, permitiendo obtener datos precisos sobre la densidad del suelo, en la Figura 6 se observan los detalles.

Figura 6

Proceso de obtención de muestras.



Nota. En esta figura se detallan los procesos de: medición (A), excavación (B), medición del volumen del cilindro (C), etiquetado de muestras (D), Pesado de las muestras (E) e ingreso al horno (F).

La densidad aparente es una medida crucial en la caracterización del suelo, la cual se calcula dividiendo la masa de la muestra de suelo por su volumen total, incluyendo los poros y partículas (Recalde, 2017). Matemáticamente se expresa mediante la Ecuación 2. Esta fórmula es fundamental para evaluar la compactación, porosidad y capacidad de retención de agua del suelo, proporcionando así información valiosa sobre cultivos agrícolas y el estado en el que se encuentran.

$$[Ec: 2] \quad Vc = D^2 \times h \times \pi \quad Pb = \frac{Pss}{Vc}$$

Donde:

- Vc es el volumen del cilindro (cm³)
- D es el diámetro del cilindro
- h es la altura del cilindro (cm)
- Pss es el peso del suelo seco (g)
- Pb es la densidad aparente (g/cm³)

3.3.7. Análisis de laboratorio y estadístico

Una vez completado el muestreo de los suelos de cada terreno y empaquetadas las muestras correspondientes, estas fueron entregadas al laboratorio del INIAP para realizar un análisis físico y químico. Este análisis permitió obtener los valores de las variables de cada terreno, como la textura, densidad aparente, reacción del suelo (pH) y materia orgánica (MO). Con los resultados obtenidos del laboratorio, se realizó un análisis estadístico utilizando el programa SPSS Statistics e InfoStat donde se determinaron y evaluaron los valores por parte de los investigadores.

Al final del proceso, se identificaron los componentes físicos y químicos presentes en las parcelas pertenecientes a los agricultores con quienes se trabajó en el estudio. Esta evaluación fue crucial para tomar decisiones informadas sobre cómo mejorar y optimizar la producción agrícola en cada terreno, contribuyendo así al desarrollo y bienestar de las familias involucradas en el estudio.

3.4. Diseño de estrategias para el mejoramiento de la calidad de suelos e incremento de la productividad de cultivos

Para abordar el tercer objetivo, se adoptó un enfoque centrado en los indicadores de Presión-Estado-Respuesta, los cuales vinculan las actividades humanas con el ambiente. Se hizo hincapié en analizar el estado actual del suelo en los cultivos de ambas parroquias y se enfocó en la implementación de estrategias para mejorar esta situación. El objetivo fue evaluar las actividades agrícolas y acciones humanas que afectan al suelo en ambas zonas y, a partir de esos hallazgos, diseñar estrategias que contribuyeran al mejoramiento y conservación del suelo para garantizar una producción agrícola sostenible y un ambiente más saludable.

3.4.1. Modelo presión-estado-respuesta

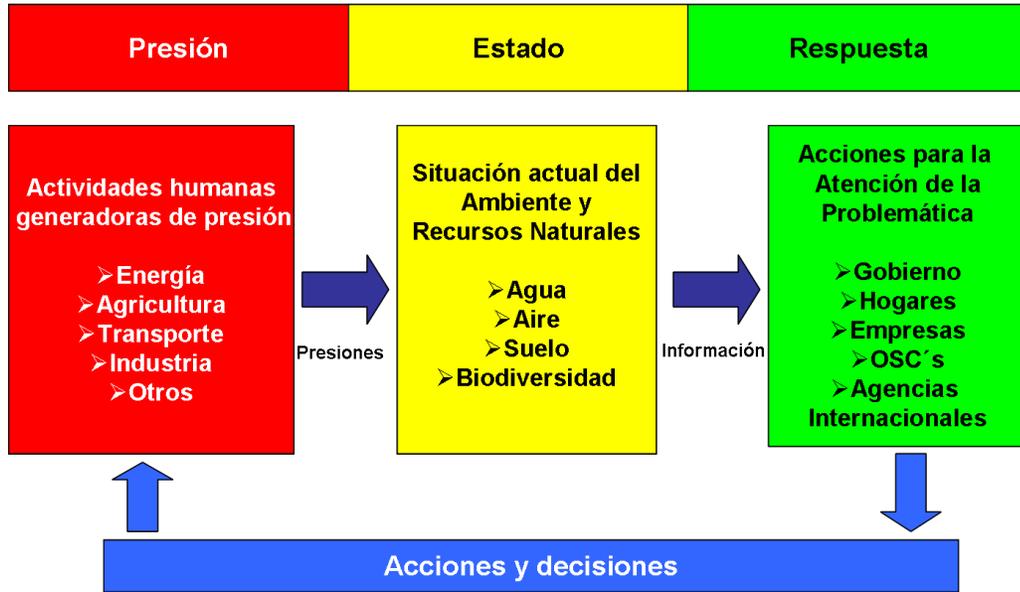
Se empleó el Modelo Presión-Estado-Respuesta como se puede apreciar en la Figura 7, se utiliza una metodología de causalidad que considera las actividades humanas como factores que ejercen presión sobre el ambiente, dando lugar a la disminución y alteración de los recursos naturales, incluido el suelo (Cañon, 2018). Este modelo facilitó la identificación y reorientación de políticas públicas y criterios de toma de decisiones en sectores clave, lo que resulta esencial para lograr la sustentabilidad de las acciones propuestas en los planes de desarrollo local (Salas, 2018).

A través de este modelo, se desarrollaron estrategias específicas para mitigar la degradación del suelo, centrándose en su estructura y función con un enfoque para abordar directamente las presiones generadas por las actividades humanas y proponer respuestas y soluciones efectivas que contribuyan a la conservación y mejora del suelo (León, 2013).

Al utilizar esta herramienta, se buscó garantizar un camino más sustentable en las políticas y acciones implementadas, promoviendo la protección del ambiente y el uso responsable de los recursos naturales para un desarrollo sostenible en la región (Minaverri, 2018).

Figura 7

Modelo de indicadores Presión-Estado-Respuesta (PER)



Nota. Indicadores del modelo PER con sus respectivas características. Fuente: (SIASEG, 2012).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

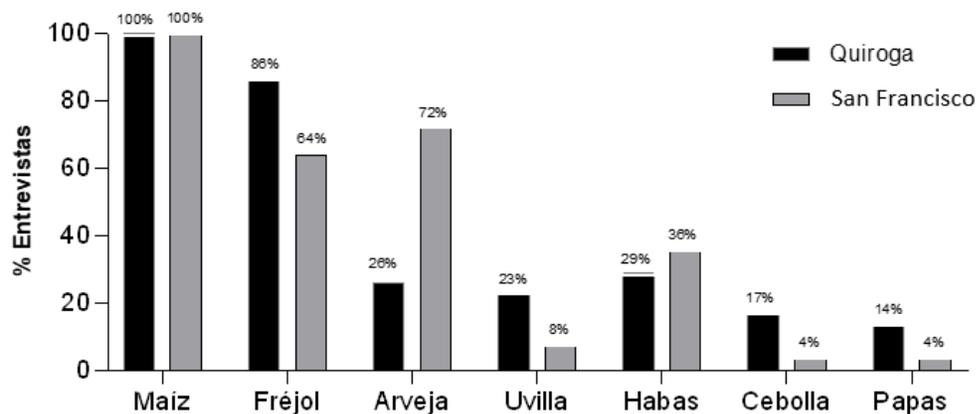
En este apartado se observa los resultados obtenidos según cada objetivo realizado en esta investigación. En cada sección se detalla el análisis y la interpretación correspondiente, proporcionando una visión detallada y completa de los hallazgos obtenidos.

4.1. Identificación de prácticas de conservación de suelos en Quiroga y San Francisco

Al llevar a cabo la recolección de datos a las dos parroquias, se hizo la tabulación, el análisis e interpretación de los resultados, se tomaron en cuenta las preguntas relevantes y se enfocó en los tipos de cultivos, usos de fertilizantes, adquisición de semillas y prácticas para conservar suelos.

Figura 8

Tipos de cultivos que se realizan en las parroquias.



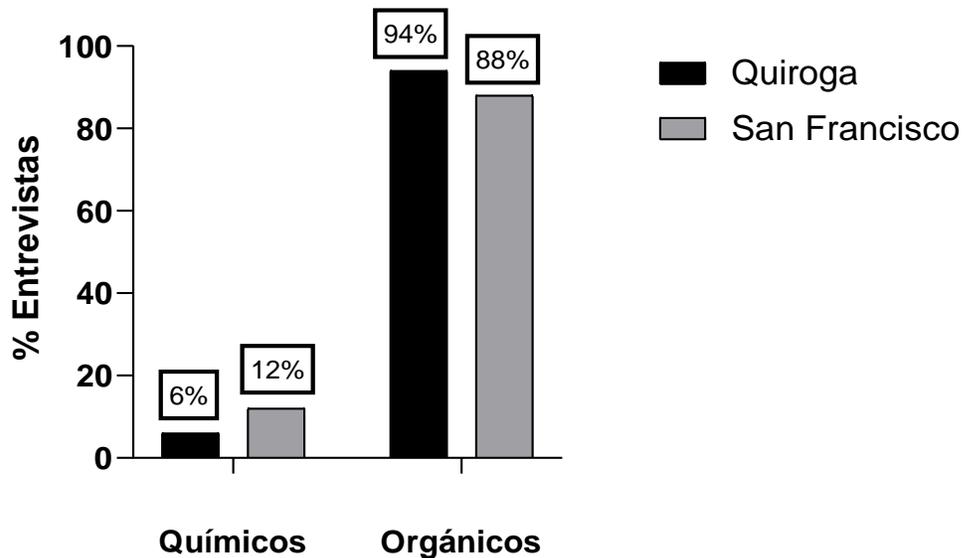
Nota. Cultivos sembrados en las parroquias de San Francisco y Quiroga.

Existe un predominio de maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) y arveja (*Pisum sativum L.*) en las dos comunidades llegando a sobrepasar el 50% con respecto a los entrevistados, los otros cultivos que se identificó son habas (*Vicia faba L.*), cebolla larga (*Allium fistulosum*), uvilla (*Physalis peruviana L.*) y papas (*Solanum tuberosum*) las cuales comprenden en un bajo porcentaje de cultivos sembrados.

Como menciona Tapia (2018), existen porcentajes que muestran la distribución de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPAS) de acuerdo con el tipo de cultivo. Con esto, el maíz (*Zea mays*) suave ocupa el 21%, el trigo (*Triticum aestivum L.*) el 9%, la cebada (*Hordeum vulgare L.*) el 7%, la arveja (*Pisum sativum L.*) el 4% y la papa (*Solanum tuberosum*) el 2%, mayormente presentes en la zona andina.

Figura 9

Tipos de abonos usados en los cultivos.



Nota. Abonos usados en los cultivos de las dos parroquias

Existe un alto porcentaje de uso de abonos orgánicos en las dos parroquias, llegando a 94 y 88 % respectivamente, esto permite generar gran aporte al suelo y así evitar la contaminación por productos químicos. De acuerdo con Vázquez (2017), los

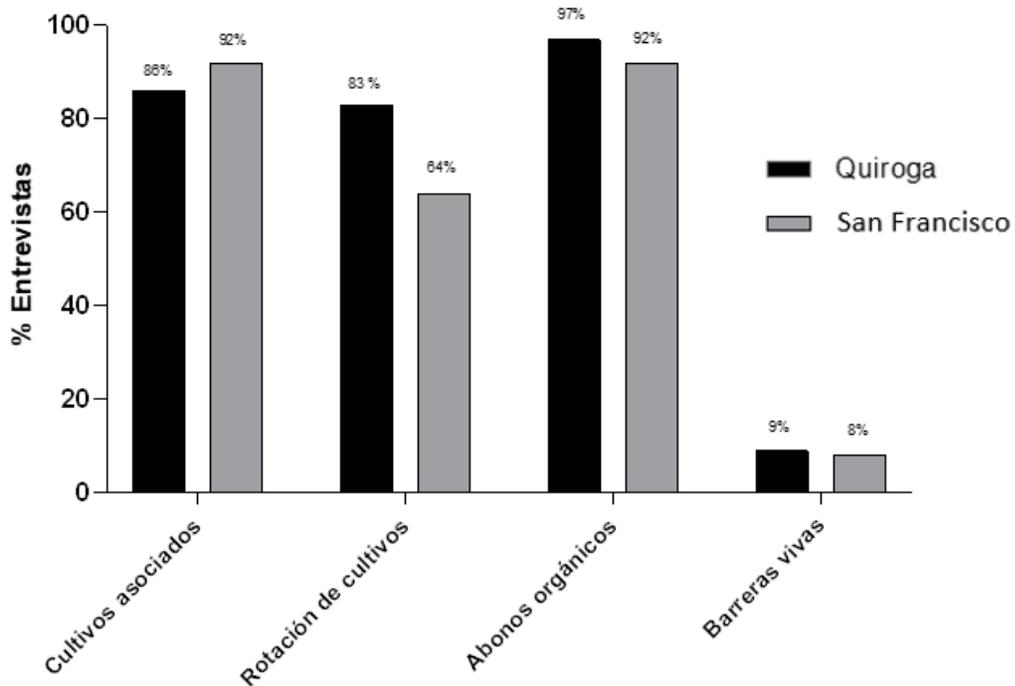
beneficios derivados del uso de abonos orgánicos son extensos. Estos abonos no solo aportan materia orgánica y nutrientes al suelo, sino que también han demostrado su eficacia para prevenir, controlar e impactar en la gravedad de los ataques de patógenos que afectan al suelo.

Es cierto que algunos cultivos de hortalizas pueden tolerar el estiércol sin necesidad de ser compostado; sin embargo, en términos generales, el proceso de compostaje ofrece múltiples beneficios (Aguilar, 2016). Como menciona Mendoza (2020) ,este procedimiento ayuda a eliminar las semillas de malas hierbas, transforma muchos de los nutrientes presentes mediante la acción de microorganismos, elimina virus, hongos y bacterias no deseadas, y en última instancia, mejora la estructura fisicoquímica del suelo. Una ventaja destacada del estiércol es que, mediante el compostaje, se genera una mayor cantidad de humus en comparación con la misma cantidad de materia aplicada directamente al suelo (Armijo & Umajinga, 2023).

Por otra parte, Ayala et al. (2020) aclara que el uso de estiércol y otros subproductos derivados de animales implica un ahorro notable en la producción de abonos químicos. Por ende, su utilización contribuye a reducir el impacto de una industria pesada con altos niveles de contaminación.

Figura 10

Prácticas de conservación de suelos.



Nota. Prácticas de conservación de suelos identificados en las parroquias

Los sistemas agrícolas familiares estudiados resultaron ser cultivos asociados, rotación de cultivos, uso de abonos orgánicos y barreras vivas, estas favorecen a la conservación de suelos y contribuyen al mantenimiento de las propiedades físicas y químicas, por lo tanto, a la salud del suelo como recurso natural.

Mediante estudios realizados por Cotler et al. (2015) se logró establecer que las prácticas de conservación de suelos no mejoran las características edáficas del suelo y sobre todo para mantener la productividad de los cultivos, este contenido que se realiza permite saber el estado del suelo más no el cuidado de este. Estas técnicas de conservación de suelos requieren un interés muy alto por parte de los dueños de tierras ya que el gobierno no realiza programas de capacitaciones destinados hacia los agricultores.

Tabla 10

Matriz de comparación y análisis de respuestas en los agricultores.

| Preguntas | Parroquia Quiroga | Parroquia San Francisco |
|---|--|---|
| ¿Qué tipo de cultivos con frecuencia siembran en sus terrenos? | Los cultivos que predominan son: maíz (<i>Zea mays</i>), fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), habas (<i>Vicia faba</i> L.) y arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) | Los cultivos que predominan son: maíz (<i>Zea mays</i>), fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) y habas (<i>Vicia faba</i> L.). |
| ¿Qué tipo de fertilizantes usan? | Son cultivos orgánicos, y en bajo porcentaje el uso de químicos. | |
| ¿En qué temporadas del año realizan las siembras? | En la Época Lluviosa (octubre a mayo) cultivan la arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) y chochos, en la época seca (junio a septiembre) siembran lo que es el maíz (<i>Zea mays</i>), fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) y todo el año se dedican a la siembra de habas (<i>Vicia faba</i> L.) y uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.). | |
| ¿Dónde adquieren las semillas/plántulas para sus cultivos? | La adquisición de semillas en su mayoría es obtenida de los cultivos anteriores, que fueron almacenadas y seleccionadas para la siguiente temporada, y un bajo porcentaje son adquiridas de almacenes agrícolas. | |
| ¿Al cosechar su producto usted lo usa para? | Lo cultivos en su mayoría son para consumo propio y un bajo porcentaje para la venta. | |
| ¿Cuáles de las siguientes prácticas conoce y cuales le realizan? | Gran parte de la población entrevistada realiza cultivos asociados como el maíz (<i>Zea mays</i>) y fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), también el uso de abonos orgánicos y rotación de cultivos, muy pocos practican las barreras vivas. | |

Nota. Comparación y análisis con respecto a las preguntas con mayor relevancia

Las respuestas obtenidas por las personas entrevistadas de las parroquias San Francisco y Quiroga en las prácticas de conservación de suelos, se enfocaron en la realización de cultivos asociados. Para la siembra la población almacena y selecciona las semillas de los cultivos anteriores, empleadas según la temporada.

