



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

“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN FÍSICA DEL SUELO EN
ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA PIMAMPIRO”

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORES: Erik Jacinto Fierro Rodríguez

Charig Israel Maldonado Chiza

DIRECTORA:

Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez, MSc.

Ibarra-Ecuador

Mayo, 2023



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:	080431559-6		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Fierro Rodríguez Erick Jacinto		
DIRECCIÓN:	Ibarra. Barrio los Ceibos.		
EMAIL:	Ejfierror@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2010608	TELÉFONO MÓVIL:	0999355750

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100400427-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Maldonado Chiza Charig Israel		
DIRECCIÓN:	Atuntaqui. Calle Olmedo		
EMAIL:	cimaldonadoc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2900042	TELÉFONO MÓVIL:	0993273021

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN FÍSICA DEL SUELO EN ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA PIMAMPIRO"
AUTOR (ES):	Fierro Rodríguez Erick Jacinto & Maldonado Chiza Charig Israel
FECHA:	24/05/2023
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 Yaguana MSc.

2. CONSTANCIAS

Los autores Fierro Erick y Maldonado Charig manifiestan 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 son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la

responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de mayo de 2023

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Fierro Rodríguez Erick Jacinto



(Firma).....

Nombre: Maldonado Chiza Charig Israel



CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 23 de mayo de 2023

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN FÍSICA DEL SUELO EN ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA PIMAMPIRO”**, de autoría de los señores **FIERRO RODRÍGUEZ ERICK JACINTO** y **MALDONADO CHIZA CHARIG ISRAEL** estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el/la autor/a o autores ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

Ing. Gladys Yaguana MSc.
DIRECTORA TRABAJO TITULACIÓN

Ing. Eleonora Layana MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Miguel Gómez MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



CERTIFICACIÓN ENTREGA TRABAJO TITULACIÓN
TRIBUNAL TUTOR

Ibarra, Ibarra, 23 de mayo de 2023

Para los fines consiguientes, CERTIFICAMOS que los señores FIERRO RODRÍGUEZ ERICK JACINTO y MALDONADO CHIZA CHARIG ISRAEL autores del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN FÍSICA DEL SUELO EN ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA PIMAMPIRO”**, estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** entregan el documento en digital.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

Ing. Gladys Yaguana MSc.
DIRECTORA TRABAJO TITULACIÓN

Ing. Eleonora Layana MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Miguel Gómez MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios por mantenernos con vida y fortaleza para no decaer durante este gran esfuerzo que comprendió nuestra formación como Ingeniero en Recursos Naturales Renovables.

Agradecemos de manera muy especial a nuestras familias, por la confianza, paciencia, cariño y apoyo incondicional guardada en nosotros. ¡Los queremos!

A la Prestigiosa Universidad Técnica del Norte por abrirnos sus puertas y permitirnos formarnos como un profesional más para la República del Ecuador, obteniendo grandes conocimientos, experiencias y valores dentro de sus instalaciones.

A la Ing. Gladys Yaguana MSc., Ing. Eleonora Layana e Ing. Miguel Gómez, por la ayuda y colaboración en cada momento de consulta y soporte en este trabajo de titulación.

Finalmente agradecer a nuestros amigos, compañeros a todas las personas que directa o indirectamente nos brindaron su apoyo de manera desinteresada, gracias por la buena voluntad hacia nosotros.

Erik y Charig

DEDICATORIA

A mis padres Gina Rodríguez y Jacinto Fierro, por apoyar y contenerme en los momentos difíciles de toda mi carrera, me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y empeño, sin perder nunca la fe en mí y sin pedir nada a cambio.

*A mis hermanos Andrés, Leonardo, Juan y José por brindarme ese cariño y apoyo incondicional; también mis familiares que me acogieron en la ciudad de Ibarra gracias por hacer sentirme siempre como en casa y no desampararme nunca.
A todos los docentes que a lo largo de la carrera aportaron con su granito de arena para forma en lo académico y moral para mi vida.*

A mis amigos que estuvieron siempre desde el principio y hasta lo último en esta ardua etapa de la vida gracias por brindarme su ayuda cuando más lo necesité, por extender su mano en momentos difíciles y compartir momentos amenos, de verdad mil gracias, siempre los llevo en mi corazón.

Erik Fierro

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, pilares fundamentales para la elaboración de este trabajo.

A mi madre Estela Chiza, que siempre ha luchado incansablemente para verme triunfar, quien me ayudado y motivado en los momentos difíciles de mi vida, por confiar en mí y por hacerme entender que puedo llegar más lejos de lo que mi mente pueda pensar.

A mi padre César Maldonado, quien me ha enseñado el valor del trabajo y del esfuerzo. Gracias por siempre darnos lo mejor a mis hermanas y a mí.

A mis queridas hermanas Cayac y Keyla Maldonado, quienes me sacaron una sonrisa y me apoyaron en los momentos tristes de mi vida.

A mis abuelitos que hasta el día de su muerte siempre estuvieron con una sonrisa y preocupados por mi bienestar.

A mis amigos de toda la vida Erick, Adrián mejores y Jean Carlos, gracias por los momentos, experiencias y aprendizajes compartidas.

Finalmente, dedico este logro a familiares y personas las cuales han sido parte de mi vida universitaria y que a su modo me han brindado unas palabras de aliento en momentos de dificultad.

Charig Maldonado

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Revisión de antecedentes.....	1
1.2 Problema de investigación y justificación	4
1.3 Preguntas directrices	6
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Hipótesis	6
CAPÍTULO II	7
REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1 Marco teórico referencial	7
2.1.1 Suelo	7
2.1.2 Calidad del Suelo	9
2.1.3 Propiedades Físicas del Suelo.....	10
2.1.4 Degradación Física del Suelo	12
2.1.5 Ecosistemas Agrícolas.....	13
2.2 Marco legal	15
CAPÍTULO III.....	18
METODOLOGÍA	18
3.1 Descripción del área de estudio	18
3.2 Métodos	19
3.2.1 Identificación de áreas físicamente degradadas en los ecosistemas agrícolas ..	19
3.2.2 Análisis de las propiedades físicas del suelo en los ecosistemas agrícolas	24

3.2.3 Cuantificación de la intensidad de la degradación física del suelo por actividad agrícola.....	27
3.2.4 Estrategias para mitigar la degradación física de los suelos en función del estado actual.....	28
3.3 Materiales y Equipos.....	29
CAPÍTULO IV.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1 Identificación de las áreas físicamente degradadas en ecosistemas agrícolas.....	30
4.1.1 Análisis de cobertura y uso de suelo.....	30
4.1.2 Análisis de pendiente del terreno.....	33
4.1.3 Análisis de textura del suelo.....	34
4.1.4. Zonificación de áreas susceptibles a degradación del suelo.....	37
4.2 Determinación de las propiedades físicas del suelo en la parroquia Pimampiro.....	43
4.2.1 Porosidad total y compactación.....	43
4.2.2 Retención de agua.....	48
4.2.3 Estructura y consistencia del suelo.....	52
4.2.4 Infiltración.....	53
4.3 Cuantificación de la degradación física del suelo en la parroquia Pimampiro.....	57
4.4 Estrategias para mitigar la degradación física de los suelos en función del estado actual.....	64
CAPÍTULO V.....	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1 Conclusiones.....	73
5.2 Recomendaciones.....	74
REFERENCIAS.....	76
ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de pendiente y tipo de relieve	20
Tabla 2. Susceptibilidad del suelo a la erosión. (Factor K)	22
Tabla 3. Propiedades físicas del suelo evaluadas y métodos de análisis utilizados	24
Tabla 4. Escalas para la valoración de la calidad del suelo.....	28
Tabla 5. Materiales, equipos y software.....	29
Tabla 6. Variación de la cobertura vegetal en la parroquia Pimampiro	30
Tabla 7. Clasificación de tipos de textura de suelo en la parroquia Pimampiro ..	37
Tabla 8. Determinación del Factor K y susceptibilidad a erosión.	38
Tabla 9. Descripción de las clases agrológicas del suelo.....	42
Tabla 10. Variables relacionadas con la porosidad total y compactación del suelo en la parroquia Pimampiro.....	44
Tabla 11. Evaluación de la capacidad de retención de agua para los suelos de la parroquia Pimampiro.....	49
Tabla 12. Velocidad de Infiltración del suelo en cultivos de tomate, fréjol y maíz.	54
Tabla 13. Variables físicas analizadas a través de ANOVA.	58
Tabla 14. Componentes principales extraídos.....	60
Tabla 15. Indicadores del índice de calidad del suelo del tomate.....	62
Tabla 16. Indicadores del índice de calidad del suelo del fréjol.....	62
Tabla 17. Indicadores del índice de calidad del suelo del Maíz.....	63
Tabla 18. Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades para el programa regulación de prácticas agrícolas.....	66
Tabla 19. Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades para el programa mejoramiento de suelos compactados.....	69
Tabla 20. Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades del programa para limitar el avance de la frontera agrícola.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	18
Figura 2. Precipitación en la parroquia Pimampiro.	23
Figura 3. Marco Presión-Estado-Respuesta (PER).	29
Figura 4. Tipos de cobertura vegetal de la parroquia Pimampiro.	31
Figura 5. Tipos de cultivos existentes en la parroquia Pimampiro.	32
Figura 6. Rangos de pendientes de la parroquia Pimampiro.....	33
Figura 7. Tipos de textura de suelo en la parroquia Pimampiro.	36
Figura 8. Zonificación de áreas para el muestreo de suelo.	39
Figura 9. Velocidad de Infiltración en cm/hora en suelos con diferentes cultivos A) Cultivo de tomate. B) Cultivo de fréjol. C) Cultivo de maíz.....	55
Figura 10. Anuario Meteorológico de precipitación de la Parroquia Pimampiro.	57
Figura 1. Correlación entre el porcentaje de porosidad y la compactación del suelo.....	58

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

“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN FÍSICA DEL SUELO EN
ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA PIMAMPIRO”

RESUMEN

La degradación física del suelo es un proceso degenerativo que reduce la capacidad actual o futura de este recurso. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la degradación física del suelo en ecosistemas agrícolas de la parroquia de Pimampiro. Por medio de los sistemas de información geográfica se ubicaron las zonas susceptibles a degradación física en la parroquia, analizando variables como: cobertura vegetal, cultivos más representativos de la zona (tomate riñón, fréjol y maíz), precipitación ($>750\text{mm}$), pendiente (0-25%) y erodabilidad (factor $k > 0.30$), con lo cual se obtuvo una superficie de 111 hectáreas. En el trabajo en campo se recolectaron muestras de suelo en cada cultivo, para su posterior análisis, se estudiaron variables físicas del suelo como: densidad aparente, profundidad efectiva, porosidad, capacidad de campo, punto de marchitez, textura, infiltración básica y materia orgánica. Aplicando el índice de calidad de suelo (ICS), los menores índices de calidad del suelo determinan una mayor exposición de este a la degradación física, se obtuvo que los suelos del cultivo de tomate poseen un índice de alta calidad con (0.60), mientras que el cultivo de fréjol (0.52) calidad moderada y el maíz con una calidad moderada (0.42) pero con indicios de degradación en suelo; lo cual se debe a que el cultivo de tomate al encontrarse en invernaderos posee un mayor cuidado para obtener una mejor producción; en cambio el maíz al encontrarse en campo abierto se encuentra expuesto a factores que alteran la estructura de su suelo. Las informaciones obtenidas por medio de este estudio permitieron establecer estrategias enfocadas a la problemática existente, la conservación y preservación del suelo.

Palabras claves: Degradación física, compactación, cultivos, textura.

ABSTRACT

The physical degradation of the soil is a degenerative process that reduces the current or future capacity of this resource. The present investigation was carried out with the objective of evaluating the physical degradation of the soil in agricultural ecosystems of the parish of Pimampiro. Using geographic information systems, the areas susceptible to physical degradation in the parish were located, analyzing variables such as: vegetation cover, most representative crops in the area (kidney tomato, beans and corn), precipitation ($>750\text{mm}$), slope (0-25%) and erodibility (k factor >0.30), with which an area of 111 hectares was obtained. In the field work, soil samples were collected in each crop, for their subsequent analysis, physical variables of the soil were studied such as: apparent density, effective depth, porosity, field capacity, wilting point, texture, basic infiltration and organic matter. Applying the soil quality index (ICS), the lower soil quality indexes determine a greater exposure of the soil to physical degradation, it was obtained that the tomato crop soils have a high quality index with (0.60), while that the cultivation of beans (0.52) moderate quality and corn with a moderate quality (0.42) but with degradation indices in soil; which is due to the fact that the tomato crop, when found in greenhouses, requires greater care to obtain a better quality; On the other hand, corn is found in the open field, it is exposed to factors that alter the structure of its soil. The information obtained through this study allowed the establishment of strategies focused on the existing problems, conservation and soil.

Keywords: Physical degradation, compaction, crops, textura.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes

La degradación del suelo constituye un conjunto de procesos dinámicos: físicos, químicos y biológicos que afectan la salud del suelo resultando en una disminución de la productividad y capacidad de los ecosistemas para producir bienes o prestar servicios (FAO, 2013). La degradación física, se refiere a la alteración del funcionamiento físico del suelo, que puede manifestarse por la disminución del volumen útil, reducción del espacio poroso, cambios estructurales, menor estabilidad de los agregados, encostramiento y sellado que imposibilita el intercambio de gases y agua (López, 2002). El nivel de degradación del suelo puede ser evaluado mediante índices y propiedades indicadoras sensibles a los cambios funcionales en la capa superficial del suelo mineral (Sánchez et al., 1997).

En la mayoría de las ocasiones las propiedades no son independientes, un cambio en una de ellas puede ejercer cambios en otra o varias propiedades (Lozano et al., 2002). Así, por ejemplo, un cambio en la agregación puede causar alteraciones en la porosidad del suelo y posiblemente en la densidad aparente, la dureza y consistencia del suelo. Además de la textura, las propiedades del suelo están influenciadas por la agregación de las partículas primarias (Rucks et al., 2004).

El manejo deficiente y el uso inadecuado del suelo son las principales causas de degradación física de éste, pues deterioran su estructura (Rodríguez et al., 2019). Las malas prácticas causan inicialmente disminución de la materia orgánica, lo cual se asocia con la degradación al reducir la estabilidad de los agregados e iniciar una paulatina compactación del suelo, que a su vez provoca la disminución de la capacidad de infiltración y retención de agua, incrementando su dureza (Bautista et al., 2004).

También, al disminuir la infiltración de agua a través del perfil, incrementa el escurrimiento superficial y a su vez se reduce la estabilidad de los agregados, es

decir presentan menor resistencia a los efectos del agua (Ingaramo, 2003). Estos efectos tienen dos consecuencias generales, la primera a corto plazo es la disminución de la capacidad del suelo para producir sustentablemente, pues crea condiciones de estrés que no permiten el desarrollo saludable de las plantas, y la segunda a largo plazo es la infertilidad total, abandono y desertización del territorio (FAO, 2000).

El 33% de la superficie terrestre mundial está degradada (FAO, 2015). De igual modo, alrededor del 18 % de las tierras degradadas a nivel mundial son tierras de cultivo (Bai et al., 2008). Por consiguiente, resulta crucial investigar los procesos de deterioro físico del suelo en entornos agrícolas, puesto que tales investigaciones brindarían una comprensión sobre los cambios que ocurren en los suelos y proporcionarían datos esenciales para desarrollar estrategias que contribuyan a prevenir y revertir su degradación.

Los ecosistemas agrícolas son de gran importancia para la seguridad alimentaria del planeta debido a que éstos contienen los recursos y medios necesarios para la producción de alimentos (Jarvis et al., 2011). La conservación de estos ecosistemas tiende a hacerse insostenible debido a la creciente degradación de suelos y aguas, relacionada con las malas prácticas agrícolas, el aumento en la intensidad del uso del suelo, el mal manejo y el sobre aprovechamiento de los recursos naturales (Ortiz et al., 1994).

Dentro de los ecosistemas agrícolas el suelo es el elemento principal para el desarrollo productivo, en el sentido de que provee de agua y nutrientes a los cultivos, así como intervenir en diferentes ciclos biogeoquímicos como del carbono, fósforo, nitrógeno, entre otros (Ferrerías et al., 2015). Sin embargo, las alteraciones edáficas causadas por las modificaciones en los métodos de labranza, secuencia e intensificación de los cultivos (monocultivos), afectan en aspectos tales como: nivel de materia orgánica, estructura del suelo, compactación y reducción en la capacidad productiva (Díaz et al., 2004).

La intensificación y explotación continua de los suelos con el fin de fomentar el crecimiento de cultivos de corta duración (cereales, tubérculos, leguminosas) provocan la degradación de las características físicas de los

ecosistemas edáficos a consecuencia del excesivo laboreo. Autores como Meira et al. (2011), Arvidsson y Hakansson (2014), destacan la relación entre los efectos de la labranza y la alteración de las propiedades físicas del suelo y la incidencia en la capacidad de producción de cultivos. En este sentido, Encina et al. (1999) señala que las actividades como el cambio de cobertura vegetal de bosques a áreas de cultivos y pastizales, así como la intensificación agrícola genera un deterioro en la calidad del terreno, reduce los niveles de contenido orgánico, afecta su estructura y estabilidad, así como también lo vuelve susceptible a los procesos de erosión.

En este sentido, se han realizado diferentes estudios utilizando indicadores físicos de la degradación del suelo, como el de Torres et al. (2003) que proponen estudiar los fenómenos de degradación a través de un índice físico que agrupa los procesos de erosión hídrica, erosión eólica y salinización. Al respecto se registra el estudio realizado por Pérez y García (2013) en la Península Ibérica donde a través de imágenes satelitales de diferentes sensores pudieron observar importantes procesos erosivos que provocan la descomposición y disminución de la calidad del suelo.

Por otra parte, Lozano et al. (2002) en una de las zonas agrícolas de mayor importancia en Venezuela en los llanos centrales y occidentales, mostraron que los suelos presentan baja estabilidad estructural y tendencia a la compactación, lo cual está estrechamente relacionado con su distribución del tamaño de partículas que afecta las propiedades hidrológicas, la susceptibilidad a la erosión, las posibilidades de penetración de raíces y las alternativas de mecanización.

En Ecuador se han desarrollado diferentes estudios relacionados con la degradación de los suelos, a través de la cooperación de diferentes instituciones y organizaciones como el Ministerio del Ambiente (MAE), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), grupo de Ambiente y Energía, de tal forma que a través de la evaluación del suelo se realice la planificación y gestión para el manejo sostenible de la tierra (Segarra, 2017; Viteri, 2010)

Considerando la influencia de la actividad agrícola sobre la degradación del suelo, autores como Franco et al. (2016) en el valle interandino de Ecuador

analizaron el efecto de los sistemas agrícolas de monocultivos respecto a la creciente degradación de los suelos y su impacto sobre los cuerpos de agua. También otros estudios como los de Novillo et al. (2018) evaluaron la afectación de las propiedades físicas del suelo causados por el cambio de la cobertura de bosque nativo por monocultivos de maíz, cacao, pasto y palma aceitera en la provincia de Los Ríos.

En ese sentido, considerando las propiedades físicas y topografía del suelo se han realizado estudios para el análisis descriptivo-comparativo y dinámica de erosión en los perfiles A, B y C, así como también las variables físicas correspondientes a procesos erosivos, gravitaciones, denudativa, la morfogenética y textura del suelo; y las químicas pH y materia orgánica, como los realizados por Gavilánez et al. (2017) en la zona noroccidental de la provincia de Bolívar y Hernández et al. (2017) en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo en la provincia de Manabí, donde los resultados evidenciaron la influencia de las malas prácticas agrícolas como agravantes de la estructura del suelo.

1.2 Problema de investigación y justificación

El Ecuador posee amplias zonas aptas para el desarrollo de actividades agrícolas, por lo cual el suelo se ve expuesto a procesos de degradación que varían en intensidad e impacto en el medio ambiente (FAO, 2016). Estos problemas de degradación se observan con fuerza en la zona de los Andes donde se lleva a cabo la agricultura y ganadería. Además, los suelos de la zona son vulnerables a diversos procesos erosivos que afectan los suelos generando el incremento de zonas áridas y desérticas (GEO Ecuador, 2008).

En lo que respecta a la región montañosa de Ecuador, es evidente el constante incremento que se ha dado respecto a el aumento de actividad agrícola en los terrenos. Esto debido a las características favorables que el entorno ofrece en cuanto a la fertilidad de sus suelos y las condiciones climáticas, sin embargo, los desarrollos de estas actividades han generado presión sobre el recurso edáfico, lo que en algunos casos ha obligado a los agricultores a moverse hacia zonas con pendientes inclinadas para la producción de sus cultivos (Espinosa, 2014). La actividad antrópica además ha causado un fuerte impacto sobre la cobertura vegetal

natural de los Andes ecuatorianos tanto en el bosque y como el páramo, estimándose un elevado porcentaje de destrucción de estos entornos (Franco et al., 2016)

La degradación física del suelo en el Cantón San Pedro de Pimampiro se ha intensificado por el crecimiento poblacional, el acelerado avance de la frontera agrícola, la deforestación y el cambio de uso de suelo para agricultura y ganadería, lo que ha provocado el estado actual de los suelos, mismo que ha sido motivo de preocupación de las entidades gubernamentales y locales. Diferentes estudios en el cantón, demuestran que el excesivo uso de agroquímicos y pesticidas han afectado las propiedades físicas y químicas del suelo, reduciendo su fertilidad y capacidad productiva (PDOT Pimampiro, 2019).

Ante esta realidad este estudio se llevó a cabo con el propósito de analizar la degradación física del suelo en ecosistemas agrícolas de la parroquia Pimampiro, debido a que este recurso ha sufrido un deterioro gradual a lo largo del tiempo debido a factores naturales. y principalmente antrópicas relacionadas con su uso, manejo y sobreexplotación. La información generada en este estudio sirvió para proponer estrategias que contribuyan a la conservación y recuperación del suelo, así como para la toma de decisiones y planificación del área geográfica de manera similar. En la actualidad, no existen estudios recientes sobre la degradación de los suelos en esta zona por lo tanto la información que se obtuvo resultara útil para que las instituciones encargadas tomen acciones para el adecuado aprovechamiento del suelo, el cual reviste una relevancia significativa para algunas comunidades de Pimampiro.

La investigación en curso se enmarca en el del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025, a través de las políticas establecidas en el objetivo 11: Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2021). Por consiguiente, esta investigación fue de gran importancia para implementar enfoques que promuevan el fortalecimiento de la implementación de técnicas agrícolas apropiadas con el objetivo de aumentar la productividad de los suelos y, a su vez, mejorar la producción de los cultivos principales de la región.

1.3 Preguntas directrices

¿Cuáles son las áreas físicamente degradadas en ecosistemas agrícolas de la parroquia de Pimampiro?

¿Cuál es el grado de deterioro de las características físicas del suelo que se está investigando?

¿Qué estrategias se pueden proponer para mitigar la degradación física del suelo a partir del estado actual?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la degradación física del suelo en ecosistemas agrícolas de la parroquia Pimampiro, Provincia Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar las áreas físicamente degradadas de los ecosistemas agrícolas de Pimampiro aplicando Sistemas Información Geográfica.
- Analizar las propiedades físicas del suelo de las áreas de estudio.
- Cuantificar la intensidad de la degradación física del suelo en las áreas identificadas.
- Proponer estrategias para mitigar la degradación física de los suelos en función del estado actual.

1.5 Hipótesis

Ho: El desarrollo de las labores agrícolas no influye en la compactación, porosidad, contenido de materia orgánica, estructura y densidad aparente del suelo en ecosistemas agrícolas de Pimampiro.

Ha: El desarrollo de las actividades agrícolas influye en al menos alguna de las propiedades físicas: compactación, porosidad, contenido orgánico, estructura y densidad aparente del suelo en ecosistemas agrícolas de Pimampiro.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico referencial

2.1.1 Suelo

El suelo se caracteriza como un recurso natural limitado y no renovable, mismo que proporciona múltiples beneficios ecosistémicos, incluido aquellos relacionados a los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, nitrógeno, fósforo y otros, además el suelo constituye el espacio natural aprovechado por el ser humano para la producción de materia prima y alimentos para satisfacer sus necesidades cotidianas (CONABIO, 2016; Silva y Correa, 2009; Montanarella, 2015)

Por otra parte, se establece que el suelo presenta una relación directamente proporcional respecto a su ubicación y las actividades antrópicas (sociales y productivas) que los grupos o asentamientos humanos realizan en su territorio, donde estos ejercen un diferente nivel de presión sobre este recurso lo que provoca una continua degradación o deterioro del suelo (Gardi et al., 2014; Burbano, 2016)

Adicionalmente, según la FAO (2021), define al suelo como el entorno natural propicio para el crecimiento de las plantas, además de ser un organismo natural compuesto por distintas capas u horizontes, los cuales están conformados de diversos componentes o elementos como: contiene minerales, sustancias orgánicas, agua y aire; constituye una parte fundamental e indispensable del planeta Tierra y los ecosistemas y es el producto final de la influencia y combinación de factores correspondientes al clima, topografía y seres vivos los cuales le otorgan características diferenciales a los suelos en su composición, textura, firmeza y características, tanto químicas, físicas como biológicas.

Existen diferentes tipos de suelo en función de sus características, su clasificación es de acuerdo al tamaño de las partículas y son: gravas, arenas, arcilla y limo.

Los suelos con grava se definen como aquellos que tienen un 50 % o más de retención de material grueso en tamices de 4 puntos de 75 mm. Se originan a partir de la descomposición de una roca madre debido a la erosión, el transporte, la deposición y otros procesos geológicos que han ocurrido desde el periodo Cuaternario (Gao et al., 2019). Por consiguiente, las características de los suelos que contienen grava presentan cierta incertidumbre, incluyendo la falta de uniformidad, una alta porosidad y una compactación insuficiente, las cuales están estrechamente vinculadas al entorno de construcción y las actividades realizadas en el (Chen et al., 2019).

El suelo arenoso se encuentra en una amplia variedad de entornos, y su aptitud para la agricultura varía en consecuencia. La característica común de todos los suelos arenosos es su textura gruesa, lo que explica su alta permeabilidad en general y su baja capacidad para retener agua y nutrientes. Sin embargo, los suelos arenosos presentan ventajas en términos de facilidad de cultivo, desarrollo de raíces y cosecha de cultivos de cultivos y tubérculos (Šimanský et al., 2019).

Por otro lado, los suelos arcillosos presentan características distintas que influyen en su uso en la agricultura. Su textura fina y alta capacidad de retención de agua permiten que los cultivos tengan acceso a una reserva constante de humedad (Soenne et al., 2020). Además, la alta capacidad de intercambio catiónico de los suelos arcillosos les proporciona una gran capacidad para retener y liberar nutrientes gradualmente, lo que favorece el crecimiento saludable de las plantas. Sin embargo, debido a su textura compacta y susceptibilidad a la erosión, los suelos arcillosos pueden presentar problemas de drenaje y aireación deficiente (Zhang et al., 2020).

Por último, el suelo limoso tiene una textura suave y sedosa, y está compuesto por una mezcla equilibrada de partículas de arena, arcilla y limo. Es un suelo fértil que retiene agua y nutrientes de manera efectiva. Además, es fácil de trabajar y tiene una buena capacidad de drenaje (Ersek, 2020).

2.1.2 Calidad del Suelo

Según las investigaciones llevadas a cabo por Karlen et al. (1997), define a la calidad del suelo como la capacidad de un suelo en particular para operar dentro de los límites establecidos por los ecosistemas naturales, de modo que se pueda mantener un equilibrio sobre el rendimiento de la vegetación y vida animal, la condición del agua, aire y la salud del ser humano y su entorno. Adicionalmente autores como Doran y Parkin (1994), mencionan que dentro de la calidad del suelo se debe considerar tres componentes fundamentales correspondientes a: productividad (capacidad del suelo para incrementar su rendimiento), calidad ambiental (habilidad del suelo para mitigar la contaminación) y salud (interrelación entre la calidad del suelo y la comunidad de organismos que lo habitan).

Para autores como Greogorich et al. (1994), el término calidad del suelo es una medida de capacidad para que el suelo funcione correcta y adecuadamente respecto a un uso en específico, por otra parte, Arshad y Coen (1992) decidieron brindar una connotación de índole más ecológica al concepto de calidad de suelo, definiéndolo como la capacidad que tiene este recurso para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, preservando un ambiente sano. Definiciones más actuales sobre la calidad del suelo sugieren adaptar su concepto en la multifuncionalidad del suelo y no sólo en un uso específico (Singer y Ewing, 2000).

Un artículo sobre la calidad de los suelos realizado por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad estatal de Pensilvania, menciona que la calidad del suelo desempeña un papel fundamental en las prácticas agrícolas. Un suelo saludable y fértil proporciona a las plantas los nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo, mientras que las características físicas del suelo como su estructura y formación de agregados, permiten el acceso de agua y oxígeno a las raíces de las plantas. Así también los suelos a menudo se describen como saludables o de alta calidad por que no son fértiles, sino que poseen propiedades físicas y biológicas que respaldan la productividad, mantienen la calidad del medio ambiente y promueven la salud de las plantas y animales. Finalizan mencionando que la calidad del suelo se refiere a la capacidad de un tipo específico de suelo para

funcionar de manera sostenible, respaldando la productividad de las plantas y animales, mejorando la calidad del agua y del aire, y contribuyendo a la salud y bienestar de los seres humanos (Gomez, 2020).