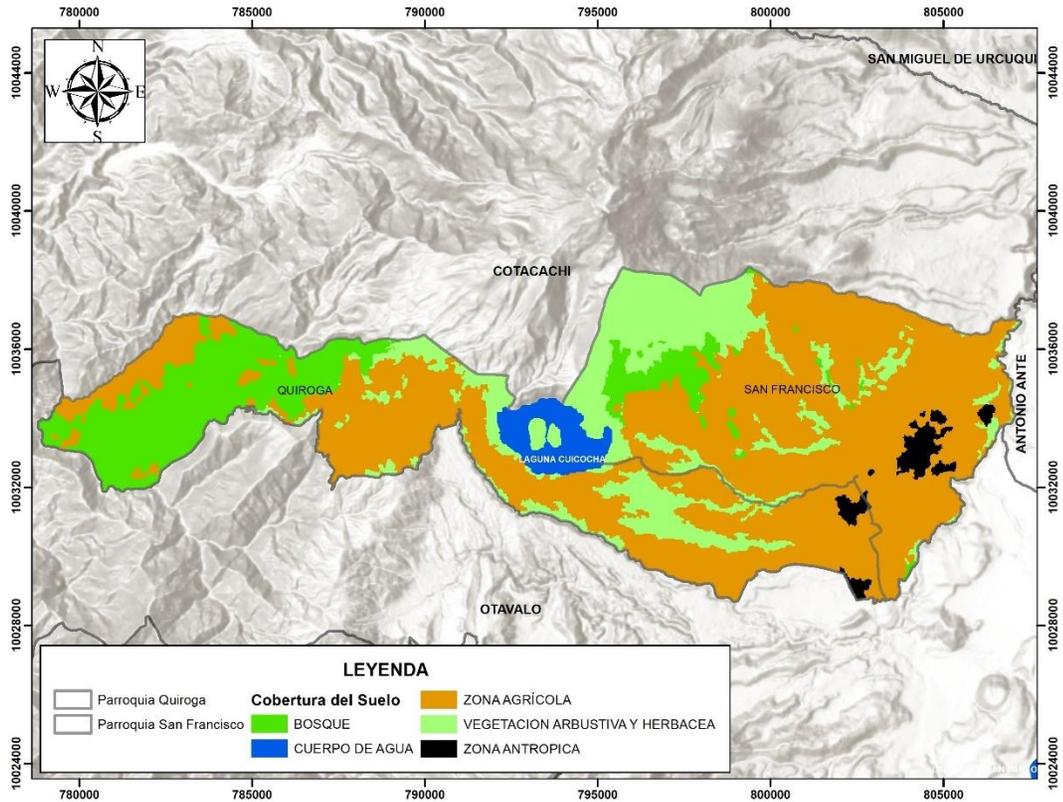
Los cultivos que predominan en ambos sectores son el maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*), habas (*Vicia faba L.*) y arveja (*Pisum sativum L.*) ya que se desarrollan en condiciones climáticas necesarias para brindar mayor producción dentro de la sustentabilidad de la población. También hay que mencionar que se están integrando cultivos novedosos para brindar una mejor economía en el sector, esto corresponde a la uvilla (*Physalis peruviana L.*) en la comunidad Cumbas Conde de la parroquia Quiroga. Las dos parroquias se encuentran en zonas específicas para realizar cualquier actividad agrícola productiva a pequeñas y medianas escalas, como se puede observar en la Figura 10.

4.1.1. Uso de suelo en las parroquias de Quiroga y San Francisco

La información del mapa de cobertura es muy importante, aquí se visualizan las diferentes actividades realizadas y, a su vez, observar la cobertura biofísica desarrollada en el territorio, porque en la Figura 11 existe un predominio sobre las actividades agrícolas en las parroquias.

Figura 11

Cobertura de suelo en las parroquias Quiroga y San Francisco.



Nota: Mapa de uso de suelo en las parroquias Quiroga y San Francisco.

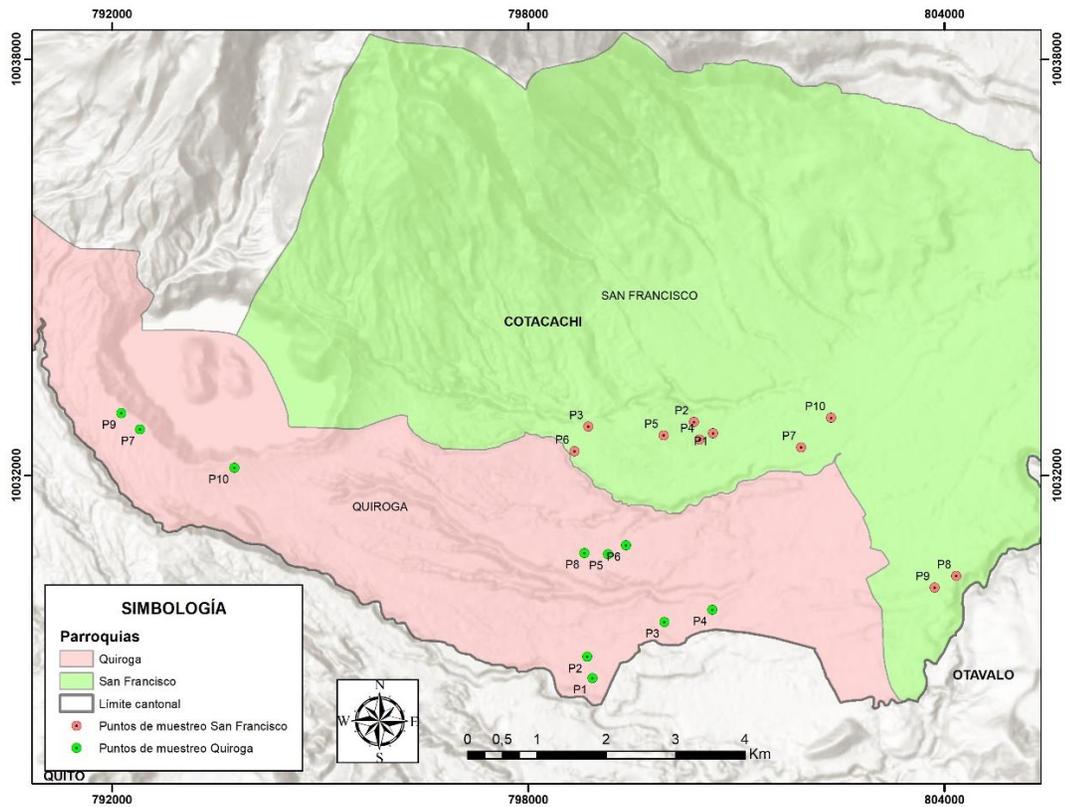
4.2. Relación entre las prácticas de conservación y las propiedades químicas y físicas del suelo en las parroquias

4.2.1. Ubicación de los puntos de muestreo en las parroquias

En la parroquia de Quiroga y San Francisco se tomaron 10 muestras por cada una. Cabe recalcar que los puntos donde se tomó las muestras se ubicaron a lo largo de ambas parroquias, tanto en el sector urbano como rural Figura 12.

Figura 12

Puntos de muestreo en las parroquias.



Nota: Puntos de muestreo de las parroquias Quiroga y San Francisco.

4.2.2. Análisis de Normalidad de Datos

Una vez seleccionado los puntos de muestreo con respecto a las prácticas de conservación de suelos y con la obtención de los resultados del análisis del laboratorio Tabla 11, se realizó una prueba estadística aplicando una prueba de normalidad con el programa SPSS Statistic Figura 13.

Figura 13

Prueba de normalidad de datos en el programa SPSS.

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-----------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Ph | ,255 | 20 | ,001 | ,868 | 20 | ,011 |
| Nitrógeno | ,148 | 20 | ,200* | ,891 | 20 | ,028 |
| Fósforo | ,204 | 20 | ,029 | ,807 | 20 | ,001 |
| Azufre | ,224 | 20 | ,010 | ,782 | 20 | <,001 |
| Boro | ,217 | 20 | ,014 | ,773 | 20 | <,001 |
| Potasio | ,127 | 20 | ,200* | ,959 | 20 | ,517 |
| Calcio | ,105 | 20 | ,200* | ,985 | 20 | ,982 |
| Magnesio | ,290 | 20 | <,001 | ,865 | 20 | ,009 |
| Zinc | ,250 | 20 | ,002 | ,791 | 20 | <,001 |
| Cobre | ,147 | 20 | ,200* | ,943 | 20 | ,275 |
| Hierro | ,169 | 20 | ,137 | ,864 | 20 | ,009 |
| Mangneso | ,152 | 20 | ,200* | ,931 | 20 | ,159 |
| Bases | ,104 | 20 | ,200* | ,986 | 20 | ,987 |
| Mo | ,103 | 20 | ,200* | ,960 | 20 | ,546 |

Nota. El valor de significancia de p debe ser mayor o igual a 0,05 para que exista normalidad en los datos.

Tras realizar la prueba de normalidad y observar la falta de normalidad en los datos, se decidió hacer un análisis de componentes principales con el software SPSS. Según Santabárbara (2019), este análisis puede ayudar a identificar qué variables son las más significativas o influyentes en la variabilidad observada en los datos del suelo. Esto es útil para centrarse en las variables más importantes y optimizar el proceso de muestreo.

4.2.3. Análisis de los parámetros químicos de las parroquias

Los datos que se obtuvo mediante el análisis de laboratorio se organizaron y tabularon en el software Excel Tabla 11 y 12, además se detalló los resultados de cada uno de los parámetros tomados en cuenta por cada muestra de suelo de las parroquias.

Tabla 11

Datos del análisis químico de la parroquia Quiroga.

| Muestra | pH | N ppm | P ppm | S ppm | B ppm | K Meq/ 100g | Ca Meq/ 100g | Mg Meq/ 100g | Zn ppm | Cu ppm | Fe ppm | Mn Ppm | Σ Bases Meq/ 100g | Mo % |
|---------|------|----------|----------|----------|----------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|---------|
| Q1-M1 | 6,97 | 48,04 | 27,57 | 4,34 | 0,19 | 0,43 | 5,03 | 0,89 | 0,38 | 4,3 | 114 | 4,3 | 6,34 | 2,31 |
| Q2-M2 | 7,02 | 30,32 | 59,54 | 4,01 | 0,22 | 0,39 | 6,34 | 0,81 | 1,5 | 3,8 | 81 | 5,4 | 7,54 | 2,16 |
| Q3-M3 | 6,8 | 80,2 | 178,79 | 6,84 | 0,53 | 0,96 | 11,3 | 2,54 | 11,9 | 7,9 | 262 | 15,7 | 14,8 | 1,83 |
| Q4-M3 | 6,9 | 36,63 | 78,87 | 5,44 | 0,34 | 0,45 | 7,19 | 0,84 | 2,7 | 4,6 | 95 | 6 | 8,48 | 1,64 |
| Q5-M5 | 6,91 | 50,53 | 101,08 | 5,72 | 0,35 | 0,6 | 7,92 | 1,32 | 4,9 | 5,2 | 145 | 10 | 9,84 | 1,16 |
| Q6-M6 | 7,04 | 91,55 | 27,12 | 4,42 | 0,23 | 0,62 | 11,27 | 1,38 | 1,1 | 9,6 | 211 | 3,7 | 13,27 | 1,82 |
| Q7-M7 | 6,97 | 108,38 | 34,56 | 4,27 | 0,34 | 0,61 | 11,15 | 1,07 | 1,9 | 9,1 | 190 | 4,1 | 12,72 | 2,36 |
| Q8-M8 | 7,1 | 85,97 | 196,89 | 8,81 | 1,19 | 0,75 | 13,95 | 2,63 | 17,7 | 6,9 | 210 | 14,8 | 17,33 | 1,94 |
| Q9-M9 | 6,3 | 192,61 | 32,88 | 7,93 | 0,3 | 0,68 | 13,22 | 1,33 | 1,3 | 11,4 | 454 | 11,3 | 15,22 | 2,36 |
| Q10-M19 | 5,83 | 159,32 | 58,96 | 15,37 | 0,28 | 0,64 | 10,11 | 1,11 | 1,5 | 9,8 | 394 | 8,8 | 11,85 | 2,61 |

Nota. Los valores corresponden a cada elemento químico tomado en cuenta por cada muestra.

Tabla 12*Datos del análisis químico de la parroquia San Francisco.*

| Muestra | pH | N ppm | P ppm | S ppm | B ppm | K Meq/ 100g | Ca Meq/ 100g | Mg Meq/ 100g | Zn ppm | Cu ppm | Fe ppm | Mn Ppm | Σ Bases Meq/ 100g | Mo % |
|----------------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------------|
| SF1-M11 | 6,41 | 69,26 | 12,42 | 5,36 | 0,22 | 0,32 | 8,64 | 1,12 | 0,81 | 6,7 | 128 | 4,8 | 10,08 | 1,12 |
| SF2-M13 | 6,91 | 58,02 | 50,55 | 9,13 | 0,62 | 0,36 | 11,79 | 2,26 | 5,2 | 6,5 | 86 | 7,1 | 14,42 | 1,32 |
| SF3-M14 | 6,77 | 110,29 | 40 | 5,25 | 0,21 | 0,65 | 10,53 | 1,49 | 1,03 | 7,4 | 196 | 7,2 | 12,67 | 1,05 |
| SF4-M15 | 6,95 | 40,62 | 44,15 | 3,25 | 0,47 | 0,26 | 8,57 | 1,49 | 6 | 4,4 | 70 | 6,3 | 10,32 | 1,42 |
| SF5-M16 | 7,43 | 48,8 | 70,9 | 5,98 | 0,73 | 0,25 | 10,88 | 2,28 | 14,1 | 6 | 91 | 7,4 | 13,41 | 1,56 |
| SF6-M17 | 7,21 | 53,18 | 45,06 | 4,47 | 0,48 | 0,31 | 8,65 | 1,49 | 5,9 | 5 | 90 | 7,1 | 10,45 | 1,02 |
| SF7-M18 | 5,98 | 160,24 | 89,42 | 19,91 | 0,42 | 0,52 | 10,39 | 1,38 | 6,1 | 10 | 333 | 11,5 | 12,85 | 2,1 |
| SF8-M19 | 7,1 | 96,2 | 204,72 | 8,18 | 1,23 | 0,69 | 14,85 | 2,98 | 18 | 6,8 | 226 | 13,6 | 18,51 | 1,9 |
| SF9-M20 | 7 | 66,29 | 94,82 | 5,23 | 0,48 | 0,59 | 9,42 | 1,46 | 5,2 | 6,3 | 189 | 7,9 | 11,48 | 1,87 |
| SF10-M21 | 6,12 | 163,82 | 39,98 | 12,18 | 0,28 | 0,53 | 11,78 | 1,21 | 0,68 | 12,1 | 454 | 9,4 | 13,53 | 1,57 |

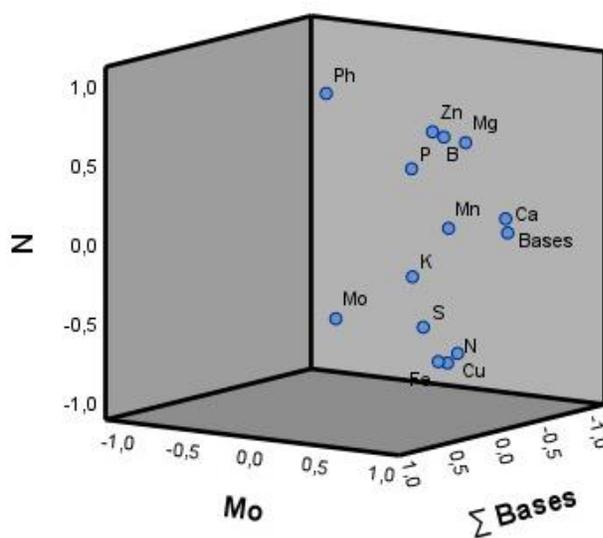
Nota. Los valores corresponden a cada elemento químico tomado en cuenta por cada muestra.

4.2.4. Componentes principales

Se simplificó la base de datos para utilizar un menor número de predictores con una variable detallando la importancia del objetivo. En la Figura 14 se puede observar los tres componentes que son nitrógeno, materia orgánica y bases catiónicas.

Figura 14

Predictores del muestreo en campo para parámetros químicos.



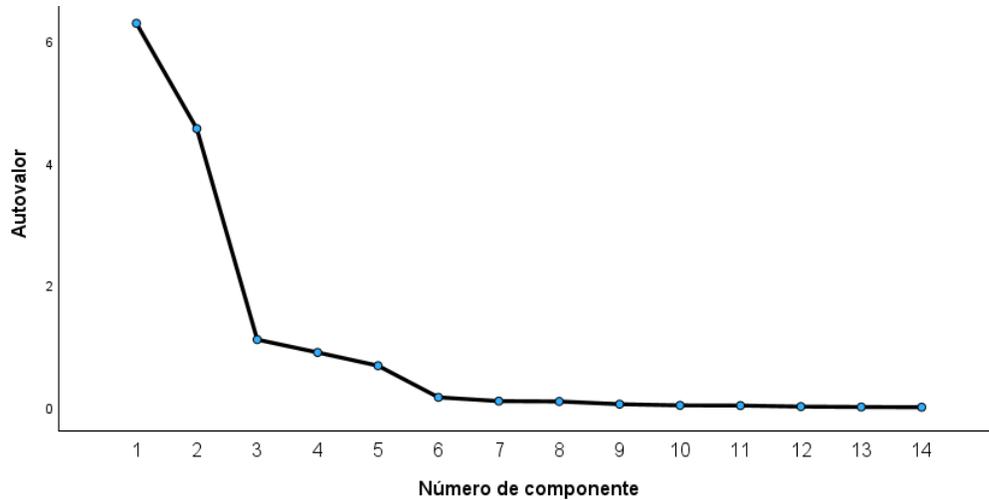
Nota. Gráfico en tres dimensiones de los predictores (Nitrógeno (N), Materia orgánica (Mo) y Bases catiónicas (Σ Bases))

Al aplicar el método de componentes principales en el programa estadístico SPSS se obtuvo como predictores a tres parámetros químicos que pasan de la media establecida como son: (nitrógeno, materia orgánica y bases catiónicas), esto como parte de descripción de los datos del muestreo realizado en cada parroquia. De acuerdo con Acosta et al. (2014) presento muestras en cada una de las fincas por sus diferentes condiciones fisiográficas y esto hace base a la afectación que puede tener las variables físicas y química del suelo, mediante esta técnica se buscó reducir el error para controlar la variabilidad en el crecimiento del Eucalyptus con respecto al suelo.