El suelo se encuentra en un equilibrio dinámico con su entorno y sus propiedades siempre están cambiando debido a perturbaciones antropogénicas o cambios en el clima. La calidad del suelo es el efecto neto de la diferencia entre resiliencia y degradación. Es por esto que la agricultura de conservación es una alternativa viable para mejorar y conservar la calidad del suelo (Lal et al., 2020).

La calidad del suelo también se relaciona con la actividad biológica en el suelo, que incluye microorganismos, bacterias, hongos, etc. Estos organismos desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica, la formación de nutrientes disponibles para las plantas y la mejora de la estructura del suelo (Ziegler et al., 2021).

Así mismo, la calidad del suelo implica la ausencia o baja concentración de contaminantes, como metales pesados, residuos químicos o patógenos, que podrían tener efectos perjudiciales para las plantas, los animales y los seres humanos (Okereafor et al., 2020).

La evaluación de la calidad del suelo es esencial para el manejo sostenible de los recursos naturales y la toma de decisiones en la agricultura, la silvicultura, la restauración de ecosistemas y otras actividades relacionadas con el uso de la tierra. Mantener y mejorar la calidad del suelo es crucial para garantizar la productividad agrícola, la salud del ecosistema y la sostenibilidad a largo plazo (Cárceles Rodríguez et al., 2022).

2.1.3 Propiedades Físicas del Suelo

Según Rucks et al. (2004), las características físicas del suelo desempeñan un papel fundamental en su capacidad para ser utilizado y aprovechado por los seres humanos. En este sentido, la condición física del suelo determina aspectos como su resistencia y capacidad de soporte, facilidad de penetración de las raíces, niveles de aireación, capacidad de drenaje y retención de agua, plasticidad, y capacidad de retención de nutrientes. Algunas de las propiedades físicas del suelo incluyen:

- Textura: la textura del suelo describe la proporción relativa de los diferentes tamaños de partículas presentes en el suelo, que incluyen arcilla, limo, arena fina, media y gruesa (Rucks et al., 2004).
- Porosidad: se refiere al porcentaje de volumen del suelo que no está ocupado por partículas sólidas y está compuesto aproximadamente en un 50% por espacio poroso. Este espacio poroso permite la circulación de nutrientes, agua, aire y gases (FAO, 2016).
- Estructura del suelo: Se la define como el arreglo de las partículas del suelo, correspondientes no solo las que fueron definidas como fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas (Rucks et al., 2004).
- Consistencia del suelo: Consistencia del suelo es usualmente definida como el término que designa las manifestaciones de las fuerzas físicas de cohesión y adhesión, actuando dentro del suelo a varios contenidos de humedad (Rucks et al., 2004).

Una investigación llevada a cabo por Li et al. (2022) examinaron cómo las características físicas del suelo afectan la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes en suelos agrícolas. El estudio encontró que la textura del suelo, en especial la proporción de partículas de arcilla y limo, afectó significativamente la capacidad del suelo para retener agua. Durante períodos de sequía, los suelos con una mayor proporción de partículas finas (arcilla y limo) retuvieron más agua.

Además, otro estudio realizado por Boix-Fayos et al. (2001) investigó la relación entre la estructura del suelo y la infiltración de agua. Se encontró que los suelos con una buena estructura, caracterizada por una formación adecuada de agregados, presentaban una mayor capacidad de infiltración, lo que permitía un flujo de agua más eficiente y una menor erosión del suelo. Esto resalta la importancia de mantener una estructura del suelo saludable para conservar el agua y prevenir problemas de erosión.

Un estudio de Tracy et al. (2011) examinó los efectos de la maquinaria agrícola en la compactación del suelo y su impacto en el crecimiento de las raíces de los cultivos. Los hallazgos mostraron que la compactación del suelo disminuía significativamente la penetración y el crecimiento de las raíces, lo que afectaba negativamente el rendimiento de los cultivos. Se ha demostrado que prevenir la compactación del suelo y mantener una estructura óptima para el crecimiento de las plantas se puede lograr mediante el manejo adecuado de la maquinaria agrícola, como la reducción de la presión de los neumáticos y la limitación del tráfico en áreas sensibles.

2.1.4 Degradación Física del Suelo

Tanto la vida en la Tierra como el desarrollo sostenible dependen de la disponibilidad del recurso suelo (Amundson et al., 2015). El suelo proporciona, sustenta, regula y brinda servicios culturales que ayudan a que la vida crezca e innove (Ziegler et al., 2021). Como resultado, el suelo es de vital importancia para cuestiones globales como la seguridad, seguridad hídrica y alimentaria, preservación de la biodiversidad, mantenimiento de los ecosistemas terrestres, control del clima y salud humana (Penuelas et al., 2020).

Se ha generado preocupación mundial por la gravedad de la degradación de la tierra, que está intensificando el conflicto entre la población, los recursos y el medio ambiente.

La degradación del suelo es un proceso que se caracteriza por la disminución de la capacidad y potencial del suelo para generar cualitativa y cuantitativamente servicios ecosistémicos, esto a consecuencia de las actividades antrópicas relacionadas con las actividades productivas de agricultura, industria, transporte, entre otras (Brissio y Savini, 2005). La degradación física del suelo influye en el correcto funcionamiento del suelo, debido a que ésta afecta a su capacidad de transmitir fluidos, el volumen de almacenaje relacionado con el balance de gases y agua necesario para disolver los nutrientes para las plantas y microorganismos (Muñoz et al., 2013).

De acuerdo con la FAO (2000) la degradación del suelo puede ser evaluada teniendo en cuenta los cambios en la porosidad, distribución de los tamaños de los poros, densidad, estructura y la velocidad de infiltración de agua en el suelo. En este mismo sentido López (2002), menciona que la degradación física del suelo corresponde a todos los procesos provocados por la alteración de las condiciones y propiedades físicas del suelo, donde estos procesos se encuentran relacionados entre sí y corresponden a: compactación del suelo, sellado y encostramiento, consolidación del suelo, exceso de humedad y anaerobiosis.

Se define más específicamente como un proceso natural o inducido por el hombre en el que la productividad del suelo o el potencial para el uso de la tierra y la regulación ambiental (es decir, la sostenibilidad y la calidad del suelo) disminuye o incluso pierde por completo sus características físicas, químicas y biológicas. La degradación del suelo no solo un proceso dinámico y complejo (que incluye procesos de degradación pasados, presentes y futuros), sino también una manifestación común de la degradación del suelo (Wang et al., 2023).

La erosión del suelo, la salinización, la acidificación, la desertificación y la deficiencia de nutrientes son algunas de las manifestaciones concretas of la degradación del suelo (Pereira et al., 2017).

2.1.5 Ecosistemas Agrícolas

Los ecosistemas agrícolas o agroecosistemas se definen como las áreas que han sufrido una transformación de modo que ésta favorezca las condiciones para el desarrollo de las actividades agrícolas, dentro de estas áreas existe una constante interacción entre los factores naturales y las acciones del ser humano (Machado y Campos, 2008). Los agroecosistemas comprenden policultivos, monocultivos y sistemas mixtos, e incluyen los sistemas agropecuarios, agroforestales, agro-silvopastoriles, la acuicultura y las praderas, los pastizales y las tierras en barbecho (Boza, 2004).

En este sentido Sans (2007), menciona que los ecosistemas agrícolas son sistemas de origen antropogénico, donde el ser humano ha transformado el entorno natural para la obtención y/o producción de alimentos para su sustento, sin

embargo, la intensificación de las actividades agrícolas ha provocado cambios drásticos en el paisaje, así como también efectos negativos en suelo relacionados al empobrecimiento y el aumento en la velocidad de los procesos de deterioro del suelo, como la erosión.

Los cultivos cultivados son las especies dominantes en los ecosistemas agrícolas y constituyen la base de la producción agrícola. Los agricultores seleccionan and manejan estos cultivos para optimizar su rendimiento y calidad. Los ecosistemas agrícolas pueden contener otros organismos además de los cultivos, como animales de granja, insectos beneficiosos, microorganismos del suelo y flora silvestre.

Es fundamental comprender que los ecosistemas agrícolas pueden afectar el medio ambiente de manera positiva o negativa. Por otro lado, pueden contribuir al desarrollo económico y social, así como a la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. Por otro lado, la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo, la contaminación del agua y la emisión de gases de efecto invernadero son algunos de los efectos negativos de ciertas prácticas agrícolas.

La biodiversidad en los sistemas agrícolas y su contribución a la sostenibilidad fueron examinadas en un estudio publicado por Gonthier et al. (2014) Los investigadores evaluaron la productividad y la estabilidad de los sistemas agrícolas convencionales en comparación con aquellos que incorporaban elementos de biodiversidad, como la diversificación de cultivos, la conservación de hábitats naturales y la promoción de la presencia de polinizadores y enemigos naturales de plagas.

Los hallazgos del estudio demostraron que los sistemas agrícolas con una mayor diversidad de plantas y animales tenían una mayor productividad y eran más resistentes a los disturbios ambientales, como plagas y enfermedades. Además, se descubrió que la presencia de enemigos naturales de plagas y polinizadores mejoraba el control biológico y reducía la dependencia de los agricultores de pesticidas químicos (Gonthier et al., 2014).

2.2 Marco legal

El presente estudio sobre la evaluación de la degradación física del suelo en ecosistemas agrícolas de la parroquia Pimampiro se lleva a cabo en concordancia con la siguiente política y tomando en consideración la legislación actualmente en vigor:

Según en lo establecido en la Constitución de la República del Ecuador (2008), en particular, las disposiciones del Título VII, Buen Vivir, Capítulo Segundo: Biodiversidad y Recursos Naturales, Sección Quinta: Suelo: Art. 409: Se declara de interés público y de máxima relevancia nacional la conservación del suelo, particularmente su capa fértil. Se establecerá un marco jurídico que garantice su protección y uso sustentable, con el propósito de prevenir su degradación, en especial la ocasionada por factores como la contaminación, la desertificación y la erosión.

Por su parte, en lo correspondiente a los convenios internacionales es importante destacar La Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía, con vigor desde el año 1996 y firmado por 197 países incluidos el Ecuador, convenio en el cual se toma en cuenta a la desertificación como uno de los mayores problemas a nivel mundial, en el aspecto social, económico y ambiental, siendo en este último aspecto una de las causas para la degradación de los suelos y adicionalmente se tiene como objetivo establecer proyectos para la conservación natural y la restauración de tierras degradadas (United Nations, 2020)

En el marco de los ODS, el objetivo 15: Vida de los ecosistemas terrestres tiene como finalidad la gestión sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación, detener y mitigar la degradación de las tierras y detener la pérdida de la biodiversidad. En este contexto las Naciones Unidas han declarado la Década para la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030). Esta propuesta coordinada a nivel mundial se enfoca en desarrollar la voluntad y la capacidad políticas para restaurar la relación de los seres humanos con la naturaleza en respuesta a la pérdida y degradación de los hábitats, de igual manera se establece como una respuesta directa ante las investigaciones realizadas en materia ambiental, lo que se constata

en el Informe especial sobre cambio climático y tierra del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, respecto con las decisiones adoptadas por todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas en las convenciones de Río sobre cambio climático y biodiversidad y a la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (United Nations, 2019).

De acuerdo con el Código Orgánico del Ambiente (2017), en el artículo 5, de los Derechos, Deberes y Principios Ambientales menciona que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado y de igual forma en su literal 5 señala que esto comprende la conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración.

El Código Orgánico de Organización Territorial (2010) en los artículos 32, 55, 57 y 87 establece que los gobiernos descentralizados regionales serán responsables de la planificación del ordenamiento territorial junto con la planificación nacional y el respeto de la biodiversidad a través del control sobre el uso del suelo de acuerdo con la normativa vigente. Hay que mencionar además los artículos 54, 84, 133 y 136 donde se dispone un sistema de uso de suelo según las realidades de urbanización y fragmentos de territorio de acuerdo con las actividades actuales realizadas en la zona logrando una zonificación para la administración del aprovechamiento de suelo y la conservación, por otra parte el artículo 294 sobre la participación social señala la participación activa y permanente de la sociedad en la realización de proyectos de desarrollo y ordenamiento de territorio especialmente el involucramiento de la comunidad en la reserva de uso de suelo.

De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida, dentro del Eje 1, correspondiente a los Derechos para todos durante toda la vida en su objetivo 3, menciona: Proteger los derechos de la naturaleza en beneficio de las generaciones presentes y futuras. En el marco de este objetivo el estado asume y garantiza el manejo responsable de los recursos naturales para beneficio colectivo de la sociedad, la protección de la diversidad biológica, la prevención de la degradación del suelo y la implementación de una respuesta adecuada al cambio climático, que

promueva la resiliencia de las comunidades (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017)

Por su parte, en el Plan de Creaciones de Oportunidades 2021 – 2025, correspondiente a los Objetivos del Eje de Transición Ecológica (Objetivo 11), se establece la conservación, restauración y conservación de los recursos naturales de modo que se logre el funcionamiento de las actividades humanas en el marco de la transición ecológica, esto mediante la propuesta de políticas y metas encaminadas a la conservación del entorno natural y la correcta y eficiente gestión de los recursos naturales (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2021).

CAPÍTULO III

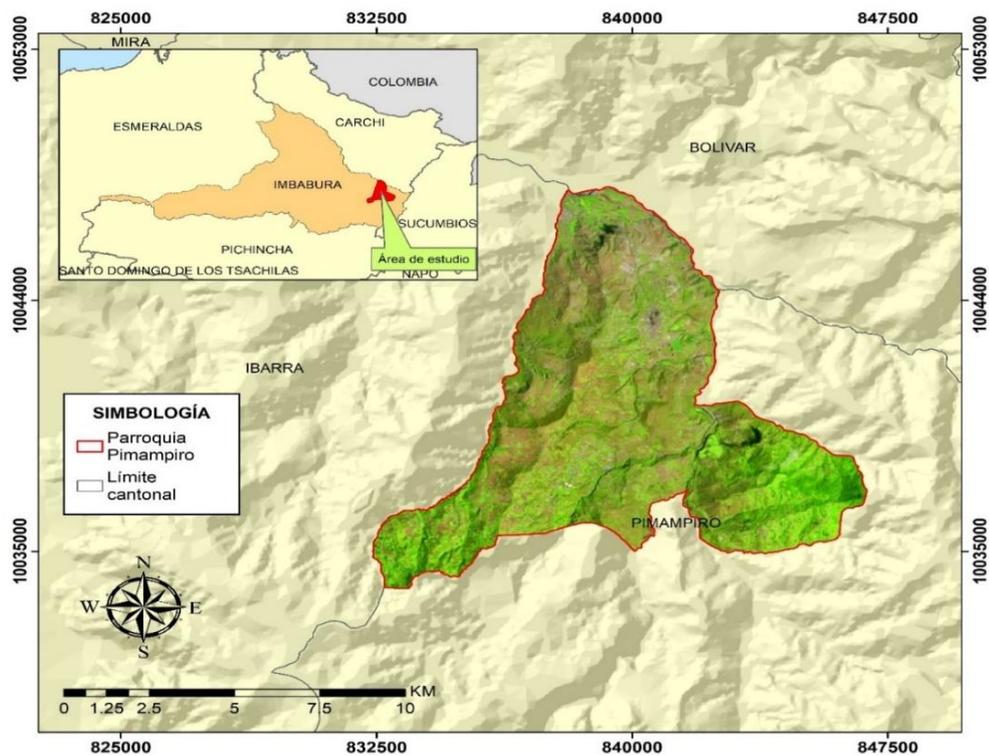
METODOLOGÍA

3.1 Descripción del Área de Estudio

La investigación se llevó a cabo en la parroquia Pimampiro, ubicada en el cantón San Pedro de Pimampiro, en la provincia de Imbabura. Sus límites geográficos incluyen al norte el cantón Bolívar, al sur las parroquias Mariano Acosta y San Francisco de Sigsipamba, al este con las parroquias San Francisco de Sigsipamba, Chugá y el cantón Bolívar y al oeste limita con el cantón Ibarra. Tiene una superficie de 9 176.52 ha, con un rango altitudinal de 1680 a 2440 msnm. La temperatura oscila entre los 15 y 16 °C, la precipitación entre 250 a 1 000 mm al año, siendo característico de la parroquia el clima Ecuatorial mesotérmico semihúmedo (PDOT Pimampiro, 2019) (Figura 1).