De la misma forma Peña (2013), consideró importante tomar en cuenta la profundidad del suelo como un parámetro que se puede explicar. Una vez realizada los componentes principales se trabajó con los mayores pesos de las variables que fueron Ca, K, y Mg. Al comprender mejor la estructura de los datos del suelo a través del ACP, los investigadores pudieron tomar decisiones más informadas sobre qué variables muestrear, cómo distribuir los sitios de muestreo y qué factores considerar para optimizar la gestión del suelo.

Figura 15

Gráfica de clústeres de los componentes principales.



Nota. Los tres puntos que continúan después del codo indican el número óptimo de clústeres.

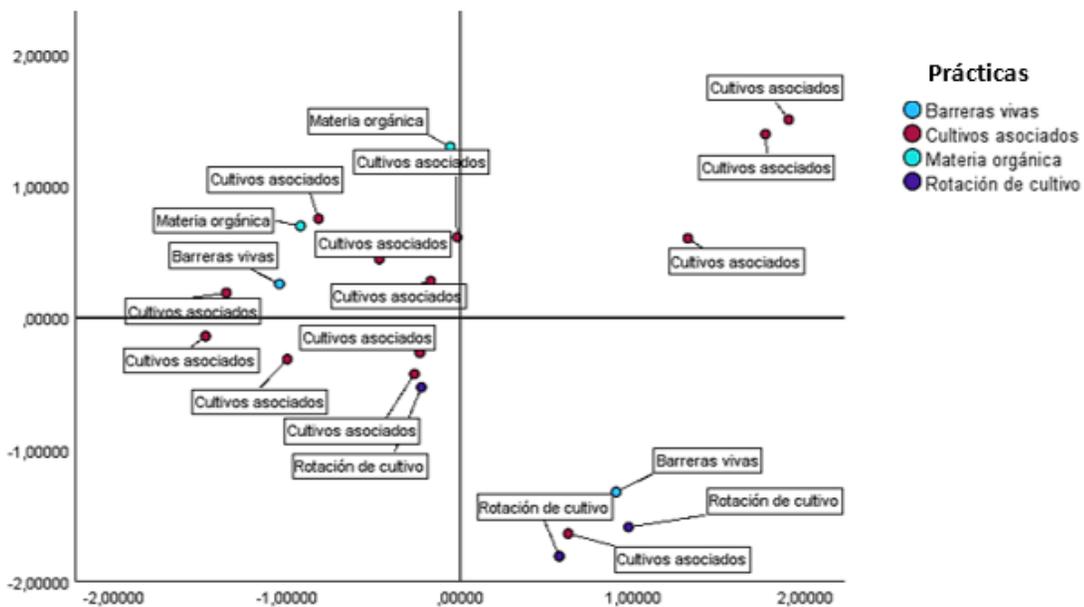
Esta técnica es intuitiva para lograr obtener el número de clústeres a los que se adaptan a los componentes principales. Al seleccionar el número óptimo de clústeres o componentes, se facilita la interpretación de los resultados. Evita la complejidad innecesaria o la pérdida de información al reducir el número de grupos o componentes a un nivel manejable y significativo (Toledo, 2014).

4.2.5. Correlación de prácticas de conservación de suelos

En la gráfica de la Figura 16 se puede observar tres muestras con una correlación positiva alta con respecto a sus variables y la relación con la práctica de cultivos asociados. Además se destaca que la práctica de cultivos asociados tiene crecimiento positivo y se puede usar como predictor de un suelo óptimo para desarrollar un cultivo con alta productividad.

Figura 16

Diagrama de correlación de los componentes principales



Nota. Gráfico en dos dimensiones para la observación de la variabilidad con respecto a las prácticas de conservación de suelos.

Los cultivos asociados representan un método muy importante dentro de las prácticas de conservación de suelos, en donde estudios realizados por Da Cunha (2015), refiere a un diseño experimental el cual asocia una planta de tomate y dos de lechuga para saber el valor nutricional y la concentración de macros y micronutrientes que se pueden desarrollar en todo este proceso, al tener un resultado representativo destaca la importancia en este tipo de práctica.

4.2.6. Contenido de la materia orgánica en las parroquias

El contenido entre la materia orgánica, el nitrógeno y las bases catiónicas es crucial para el equilibrio y la fertilidad del suelo. En la Figura x se observan los rangos de cada elemento determinado como predictor para cada zona de estudio.

Tabla 13

Interpretación de análisis de suelo.

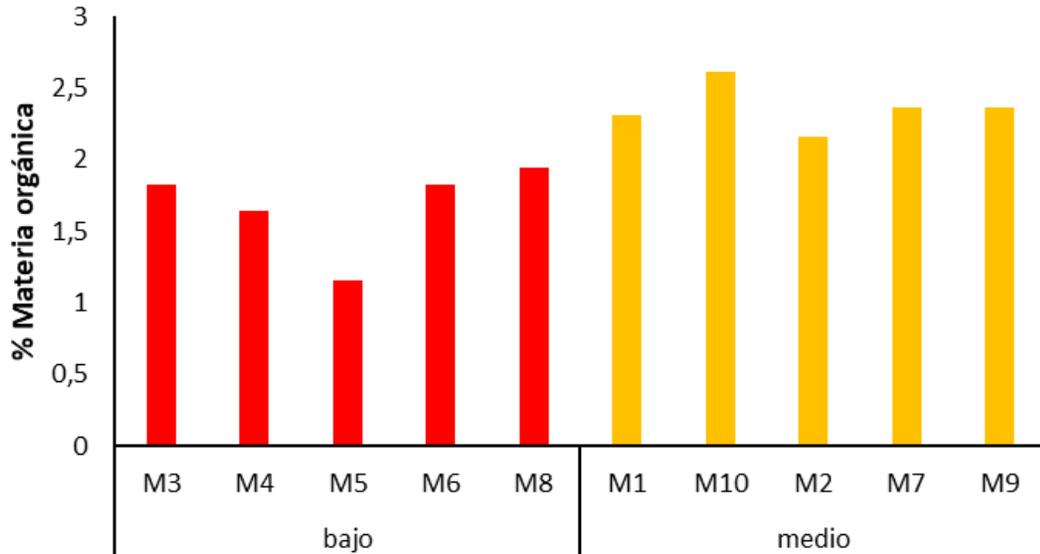
| Componente | Bajo | Medio | Óptimo | Alto |
|--------------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| Mo (%) | < 2 | 2 a 5 | 5 a 10 | >10 |
| Suma de cationicas | Ca/Mg | Ca/K | Mg/K | (Ca+Mg) /K |
| | < 5 | 5 a 10 | 10 a 20 | > 20 |
| Nitrógeno ppm | 40 a 70 | 40 a 70 | 70 a 80 | > 80 |

Nota. Tabla que permite relacionar el estado de los parámetros seleccionados por los componentes principales. Modificado de: (Kooistra, 2015).

Los análisis de suelo pertenecientes a la parroquia Quiroga se conformaron de 10 diferentes muestras como se observa en la Figura 17. De las diez muestras, cinco de ellas exhiben un contenido bajo de materia orgánica, representadas en rojo, indicando un contenido baja. Por otro lado, las cinco muestras restantes indican un nivel de contenido “medio” con la materia orgánica, identificado por el color amarillo.

Figura 17

Contenido de la materia orgánica Quiroga.



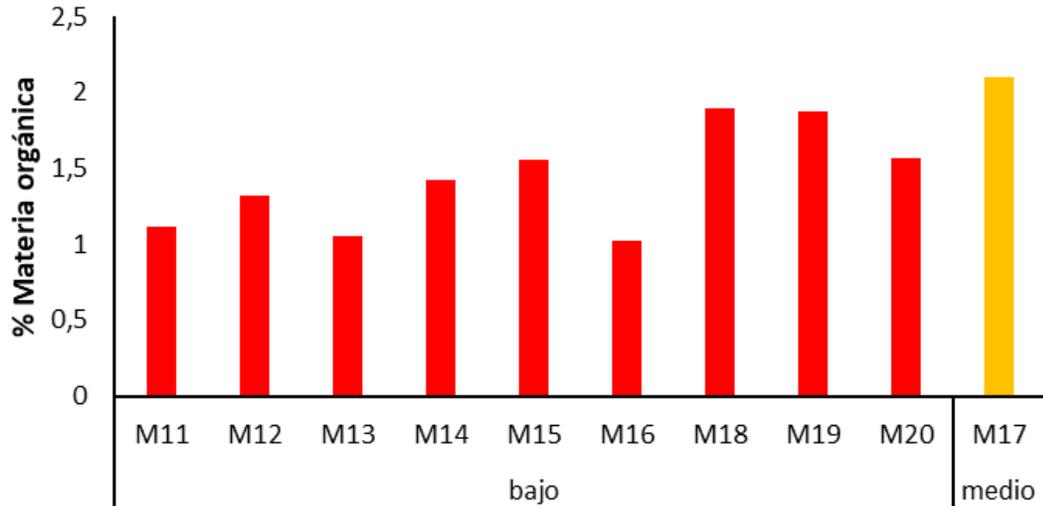
Nota. Interpretación mediante el porcentaje de materia orgánica en la parroquia Quiroga

Según Tingo (2015), la presencia y manejo adecuado de la materia orgánica en el suelo emerge como factor crucial para mejorar la calidad y fertilidad del suelo. En su investigación determinó que la aplicación de nitrógeno (N) y calcio (CA) influye positivamente en la concentración de materia orgánica en suelos tanto alcalinos como ácidos. Este incremento resulta significativo para el desarrollo de cultivos como el maíz (*Zea mays*), evidenciando un aumento sustancial en el rendimiento agrícola. Asimismo, se destaca que la materia orgánica, al elevar sus niveles, juega un papel determinante en el equilibrio del suelo y su capacidad para soportar y potenciar el crecimiento vegetal, aunque no alcance niveles de deficiencia.

En la parroquia San Francisco, el contenido de materia orgánica se mantiene en un nivel bajo en nueve de las diez muestras analizadas, y solo una muestra presenta alta contenido con la materia orgánica, como se observa en la Figura 18.

Figura 18

Contenido de la materia orgánica en la parroquia San Francisco.



Nota. Interpretación de la materia orgánica con bajo porcentaje en San Francisco

Con respecto a Bravo et al. (2014), los bajos niveles de materia orgánica (MO) tienen un impacto significativo en su fertilidad y calidad. Estos bajos porcentajes, como se ha evidenciado en diversos estudios, se evidencia degradación que perturba al suelo ya la vida vegetal. Indica González (2017) que la incorporación de materia orgánica no solo ayuda a la estructura del suelo, sino que presenta un depósito de nutrientes esenciales, facilita procesos de intercambio y adsorción, proporciona energía a los microorganismos y contribuye a la formación de complejos vitales para el crecimiento de las plantas.

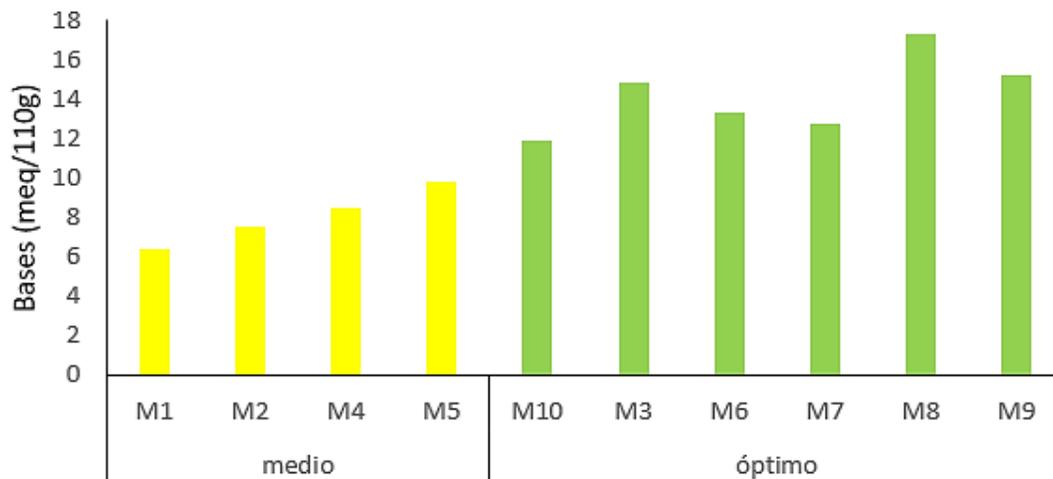
4.2.7. Contenido de bases cambiables en las parroquias

El contenido de las bases cambiables en los suelos agrícolas de Cotacachi toma una gran importancia en cuanto a fertilidad y capacidad de sustentar cultivos. En particular, la presencia equilibrada de estas bases catiónicas influye en la regulación del pH del suelo, facilitando la absorción de nutrientes por parte de las plantas y promoviendo su crecimiento saludable (Castro & Bolívar, 2015).

En la parroquia Quiroga, mediante las diez muestras de suelo analizadas, seis muestran niveles óptimos de contenido de bases catiónicas en el suelo, lo que favorece su fertilidad y capacidad para sustentar cultivos. Sin embargo, las cuatro muestras restantes exhiben un nivel medio de contenido como se aprecia en la Figura 19. Esta disparidad en los niveles de contenido resalta la importancia de equilibrar y mejorar los contenidos catiónicos en el suelo para garantizar condiciones óptimas para el crecimiento vegetal.

Figura 19

Contenido de las bases cambiables en Quiroga.



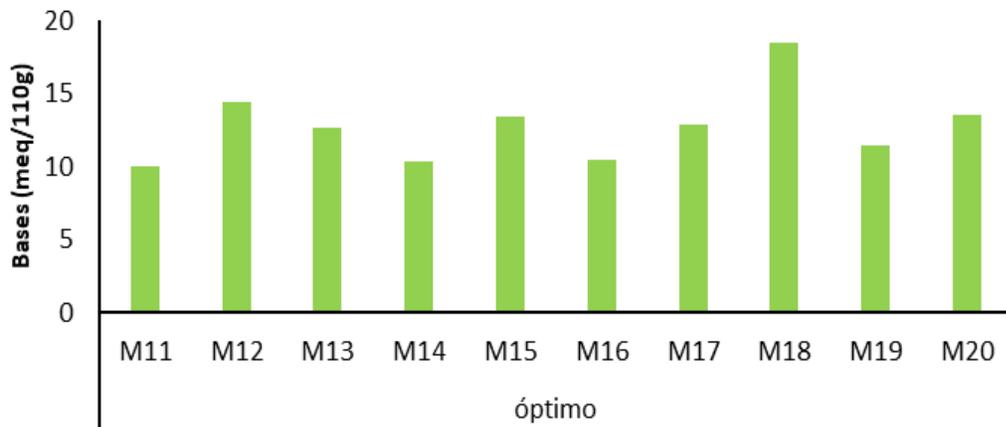
Nota. Relación de las bases cambiables en porcentaje con respecto a la parroquia Quiroga

De acuerdo con Hidalgo (2018), los suelos que cuentan con niveles ideales de bases catiónicas tienden a poseer una capacidad superior para retener la humedad, facilitar la absorción de nutrientes por parte de las plantas y fomentar el crecimiento de cultivos vigorosos y fructíferos. Los niveles óptimos de bases catiónicas aseguran la mejora en la eficiencia agrícola, disminuye la necesidad de fertilizantes químicos y contribuye a mantener un ambiente agrícola más armonioso y saludable (Meza & Piuessaut, 2011).

En la parroquia San Francisco se pudo observar que el contenido de todas las muestras presentó un nivel óptimo Figura 20. Con estos niveles se prioriza a que el exceso de nitrógeno tendrá complicaciones a futuro para los cultivos (Aguirre & Rivera, 2017).

Figura 20

Contenido de la base cambiabiles en San Francisco.



Nota. Relación de las bases cambiabiles con respecto a la parroquia San Francisco

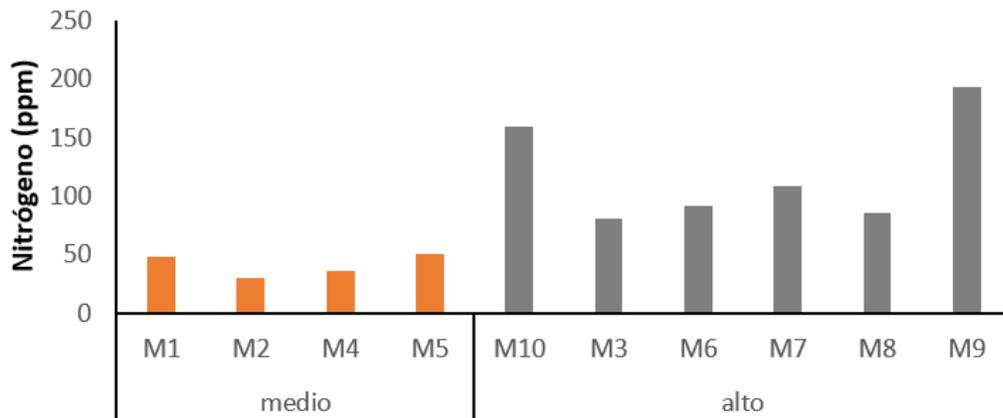
La adición controlada de enmiendas como cal, yeso o fertilizantes que contienen bases catiónicas puede elevar los niveles de estos iones en el suelo, mejorando su capacidad de retención de nutrientes y ajustando el pH (Chávez A. , 2015). De la misma manera Bueno et al. (2019), la desintegración de materia orgánica por microorganismos libera ácidos orgánicos que, a su vez, intercambian iones H⁺ por iones catiónicos en el suelo, asegurando su equilibrio y neutralidad. Este intercambio iónico en la estructura del suelo posibilita la liberación y absorción de cationes como calcio, magnesio, potasio, entre otros.

4.2.8. Contenido del nitrógeno en las parroquias

Con respecto al nitrógeno, se evidenciaron valores altos por lo menos en 6 de las 10 muestras realizadas, en especial en la muestra M10 y M9 correspondientes a muestras testigos, aquí no se conservan suelos ya que sus cultivos predominan las papas (*Solanum tuberosum*), como se observa en la Figura 21.

Figura 21

Contenido del nitrógeno en Quiroga.



Nota. Relación del nitrógeno en partes por millón con respecto a la parroquia Quiroga.

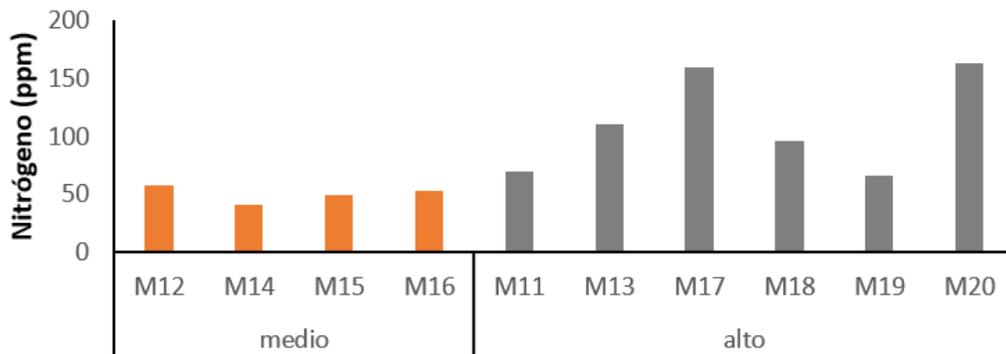
De acuerdo con Flores (2023) sobre la eficacia de la utilización de enmiendas orgánicas como fertilizantes naturales, se confirmó que el efecto de estas enmiendas permite una mejora significativa en la fijación del nitrógeno. Cabe recalcar que analizaron un incremento aumento notable, que varió entre el 23% y casi el 45%, en el peso del maíz (*Zea mays*). Esto conllevó a un incremento de hasta el 16% en el rendimiento por hectárea durante la producción. Así también Arias (2022), menciona que, durante el cultivo, el aumento del nitrógeno provoca el desarrollo prolongado de la planta, el grosor del tallo y las hojas, así como un aumento en el tamaño y grosor de las semillas debido a una mejor absorción de nutrientes.

En relación con la otra parroquia también se identificó que, seis de las muestras de suelo presentaban niveles de nitrógeno altos Figura 22. La muestra M17 y la muestra

M20 indicaron cifras mayores en cuanto al contenido de este elemento. Los niveles adecuados de nitrógeno permiten una mayor producción de cultivos, ya que contribuyen a un rendimiento óptimo y una mejor calidad de estos (Andrade E. , 2018).

Figura 22

Contenido del nitrógeno en San Francisco.



Nota. Relación del nitrógeno en partes por millón con respecto a la parroquia San Francisco

Con relación a Motato et al. (2017) se examinaron los niveles óptimos de nitrógeno y su impacto en la agricultura. En una parcela experimental, se determinó que, al añadir ciertas cantidades de nitrógeno, se obtuvo un incremento significativo en la productividad del cultivo. El maíz (*Zea mays*) cultivado mostró un crecimiento vigoroso y una mayor masa vegetativa, con un aumento del 25% en la producción de granos. Este equilibrio adecuado de nitrógeno también demostró ser crucial en un estudio de restauración de suelos degradados: áreas con niveles optimizados permitieron una recuperación más rápida y efectiva de la vegetación nativa, asegurando así la restauración ambiental.

4.2.9. Análisis de la textura de las parroquias

Se realizó un muestreo para evaluar la textura del suelo en las parroquias de Quiroga y San Francisco, según se detalla en la Tabla 14. Los resultados indican que los suelos en el cantón Cotacachi poseen predominantemente una textura franco-arenosa, que constituye una proporción significativa de su composición total. Esta particular textura, que se caracteriza por su granulosis moderada, otorga a los suelos una capacidad destacada para retener la humedad. Además, muestran un pH ligeramente ácido y un contenido considerable de materia orgánica, situándolos como suelos propicios para actividades agrícolas.

Tabla 14

Textura del suelo Quiroga.

| Muestra | Lugar | Arena % | Limo % | Arcilla % | Clase textural |
|----------------|----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| Q1-M1 | Cumbas Conde | 52 | 33 | 15 | Franco |
| Q2-M2 | Cumbas Conde | 49 | 35 | 16 | Franco |
| Q3-M3 | San Antonio de Punge | 46 | 39 | 15 | Franco |
| Q4-M3 | San José de punge | 45 | 43 | 12 | Franco |
| Q5-M5 | Cuicocha Pana | 52 | 35 | 13 | Franco-arenoso |
| Q6-M6 | Cuicocha Pana | 47 | 38 | 15 | Franco |
| Q7-M7 | Ucshapungo | 51 | 35 | 16 | Franco |
| Q8-M8 | Cuicocha Pana | 49 | 37 | 14 | Franco |
| Q9-M9 | Ucshapungo | 48 | 36 | 16 | Franco |
| Q10-M10 | Ucshapungo | 49 | 40 | 12 | Franco |

Nota. Textura de las zonas de muestreo de la parroquia Quiroga.

Al igual que en la parroquia Quiroga, este sector presenta una textura de suelo mayormente dominada por el suelo franco Tabla 15. Solo en el sector de Morochos se identificó una leve varianza puesto que el suelo es de clase franco-arenoso.

Tabla 15*Textura del suelo San Francisco.*

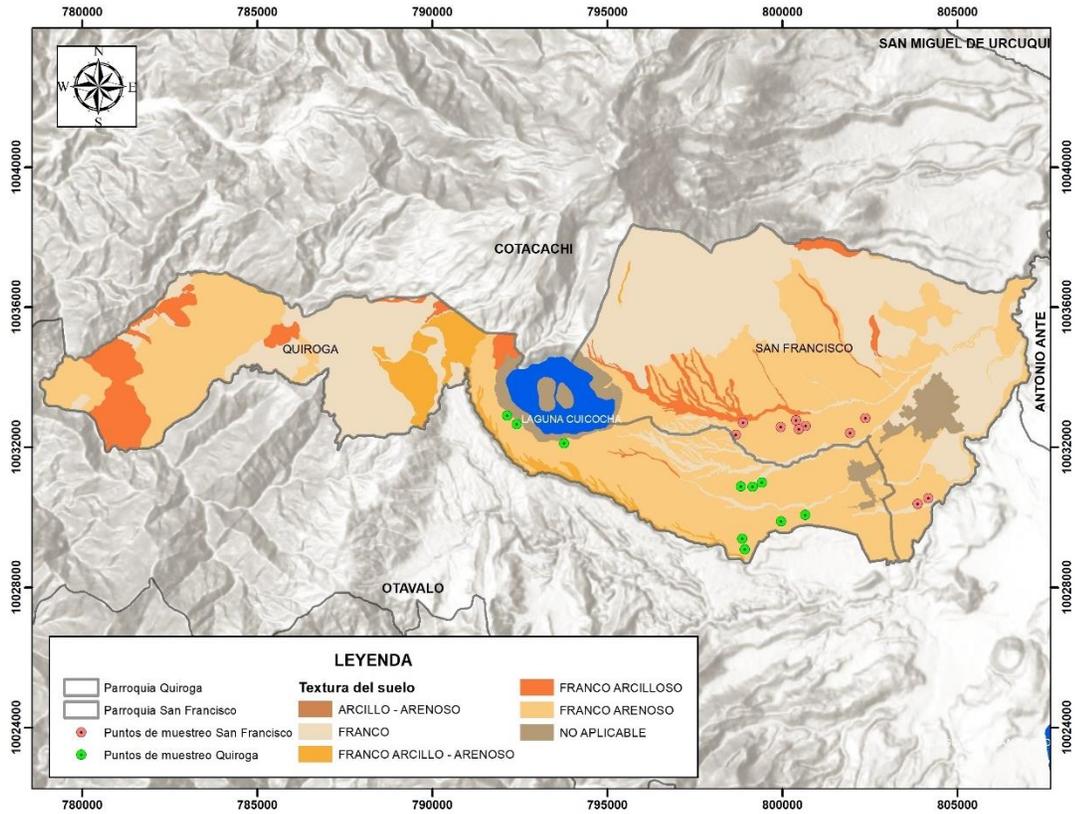
| Muestra | Lugar | Arena % | Limo % | Arcilla % | Clase textural |
|----------------|---------------|-------------------|------------------|---------------------|-----------------------|
| SF1-M11 | Chilcapamba | 47 | 39 | 14 | franco |
| SF2-M13 | Chilcapamba | 49 | 35 | 16 | franco |
| SF3-M14 | Morochos | 54 | 32 | 14 | franco-arenoso |
| SF4-M15 | Chilcapamba | 49 | 38 | 13 | franco |
| SF5-M16 | Chilcapamba | 47 | 40 | 13 | franco |
| SF6-M17 | Morochos | 52 | 34 | 14 | franco-arenoso |
| SF7-M18 | Morales Chupa | 45 | 42 | 13 | franco |
| SF8-M19 | Calera | 48 | 39 | 13 | franco |
| SF9-M20 | Calera | 46 | 39 | 15 | franco |
| SF10-M21 | Anrabí | 44 | 41 | 15 | franco |

Nota. Textura de las zonas de muestreo de la parroquia San Francisco.

Cotacachi es un cantón de la sierra ecuatoriana la cual presenta varias zonas montañosas, tiene texturas de suelo por la variabilidad en altitud y composición geológica. En las áreas más altas, los suelos tienden a ser delgados, con una mayor proporción de materia orgánica y nutrientes. Estos suelos son más fértiles y aptos para la agricultura como se observa en la Figura 23, caracterizados por una textura franco-arenosa que permite un buen drenaje y retención de agua.

Figura 23

Textura de suelos en las parroquias de Quiroga y San Francisco.



Nota: Textura del suelo de las parroquias Quiroga y San Francisco.

En contraste, en las áreas más bajas del cantón, se encuentran suelos más arcillosos y pesados, con menor capacidad de drenaje, pero con una riqueza mineral significativa. La presencia de suelos volcánicos en algunas zonas puede influir en la textura del suelo, añadiendo variaciones como arenas volcánicas en ciertas áreas. La combinación de estas texturas de suelo contribuye a la diversidad agrícola y a la singularidad de los ecosistemas en la región de Cotacachi (Molina & Villalva, 2022).

4.2.10. Densidad aparente de las parroquias

La densidad aparente que se obtuvo para todas las muestras nos indica que se obtiene valores menores a 1,4 (gr/cm³) Tabla 16, lo cual proporciona un lecho suelto y permeable, permitiendo una adecuada circulación de aire y facilitando la filtración de agua hasta las capas más profundas del sustrato. Estas condiciones son cruciales para el crecimiento radicular saludable, ya que las raíces pueden extenderse libremente, explorando el suelo en busca de nutrientes y agua sin encontrar obstáculos (Rojas , 2020).

Tabla 16

Datos de la densidad aparente de las parroquias de Quiroga y San Francisco.

| Parroquia | Muestra | Peso inicial (kg) | Peso de suelo seco (gr) | Densidad aparente (gr/cm³) |
|------------------|----------------|------------------------------|------------------------------------|--|
| Quiroga | Q1-M1 | 0,25 | 1,39 | 0,014 |
| | Q2-M2 | 0,2 | 1,45 | 0,015 |
| | Q3-M3 | 0,15 | 1,54 | 0,016 |
| | Q4-M3 | 0,15 | 1,46 | 0,015 |
| | Q5-M5 | 0,2 | 1,59 | 0,016 |
| | Q6-M6 | 0,2 | 1,53 | 0,016 |
| | Q7-M7 | 0,25 | 1,26 | 0,013 |
| | Q8-M8 | 0,2 | 1,49 | 0,015 |
| | Q9-M9 | 0,2 | 1,37 | 0,014 |
| | Q10-M19 | 0,2 | 1,34 | 0,014 |
| San Francisco | SF1-M11 | 0,2 | 1,45 | 0,015 |
| | SF2-M13 | 0,3 | 1,38 | 0,014 |
| | SF3-M14 | 0,2 | 1,60 | 0,016 |
| | SF4-M15 | 0,2 | 1,26 | 0,013 |
| | SF5-M16 | 0,25 | 1,31 | 0,013 |
| | SF6-M17 | 0,3 | 1,58 | 0,016 |
| | SF7-M18 | 0,2 | 1,27 | 0,013 |
| | SF8-M19 | 0,25 | 1,37 | 0,014 |
| | SF9-M20 | 0,25 | 1,42 | 0,014 |
| | SF10-M21 | 0,2 | 1,33 | 0,014 |

Nota. Los valores corresponden a cada muestra tomada en las parroquias.

4.2.11. Regresión lineal entre materia orgánica y densidad aparente de Quiroga

Con la regresión lineal se busca predecir los valores que relacionen a la materia orgánica con la densidad aparente, como se observa en la Tabla 17 y Tabla 18. El R-cuadrado calculado en esta relación fue de 0,73 con esto se menciona que el modelo de regresión es adecuado ya que tiene un 73 % de confiabilidad para el ajuste de los datos.

Tabla 17

Análisis de regresión lineal MO y DA.

| Variable | N | R ² | R ² ajustado | ECMP | AIC | BIC |
|------------------|----|----------------|-------------------------|------|------|------|
| Materia orgánica | 10 | 0,73 | 0,69 | 0,11 | 3,36 | 4,27 |

Nota. El valor de R cuadrado nos indica el porcentaje de confiabilidad del modelo.

Tabla 18

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados de MO y DA.

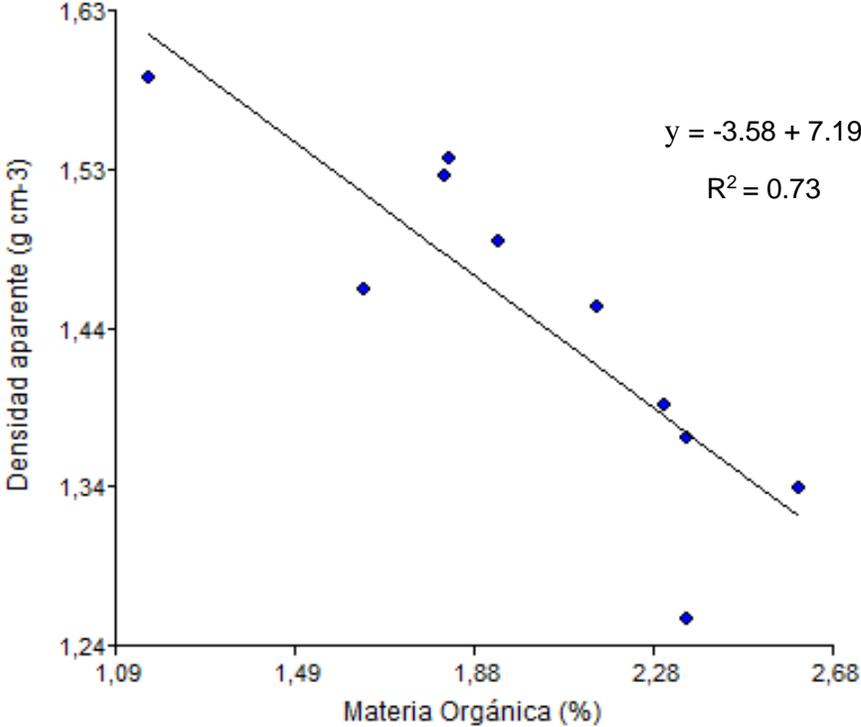
| Coef | Est. | E.E. | LI (95%) | LS (95%) | T | p-valor | CpMallovs |
|-------------------|-------|------|----------|----------|-------|---------|-----------|
| const | 7,19 | 1,12 | 4,60 | 9,77 | 6,41 | 0,0002 | |
| Densidad aparente | -3,58 | 0,78 | -5,37 | -1,80 | -4,62 | 0,0017 | 21,34 |

Nota. El p-valor es menor a 0,05 lo que indica la confiabilidad del modelo.

Se realizó la gráfica a partir de la regresión lineal entre la MO y DA con base en la Figura 24 donde la ecuación resultante del modelo tiene un coeficiente $R^2 = 0.73$. Esta ecuación confirma la existencia de una relación positiva del 73 % entre la materia orgánica y la densidad aparente en la parroquia de Quiroga.

Figura 24

Regresiones entre la densidad aparente (DA) y la materia orgánica (Mo).



Nota: Gráfico de regresión lineal entre la Mo y DA de la parroquia Quiroga.