Figura 2.

Ubicación del área de estudio.



Nota: En la gráfica se muestra la localización de la parroquia San Pedro de Pimampiro. De elaboración propia.

La población de la parroquia Pimampiro tiene 9 077 habitantes (INE) y se encuentra conformada por nueve barrios urbanos correspondientes a: San Pedro, San Isidro, El Mirador, San Vicente, El Rosal, Santa Cecilia, Santa Lucía, Santa Lara y Monserrat, así como también por dieciséis comunidades, las cuales son Colimbuero, Chalguayacu, Buenos Aires, El Inca, El Tejar, El Alisal, El Cebadal, Los Árboles, La Armenia, Pueblo Nuevo de Yuquín, Quinta Yuquín, San José de Aloburo, San Francisco de Paragachi, Yuquín Alto y Yuquín Bajo (PDOT Pimampiro, 2019).

3.2 Métodos

3.2.1 Identificación de Áreas Físicamente Degradadas en los Ecosistemas Agrícolas

Para la identificación de las áreas degradadas físicamente en los sistemas agrícolas de la parroquia Pimampiro se utilizó técnicas y/o procesos de teledetección. La finalidad fue evaluar diversos factores que afectan la calidad del suelo, por ejemplo, cobertura vegetal, uso del suelo, relieve del terreno, taxonomía, textura, materia orgánica, precipitación y susceptibilidad de degradación del suelo.

Mediante la teledetección se emplea fotografías aéreas para el mapeo de los recursos ambientales. Para la aplicación en estudios de degradación del suelo surgen ejemplos se usan imágenes o fotografías multiespectrales estereoscópicas, las cuales sirven para medir y desarrollar información cartográfica sobre cárcavas y canales erosionados, estimación de pérdida de suelo y adicionalmente estudios sobre los movimientos de tierra en masa (López, 2002), así mismo se han utilizado para medir la desertificación (Cruz et al., 2010), y estimar modelos de escorrentía y erosión (Almoza et al., 2007; Alonso et al., 2007; Leal et al., 2007)

- *Análisis de cobertura vegetal y uso del suelo*

Se emplearon imágenes LANSAT 8 OLI/TIRS obtenidas del portal web de la NASA earthexplorer.usgs.gov con el fin de identificar los diversos tipos de vegetación cubierta. Se eligieron estas imágenes en base a criterios particulares,

como una resolución máxima de 30 x 30 metros, la inexistencia de nubes y la eliminación de cualquier defecto presente en las imágenes, como manchas o espacios vacíos.

Adicionalmente, se aplicaron los principios de Teledetección establecidos por Chuvieco (1996), para procesar y tratar las imágenes satelitales utilizando el software ArcGIS. Este proceso incluyó la corrección de las imágenes, la combinación de bandas pertinentes y recorte de las mismas. También se emplearon métodos relacionados con la generación de firmas espectrales, y se finalizó con la clasificación supervisada para determinar los distintitos tipos o categorías de cobertura vegetal y uso de suelo.

- *Relieve – pendiente*

Para el análisis de la pendiente del terreno se consideró la metodología aplicada por Salazar (2007), respecto a la clasificación de pendientes. En la misma se establecen siete rangos de pendientes desde 0% hasta mayores de 55% en el gradiente de inclinación, correspondiente a terrenos planos hasta terrenos extremadamente escarpados, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1.

Rangos de pendiente y tipo de relieve.

Rangos de pendientes (%)	Relieve o característica del terreno
0 – 2	Plano o casi completamente plano
2 – 4	Inclinación suave
4 – 8	Pendientes inclinadas
8 – 16	Modelo escarpado
16 – 35	Escarpado
35 – 5	Muy escarpado
>55	Extremadamente escarpado

Fuente: (Mariana et al., 2018)

- *Taxonomía, textura y materia orgánica del suelo*

Para la determinación la taxonomía, textura y materia orgánica del suelo presente en el área de Pimampiro, se recopiló información sobre datos edáficos correspondientes a la textura del suelo, la misma que se descargó a través del portal web del Sistema Nacional de Información (SIN, 2013) y ha sido elaborada por el

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) a escala 1:50000. Mediante este procedimiento se identificó los atributos correspondientes al orden del suelo: entisoles, inceptisoles y molisoles, concentración de materia orgánica (baja, media, alta) y la codificación correspondiente a las texturas de los suelos: francos, arenosos y arcillosos (finos, medianos y gruesos).

En este mismo sentido, una vez identificados los tipos de suelos presentes en la parroquia Pimampiro se evaluó su composición correspondiente a las características granulométrica en cuanto a limo, arena y arcilla con el fin de efectuar el cálculo del factor de erodabilidad (factor K), y con ello establecer la susceptibilidad que tiene el suelo hacia los procesos de erosión. La erodabilidad constituye la pérdida de suelo por cada unidad registrada en el índice de erosión y cuando los valores de pendiente, cobertura vegetal y prácticas de manejo de suelo sean igual a uno (Castro, 2013). El factor K depende de variables o factores tales como la textura (composición de arena, arcilla y limo), materia orgánica, permeabilidad y estructura del suelo (1) (González et al., 2016; Neitsch et al., 2005).

$$K_{USLE} = \frac{0.00021 * M^{1.14} * (12 - OM) + 3.25 * (C_{soilstr} - 2) + 2.5 * (C_{perm} - 3)}{100} \quad (1)$$

Donde:

- K_{USLE} = factor de erodabilidad del suelo
- M = tamaño de partículas
- OM = porcentaje de materia orgánica
- $C_{soilstr}$ = código de la estructura del suelo en la clasificación del suelo
- C_{perm} = es el perfil de las clases de permeabilidad

La susceptibilidad a erosión determinada a través del factor K se encuentra entre muy alta (en suelos con texturas arenosas, franco arenosas, poco profundos y bajo contenido de materia orgánica) a baja (suelos con texturas franco arcillosos, profundos y con alto contenido de materia orgánica) (González et al., 2016). (Tabla 2).

Tabla 2.

Susceptibilidad del suelo a la erosión. (Factor K)

Rango del Facto K	Susceptibilidad de erosión
0.0 – 0.05	Baja
0.06 – 0.28	Moderada
0.29 – 0.59	Alta
>0.60	Muy Alta

Nota: En la tabla se muestra los valores referentes a los rangos del factor K y la clasificación de las mismas (Montes et al., 2011).

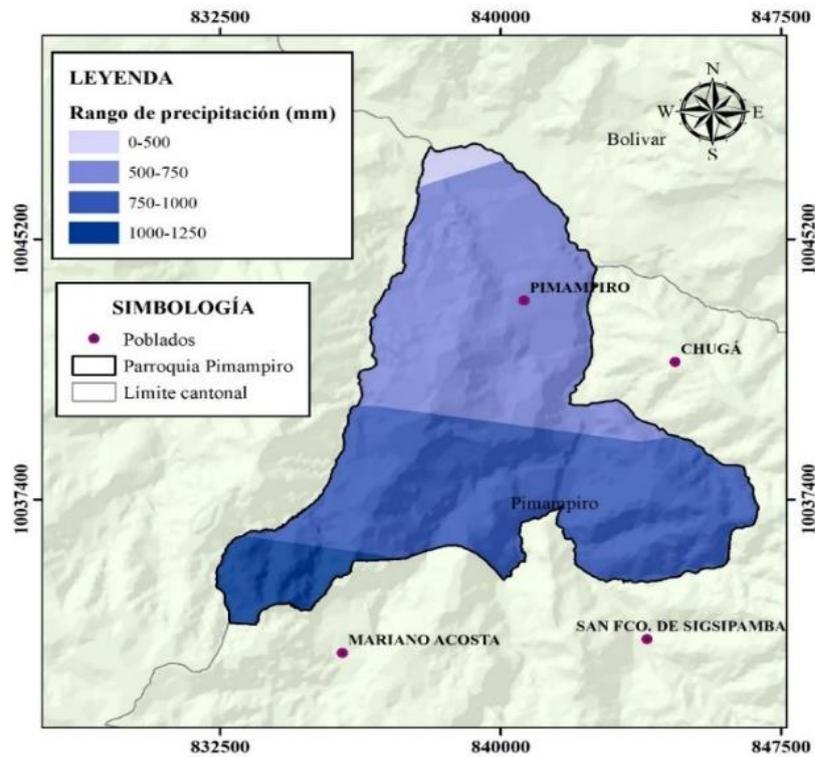
- *Precipitación*

Para la evaluación de la precipitación se empleó la geo-información hidrometeorológica proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (2022), donde a través del mapa de isoyetas se estableció los rangos de precipitación presentes en la parroquia Pimampiro (Figura 2).

Existe una conexión entre la pérdida y degradación del suelo y los patrones de precipitación. La afección a los ecosistemas edáficos debido a los fenómenos hidrológicos conduce a modificaciones en las propiedades del suelo y en su capacidad para ser productivo en los agroecosistemas. Cuando se produce precipitación, las gotas de agua ejercen una influencia directa en las características del suelo, alterando tanto su estructura como su nivel de compactación. Con esto se genera una reducción en la capacidad de infiltración y por lo tanto una mayor escorrentía (Huerta & Loli, 2014; Nearing et al., 2004).

Figura 3.

Precipitación en la parroquia Pimampiro.



Nota: En la gráfica se muestra el rango de precipitación (mm), de la parroquia Pimampiro (INAMHI, 2022).

- *Susceptibilidad de zonas degradadas*

La determinación de las áreas susceptibles a degradación, se consideraron para el proceso de recolección de muestras del suelo. Para identificarlas se realizó la intersección o combinación de variables y atributos: cobertura del suelo considerando la categoría de cultivos, pendientes que se encuentren en un rango de 8 a 25%, textura de suelo donde se consideró los suelos arenosos los cuales tienen una mayor tendencia a los procesos erosivos y la proporción de materia orgánica que se encuentra en el suelo. Este proceso se realizó mediante el empleo del software ArcGIS con la herramienta “*intersect*” donde se seleccionó cada uno de los atributos para la construcción de la capa o *shapefile* requerido.

3.2.2 Análisis de Propiedades Físicas del Suelo en Ecosistemas Agrícolas

La obtención de la información de campo consistió en muestreos de suelos para determinar la densidad aparente, profundidad efectiva, porcentaje de porosidad, punto de marchitez, textura, capacidad de campo, infiltración básica y contenido de materia orgánica.

- *Análisis de las propiedades físicas del suelo*

La determinación y evaluación de las propiedades físicas incluyó una serie de variables asociadas a la calidad del suelo y del paisaje utilizando metodologías estandarizadas (Tabla 3).

Tabla 3.

Propiedades físicas del suelo evaluadas y métodos de análisis utilizados.

Propiedad	Variable	Método
Compactación	Densidad aparente	Cilindro de suelo
	Profundidad efectiva	Barreno
Porosidad	Porcentaje de porosidad (densidad aparente y real)	Picnómetro (DR) Cálculo
Retención de humedad	Capacidad de Campo	Centrífuga
	Punto de Marchitez	Ollas de presión
	Textura	Bouyoucos
Estructura y consistencia del suelo	Tipo de estructura Descripción de la consistencia en húmedo y seco (Adhesividad, plasticidad, cohesión)	Descripción (en campo)
Infiltración	Infiltración básica	Método de los anillos infiltrómetros
Materia Orgánica	Contenido de materia orgánica	Oxidación con dicromato de potasio

Nota: En la presente tabla se describe cada una de las propiedades a evaluarse con sus respectivas variables y su metodología.

- *Toma de muestras*

Se obtuvieron muestras representativas de suelo en cultivos de maíz, fréjol y tomate riñón a una profundidad máxima de 20 cm utilizando el método de muestreo zig-zag y un barreno. La elección de esta profundidad de muestreo se basó en estudios anteriores que indican que la mayoría de los cambios en la calidad física del suelo causados por actividades humanas, como los cultivos, la labranza y el pisoteo animal, ocurren en los primeros 5 a 15 cm del perfil del suelo (Drewry, 2006). Las submuestras recolectadas se mezclaron para obtener una muestra representativa de 1 kg, que se almacenó en una bolsa de polietileno adecuadamente etiquetada para su envío posterior al laboratorio. El análisis se enfocó en evaluar propiedades físicas como el porcentaje de porosidad, la capacidad de retención de agua en campo, el punto de marchitez y la textura, ya que estas propiedades tienen una gran influencia en el funcionamiento y calidad del suelo (Ingaramo, 2003).

Mediante métodos de campo se determinó la profundidad, estructura y consistencia del suelo y la infiltración básica, la profundidad efectiva se determinó mediante la determinación del perfil, en cada uno de los sitios de estudio y el resultado se expresó en centímetros. El tipo de estructura mediante observación directa sobre la forma y tamaño de los agregados y la consistencia se expresó en función de la plasticidad y adhesividad del suelo. La infiltración se determinó en campo utilizando doble anillos de infiltrómetros hasta cuando la infiltración se fue estabilizando. La porosidad se calculó tomando como referencia la densidad aparente y real aplicando la siguiente ecuación:

Los análisis requeridos se llevaron a cabo en el laboratorio de AGROCALIDAD para su respectivo análisis. La densidad aparente se determinó utilizando el método Gravimétrico, mientras que la densidad real se obtuvo mediante el método del Picnómetro. La capacidad de campo y el punto de marchitez se determinaron utilizando el método de la centrífuga. La textura del suelo se analizó mediante el método de Bouyoucos y el contenido de materia orgánica se evaluó utilizando el método Volumétrico. Por otro lado, la profundidad efectiva, el tipo de estructura, la descripción de la consistencia y la infiltración se determinaron

en campo. Además, el porcentaje de porosidad se calculó en base a la densidad aparente y densidad real por medio de la ecuación (2).

$$P = \left\{ 1 - \frac{Da}{Dr} \right\} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

$P\%$ = porosidad total
 $Da(\text{gr/cm}^3)$ = densidad aparente
 $Dr(\text{gr/cm})$ = densidad real

La densidad real es considerada una de las características más invariables que generalmente no se ve afectada por las labores de labranza que se le pueden aplicar al suelo, por lo tanto, desde el punto de vista del deterioro de este elemento, no es tan relevante. Sin embargo, si resulta necesaria ya que con ella se determina la porosidad total del suelo, y esta propiedad sí es muy influida por los usos que se le pueden dar al suelo (Ingaramo, 2003). Por otra parte, la densidad aparente, a diferencia de la real, que es más o menos constante tiene mayor rango de variación. La densidad aparente se encuentra vinculada con la estructura y el nivel de compactación, así como también por sus características de contracción y expansión. Es importante mencionar que la densidad aparente es siempre más baja que la densidad real.

El método de infiltración básica de doble anillo sirve para determinar la rapidez con la que el agua se infiltra en el suelo. Incluye la excavación de dos anillos concéntricos en el suelo; el anillo interior retiene el agua y el anillo exterior evita la infiltración lateral. El agua se vierte dentro del anillo interior y el nivel de agua se mide a intervalos regulares de tiempo para determinar la tasa de infiltración (Li et al., 2019).

3.2.3 Cuantificación de la Intensidad de la Degradación Física del Suelo por Actividad Agrícola

Para evaluar la intensidad de la degradación física del suelo debido a las actividades agrícolas en la zona de Pimampiro, se llevó a cabo un análisis de cada una de las variables o factores identificados. Se empleó el método de análisis de varianza (ANOVA), el cual permite determinar las diferencias significativas entre las medias de dos o más grupos de variables. Además, este método también se puede aplicar para examinar posibles efectos causados por esta variabilidad (Amat, 2016; Gorjas et al., 2009; Lind et al., 2012).

Para llevar a cabo el análisis de varianza ANOVA, se empleó el software SPSS (Statistical Product and Service Solutions), conocido por su capacidad para recopilar y analizar datos de manera eficiente. Este software destaca por su habilidad para manejar grandes volúmenes de información y realizar análisis de texto, así como por su capacidad para generar tablas y gráficos con datos complejos. Además, ofrece funcionalidades avanzadas para realizar análisis estadísticos y explorar relaciones entre variables en diversos formatos (Bausela, 2005).

Adicionalmente se aplicará el índice de calidad del suelo (ICS) para cuantificar el estado de degradación del suelo en la parroquia Pimampiro, teniendo en cuenta el promedio de los valores normalizados para las diferentes variables físicas por medio de la siguiente ecuación (3).

$$V_n = \frac{(I_m - I_{min})}{(I_{max} - I_{min})} \quad (3)$$

Dónde:

V_n = valor normalizado

I_m = media experimental del atributo considerado

I_{min} = valor mínimo del atributo considerado

I_{max} = valor máximo del atributo considerado

Para la interpretación de los indicadores de calidad del suelo, se consideró la metodología aplicada por Jiménez y Quiñones (2006), que establece siguiente escala y categorización de la calidad del suelo de acuerdo con la tabla 4:

Tabla 4.

Escalas para la valoración de la calidad del suelo.

Clases de Calidad	Escalas
Exceso	1.00 – 1.30
Muy alta calidad	0.80 – 1.00
Alta calidad	0.60 – 0.79
Moderada calidad	0.40 – 0.59
Baja calidad	0.20 – 0.39
Muy baja calidad	0.00 – 0-19
Déficit	< 0

Nota: En la presente tabla se muestran la clasificación de la calidad del suelo con sus respectivas escalas (Estrada-Herrera et al., 2017).

3.2.4 Estrategias para mitigar la degradación física de los suelos en función del estado actual.

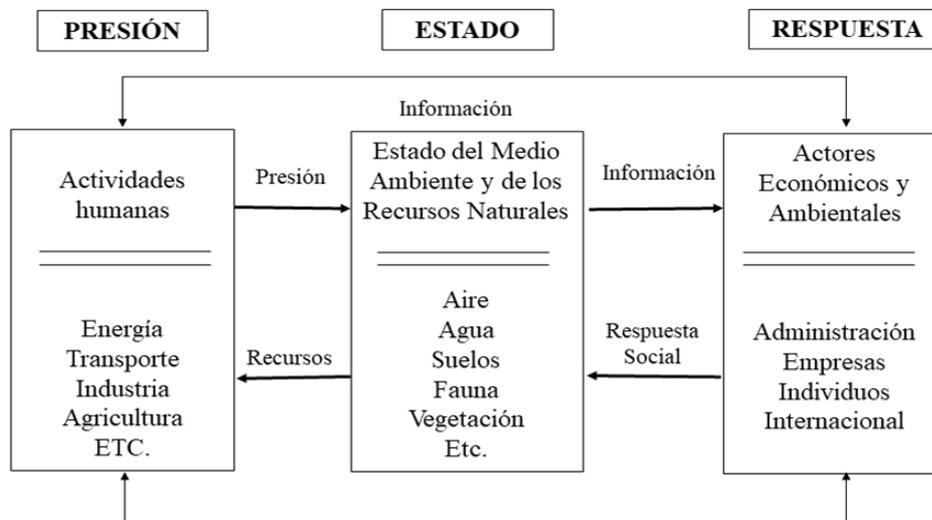
Para alcanzar el cuarto objetivo se emplearon métodos basados en indicadores útiles para el estudio de los factores que interactúan en la degradación física del suelo. De esta forma, se pudo plantear estrategias de mitigación tal y como se muestra en la sección de resultados (Tabla 19).

Para el planteamiento de estrategias se utilizó el indicador de desarrollo sostenible en el marco ordenador Presión-Estado-Respuesta (PER) (OCDE, 1993). El mismo consiste en una lógica de causalidad, es decir: las actividades humanas ejercen presiones sobre el suelo y cambian el estado de este recurso natural y del mismo modo, la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (Vázquez y García, 2018) (Figura 3). En este contexto, se plantearon estrategias orientadas a fomentar los procesos de

restablecimiento de la estructura y función del suelo a través de técnicas para mejorar sus propiedades físicas.

Figura 4.

Marco Presión-Estado-Respuesta (PER).



Nota: Elaboración propia con base en OCDE (1993).

3.3 Materiales y Equipos

Para la realización del estudio se utilizaron los siguientes materiales y equipos empleados para la investigación (Tabla 5).

Tabla 5.

Materiales, equipos y software

Materiales	Equipos	Software
Imágenes satelitales Sentinel	Computadora portátil	Software ArcGis 10.4
Archivos shapefiles (IGM)	Navegador GPS	ENVI 5.3
Libretas de campo	Cámara fotográfica	Software Excel
Etiquetas	Barreno	Base de datos del "SNI"
Cilindros PVC	Coolers	
Tapas PVC	Balanza	
Fundas con cierre hermético (Ziploc)	Pala de Jardinería	

Nota: Se muestran los diferentes materiales, equipos y sistemas utilizados en el presente tema de investigación. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificación de las áreas físicamente degradadas en ecosistemas agrícolas de Pimampiro

4.1.1 Análisis de cobertura y uso del suelo

De acuerdo con el análisis de la cobertura vegetal mediante imágenes satelitales se identificaron siete tipos de coberturas vegetales para la parroquia de Pimampiro. Se evidenció que los cultivos incrementaron del 35.63% de la superficie total en 1996, al 55.36% en 2021. Es decir, los cultivos pasaron a ser P la cobertura dominante en la parroquia. De igual manera, las áreas sin vegetación mostraron un constante aumento llegando a ocupar el 2.65% (Tabla 6).

Tabla 6.

Variación de la cobertura vegetal en la parroquia Pimampiro.

Tipos de cobertura	Año 1996		Año 2007		Año 2021	
	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Área sin vegetación	93.49	1.02	174.55	1.90	243.22	2.65
Bosque	1 297.92	14.14	1 201.81	13.10	1 092.24	11.90
Cultivos	3 269.83	35.63	4 264.10	46.47	5 079.71	55.36
Páramo	53.86	0.59	53.86	0.59	53.86	0.59
Pastos	810.11	8.83	36.67	0.40	2 360.51	25.72
Vegetación arbustiva	3 597.17	39.20	3 391.39	36.96	233.80	2.55
Zona urbana	54.14	0.59	54.14	0.59	113.18	1.23
Total	9 176.52	100.00	9 176.52	100.00	9 176.52	100.00

Nota: En la tabla se muestra la variación en cuanto a la cobertura vegetal en tres diferentes años. (PDOT Pimampiro, 2019).

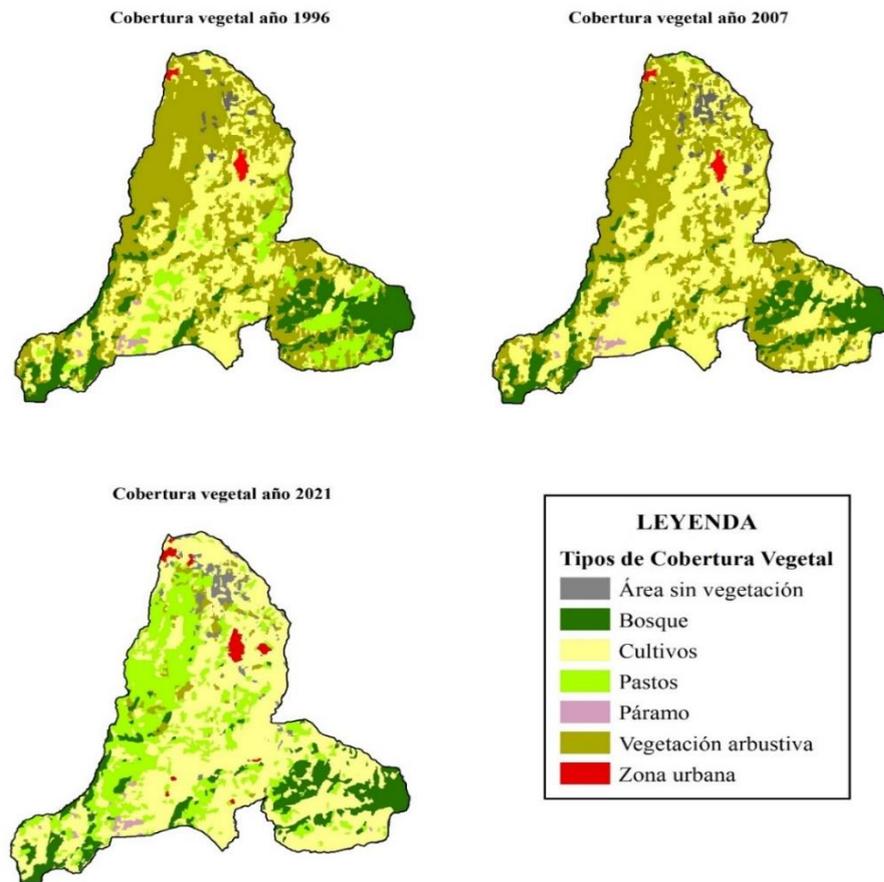
La tendencia podría atribuirse a la conversión del uso de suelo para la producción de monocultivos, la expansión de actividades agrícolas y ganaderas debido a que la principal actividad económica de la población del área de estudio es la agricultura (PDOT Pimampiro, 2019). A estos cambios se suman la

construcción de infraestructura vial, el crecimiento de la desertificación se origina por la erosión, la degradación forestal, los cambios en el clima, el manejo inapropiado del agua y la falta de claridad en los derechos de uso y propiedad.

Por otra parte, el incremento de la superficie de cultivos ha generado una reducción significativa en la extensión de las coberturas de bosque y vegetación arbustiva, mismas que tuvieron una variación en su área de 14.14% en 1996 al 11.90 % en 2021 y del 39.20 % en 1996 al 2.55% en 2021 respectivamente.

Figura 5.

Tipos de cobertura vegetal de la parroquia Pimampiro.



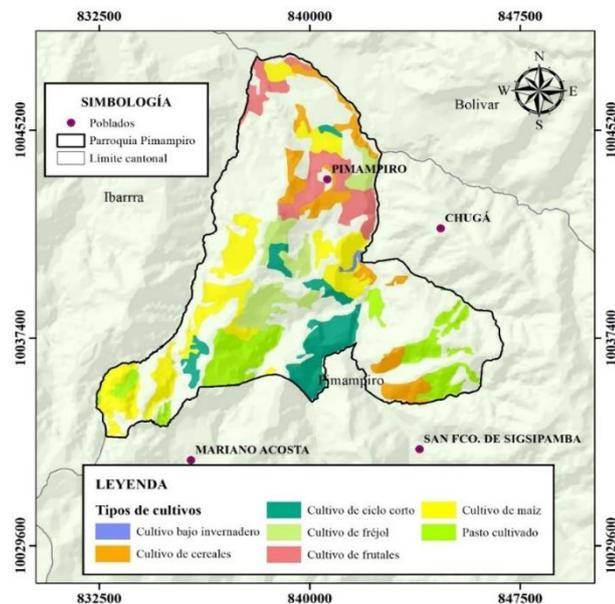
Nota: En el presente gráfico se muestra la variación en cuanto a los tipos de cobertura vegetal en base a un periodo de tiempo. Elaboración propia.

Con base en la información proporcionada por el Sistema Nacional de Información (2014) y el PDOT Pimampiro (2019), se identificó que los principales

tipos de cultivos presentes en la parroquia corresponden en su mayoría a cultivos anuales. En orden descendente, los cultivos que resaltan son los siguiente: maíz (1 292 ha), pastos cultivados (885.66 ha), cultivo de ciclo corto entre tubérculos y hortalizas (608.62 ha), cultivo de cereales (589.55 ha), cultivo de frutales (560.39 ha), cultivo de fréjol (528.54 ha) y cultivos bajo invernaderos (20.76 ha) (Figura 5).

Figura 6.

Tipos de cultivos existentes en la parroquia Pimampiro.



Nota: En la presente figura se muestra los diferentes tipos de cultivos localizados en la parroquia de Pimampiro, de las cuales se escogieron las más representativas de la zona. Datos obtenidos de Sistema Nacional de Información (2014).

El uso intensivo y aprovechamiento del suelo, sumado al desarrollo de malas prácticas de manejo del suelo, de acuerdo con Chan et al. (2003) conllevan al deterioro de su estructura y consecuentemente a su degradación. En este sentido, autores como Caravaca et al. (2004) y Carter (2004) mencionan que en los ecosistemas agrícolas la estabilidad del suelo está sujeta a la alteración periódica como consecuencia de la intervención humana. Adicionalmente, se suma la influencia del contacto de la lluvia con el suelo, debido a que el mismo se encuentra desprotegido, siendo éste otro agente erosivo del recurso edáfico.