4.2.12. Regresión lineal de la materia orgánica y densidad aparente de las parroquias San Francisco

Con respecto a la parroquia San Francisco, el valor del R-cuadrado fue de 0,46 con lo cual se determina que el modelo no tiene un ajuste significativo y su confiabilidad es del 43% con respecto a los datos, en la Tabla 19 se puede observar el valor del ajuste del modelo.

Tabla 19

Análisis de regresión lineal MO y DA.

| Variable | N | R ² | R ² ajustado | ECMP | AIC | BIC |
|-------------------|----|----------------|-------------------------|------|--------|--------|
| Densidad aparente | 10 | 0,46 | 0,40 | 0,01 | -15,60 | -14,69 |

Nota. El valor de R cuadrado nos indica el porcentaje de confiabilidad del modelo.

Tabla 20

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados de MO y DA.

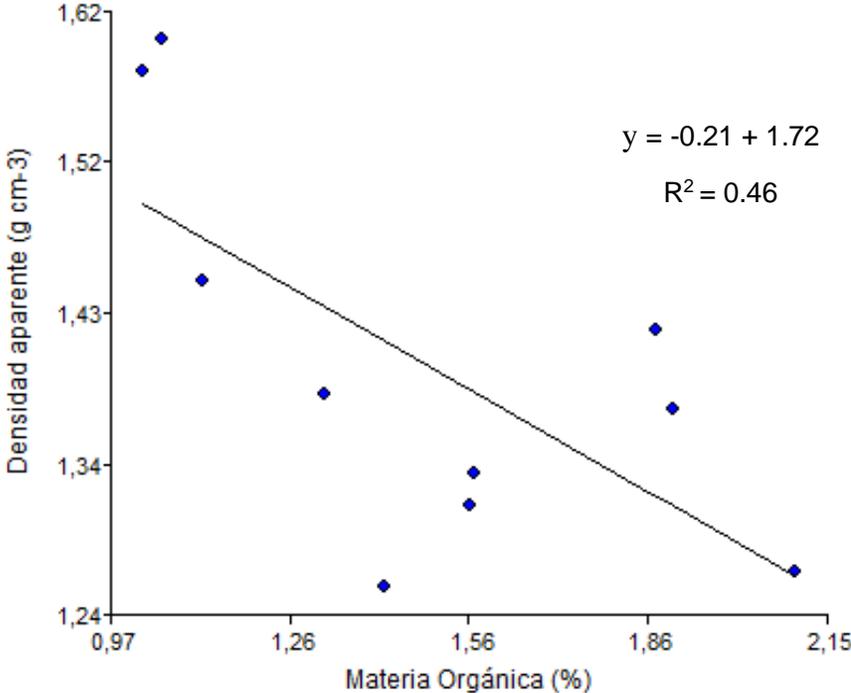
| Coef | Est. | E.E. | LI (95%) | LS (95%) | T | p-valor | CpMallows |
|------------------|-------|------|----------|----------|-------|---------|-----------|
| const | 1,72 | 0,12 | 1,43 | 2,00 | 13,77 | <0,0001 | |
| Materia orgánica | -0,21 | 0,08 | -0,40 | -0,03 | -2,63 | 0,0301 | 6,93 |

Nota. El p-valor es menor a 0,05 lo que indica la confiabilidad del modelo.

Se hizo la gráfica a partir de la regresión lineal entre la Mo y DA con base en la Figura 25, donde la ecuación resultante del modelo tiene un coeficiente de $R^2 = 0.46$. Esta ecuación confirma una relación positiva baja del 46 % teniendo en cuenta la materia orgánica y la densidad aparente en la parroquia de Quiroga.

Figura 25

Regresiones entre la densidad aparente (DA) y la materia orgánica (Mo).



4.3. Diseñar estrategias para el mejoramiento de la calidad de suelos e incremento de la productividad de cultivos, en el marco de la sustentabilidad.

Mediante consideración e interpretación de los resultados de la investigación se procedió a establecer estrategias para reducir el impacto en el suelo por las actividades agrícolas, de esta manera facilitar en la toma de decisiones con el enfoque positivo hacia el ambiente

4.3.1 Programa de fomentación de buenas prácticas de conservación de suelos

Objetivo General

- Fomentar buenas prácticas de conservación de suelos para los cultivos que se realizan en las parroquias Quiroga y San Francisco del Cantón Cotacachi.

Objetivos Específicos

- Realizar capacitaciones dirigidas a los comuneros para lograr el manejo sostenible del suelo.
- Implementar espacios demostrativos de buenas prácticas agrícolas en cada una de las parroquias.

Tabla 21

Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de fomento de buenas prácticas de conservación de suelos

| Presión | Estado | Respuesta/Actividades | Estrategia/ Técnica |
|--|---|--|--------------------------------|
| Escasa aplicación de prácticas de conservación de suelos en las zonas de producción familiar de las parroquias Quiroga y San Francisco | Déficit en la realización barreras vivas contemplados en 6% de los agricultores | Zonificación y monitoreo de las prácticas que se desarrollan en cada zona para evaluar la calidad del suelo de los entornos agrícolas (Bongiovanni, Troilo, & Pedelini , 2012). | Zonificación y monitoreo |
| | | Conferencias sobre educación ambiental que promuevan la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, asegurando así un manejo responsable de los recursos del suelo (Bolivar, 2018). | Educación ambiental |
| | | Uso de barreras vivas y rotación de cultivos que incrementen el contenido de materia orgánica del suelo (Trinidad , 2018). | Agricultura de conservación |
| | | Implementación de cultivos asociados favorezcan al desarrollo natural de los cultivos sin el uso de agroquímicos (Pinedo, Gómez, & Julca, 2017). | Producción agrícola integrada |

4.3.2. Programa de mejora en el rendimiento de los cultivos mediante el uso de abonos orgánicos.

Objetivo General

- Promover el empleo de prácticas agrícolas que utilicen enmiendas orgánicas enfocadas en el mejoramiento de la fertilidad del suelo en los terrenos de cultivos de cada parroquia.

Objetivos Específicos

- Capacitación sobre la elaboración de abonos orgánicos: compost y bocashi.
- Desarrollar guías técnicas sobre abonos orgánicos con recomendaciones de dosis a emplearse.

Tabla 22

Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de mejora en el rendimiento de los cultivos mediante el uso de abonos orgánicos

| Presión | Estado | Respuesta/Actividades | Estrategia/ Técnica |
|--|--|--|----------------------------------|
| Baja implementación de enmiendas orgánicas y prácticas agrícolas en las parroquias Quiroga y San Francisco | Áreas de cultivo descuidadas y falta de conocimiento en los agricultores | Integrar desechos orgánicos previamente clasificados en el terreno para obtener múltiples beneficios, como conservación del suelo, biodiversidad y cosechas complementarias (Valdéz, 2011). | Agricultura integrada |
| | | Reciclar los residuos orgánicos generados en el hogar para producir compost de alta calidad que se pueda utilizar como fertilizante (Cardona, 2017). Establecer espacios en los terrenos para la realización de compost y manejo de los residuos orgánicos. | Selección de enmiendas orgánicas |
| | | Ofrecer talleres, charlas y material educativo para agricultores locales sobre elaboración de enmiendas orgánicas que mejoren la productividad en los cultivos (Araoz, Loayza, & Uchasara, 2020). | Educación ambiental |
| | | Monitorear las parcelas de prueba donde se aplican las prácticas agrícolas y enmiendas orgánicas en condiciones locales para verificar la efectividad en la mejora del suelo (Díaz, Gebler, Maia, Medina, & Sacha, 2017). Organizar encuentros regulares entre agricultores, expertos en sostenibilidad, representantes gubernamentales y centros de investigación para intercambiar experiencias, presentar avances y discutir estrategias (Machado & Ríos, 2016). | Seguimiento |

4.3.3 Programa de reducción del uso de agroquímicos en los cultivos.

Objetivo General

- Implementar medidas sostenibles que promuevan prácticas agrícolas alternativas, fomentando la reducción progresiva y responsable del uso de agroquímicos.

Objetivos Específicos

- Desarrollar un plan de capacitación y asesoramiento dirigido a los agricultores para reducir gradualmente la dependencia de agroquímicos.
- Educar a los agricultores sobre enfoques de manejo integrado de plagas y enfermedades que involucren el uso de control biológico, trampas y otras estrategias no químicas.

Tabla 23

Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de reducción del uso de agroquímicos en los cultivos

| Presión | Estado | Respuesta/Actividades | Estrategia/ Técnica |
|--|---|--|----------------------------|
| Implementación de agroquímicos en las parcelas de producción en la parroquia Quiroga y San Francisco | Sobreuso de agroquímicos en los cultivos familiares | Establecer programas de monitoreo para evaluar cambios en el uso del suelo, utilizando tecnologías de teledetección y/o visitas de campo para identificar áreas de expansión y restauración (Ortega, Rivera, & Castillo, 2023) | Zonificación |
| | | Organizar visitas guiadas a áreas que se han restaurado o conservado con éxito, para que las personas observen los puntos a favor al momento de reducir el uso de agroquímicos y la conservación de áreas naturales. | Educación ambiental |
| | | Enseñar técnicas de manejo agrícola preventivo, aplicando rotación de cultivos, cultivos de cobertura y la selección de variedades resistentes, que reducen la incidencia de plagas y enfermedades (Pomar, Carvaca, Castellvi, & Miarnau, 2016). | |
| | | Realizar seguimientos periódicos para evaluar el progreso y los obstáculos encontrados por los agricultores en la implementación de las nuevas prácticas (González & Rodríguez, 2011). | Evaluación y seguimiento |
| | | Ofrecer asistencia técnica continua y seguimiento a los agricultores que estén adoptando estas estrategias, proporcionando orientación y resolviendo consultas para garantizar su implementación efectiva (Urango, 2021) | |

4.3.4. Programa de disminución de la frontera agrícola a sectores naturales

Objetivo General

- Implementar medidas sostenibles que disminuyan la expansión de la frontera agrícola para la preservación la biodiversidad y los ecosistemas.

Objetivos Específicos

- Establecer alternativas que incentiven el aumento de la economía en los agricultores para mitigar la expansión de la frontera agrícola.
- Ofrecer charlas sobre incentivos y programas de apoyo para preservar la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas naturales.

Tabla 24

Marco ordenador presión-estado-respuesta y actividades para el programa de disminución de la frontera agrícola a sectores naturales

| Presión | Estado | Respuesta/Actividades | Estrategia/ Técnica |
|--|---|--|----------------------------|
| Expansión de la frontera agrícola a sectores naturales de la parroquia Quiroga y San Francisco | Disminución de la cobertura vegetal natural y expansión de la zona agrícola | Realizar estudios detallados para identificar áreas críticas en términos de biodiversidad, fragilidad ambiental y valor ecológico, dividiendo las tierras en zonas según su aptitud para la conservación, agricultura sostenible u otros usos (Barbaran, 2017). | Zonificación |
| | | Capacitar a los propietarios de tierras sobre los pagos por servicios ambientales (PSA) para mantener o restaurar la biodiversidad en sus terrenos (Chafla & Cerón Pamela, 2016). Dar a conocer alternativas sostenibles como el turismo comunitario el cual genere ingresos económicos que satisfagan las necesidades de los agricultores y la comunidad. | Educación ambiental |
| | | Realizar seguimientos periódicos para evaluar el progreso y los obstáculos encontrados por los agricultores en la implementación de las nuevas prácticas (González & Rodríguez, 2011). Establecer sistemas de monitoreo para evaluar el impacto de estos programas en la conservación de la biodiversidad y la reducción de la conversión de tierras, permitiendo ajustes y mejoras continuas (Rodríguez E. , 2015) | Evaluación y seguimiento |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En las parroquias de Quiroga y San Francisco del cantón Cotacachi se identificaron diversas prácticas de conservación del suelo, entre las que sobresalen la utilización de abonos orgánicos, los cultivos asociados y la rotación de cultivos. Estas prácticas se aplican sobre todo en el cultivo de maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolous vulgaris L.*) y arveja (*Pisum sativum L.*). Es importante resaltar el uso de abonos orgánicos, que forma parte integral de las estrategias adoptadas por los agricultores en la parroquia Quiroga, destacándose como una práctica crucial para el mantenimiento y la salud de los suelos en la zona.

- La aplicación del análisis estadístico de componentes principales permitió determinar la relación entre los parámetros químicos con las prácticas agrícolas empleadas en las parroquias. De la misma forma se obtuvo como predictores a tres parámetros químicos (nitrógeno, bases catiónicas y materia orgánica) ya que pasan de la media establecida.

- Tras identificar los predictores, se pudo determinar que en la parroquia Quiroga, los niveles de materia orgánica exhiben un nivel medio, a diferencia de la parroquia San Francisco, donde se presentan niveles bajos en este aspecto. Respecto a las bases catiónicas, se observa niveles óptimos tanto en Quiroga como en San Francisco. Por último, en cuanto al nitrógeno, se evidencian niveles altos de contenido en ambas parroquias. Estos hallazgos resaltan diferencias significativas entre las dos parroquias tomando en cuenta el contenido de los predictores evaluados.

- Al implementar el análisis de regresión lineal entre la densidad aparente y la materia orgánica en la parroquia Quiroga se determinó que el suelo presenta condiciones aptas para la producción de cultivos debido a que el valor que indica una relación inversamente proporcional es $R^2 = 0,73$. Con respecto a la parroquia San Francisco se determinó que existe una disminución en la efectividad de la producción agrícola puesto que el valor del análisis es $R^2 = 0,46$.

- Al verificar que existe una relación positiva entre los cultivos asociados y el contenido de nutrientes del suelo, se determinó que la práctica más significativa observada en los sitios de estudio con respecto a la conservación de la calidad del suelo y la producción agrícola es la asociación de los cultivos.

- Los programas implementados en el diseño de estrategias se enfocaron en la implementación de buenas prácticas de conservación de suelos, mejora en el rendimiento de los cultivos a través de abonos orgánicos, reducción de agroquímicos en los cultivos y disminución de la frontera agrícola a sectores naturales. Esto debido a que el estado actual del suelo en las zonas de estudio presenta un déficit en la aplicación de prácticas agrícolas y enmiendas orgánicas en los cultivos familiares de cada parroquia.

5.2. Recomendaciones

- Es importante realizar investigaciones en zonas agrícolas dedicadas a monocultivos y policultivos en las parroquias Quiroga y San Francisco. Esto con el fin de comparar los datos de los parámetros químicos del suelo y poder establecer que prácticas son más sostenibles para la conservación del suelo.
- Se podría considerar la aplicación de otras metodologías y herramientas para la toma de muestras de suelo, para evaluar distintos parámetros físicos y químicos que no sean investigados en este trabajo.
- Se recomienda tomar en cuenta los parámetros de pendiente del suelo, isoyetas e isothermas para identificar si existe variación en el contenido de cada nutriente disponible en el suelo cultivable. Además, utilizar una metodología diferente para la determinación de la densidad aparente del suelo.

REFERENCIAS

- Agricultura. (2017). *Ventajas de la fertilización con calcio en cultivos*. Obtenido de <https://www.revistaagricultura.com/Noticias/Noticia/7954/ventajas-de-la-fertilizacion-con-calcio-en-cultivos>
- AGROBIT. (2019). Técnicas tradicionales y Técnicas tecnificadas para contribuir el mejoramiento del suelo agrícola.
- Aguilar, C. (2016). Evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero. *Siembra*, 3(3), 11-20.
- Aguirre, J., & Rivera, C. (2017). *Evaluación del efecto de bases catiónicas sobre tela tipo algodón para la producción de un suavizante en industrias químicas Saint Germain Ltda*. Fundación Universidad de América.
- Alarcón, J., Jiménez, M., & Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Revista ingeniería de construcción*, 35(1), 5-20.
- Alba, S., Alcaráz, M., Cermeño, F., & Barbero, F. (2011). *Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos*.
- Albarracín, S. (2019). *Propuesta de manejo integral de la subcuenca hidrográfica del río Yanuncay, provincia del Azuay*. Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17305/1/UPS-CT008251.pdf>
- Álvarez. (2016). *Manganeso: Deficiencia en las plantas cultivadas y su corrección*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/Revistas/pdf_Agri/Agri_2009_921_614_618.pdf
- Amézquita, E. (2013). *Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. Sistemas agropastoriles: Un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia*. Bogotá: CORPOICA.
- Andrade, E. (2018). *Repercusión del saber local en el manejo y conservación del suelo en las Parroquias de Quiroga, Peñaherrera y Plaza Gutiérrez del cantón Cotacachi*. Universidad Técnica del Norte.

- Andrade, O., & Rodríguez, O. (2002). Evaluación de la eficiencia de barreras vivas como sistemas de conservación de suelos en ladera. *Bioagro*, 3(14), 123-133.
- Aragón, J. (2018). Comportamiento socioeconómico de los agricultores de la Parroquia Imantag Cantón Cotacachi. *IOJPH-International open Journal of Agriculture and Environmental Research*, 1(3), 37-46.
- Aragón, J., Albuja, M., Paz, J., Burbano, E., & Aragón, M. (2019). Financiamiento productivo a los agricultores en la zona de Intag, Cantón Cotacachi. *In Anales Científicos*, 80(2), 355-363.
- Araoz, E., Loayza, K., & Uchasara, H. (2020). La educación ambiental y el manejo de residuos sólidos en una institución educativa de Madre de Dios, Perú. *Ciencia Amazónica*, 8(2), 239-252.
- Arias, A. (2022). *Evaluación del girasol forrajero (helianthus annuus l.) en dos sistemas productivos, Quiroga, Cotacachi*. Universidad Técnica del Norte.
- Armijo, E., & Umajinga, E. (2023). *Evaluación de la fertilización química y orgánica en maíz (zea mays) en el cantón La Maná*.
- Ayala, L., Castro, J., & Chuquiya, J. (2020). Calidad de abonos orgánicos elaborados a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz chala. *In Anales Científicos*, 81(1), 243-253.
- Barbaran, S. (2017). *Reducción de cromo en suelos contaminados por agroquímicos utilizando lombrices de tierra (Eisenia Foetida) en el Centro Poblado Huarabi-Canta;2017*.
- Benabent, M., & Vivanco, L. (2019). La experiencia de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial cantonales en Ecuador. *Estoa*, 15(8), 133-144.
- Benítez, J. (2022). *Efecto de la temperatura de la emulsión catiónica tipo CSS-1H para imprimación de bases granulares*.
- Bolívar, Y. (2018). Investigación acción participativa y educación ambiental. *Revista Scientific*, 3(7), 289-308.
- Bongiovanni, R., Troilo, L., & Pedelini, R. (2012). *Buenas prácticas agrícolas para la producción de maní*. Ediciones INTA.