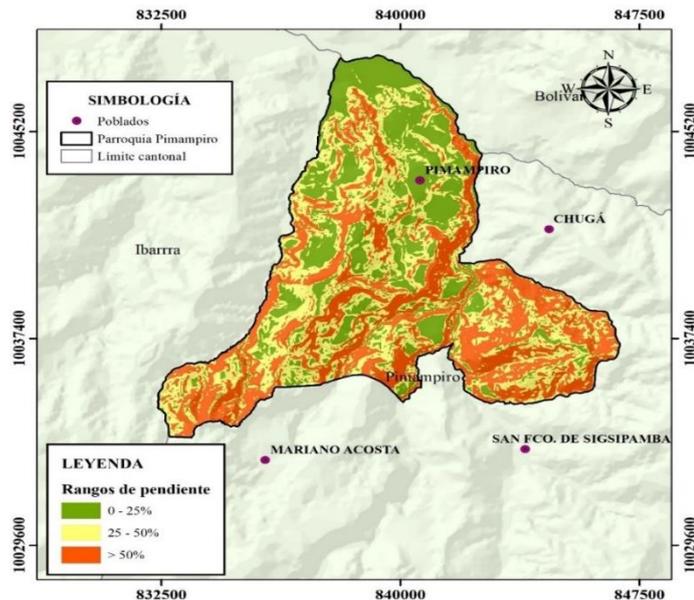
4.1.2 Análisis de Pendiente del Terreno

La inclinación del terreno constituye un factor importante que interviene en la susceptibilidad de la degradación física del suelo en ecosistemas agrícolas. Pues, la pendiente incide directamente en las diferentes prácticas agronómicas y mecánicas para el cultivo de la tierra y de igual forma determina las medidas de conservación y las prácticas de manejo necesarias para la preservación del suelo y del agua (Ovalle et al., 2022).

El paisaje de la parroquia de Pimampiro se caracteriza por presentar tres rangos de inclinación del terreno. Están las zonas no aptas para cultivos con pendientes superiores a 50% de inclinación, mismas que predominan. También existen zonas de sistemas agroforestales que presentan un porcentaje de inclinación entre 25 y 50%. Finalmente, las zonas aptas para cultivo se encuentran en terrenos con una inclinación del 0 a 25% (Salazar, 2007). (Figura 6).

Figura 7.

Rangos de pendientes de la parroquia Pimampiro.



Nota: En la gráfica se muestran los diferentes rangos de pendientes de la parroquia de Pimampiro. Datos obtenidos de Sistema Nacional de Información (2014).

Mediante la comparación de las dos últimas figuras 5 y 6 se puede determinar que en Pimampiro el desarrollo de actividades agrícolas en pendientes superiores al 25% de inclinación, cubre un área(poner). Esto eleva las probabilidades de encontrar procesos de degradación de los suelos y de manera más agresiva en las áreas de pendientes fuertes, pues son suelos vulnerables a erosión (PDOT Pimampiro, 2019). La tendencia podría deberse al escaso conocimiento de la población acerca de las zonas aptas para realizar actividades agrícolas, la limitada disponibilidad de los limitados recursos económicos en tenencia de la tierra y el bajo porcentaje de superficie con pendientes menores al 25%.

De acuerdo con el MAG (2008) las zonas óptimas para actividades agrícolas se ubican en pendientes no mayores al 12% de inclinación. Sin embargo, se constató en el contexto de este estudio que la agricultura se realiza en zonas con pendientes incluso superiores al 50. Este mal manejo puede causar degradación de las propiedades físicas del suelo puesto que el relieve controla en alto grado el contenido y distribución de la materia orgánica (Encina et al., 1999). Así en pendientes elevadas la lluvia y el viento pueden tener un efecto agresivo removiendo vegetación dejando el suelo desnudo y expuesto a desarrollar alteraciones en la capacidad de infiltración y propiciando el escurrimiento superficial (Cotler et al., 2007).

4.1.3 Análisis de la Textura del Suelo

De acuerdo con el Instituto Espacial Ecuatoriano IEE (2013), se establece que la información relacionada con la textura del suelo posee diversos usos, tales como la clasificación de suelos, la evaluación y valoración de terrenos, y la determinación de su capacidad de uso, entre otros fines. La proporción del contenido de arena, limo y arcilla en determinado suelo otorga características particulares y ejerce influencia en la fertilidad y la capacidad de retención de agua, aireación y contenido de materia orgánica (FAO, 2016a). Así por ejemplo un alto porcentaje de arcilla dispersa en agua afecta a la infiltración y aumenta el riesgo a erosión, además, refleja la facilidad de compactación del suelo (Condé et al., 2012).

Por otra parte, López (2002) y Lee, (2017) mencionan que la textura del suelo es una de las características más importantes al evaluar la calidad del suelo, esta textura se determina a través de la composición o porcentaje de arena, limo y arcilla que contiene los suelos, influyendo en la capacidad de retención de agua y nutrientes y a su vez mantiene una relación con el coeficiente de escorrentía, mismo que depende de la impermeabilidad del suelo, cobertura vegetal y nivel de pendiente.

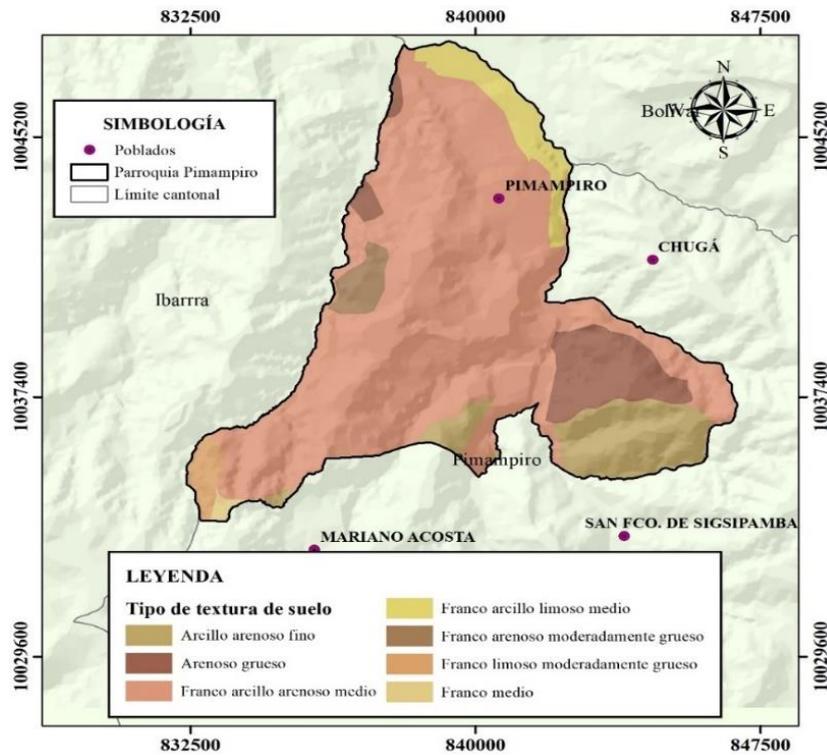
En el territorio de la parroquia Pimampiro se han identificado tres tipos de orden de suelos correspondientes a los entisoles, inceptisoles y molisoles. Los suelos de tipo entisoles se pueden encontrar en zonas de fuertes pendientes en general mayores de 40 a 70%, teniendo como principales características la erosión, pedregosidad, excesivos elementos gruesos, susceptibilidad a inundaciones y la saturación de agua permanente por lo que generalmente no son aptos para la agricultura (Villaseñor et al., 2015).

Por otra parte, los inceptisoles pueden ser aprovechados por el sector agrícola debido que poseen propiedades físicas y químicas muy variables que van desde suelos mal drenados a bien drenados, texturas de arenosas a arcillosas, pH de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos, con saturación de bases mayor o menor a 60% entre otros (A. Ramos, 2017). En cuanto a los molisoles se caracterizan por tener un horizonte superficial rico en materia orgánica y bases de cambio, de color oscuro y con excelentes propiedades físicas para favorecer el desarrollo radicular (SIGTIERRAS, 2010).

En función de la textura se identificaron siete tipos, con una predominancia de suelos franco arcillo arenoso medio que ocupan el 70.95% de la superficie del territorio de la parroquia (Tabla 6 y Figura 7).

Figura 8.

Tipos de textura de suelo en la parroquia Pimampiro.



Nota: Elaboración propia con base a datos obtenidos del SNI (2014).

En este sentido, la textura del suelo es una propiedad que se relaciona directamente con los procesos de degradación y potencial de producción del suelo, siendo esta característica esencial para determinar un manejo y una planificación agrícola adecuados para el suelo (Camacho et al., 2016).

De acuerdo con la textura del suelo, se originan diversas estructuras en relación con la porosidad y agregación, que pueden dar lugar a posibles alteraciones negativas como endurecimiento, aireación, capacidad de retención hídrica, permeabilidad, entre otros (Lacasta et al., 2005). Es importante considerar que los suelos de texturas más gruesas, al poseer mayor aireación, pueden ser más susceptibles a procesos de degradación. Por otro lado, el agua del suelo depende de la capacidad de este para almacenarla y aunque está dominada por las texturas, su distribución depende en gran medida de la estructura (Lacasta et al., 2006). Por lo tanto, el manejo del suelo será de vital importancia.

En cuanto a las áreas por tipos de texturas estas correspondieron a una mayor parte al tipo arenoso específicamente franco arenoso moderadamente grueso como se puede apreciar en la Tabla 7, donde de acuerdo con autores como Hossne et al. (2011) mencionan que estos suelos carecen de cohesión, siendo esta una de las propiedades que presentan los suelos respecto a la capacidad de mantener sus partículas unidas, a su vez los suelos francos arenosos que presentan abundancia de partículas en un rango de 10 a 100 micras de tamaño son más vulnerables a procesos de erosión eólica.

Tabla 7.

Clasificación de tipos de textura de suelo en la parroquia Pimampiro.

Suelo	Área (ha)	Porcentaje (%)
Franco limoso moderadamente grueso	162.21	1.77
Franco medio	42.19	0.46
Franco arcillo limoso medio	501.24	5.46
Franco arcillo arenoso medio	6 510.80	70.95
Franco arenoso moderadamente grueso	204.65	2.23
Arcillo arenoso fino	966.93	10.54
Arenoso grueso	788.52	8.59

Nota: En la presente tabla se muestra la clasificación de los diferentes tipos de textura con sus respectivos valores tanto en hectáreas como en porcentajes.

En la relación con la textura del suelo, autores como (La Corte, 2011), mencionan que los suelos de textura arenosa a pesar de ser suelos aptos para la absorción de lluvias intensas de corta duración, desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas son susceptibles a procesos de degradación y erosión. Esto sumado a condiciones de escaso desarrollo de cobertura vegetal y pendientes moderadas a fuertes, provoca que se presenten zonas con suelos sensibles a erosión.

4.1.4. Zonificación de Áreas Susceptibles a Degradación del Suelo

Mediante la combinación de las variables: 1 cobertura vegetal, 2 pendiente, 3 textura, antes analizadas se zonificó las áreas físicamente degradadas. Para el presente caso se seleccionó el área correspondiente a un rango de precipitación de 750 a 1000 mm, considerando la cobertura de cultivos (maíz, fréjol y tomate riñón),

rango de pendiente de 0 a 25% debido a que en este tipo de relieve se desarrolla en mayor medida las actividades de producción agrícola y por último la textura del suelo (suelos arenosos).

Tabla 8.

Determinación del Factor K y susceptibilidad a erosión.

Tipo de textura de suelo	mvfs (arena)	msilt (limo)	mc (arcilla)	M	Csoilstr	Cperm	OM	K USLE	Susceptibilidad a erosión
Arcillo arenoso fino	55	40	5	9025	1	3	3	0.58	Alta
Arenoso grueso	90	5	5	9025	3	1	1.5	0.69	Muy Alta
Franco arcillo arenoso medio	35	30	35	4225	3	3	3	0.29	Moderada
Franco arcillo limoso medio	10	55	35	4225	3	2	3	0.26	Moderada
Franco arenoso moderadamente grueso	65	10	25	5625	3	2	3	0.36	Alta
Franco limoso moderadamente grueso	20	15	65	1225	3	2	3	0.07	Baja
Franco medio	40	20	40	3600	3	2	3	0.22	Moderada

Nota: En la tabla se detallan cada uno de los valores correspondientes a los diferentes tipos de textura, con lo cual se obtiene el valor del factor K de erodabilidad.

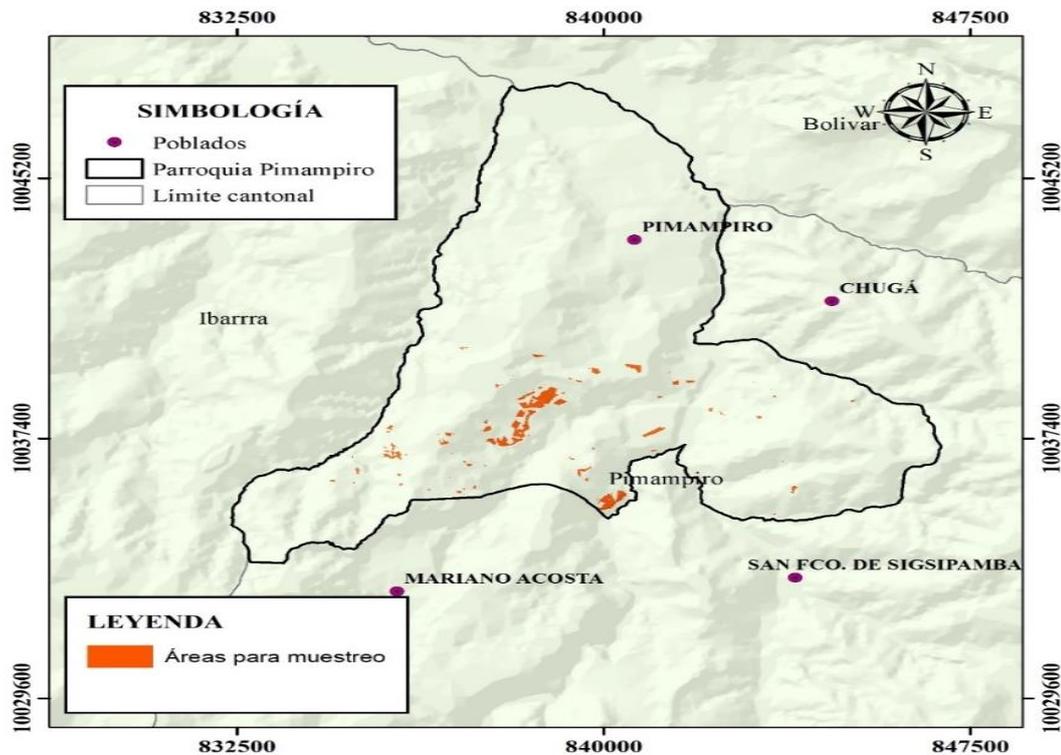
Se determinó el Factor K de erodabilidad correspondiente a cada tipo de textura de suelo y la susceptibilidad al proceso de erosión, destacando que los suelos arcillo arenoso, arenoso grueso y franco arenoso moderadamente grueso presentan una susceptibilidad alta con un valor K de 0.58, 0.69 y 0.36 respectivamente (Tabla 8).