- Bravo, I., Arboleda, C., & Francisco, P. (2014). Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio, en sistemas altoandinos de Colombia. *Acta Agronómica*, 63(2), 164-174.
- Bueno, R., & Fernández, J. (2019). La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos. *Ámbito Investigativo*, 4(1), 7-12.
- Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82-96.
- Cañon, M. (2018). *Formulación de indicadores basados en el modelo presión estado respuesta (per) para explotación minera en el municipio de Cogua-Cundinamarca*.
- Cardona, W. (2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 200-209.
- Castillo, G., & Bogante, J. (2011). La Zonificación de amenaza por inundación como herramienta para el ordenamiento territorial en el Valle del Río Sixaola. *Revista Geográfica de América Central*, 1(46), 67-85.
- Castro, H., & Bolívar, H. (2015). *Respuesta a la aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de Amaranto (amaranthus caudatus l.) variedad Iniap alegría en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura*. UTB.
- Chafla, P., & Cerón Pamela. (2016). Pago por servicios ambientales en el sector del agua: el Fondo para la Protección de Agua. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(26), 25-40.
- Chagna, K. (2018). *Diseño de un plan de comercialización para la empresa Sumak Mikuy agroindustria dedicada a rescatar cultivos nativos de la zona andina del cantón Cotacachi provincia de Imbabura*.
- Chávez, A. (2015). *La adición controlada de enmiendas como cal, yeso o fertilizantes que contienen bases catiónicas puede elevar los niveles de estos iones en el suelo, mejorando su capacidad de retención de nutrientes y ajustando el pH*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.

- Chávez, G., Moreno, M., & Ortiz, L. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta agrónomica*, 62(1), 66-72.
- Choque, R. (2015). *Evaluación del riego superficie utilizando el método por kanis y surcos corrugados en zigzag en el cultivo de papa;(Solanum tuberosum) en la Estación Experimental Choquenaira.*
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). *ambiente.gob.ec.*
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *www.defensa.gob.ec.*
- Contreras, E., Marín, D., & Viera, J. (2021). Evaluación Ecofisiológica de Cultivos Asociados. *Agronomía Tropical*, 45-61.
- Coral, K., & Recalde, A. (2017). *Caracterización de las propiedades fisicoquímicas: densidad aparente, densidad real, porosidad, textura, color, ph, conductividad eléctrica y materia orgánica de los suelos de la Reserva Biológica Limoncocha.* Quito: Universidad Internacional SEK.
- Cotler, H., Cram, S., Martínez, S., & Bunge, V. (2015). Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trincheras. *Investigaciones geográficas*, 88, 6-18.
- Da Cunha, T., Morales, I., Filho, A., & Urrestarazu, M. (2015). Viabilidad de los cultivos asociados de hortalizas en los sistemas sin suelo. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura*, 34(383), 148-152.
- Díaz, A., Gebler, L., Maia, L., Medina, L., & Sacha, T. (2017). *Buenas prácticas agrícolas para una agricultura más resiliente: lineamientos para orientar la tarea de productores y gobiernos.* IICA.
- Domínguez, M. (2016). *SPA Fitoestabilización de suelos contaminados.*
- Espejo, M. (2017). Estimación de la desviación estándar. *Estadística española*, 59(192), 37-44.
- Estrella, S. (2014). El formato tabular: una revisión de literatura. *Actualidades Investigativas en Educación*, 1-23.
- Fallas, T. (2019). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero según el manejo del rastrojo en el cultivo de piña (Ananas comosus, var. comosus).*

- FAO. (2015). *sinagap.agricultura.gob.ec*. Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/Comercializacion/Boletines/a>
- Flores , K. (2023). *Respuesta del maíz (Zea mays) a la inoculación con azotobacter y el uso de fertilizante nitrogenado en la comunidad de Cuicocha Pana en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura*. UPEC.
- GAD Pimampiro. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Obtenido de <https://pimampiro.gob.ec/>
- GAD Provincial de Imbabura. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Quiroga*.
- GAD Santa Ana de Cotacachi. (2015). *Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Santa Ana de Cotacachi*.
- García, D., Cardenas, J., & Parra, A. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 16-25.
- Garzón, D. (2017). *Análisis preliminar de las propiedades del suelo al establecer barreras vivas en la vereda Santa Teresa de San Juan de Rioseco (Cundinamarca)*.
- Gascón , J. (2016). Turismo residencial y crisis de la agricultura campesina. Los casos de Vilcabamba y Cotacachi (Andes ecuatorianos). *Pasos*, 14(2), 309-318.
- Gascón, J. (2016). Turismo residencial y crisis de la agricultura campesina. Los casos de Vilcabamba y Cotacachi (Andes ecuatorianos). *Pasos*, 14(2), 309-318.
- Gómez, N., Villagra, K., & Solorzano, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 1(31), 167-177.
- Gómez, N., Villagra, K., & Solorzano, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 167-177.
- Gómez, R., & Flores, F. (2015). Agricultura y servicios ecosistémicos: el caso del espárrago en Ica. *Apuntes*, 42(77), 9-55.

- González, A. (2015). Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo. *Ingeniería Agrícola*, 5(2), 55-60.
- González, A. (2017). Estudio comparativo de la estructura elemental de materia orgánica de suelo y mantillo cultivados de cacao en El Oro, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(3), 54-62.
- González, J., & Rodríguez, E. (2011). Limitantes para la implementación de buenas prácticas agrícolas en la producción de papa en Argentina. *Agroalimentaria*, 17(33), 63-84.
- González, L. (2013). Nitrógeno amoniacal, importancia de su determinación. *Mente y Materia*, 4(1), 12-13.
- Guerrero, J. (2020). *Gestión municipal y participación ciudadana en la Municipalidad Provincial del Santa, Chimbote, 2019*.
- Gutierrez, G., & Ricker, M. (2014). *Manual para tomar virutas de madera con el barreno de Pressler en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, I., & Bautis, M. (2005). Cambios en el contenido de fósforo en el suelo superficial por la conversión de sabanas en pinares. *Bioagro*, 69-78.
- Hidalgo, E. (2018). *Estabilización de Suelos con Emulsión Asfáltica para el empleo en Subbases y Bases*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hidalgo, R., Botta, G., Tolón, A., Pozzolo, O., Domínguez, J., & Serafini, E. (2013). Rastrojo de arroz (*Oryza sativa* L.) en sistemas de siembra directa: alternativas de manejo. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO*, 163-175.
- Huamán, E., Pérez, H., & Rivera, L. (2017). Efecto de los abonos orgánicos y dosis de un biofertilizante en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*), en Chachapoyas, Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 1(1), 63-69.
- Intagri. (2022). *El Cobre en la Nutrición Vegetal*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-cobre-en-la-nutricion-vegetal>

- Intagri. (2022). *Funciones Críticas del Boro en los Cultivos*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/funciones-criticas-del-boro-en-los-cultivos>
- Jiménez, L. (04 de Diciembre de 2020). *Semana para celebrar el Día Mundial del Suelo, espacio para reflexionar sobre el cuidado de este recurso*. MAGAP. Obtenido de Semana para celebrar el Día Mundial del Suelo, espacio para reflexionar sobre el cuidado de este recurso: <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Kooistra, M. (2015). Descripción de los componentes orgánicos del suelo. Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias. *Fondo Editorial Pascual Bravo*, 261-292.
- León, S. (2013). Indicadores de tercera generación para cuantificar la sustentabilidad urbana:¿ Avances o estancamiento? *EURE (Santiago)*, 39(118), 173-198.
- López, D., González, C., & Chacín, F. (2014). Caracterización de unidades de producción porcina en cama profunda a pequeña escala en Venezuela, utilizando métodos multivariados. *Avances en investigación Agropecuaria*, 18(1), 67-79.
- López, K., & Tames, G. (2014). *Métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas aplicables a la investigación en ciencias sociales*. Tirant Humanidades México.
- Machado , M., & Ríos, L. (2016). Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores: revisión sistemática. *Idesia (Arica)*, 34(2), 15-36. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016005000002>
- Malpica, A. (2013). *Formación y desarrollo del agroecosistema irrigado en al-Ándalus*.
- Marujanda, J., & Villa, J. (2015). Densidad aparente y concentración de materia orgánica en el suelo de un humedal de alta montaña. *Journal of Engineering and Technology*, 4(1), 8-20.
- Mata, G. (2015). *Importancia del Hierro (Fe) en la Agricultura*.
- Mejía, G., Mejía, P., & Muñoz, P. (2018). Percepciones sobre el efecto de los incendios forestales en el turismo sustentable de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapa, Ecuador. *Sustentabilidad (es)*, 9, 68-84.

- Mendoza, J. (2020). *COMPARACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS EDÁFICOS Y FOLIARES EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays, L.) BALZAR-GUAYAS*.
- Meneses, N., Mendoza, J., & Cecílio, A. (2017). Fertilización potásica del maíz dulce en suelo con alta disponibilidad de potasio. *Agrociencia Uruguay*, 21(2), 54-58.
- Meza, M., & Piuessaut, E. (2011). Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13(3), 1-11.
- Minaverri, C. (2018). *El derecho como herramienta para la erradicación de escenarios propicios para la corrupción en el servicio del agua*.
- Molina, M., & Villalva, V. (2022). *Determinación de los conflictos de uso del suelo a partir de su aptitud física en el cantón Cotacachi*. Universidad Técnica del Norte.
- Montatixe, C., & Eche, M. (2020). Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra*, 01-15.
- Motato, N., Pincay, J., Avellan, M., Falcones, M., & Aveiga, E. (2017). Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 7(2), 109-116.
doi:http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/123
- Mucha, L., Chamorro, R., Oseda, M., & Alania, R. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Desafíos*, 12(1), 50-57.
- Murcia, M., Calderón, O., & Díaz, J. (2014). Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo. *TecnoLógicas*, 57-65.

- Nichols, C., Henao, A., & Altieri, M. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1), 7-31.
- Nieto, C., & Vicuña, A. (2015). Las tierras y territorios rurales como escenarios funcionales para la práctica de la Economía Popular y Solidaria en Ecuador: algunos elementos sobre su uso y aprovechamiento. *Siembra*, 2(1), 1-13.
- Noguera, M., & Vélez, J. (2011). Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 40-52.
- Ochoa, C. (2015). *Muestreo no probabilístico: muestreo por conveniencia*. Santiago.
- Olivares, B. (2018). Condiciones tropicales de la lluvia estacional en la agricultura de secano de Carabobo, Venezuela. *Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 86-102.
- Orozco, R., & Muñoz, R. (2012). Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 16-31.
- Ortega, Y., Rivera, D., & Castillo, D. (2023). Dinámica de la frontera agrícola del sistema de cuencas hidrográficas del zapotal mediante herramientas de teledetección. *Ciencia y Tecnología*, 16(1), 12-23.
- Osorio, W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1-4.
- Pantano, G., Grosseli, G., Mozeto, A., & Fadini, P. (2016). Sostenibilidad en el uso del fósforo: una cuestión de seguridad hídrica y alimentaria. *Nueva química*(32), 7332-740. doi:<https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160086>
- Patiño, C., & Sanclemente, O. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *Entramado*, 288-294.
- Pellegrini, A. (2019). aulavirtual.agro.unlp.edu.ar. Obtenido de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42831/mod_resource/content/1/TEMA%203%20-%20TEXTURA%20Y%20COLOR.pdf
- Peña. (2013). *Tecnologías de manejo sostenible de suelo en la cooperativa Jaime Vena, Pinar del Río*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/6378/637867083008.pdf>

- Pérez, J. (2015). Origen y desarrollo de la huerta de Tortosa (siglos IV-XII). El proceso de formación de un macro-espacio irrigado en el levante peninsular. *Historia agraria: Revista de agricultura e historia rural*, 66, 11-40.
- Pérez, J. (2018). *Determinación de las plagas del cultivo de frejol (Phaseolus vulgaris, L.), en la comunidad de Tollo Intag, parroquia Vacas Galindo, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, 2017*.
- Pinedo, R., Gómez, L., & Julca, A. (2017). Indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en Chiara, Ayacucho. *Aporte Santiaguino*, 10(2), 197-210. doi:<https://doi.org/10.32911/as.2017.v10.n2.163>
- Pomar, L., Carvaca, I., Castellvi, S., & Miarnau, X. (2016). Nuevas plagas y enfermedades emergentes, una amenaza para el cultivo del almendro en España. *Revista de fruticultura*, 49, 152-165.
- Quichimbo, P. (04 de Diciembre de 2020). *MAGAP*. Obtenido de Semana para celebrar el Día Mundial del Suelo, espacio para reflexionar sobre el cuidado de este recurso: <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Ramos , H., & Zúñiga, D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada*, 123-130.
- Ramos, D., & Terry, A. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35(4), 52-59.
- Recalde, A. (2017). *Caracterización de las Propiedades Fisicoquímicas: densidad aparente, densidad real, porosidad, textura, color, pH, conductividad eléctrica y materia orgánica de los suelos de la Reserva Biológica Limoncocha*. Universidad Internacional SEK.
- Rodríguez, & Castellanos. (2014). *El Zinc (Zn), en la Nutrición de los Cultivos*. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/zinc-nutricion-cultivos-t31354.htm>
- Rodríguez, E. (2015). *Factores de presión sobre el avance de la frontera agrícola en el municipio de El Castillo, Río San Juan, Nicaragua*.

- Rojas , A. (2020). *Alternativas ambientales para la degradación del suelo en la agricultura, una revisión sistemática entre 2009-2019*. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Rómulo, J. (2014). El cultivo de secano. *Geografía Agrícola*, 61-113.
- Ruíz, J., Bravo, M., & Loaeza, G. (2001). Cubiertas vegetales y barreras vivas: tecnologías con potencial para reducir la erosión en Oaxaca, México. *Terra Latinoamérica*, 89-95.
- Salas, A. (2018). *Influencia de indicadores de Presión, Estado y Respuesta (PER) en el desarrollo sostenible de la zona de la franja ribereña del río Chillón distrito Los Olivos*.
- Samoza, A., Vásquez, P., & Zulaica Laura. (2018). Implementación de buenas prácticas agrícolas para la gestión ambiental rural. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 3(44), 398-423.
- Santabárbara, J. (2019). Cálculo del intervalo de confianza para los coeficientes de correlación mediante sintaxis en SPSS. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 12(2), 1-14.
- Saynes, V., Etchevers, J., Paz, F., & Alvarado, L. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 83-96.
- Secretaria Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*. Obtenido de https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Plan-de-Creaci%C3%B3n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado_compressed.pdf
- SIASEG. (2012). <https://smaot.guanajuato.gob.mx/>.
- Silva et al. (2015). *Rotación de Cultivos*. Chillán: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Silva, N., Rivas, L., Albuquerque, O., & Fernández, Y. (2017). Reajuste de densidad aparente y retención de carbono: Modelos idóneos para arenas cubanas. *M+A Revista Electrónica de Medioambiente*, 18(2), 117-135.

- Solorio, I., & Miranda, C. (2019). La integración de políticas ambientales y climáticas en México: El camino hacia una agenda de investigación para las ciencias político-administrativas. *Encrusijada*(32), 50-73.
- Tabango, E. (2021). *Caracterización de variedades nativas de fréjol (Phaseolus Vulgaris L.), procedentes del banco nacional de germoplasma del Iniap, en el cantón Cotacachi provincia de Imbabura.*
- Tápia, C., Carrera , H., Acosta, V., Chalampunte, D., Lima, L., Navarro, M., & Villota, C. (2011). *Promoción de los cultivos andinos para el desarrollo rural en Cotacachi-Ecuador.*
- Tapia, G. (2018). *Cultivos tradicionales andinos del cantón Cotacachi: diseño de un centro de interpretación turístico-cultural en el Jardín Etnobotánico de la Unorcac, ubicado en la comunidad de Turucu.*
- Tingo. (2015). "RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO TOTAL DE LOS SUELOS DE LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO". Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/173/AGR-628.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Toledo, D. (2014). *Calidad de suelo en agro-ecosistemas de Misiones: desarrollo y validación de índices de calidad. Su aplicación en la evaluación de los cambios en el uso de las tierras.*
- Torres, C., Gutierrez, M., Ortíz, C., & Gutierrez, E. (2016). Manejo agronómico de los Vertisoles en México: una revisión. *erra Latinoamericana*, 34(4), 457-466.
- Trinidad , A. (2018). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agro Productividad*, 9(8), 52-58.
- Urango, A. (2021). *Seguimiento y evaluación de labores fitosanitarias en el cultivo de banano (musa aaa cavendish) en la empresa banaexport sas carepa–Antioquia.* doi:<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/4199>
- Valdéz, M. (2011). El cambio climático y el estado simbiótico de los árboles del bosque. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(5), 5-13.