Autores como Gisbet et al. (2012), mencionan que el factor K expresa la susceptibilidad del suelo a sufrir pérdidas de suelo por erosión, esto en función de características edáficas tales como textura, estructura, estabilidad de agregados, pedregosidad superficial, entre otros. Adicionalmente Velásquez et al. (2007) indican que la asociación de factores formadores del suelo, así como el desarrollo de las actividades antrópicas presentan una estrecha relación respecto de la degradación del suelo, ya sea por condiciones naturales o por la realización de malas prácticas de manejo del suelo.

Para la parroquia Pimampiro se ha establecido diferentes zonas degradadas, tomando en consideración las variables antes mencionadas, con una superficie total de 111 ha. (Figura 8).

Figura 9.

Zonificación de áreas para el muestreo de suelo.



Nota: En el presente gráfico se muestra la zonificación final de las áreas físicamente degradadas de la parroquia Pimampiro utilizando las variables antes descritas.

Autores como (Ramos et al. (2020) destacan que las diferentes variables para la identificación de zonas susceptibles a procesos de degradación del suelo corresponden principalmente a factores como: el relieve, característica de la cual depende la velocidad que alcanza la escorrentía superficial, el tipo de material parental o textura del recurso suelo donde principalmente influye la composición del suelo.

Así también es importante considerar las condiciones climáticas resaltando a la precipitación como un agente principal para la erosión, el tipo de vegetación y

condiciones de aprovechamiento del suelo, las propiedades físicas y químicas del suelo. En el caso de la parroquia Pimampiro se registran precipitaciones anuales entre 200 a 1000 mm, según varios autores se establece que el principal factor en la erosión causada por la precipitación es la intensidad de lluvia, correspondiente a la magnitud de acción que esta representa respecto a la cantidad de gotas, su fuerza de impacto e intervalo de tiempo (PDOT Pimampiro, 2019; Hernández et al., 2017; Palacio, 2018).

La acción del impacto de las gotas puede ocasionar alteraciones en la estructura del suelo a consecuencia del desplazamiento y aglomeración de las partículas, a su vez su acumulación genera un escurrimiento difuso constituido por una lámina de agua, la cual en entornos o suelos donde se ha superado la capacidad de infiltración y en relación con la cobertura vegetal y pendiente del terreno provoca el arrastre de partículas o elementos aglomerados adquiriendo un poder erosivo (Palacio, 2018).

Por otra parte, Segarra (2014) expresa la importancia de la identificación y/o zonificación de áreas susceptibles a la degradación del suelo, esto en escenarios donde se da un uso intensivo o inadecuado del recurso. Además, señalan que se debe considerar las zonas áridas o subhúmedas secas donde la problemática de desertificación es más acelerada, en razón de que la capacidad de recuperación del suelo en estos climas es aún más lenta y compleja. Esto se explica principalmente porque la falta de agua no favorece el rápido crecimiento de plantas y microorganismos que ayuden al suelo a recuperar sus características iniciales o mantener las ya deficientes.

En el caso de Ecuador se ha podido establecer que las áreas susceptibles a procesos de degradación de la tierra principalmente podrían estar asociadas a las zonas intervenidas o de uso antrópico que corresponde al 43% de la superficie continental del país (MAE, 2000). Esto debido a los diferentes tipos de erosión, actividades antrópicas relacionadas con las actividades agropecuarias, explotación de recursos, pérdida de la cobertura vegetal, lo que a su vez genera la disminución de la capacidad bio-productiva del suelo y el deterioro de las condiciones de vida de los ecosistemas (Morales, 2010).

En el territorio continental de Ecuador, se ubican áreas que presentan una alta vulnerabilidad a la desertificación, cubriendo aproximadamente 5.718.646 hectáreas, es decir, el 22,9% del territorio nacional. Estas zonas propensas a la desertificación se localizan principalmente en las zonas costeras centrales de Esmeraldas, gran parte de la franja costera de Manabí, Guayas, Santa Elena y El Oro. También se localizan en los valles interandinos y páramos de la gran parte de las provincias de la Sierra (Segarra, 2014).

En este contexto, estudios realizados en Pimampiro muestran que la degradación del suelo ha aumentado a consecuencia de los factores antrópicos, siendo principalmente la expansión de la frontera agrícola y urbana lo que afecta a la calidad del suelo, donde de acuerdo con los planes de ordenamiento establecidos en el cantón Pimampiro se establecen cambios significativos en el uso del suelo como consecuencia del crecimiento demográfico, escenario que supone una mayor demanda de bienes y servicios y por ende presión en los recursos naturales (PDOT Pimampiro, 2019).

Por otra parte, con el establecimiento de las áreas susceptibles a degradación física del suelo y con base en la información proporcionada por el IEE, (2018) se identificó las diferentes clases agroecológicas y aptitudes del suelo, considerando sus limitaciones y características benéficas para el crecimiento de las plantas. (Tabla 9).

Tabla 9.*Descripción de las clases agrológicas del suelo.*

Limitaciones	Clases agroecológicas	Descripción	Área (ha)	Aptitud
Limitaciones ligeras	Clase II	<ul style="list-style-type: none"> • Terrenos que presentan limitaciones menores o que cuentan con prácticas moderadas de conservación. • Pendientes suaves de 2 a 5% • Suelos moderadamente profundos de 50 a 100cm • Textura: Franco arcillo arenoso medio 	7	
	Clase III	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de suelo idóneas para cultivos permanentes que necesitan la adopción de medidas de conservación específicas. • Terrenos con pendientes suaves que van desde el 5 al 12% • Suelos moderadamente profundos de 50 a 100cm • Textura: Franco arcillo arenoso medio 	11	Apto para el sistema de labranza
Limitaciones moderadas	Clase IV	<ul style="list-style-type: none"> • Suelos con limitaciones significativas pero que pueden ser cultivados mediante el uso de técnicas de manejo intensivo. • Pendientes suaves de 12 a 25 • Suelos moderadamente profundos de 50 a 100cm • Textura: Franco arcillo arenoso medio; Franco arcillo arenoso fino 	68	
Limitaciones fuertes a muy fuertes	Clase V	<ul style="list-style-type: none"> • Terrenos con limitaciones significativas de humedad que no permiten el cultivo, pero que son adecuados para el establecimiento de pastizales. • Pendientes suaves de 5 a 12% • Suelos poco profundos de 20 a 50cm • Textura: Franco arcillo arenoso medio; Franco arenoso moderadamente grueso; Arenoso grueso; Arcillo arenoso fino 	25	Apto para el sistema de labranza con limitaciones

Nota: En la tabla se muestra la descripción específica de cada una de las clases agroecológicas con sus respectivas actitudes.

Las variables que influyen en la preservación del suelo se relacionan directamente con la degradación y la desertificación de la tierra provocada por el uso inadecuado del ser humano (Acosta, 2019). Por lo tanto, es importante la

clasificación agroecológica para determinar el potencial agropecuario de los suelos, basado principalmente análisis de sus características morfológicas, propiedades físicas, químicas y de otros factores extrínsecos como el relieve, el clima y las características hidrológicas (IGAC, 2000). De esta manera caracterizar los suelos del área de estudio fue posible determinar el uso potencial y mediante el uso actual se identificaron conflictos de uso.

4.2 Determinación de Propiedades Físicas del Suelo en la Parroquia

Pimampiro

A continuación, se detallan las propiedades físicas evaluadas en laboratorio y campo del total de 27 muestras tomadas en diferentes puntos de la parroquia Pimampiro, en suelos destinados a cultivos de: tomate riñón (CT), fréjol (CF) y maíz (CM).

4.2.1 Porosidad Total y Compactación

Los datos del cálculo de la densidad aparente para las 27 muestras de suelo analizadas muestran que existe un promedio de 1.24 g/cm^3 , destacando valores máximos de 1.55 g/cm^3 correspondiente a la muestra CM19 y 1.04 g/cm^3 como mínimo en la muestra CT6 (Tabla 10). Autores como Antúnez et al. (2015), señalan que los valores de la Da varían de acuerdo con el tipo de textura de suelo, es así como los tipos de suelos identificados a través del análisis de muestras en laboratorio correspondientes a suelos franco-arenosos y francos, el valor de densidad es de 1.5 y 1.4 g/cm^3 . Organizaciones como la FAO, (2016b), destacan a la Da como una variable o parámetro importante a tener en cuenta durante la evaluación de la calidad del suelo, además de que valores altos de Da suponen un entorno desfavorable para el desarrollo y crecimiento radicular, como consecuencia de los bajos niveles de aireación e infiltración de agua al suelo.

Tomando en consideración lo mencionado anteriormente respecto al crecimiento de las raíces en el suelo, se determinó que en la zona de estudio el desarrollo de las raíces para los cultivos de tomate se presenta en un rango de 20 a 25 cm, mientras que para los cultivos de fréjol y maíz se observan raíces en un

rango de 18 a 20 cm de profundidad (Tabla 10), esto evidencia que ante el aumento de la Da se reduce la capacidad que tienen las raíces de crecer en el suelo y supone una reducción en la porosidad del suelo frente al incremento de la compactación.

Tabla 10.

Variables relacionadas con la porosidad total y compactación del suelo en la parroquia Pimampiro.

Muestra	Clase Textural	Densidad Real (g/cm ³)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Porosidad Total (%)	Materia Orgánica (%)	Profundidad Efectiva (cm)
CT1	Franco Arenoso	2,27	1,04	54,18	3,17	21
CT2	Franco Arenoso	2,24	1,14	49,06	2,33	24,7
CT3	Franco Arenoso	2,30	1,19	48,12	1,42	20
CT4	Franco	2,29	1,13	50,52	1,34	22,5
CT5	Franco Arenoso	2,45	1,06	56,89	1,22	23
CT6	Franco Arenoso	2,45	1,27	57,53	0,89	20
CT7	Franco Arenoso	2,43	1,16	52,23	1,00	21,5
CT8	Franco	2,32	1,18	55,28	3,05	20
CT9	Franco	2,33	1,04	55,16	3,12	25
CF10	Franco Arenoso	2,33	1,16	50,29	4,18	21
CF11	Franco Arenoso	2,34	1,26	46,15	3,93	18,6
CF12	Franco Arenoso	2,39	1,21	49,33	2,76	20
CF13	Franco Arenoso	2,32	1,17	49,56	2,95	18,2
CF14	Franco	2,19	1,24	43,32	1,48	18
CF15	Franco Arenoso	2,10	1,15	45,07	1,24	18
CF16	Franco Arenoso	2,24	1,14	49,06	1,79	19
CF17	Franco	2,17	1,25	42,36	1,89	19,5
CF18	Franco Arenoso	2,45	1,19	51,49	1,48	20
CM19	Franco	2,49	1,55	37,63	1,98	18
CM20	Franco	2,58	1,46	43,25	1,73	19,2
CM21	Franco Arenoso	2,17	1,51	30,5	1,51	20
CM22	Franco	2,19	1,51	30,85	1,41	18,7
CM23	Franco	2,13	1,52	28,73	1,43	19,4
CM24	Franco	2,14	1,47	31,46	1,42	18,5
CM25	Franco	2,37	1,3	45,08	1,97	18,8

Muestra	Clase Textural	Densidad Real (g/cm³)	Densidad Aparente (g/cm³)	Porosidad Total (%)	Materia Orgánica (%)	Profundidad Efectiva (cm)
CM26	Franco	2,11	1,16	45,26	2,33	20
CM27	Franco	2,23	1,22	45,41	1,11	19,8
Promedio		2.30	1.24	45.84	2.00	20.14

Nota: Tabla de elaborada por los autores.

La aplicación de la prueba Tukey evidenció que los valores de la Da fueron significativos para los cultivos de maíz, donde se obtuvo un valor p de 0.002 y 0.001 en el análisis para suelo húmedo y seco respectivamente. Adicionalmente respecto a los valores de la varianza para todos los casos analizados no se aprecia variaciones entre los resultados de densidad entre cada tipo de muestra por tipo de cultivo.

Autores como Antúnez et al. (2015), señalan que los valores de la Da varían de acuerdo con el tipo de textura de suelo, es así como los tipos de suelos identificados a través del análisis de muestras en laboratorio correspondientes a suelos franco-arenosos y francos, el valor de densidad es de 1.5 y 1.4 g/cm³. Organizaciones como la FAO, (2016b), destacan a la Da como una variable o parámetro importante a tener en cuenta durante la evaluación de la calidad del suelo, además de que valores altos de Da suponen un entorno desfavorable para el desarrollo y crecimiento radicular, como consecuencia de los bajos niveles de aireación e infiltración de agua al suelo.

Tomando en consideración lo mencionado anteriormente respecto al crecimiento de las raíces en el suelo, se determinó que en la zona de estudio el desarrollo de las raíces para los cultivos de tomate se presenta en un rango de 20 a 25 cm, mientras que para los cultivos de fréjol y maíz se observan raíces en un rango de 18 a 20 cm de profundidad (Tabla 9), esto evidencia que ante el aumento de la Da se reduce la capacidad que tienen las raíces de crecer en el suelo y supone una reducción en la porosidad del suelo frente al incremento de la compactación.

Un estudio llevado a cabo por Ramazan et al. (2007) sobre un suelo franco arcilloso, evidenció que en las áreas con mayor Da (1.70 g/cm³) se presentó un valor menor respecto a la longitud de las raíces, así como también un bajo rendimiento y calidad de suelo por unidad de superficie. A su vez Duruoha et al. (2007), en su

estudio llevado a cabo en Alabama sobre una zona con textura de suelo franco arenoso, comparó la incidencia de tres valores de D_a correspondientes a 1.2, 1.4 y 1.6 g/cm³, respecto al crecimiento radicular en el cultivo de maíz, comprobando la estrecha relación entre estas dos variables, de esta forma se comprobó que una mayor densidad aparente (1.6 g/cm³) dificulta el desarrollo normal de las raíces.

La prueba de Tukey al 5% para la variable de clasificación cultivo, determinó que no hay diferencias significativas, lo cual se explica por la resistencia de la densidad real del suelo a sufrir cambios fácilmente. Los valores obtenidos oscilan entre 2.10 y 2.58 g/cm³, con una densidad real promedio de 2.30 g/cm³ (Tabla 9). Según Rodríguez-Fuentes y Rodríguez-Absi (2011), la densidad real del suelo está directamente relacionada con sus componentes, presentando valores superiores a 2 g/cm³ en suelos minerales y alrededor de 1.5 g/cm³ en suelos orgánicos. De igual manera Recalde (2017), en su estudio se obtuvo también la falta de significancia en la densidad real a una profundidad de 0 a 20cm, con valores que variaron entre 2,07 y 2,57 g/cm³ y un coeficiente de variación de 5.96%, indicando una baja dispersión entre los datos obtenidos.