- Vázquez, C. (2017). Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(1), 69-74.
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la Provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 18-24.
- Yáñez, M., Cantú, I., & González, H. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en las propiedades químicas de un vertisol. *Terra Latinoamérica*, 36(4), 369-379.
- Zilio, J. (2015). *Aspectos de calidad de suelos representativos del sur de la provincia de Buenos Aires y efectos de la actividad agropecuaria sobre la misma.*

ANEXOS

Anexo 1

Encuesta aplicada a los agricultores

| | | | | | |
|--|-----------|--------------|--|---------------------------|----------------|
|  UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES ENCUESTA | | | | | |
| <p>La presente entrevista tiene como finalidad identificar las prácticas de conservación de suelos aplicadas en sistemas agrícolas familiares de las Parroquias Quiroga y San Francisco, dentro del trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS APLICADAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA" para la obtención del título de ingenieros en Recursos Naturales Renovables de la Universidad Técnica del Norte.</p> <p>La información que usted proporcione será empleada únicamente con propósitos académicos por lo cual solicitamos nos ayude con información veraz. Por nuestra parte nos comprometemos a dar buen uso de la información proporcionada, en el marco del respeto y la ética.</p> | | | | | |
| Parroquia a la que pertenece: | | | | Fecha: | |
| Información | | | | | |
| Genero | | Edad: | | Nivel de educación | |
| Femenino | Masculino | | | Primaria | Secundaria |
| | | | | | Nivel Superior |
| <p>1. ¿Qué tipo de cultivos con frecuencia siembran en sus terrenos?</p> <p>.....</p> | | | | | |
| <p>2. ¿En qué temporadas del año realizan las siembras?</p> <p>Época Lluviosa (Octubre a Mayo) <input type="checkbox"/></p> <p>Época seca (Junio a Septiembre) <input type="checkbox"/></p> | | | | | |
| <p>3. En general ¿Cómo preparan el terreno antes de cultivar?</p> <p>Uso de maquinaria agrícola (tractor) <input type="checkbox"/></p> <p>Uso de animales (yunta) <input type="checkbox"/></p> <p>Uso manual (Azadón, rastrillo) <input type="checkbox"/></p> <p>Siembra directa <input type="checkbox"/></p> | | | | | |
| <p>4. Para el desarrollo y producción de sus cultivos ¿Qué tipo de fertilizantes usan y donde los compra?</p> <p>Químicos <input type="checkbox"/></p> <p>Orgánicos <input type="checkbox"/></p> <p>Mixtos <input type="checkbox"/></p> <p>.....</p> | | | | | |

| |
|--|
| <p>5. ¿Dónde adquieren las semillas/plántulas para sus cultivos?</p> <p>Guardadas de cultivo anterior <input type="checkbox"/></p> <p>Compra de semillas <input type="checkbox"/></p> <p>Compra de plántulas <input type="checkbox"/></p> <p>En caso de compra de semillas/ plántulas donde las adquieren</p> |
| <p>6. ¿Qué labores culturales o labores de mantenimiento realizan en sus cultivos y como lo hacen?</p> <p>Aporque <input type="checkbox"/></p> <p>Desyerbar <input type="checkbox"/></p> <p>Otros <input type="checkbox"/></p> |
| <p>7. ¿Cómo controla las plagas en sus cultivos?</p> <p>Químicos (plaguicidas) <input type="checkbox"/></p> <p>Naturales (uso de ajo) <input type="checkbox"/></p> <p>Otros <input type="checkbox"/></p> |
| <p>8. ¿Al cosechar su producto usted lo usa para?</p> <p>Consumo familiar <input type="checkbox"/></p> <p>Venta <input type="checkbox"/></p> <p>Consumo y venta <input type="checkbox"/></p> <p>Guardado de semillas <input type="checkbox"/></p> |
| <p>9. Que semillas guarda para la próxima siembra</p> <p>Maíz <input type="checkbox"/></p> <p>Papa <input type="checkbox"/></p> <p>Fréjol <input type="checkbox"/></p> <p>Otra <input type="checkbox"/></p> |
| <p>10. ¿En el caso de los productos que vende, donde realiza las ventas de sus productos y con qué frecuencia?</p> <p>.....</p> |
| <p>11. ¿Cuáles de las siguientes prácticas conoce y cuales le realizan?</p> <p>Rotación de cultivos <input type="checkbox"/></p> <p>Cultivos asociados <input type="checkbox"/></p> <p>Uso de abonos orgánicos (estiércol, compost, biol) <input type="checkbox"/></p> <p>Barreras vivas <input type="checkbox"/></p> <p>Cercas vivas <input type="checkbox"/></p> <p>Otros <input type="checkbox"/></p> |

Nota. La encuesta constó de 11 preguntas para la obtención de datos.

Anexo 2

Encuesta aplicada a los agricultores



Anexo 3

Salida de campo para reconocimiento de prácticas de conservación



Anexo 4

Toma de muestras de suelo con el barreno



Anexo 5

Selección de sitios para muestreo de densidad aparente



Anexo 6

Toma de muestras con cilindro



Anexo 7

Empacado hermético y rotulado de muestras de suelo



Anexo 8

Pesaje de las muestras para cálculo de densidad aparente



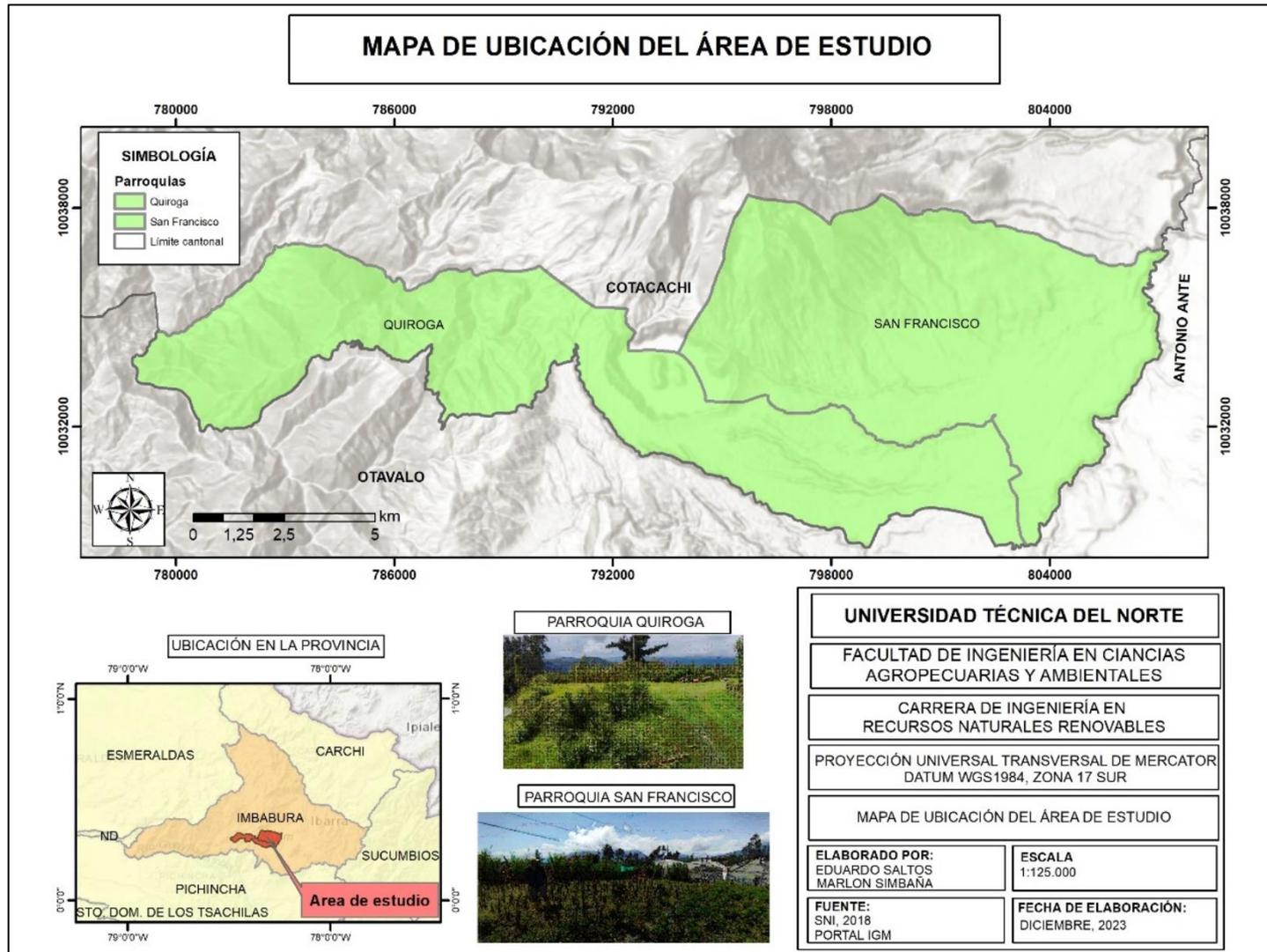
Anexo 9

Secado de muestras de suelo en el horno



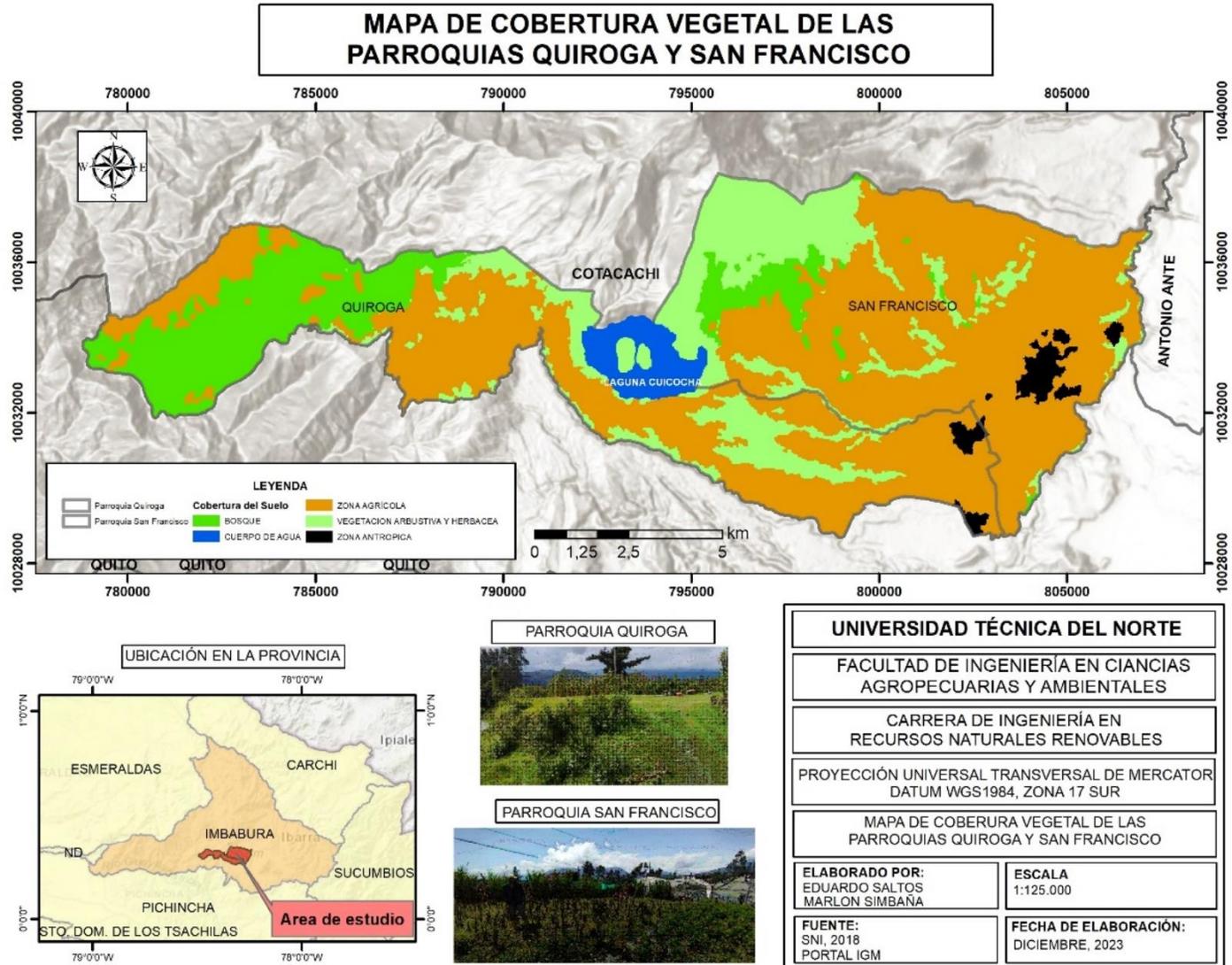
Anexo 10

Mapa de ubicación del área de estudio



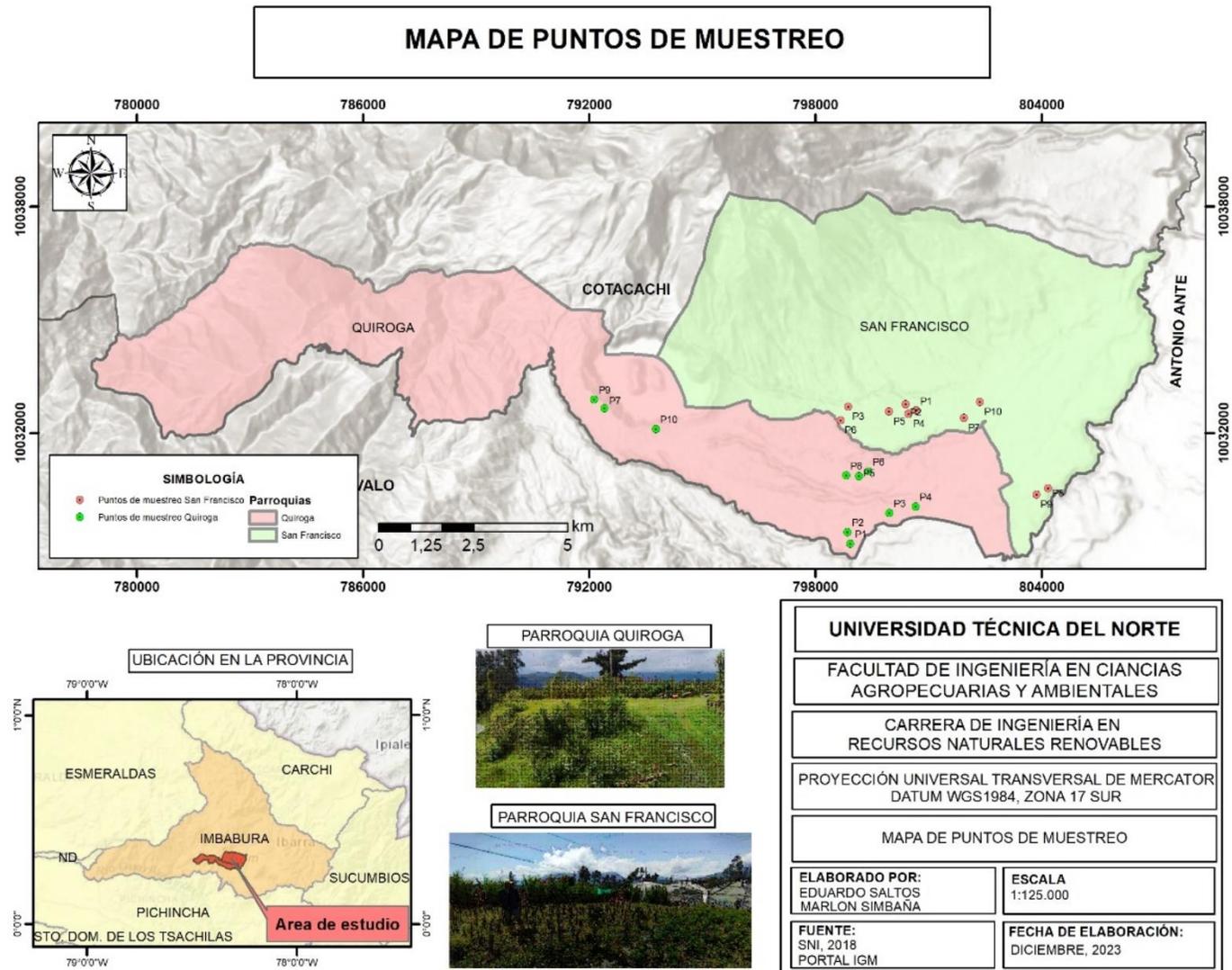
Anexo 11

Mapa de cobertura vegetal de las parroquias Quiroga y San Francisco



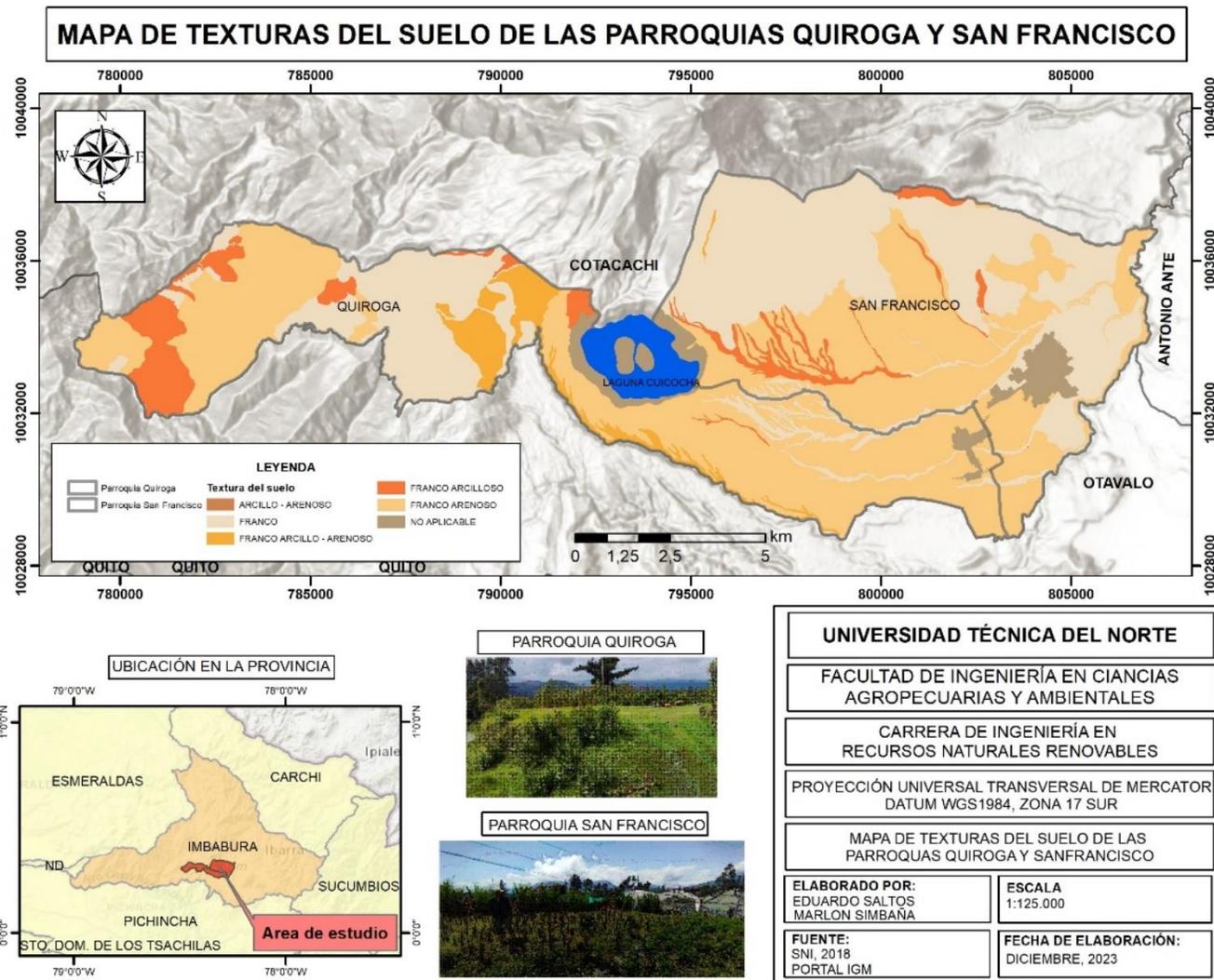
Anexo 12

Mapa de puntos de muestreo



Anexo 13

Mapa de textura de suelos de las parroquias Quiroga y San Francisco



Anexo 14

Análisis de laboratorio de la parroquia Quiroga

MC-LASPA-2201-01

| | | |
|--|--|---|
|  | INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec |  |
|--|--|---|

INFORME DE ENSAYO No: 23-0210

NOMBRE DEL CLIENTE: Simbaña Pupiales Marlon Andrés
PETICIONARIO: Simbaña Pupiales Marlon Andrés
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Simbaña Pupiales Marlon Andrés
DIRECCIÓN: La Esperanza

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE ANÁLISIS:
FECHA DE EMISIÓN:
ANÁLISIS SOLICITADO:

13/06/2023
 11:28
 19/06/2023
 19/06/2023
 27/06/2023
 52

| Análisis | Ph | N | P | S | B | K | Ca | Mg | Zn | Cu | Fe | Mn | Ca/Mg | Mg/K | Ca+Mg/K | I Bases | MO* | CO.* | Textura (%)* | | | IDENTIFICACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|-------|--------|-----|--------|----------|----------|----------|------|-----|------|-----|-------|------|---------|----------|------|------|--------------|------|---------|----------------|----------------|---|------|------|-------|-------|------|---|--|--|--|----|----|----|----------------|------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Arena | Limo | Arcilla | | Clase Textural | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unidad | | ppm | ppm | ppm | ppm | meq/100g | meq/100g | meq/100g | ppm | ppm | ppm | ppm | | | | meq/100g | % | % | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23-1117 | 6,41 | LAc | 69,26 | A | 12,42 | M | 5,36 | B | 0,22 | B | 0,32 | M | 8,64 | A | 1,12 | A | 0,81 | B | 6,7 | A | 128 | A | 4,8 | B | 7,73 | 3,47 | 30,33 | 10,08 | 1,12 | M | | | | 47 | 39 | 14 | FRANCO | SF1 - M11 |
| 23-1118 | 6,91 | PN | 58,02 | M | 50,55 | A | 9,13 | B | 0,62 | B | 0,36 | M | 11,79 | A | 2,26 | A | 5,2 | M | 6,5 | A | 86 | A | 7,1 | M | 5,21 | 6,28 | 38,99 | 14,42 | 1,32 | M | | | | 49 | 35 | 16 | FRANCO | SF2 - M13 |
| 23-1119 | 6,77 | PN | 110,29 | A | 40,00 | A | 5,25 | B | 0,21 | B | 0,65 | A | 10,53 | A | 1,49 | A | 1,03 | B | 7,4 | A | 196 | A | 7,2 | M | 7,08 | 2,28 | 18,39 | 12,67 | 1,05 | M | | | | 54 | 32 | 14 | FRANCO ARENOSO | SF3 - M14 |
| 23-1120 | 6,95 | PN | 40,62 | M | 44,15 | A | 3,25 | B | 0,47 | B | 0,26 | M | 8,57 | A | 1,49 | A | 6,0 | M | 4,4 | A | 70 | A | 6,3 | M | 5,75 | 5,64 | 38,06 | 10,32 | 1,42 | M | | | | 49 | 38 | 13 | FRANCO | SF4 - M15 |
| 23-1121 | 7,43 | PN | 48,80 | M | 70,90 | A | 5,98 | B | 0,73 | B | 0,25 | M | 10,88 | A | 2,28 | A | 14,1 | A | 6,0 | A | 91 | A | 7,4 | M | 4,77 | 9,19 | 53,05 | 13,41 | 1,56 | M | | | | 47 | 40 | 13 | FRANCO | SF5 - M16 |
| 23-1122 | 7,21 | PN | 53,18 | M | 45,06 | A | 4,47 | B | 0,48 | B | 0,31 | M | 8,65 | A | 1,49 | A | 5,9 | M | 5,0 | A | 90 | A | 7,1 | M | 5,82 | 4,72 | 32,18 | 10,45 | 1,02 | M | | | | 52 | 34 | 14 | FRANCO ARENOSO | SF6 - M17 |
| 23-1123 | 5,98 | Me Ac | 160,24 | A | 89,42 | A | 19,91 | M | 0,42 | B | 0,52 | A | 10,93 | A | 1,38 | A | 6,1 | M | 10,0 | A | 333 | A | 11,5 | M | 7,92 | 2,65 | 23,66 | 12,83 | 2,10 | A | | | | 45 | 42 | 13 | FRANCO | SF7 - M18 |
| 23-1124 | 7,10 | PN | 96,20 | A | 204,72 | A | 8,18 | B | 1,23 | M | 0,69 | A | 14,85 | A | 2,98 | A | 18,0 | A | 6,8 | A | 226 | A | 13,6 | M | 4,99 | 4,31 | 25,83 | 18,51 | 1,90 | M | | | | 48 | 39 | 13 | FRANCO | SF8 - M19 |
| 23-1125 | 7,00 | N | 66,29 | A | 94,82 | A | 5,23 | B | 0,48 | B | 0,59 | A | 9,42 | A | 1,46 | A | 5,2 | M | 6,3 | A | 189 | A | 7,9 | M | 6,45 | 2,47 | 18,42 | 11,48 | 1,87 | M | | | | 46 | 39 | 15 | FRANCO | SF9 - M20 |
| 23-1126 | 6,12 | LAc | 163,82 | A | 39,98 | A | 12,18 | M | 0,28 | B | 0,53 | A | 11,78 | A | 1,21 | A | 0,68 | B | 12,1 | A | 454 | A | 9,4 | M | 9,70 | 2,28 | 24,37 | 13,53 | 1,57 | M | | | | 44 | 41 | 15 | FRANCO | SF10 - M21 |

| Análisis | Al+H* | Al* | Na* | C.E.* | N. Total | N-NO3* | K H2O* | P H2O* | Cl* | pH KCl* | IDENTIFICACION |
|----------|-------|-----|----------|-------|----------|--------|----------|--------|-----|---------|----------------|
| | ppm | ppm | meq/100g | % | % | ppm | meq/100g | ppm | ppm | ppm | |
| | | | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: * Ensayos no solicitados por el cliente

| METODOLOGIA USADA | |
|--------------------------|--------------------------------|
| pH = Suelo: Agua (1:2,5) | PK Ca Mg = Olsen Modificado |
| SB = Fosfato de Calcio | Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado |
| B = | Garcemika |

| INTERPRETACION | |
|--------------------|----------------------|
| pH | Elemento |
| Ac = Acido | N = Neutro |
| LAc = Liger. Acido | LAI = Lige. Alcalino |
| PN = Proc. Neutro | AI = Alcalino |
| RC = Requieren Cal | T = Tolco (Boro) |

| ABREVIATURAS | |
|--------------|-------------------------|
| C.E. = | Conductividad Eléctrica |
| M.O. = | Materia Orgánica |

| METODOLOGIA USADA | |
|-------------------|----------------------|
| C.E. = | Pasta Saturada |
| M.O. = | Dicromato de Potasio |
| Al+H = | Titulación NaOH |

| INTERPRETACION | | |
|----------------|------------------|-----------------|
| Al+HAI y Na | C.E. | M.O y Cl |
| B = Bajo | NS = No Salino | S = Salino |
| M = Medio | LS = Lig. Salino | MS = Muy Salino |
| T = Tolco | | M. = Medio |
| | | A = Alto |

Anexo 15

Análisis de laboratorio de la parroquia San Francisco

MC-LASPA-2201-01

| | | |
|--|---|---|
|  | INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tlfs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec |  |
|--|---|---|

INFORME DE ENSAYO No: 23-0209

NOMBRE DEL CLIENTE: Simbaña Pupiales Marlon Andrés
PETICIONARIO: Simbaña Pupiales Marlon Andrés
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Simbaña Pupiales Marlon Andrés
DIRECCIÓN: La Esperanza

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
FECHA DE ANÁLISIS:
FECHA DE EMISIÓN:
ANÁLISIS SOLICITADO:

13/06/2023
 11:28
 19/06/2023
 27/06/2023
 52

| Análisis | Ph | N | | P | | S | | B | | K | | Ca | | Mg | | Zn | | Cu | | Fe | | Mn | | Ca/Mg | | Mg/K | | Ca+Mg/K | | I Bases | | MO* | | CO.* | | Textura (%)* | | | | IDENTIFICACIÓN |
|----------|------|-------|--------|-----|--------|-----|-------|-----|------|-----|------|----------|-------|----------|------|----------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|-------|----------|-------|---------|-------|---------|---------|----------------|----|------|----|----------------|-----------|--|--|----------------|
| | | ppm | M | ppm | A | ppm | B | ppm | B | ppm | B | meq/100g | A | meq/100g | A | meq/100g | A | ppm | B | ppm | M | ppm | A | ppm | M | meq/100g | % | % | Arena | Limo | Arcilla | Clase Textural | | | | | | | | |
| 23-1107 | 6,97 | PN | 48,04 | M | 27,57 | A | 4,34 | B | 0,19 | B | 0,43 | A | 5,03 | A | 0,89 | A | 0,38 | B | 4,3 | A | 114 | A | 4,3 | B | 5,67 | 2,08 | 13,86 | 6,34 | 2,31 | A | | | 52 | 33 | 15 | FRANCO | Q1 - M1 | | | |
| 23-1108 | 7,02 | PN | 30,32 | M | 59,54 | A | 4,01 | B | 0,22 | B | 0,39 | A | 6,34 | A | 0,81 | A | 1,5 | B | 3,8 | M | 81 | A | 5,4 | M | 7,78 | 2,11 | 18,54 | 7,54 | 2,16 | A | | | 49 | 35 | 16 | FRANCO | Q2 - M2 | | | |
| 23-1109 | 6,80 | PN | 80,20 | A | 178,79 | A | 6,84 | B | 0,53 | B | 0,96 | A | 11,30 | A | 2,54 | A | 11,9 | A | 7,9 | A | 262 | A | 15,7 | A | 4,45 | 2,64 | 14,39 | 14,80 | 1,83 | M | | | 46 | 39 | 15 | FRANCO | Q3 - M3 | | | |
| 23-1110 | 6,90 | PN | 36,63 | M | 78,87 | A | 5,44 | B | 0,34 | B | 0,45 | A | 7,19 | A | 0,84 | A | 2,7 | B | 4,6 | A | 95 | A | 6,0 | M | 8,53 | 1,86 | 17,69 | 8,48 | 1,64 | M | | | 45 | 43 | 12 | FRANCO | Q4 - M4 | | | |
| 23-1111 | 6,91 | PN | 50,53 | M | 101,08 | A | 5,72 | B | 0,35 | B | 0,60 | A | 7,92 | A | 1,32 | A | 4,9 | M | 5,2 | A | 145 | A | 10,0 | M | 6,00 | 2,20 | 15,40 | 9,84 | 1,16 | M | | | 52 | 35 | 13 | FRANCO ARENOSO | Q5 - M5 | | | |
| 23-1112 | 7,04 | PN | 91,55 | A | 27,12 | A | 4,42 | B | 0,23 | B | 0,62 | A | 11,27 | A | 1,38 | A | 1,1 | B | 9,6 | A | 211 | A | 3,7 | B | 8,19 | 2,22 | 20,37 | 13,27 | 1,82 | M | | | 47 | 38 | 15 | FRANCO | Q6 - M6 | | | |
| 23-1113 | 6,97 | PN | 108,38 | A | 34,56 | A | 4,27 | B | 0,34 | B | 0,51 | A | 11,15 | A | 1,07 | A | 1,9 | B | 9,1 | A | 190 | A | 4,1 | B | 10,45 | 2,11 | 24,19 | 12,72 | 2,36 | A | | | 51 | 35 | 16 | FRANCO | Q7 - M7 | | | |
| 23-1114 | 7,10 | PN | 85,97 | A | 196,89 | A | 8,81 | B | 1,19 | M | 0,75 | A | 13,95 | A | 2,63 | A | 17,7 | A | 6,9 | A | 210 | A | 14,8 | M | 5,29 | 3,51 | 22,10 | 17,33 | 1,94 | M | | | 49 | 37 | 14 | FRANCO | Q8 - M8 | | | |
| 23-1115 | 6,30 | LAc | 192,61 | A | 32,88 | A | 7,93 | B | 0,30 | B | 0,68 | A | 13,22 | A | 1,33 | A | 1,3 | B | 11,4 | A | 454 | A | 11,3 | M | 9,97 | 1,96 | 21,53 | 15,22 | 2,36 | A | | | 48 | 36 | 16 | FRANCO | Q9 - M9 | | | |
| 23-1116 | 5,83 | Me Ac | 159,32 | A | 58,96 | A | 15,37 | M | 0,28 | B | 0,64 | A | 10,11 | A | 1,11 | A | 1,5 | B | 9,8 | A | 394 | A | 8,8 | M | 9,15 | 1,72 | 17,50 | 11,85 | 2,61 | A | | | 49 | 40 | 12 | FRANCO | Q10 - M19 | | | |

| Analisis | Al+H* | Al* | Na* | C.E.* | N. Total | N-NO3* | K H2O* | P H2O* | Cl* | pH KCl* | IDENTIFICACION |
|----------|-------|-----|----------|-------|----------|----------|--------|--------|-----|---------|----------------|
| | ppm | ppm | meq/100g | % | ppm | meq/100g | ppm | ppm | ppm | ppm | |
| | | | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

| METODOLOGIA USADA | | |
|--------------------------|---------------|------------------|
| pH = Suelo: Agua (1:2,5) | P K Ca Mg = | Olsen Modificado |
| CB = Fósforo de Calcio | Cu Fe Mn Zn = | Olsen Modificado |
| | B = | Curcúmina |

| INTERPRETACION | | |
|--------------------|----------------------|-------------------|
| pH | Elemento | |
| Ac = Acido | N = Neutro | B = Bajo |
| LAc = Liger. Acido | LAI = Lige. Alcalino | M = Medio |
| PN = Prac. Neutro | AI = Alcalino | A = Alto |
| BC = Requieren Cal | | T = Tóxico (Boro) |

| ABREVIATURAS | |
|--------------|-------------------------|
| C.E. = | Conductividad Eléctrica |
| M.O. = | Materia Orgánica |

| METODOLOGIA USADA | |
|-------------------|----------------------|
| C.E. = | Pasta Saturada |
| M.O. = | Dicromato de Potasio |
| Al+H = | Tiuracón: NaOH |

| INTERPRETACION | | |
|----------------|-----------------|-----------------|
| Al+H y Na | C.E. | M.O. y Cl |
| B = Bajo | NS = No Salino | S = Salino |
| M = Medio | LS = Lp. Salino | MS = Muy Salino |
| T = Tóxico | | M. = Medio |
| | | A = Alto |