Por otra parte, el análisis y cálculo de la porosidad del suelo llevó a cabo mediante la relación entre la densidad aparente (D_a) y la densidad real (D_r), entre muestras de suelo seco, se obtuvo un valor promedio de porosidad total de 45.84% entre las 27 muestras, destacando que para el cultivo de maíz se presenta una menor porosidad con un valor de 37.58%, para los cultivos de fréjol el valor de porosidad promedio es de 47.40, mientras que para el tomate el valor es de 52.53% (Tabla 9).

Antúnez et al. (2015), menciona que la porosidad es el factor que condiciona la capacidad de aire y/o aireación en el suelo, de este modo al existir una menor porosidad se reduce la capacidad que tiene el suelo para contener aire y agua. En este sentido también se menciona que la porosidad del suelo generalmente se encuentra en un rango de 30 a 60%, por tanto, en comparación con los valores obtenidos en las muestras analizadas se tiene suelos no compactados, únicamente una de las muestras de suelo para el cultivo de maíz fue menor a este rango con un valor de 28%.

Por su parte la FAO (2016b) señala que los niveles normales en la composición de los suelos están dados por un 50% de material sólido y el 50% restante corresponde al espacio poroso por el cual circulan los nutrientes, agua y aire necesarios para el desarrollo de las plantas, es por tanto que la alteración del espacio poroso afecta a la fertilidad y estructura del suelo.

Por otra parte, autores como Domínguez et al. (2018), mencionan que la compactación del suelo a consecuencia de los bajos niveles de porosidad, se establece como una de las principales causas de la degradación de los suelos destinados para las actividades de producción agrícola, esta degradación ocasiona la alteración de la estructura del suelo, cambios en las propiedades físicas, limita el normal desarrollo de las raíces de los cultivos, y a su vez favorece al surgimiento de procesos de erosión y encostramiento de la capa superficial del suelo. La compactación del suelo puede variar en torno a la composición textural o tipo de suelo.

A partir de los resultados obtenidos a través del análisis de laboratorio se observan diferentes rangos en cuanto al porcentaje de materia orgánica, del total de 27 muestras de suelo realizadas es de un valor promedio de 2%, valor que indica que existe un porcentaje medio de materia orgánica, esto haciendo referencia a los porcentajes estandarizados para la región Sierra por parte del laboratorio de AGROCALIDAD. A su vez análisis enfocado en los tres tipos cultivos mostró que la cantidad de materia orgánica en los cultivos de tomate fue de 1.95%, en el caso de los suelos destinados para el cultivo de fréjol presentaron un valor mayor con un promedio de 2.41%, mientras que para el maíz se evidenció un menor valor correspondiente al 1.65% (Tabla 10).

De acuerdo con el análisis de varianza se constata la presencia de suelos con un porcentaje de materia orgánica muy por encima del valor promedio, esto se ve reflejado en los cultivos de tomate y fréjol, donde se aprecia que varias muestras de suelo contienen un porcentaje superior a 3% lo que significa que en la parroquia Pimampiro se dispone de suelos ricos en materia orgánica (Tabla 10). Adicionalmente a través de la prueba Tukey se conoció que no existentes

diferencias significativas entre las medias al presentarse un valor p de 0.1990 siendo este mayor a 0.05.

La concentración o porcentaje de materia orgánica en el suelo depende de diversos factores tales como: la velocidad de oxidación química, descomposición e incorporación de nuevos restos orgánicos al suelo, aireación, humedad, condiciones climatológicas y textura del suelo (Julca et al., 2006). Considerando esto último, en las muestras de suelo analizadas se presenta una predominancia de suelos francos, donde de acuerdo con Pineda (2022), señala que este tipo de suelos poseen la característica de ser ricos en materia orgánica, condición que favorece a la productividad agrícola gracias a la fertilidad de estos, enunciado que corrobora los porcentajes observados en análisis de muestras de la presente investigación, teniendo niveles medianos a altos de materia orgánica en el suelo.

Autores como Ruiz et al. (2005) mencionan que los aportes de abonos verdes y/o los residuos (biomasa) de los cultivos contribuyen al incremento del porcentaje de materia orgánica y a su vez incrementa la población microbiana en el suelo. De acuerdo con Trinidad y Velasco (2016), argumentan que la utilización regular de abonos orgánicos en suelos agrícolas resulta en un incremento progresivo del contenido de materia orgánica a lo largo del tiempo.

4.2.2 Retención de Agua

A continuación, se presentan las 27 muestras de suelo en los cultivos de tomate, fréjol y maíz, las variables analizadas respecto a la capacidad de retención de agua en el suelo: clase de textura, capacidad de campo, punto de marchitez, agua aprovechable.

Tabla 11.

Evaluación de la capacidad de retención de agua para los suelos de la parroquia Pimampiro.

Muestra	Clase Textura	Capacidad de Campo (%)	Punto de Marchitez (%)	Agua Aprovechable (%)
CT1	Franco Arenoso	25.13	13.66	11.47
CT2	Franco Arenoso	24.25	13.18	11.07
CT3	Franco Arenoso	23.20	12.61	10.59
CT4	Franco	24.16	13.13	11.03
CT5	Franco Arenoso	17.96	9.76	8.20
CT6	Franco Arenoso	16.99	9.23	7.76
CT7	Franco Arenoso	15.89	8.64	7.25
CT8	Franco	21.31	11.58	9.73
CT9	Franco	20.62	11.20	9.41
CF10	Franco Arenoso	20.59	11.19	9.40
CF11	Franco Arenoso	18.99	10.32	8.67
CF12	Franco Arenoso	18.90	10.27	8.63
CF13	Franco Arenoso	19.34	10.51	8.83
CF14	Franco	23.93	13.01	10.93
CF15	Franco Arenoso	23.74	12.90	10.84
CF16	Franco Arenoso	23.84	12.96	10.88
CF17	Franco	23.17	12.59	10.58
CF18	Franco Arenoso	18.03	9.80	8.23
CM19	Franco	21.75	13.99	8.76
CM20	Franco	18.17	10.05	8.12
CM21	Franco Arenoso	18.94	9.01	9.93
CM22	Franco	15.40	8.97	7.57
CM23	Franco	20.80	13.11	7.69
CM24	Franco	17.33	8.39	9.93
CM25	Franco	19.88	12.33	7.55
CM26	Franco	16.90	7.62	9.28
CM27	Franco	18.69	10.14	8.55

Nota: Tabla elaborada por los autores.

Los resultados obtenidos a través del análisis de laboratorio muestran que el porcentaje del punto de marchitez del total de 27 muestras de suelo realizadas es de un valor promedio de 12.56%. En este sentido considerando el punto de marchitez por cultivo se tuvo un valor promedio de 14.73% para el cultivo de tomate, 11.51% en las muestras de suelo para cultivos de fréjol y finalmente en los suelos destinados para cultivar maíz el porcentaje de punto de marchitez medio fue de 11.44%. (Tabla 11).

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5% considerando cada uno de los porcentajes del punto de marchitez por tipo de cultivo se identificaron que los valores correspondientes a las muestras de suelos de cultivos de maíz fueron significativos con un valor p de 0.002, adicionalmente respecto al cálculo de la varianza se aprecia una mayor diferencia en los valores para las muestras de este tipo de cultivos.

De acuerdo con los valores obtenidos del porcentaje de punto de marchitez, el cual indica el porcentaje de agua que retiene el suelo y no puede ser absorbido por las plantas, en los tres tipos de cultivos son bajos, por ende, los cultivos no se ven afectados por esta variable. Según Tamara y Hernández (2016), mencionan que los valores correspondientes al punto de marchitez dependen de factores como: la conductividad hidráulica y las condiciones climáticas de la región de donde se analice la muestra de suelo, a su vez destaca que estos valores son constantes para un determinado tipo de suelo, ya que el resultado del porcentaje está condicionado por el tipo de cultivo presente en el suelo.

Ante esto último, autores como Weil y Brady (2017), sugieren que, en los suelos con una mayor concentración de arcilla, los valores del punto de marchitez suelen ser más altos, lo que resulta en una mayor capacidad de retención de agua en el suelo. Oszust et al. (2010), también mencionan que altos contenidos de arcilla confieren características específicas respecto a la humedad y secado en el suelo, como resultado de la interacción coloidal con el agua, y añaden que la capacidad de retención de agua por el suelo depende de otras variables o factores como: porosidad (tamaño y distribución), estructura del suelo, y contenido de materia orgánica.

Los resultados del análisis de muestras de suelo revelaron que el valor promedio de la capacidad de campo es de 23,11%, lo cual representa la cantidad de agua presente en el suelo después de haber sido drenado y alcanzar un estado de saturación. Al realizar la prueba de Tukey, se encontró una diferencia significativa en los datos obtenidos de las muestras de suelo entre los cultivos de maíz (valor $p:0.0388$) y los cultivos de tomate y frejol. Esto indica que la capacidad de campo varía entre los cultivos y que el suelo de los cultivos de maíz muestra un comportamiento diferente en términos de retención de agua en comparación con los cultivos de tomate y frejol.

Con respecto a lo mencionado anteriormente se puede evidenciar que el valor promedio del porcentaje de la capacidad de campo es mayor en las muestras de suelo del cultivo de tomate con un valor de 25.11%, donde se destacan los valores más altos respecto al total de 27 muestras tomadas, a diferencia de las muestras tomadas en los cultivos de tomate y fréjol que se sitúan con un valor no mayor al 23% (Tabla 11).

Factores como la intensificación de las actividades agrícolas, las malas prácticas de laboreo y el uso de productos agroquímicos, añadido a la pérdida de cobertura vegetal provocan el deterioro de las propiedades físicas del suelo, así como también la disminución del nivel de productividad (Pirrera y Ferrara, 2017). Autores como (Poca et al.,2018) añaden que el pastoreo y los incendios forestales son moduladores fuertes del paisaje, mismos que influyen en la cobertura vegetal y alteran las propiedades fisicoquímicas de los ecosistemas edáficos.

En este contexto es importante destacar el papel que cumple la materia orgánica del suelo, la cual influye con la capacidad de campo del suelo, humedad, conservación de su estructura, de igual manera posibilita un mejor desarrollo de las raíces del suelo, el intercambio catiónico y el equilibrio de los nutrientes del suelo (Gutiérrez et al., 2011).

Los cambios en el paisaje como consecuencia de los factores descritos anteriormente generan una disminución en la cobertura vegetal, por ende, disminuye la producción y el ingreso de materia orgánica al suelo, a su vez la

compactación provocada por las actividades de pastoreo a causa del aumento de la densidad aparente del suelo, mientras que la capacidad de retención y/o almacenamiento de agua (capacidad de campo) se ve reducida (Altesor et al., 2006). Beven y Germann, (2013) concuerdan en que los disturbios en el paisaje al alterar los patrones de cobertura vegetal y las propiedades físicas y químicas del suelo afectan directamente a las tasas de infiltración, profundidad del suelo, disminuyendo la capacidad para almacenar agua.

4.2.3 Estructura y Consistencia del Suelo

Los suelos estudiados en los cultivos de tomate, fréjol y maíz de la parroquia de Pimampiro presentan estructura granular. Esto es frecuente en suelos que han sido cultivados y que presentan texturas medias como franco y franco arenoso (Ciancaglini, 2010). Los suelos con cultivos de tomate mostraron buena condición estructural, se observó una adecuada distribución de partículas medianas y pequeñas con una estructura migajosa con predominio de agregados finos y sin presencia significativa de terrones. Mientras que los suelos con cultivos de fréjol presentaron una condición moderada debido a la presencia de terrones con partículas medianas, pequeñas y finas, en una proporción 50% de agregados densos, firmes y de agregados friables, finos. Por otra parte, en cultivos de maíz existió predominio de agregados con muy pocas partículas medianas y finas, con una estructura dominada por bloques grandes gruesos y angulares, subangulares, con muy pocos agregados finos, presentando así una condición pobre.

En este sentido, la estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento y almacenamiento del agua, la disminución de la temperatura, la movilización de nutrientes, el desarrollo radicular y la resistencia a la erosión (Valdivia et al., 2019). Se observó que los suelos de los cultivos estudiados presentaron condiciones de estructura diferente. Al respecto Díaz et al. (2004), establece que los cambios producidos en la estabilidad de la estructura pueden tener lugar en respuesta a cambios debidos al uso y manejo de los suelos y además como producto de cambios en la cantidad de materia orgánica. Por lo tanto, se podría inferir que debido al efecto del tipo de labores agrícolas se degrada la forma del suelo y puede llegar a un sellamiento de los suelos.

La consistencia define la resistencia del suelo a la deformación o ruptura que pueden aplicar sobre él (Jaramillo, 2002). Se observó que en los cultivos de tomate el suelo se fragmenta con facilidad bajo una presión leve a moderada, determinando una consistencia friable. En cultivos de maíz se obtuvo una consistencia muy firme es decir el suelo experimento una desintegración significativa bajo una presión intensa, sin embargo, apenas se demoró al ser sometido a una leve presión entre el pulgar e índice. En el caso del frejol, el suelo se desmenuzo bajo una presión modera, mostrando cierta resistencia, resultando una consistencia firme. Además, se determinó la adhesividad y plasticidad. Los resultados del ensayo de campo sobre la adhesividad mostraron que en los suelos de cultivos de tomate fue ligeramente adherente, en los cultivos de fréjol fue adherente y en los cultivos de maíz no adherente. De la misma manera, se observó la plasticidad, en los cultivos de tomate y maíz fue ligeramente plástico y en los cultivos de fréjol los suelos fueron no plásticos.

4.2.4 Infiltración

Los valores de la velocidad de infiltración registrados para los 27 puntos de muestreo indican que la muestra CT10 registró la mayor velocidad de infiltración (2.20 cm/h), mientras que la menor velocidad (0.78 cm/h) se registró en la muestra CM26 (Tabla 12). En cuanto a la textura de los suelos correspondientes a suelos francos arenosos los valores se encontraron entre 2.20 a 2.45 cm/h y suelos franco de 0.87 a 2.12 cm/h. En general, la infiltración fue moderadamente rápida, esto podría atribuirse a que su estructura es alterada constantemente debido al cambio de cobertura vegetal para implementar los cultivos de arveja, fréjol, maíz, hortalizas entre otros y solo en determinadas épocas del año se encuentran en descanso.

Tabla 12.*Velocidad de Infiltración del suelo en cultivos de tomate, fréjol y maíz.*

Muestra	%			Clase Textural	Densidad Aparente (g/cm ³)	Velocidad de Infiltración (cm/h)
	Arena	Limo	Arcilla			
CT1	54	34	12	Franco Arenoso	1.04	2.10
CT2	54	32	14	Franco Arenoso	1.14	2.04
CT3	60	22	14	Franco Arenoso	1.19	1.85
CT4	50	34	16	Franco	1.13	2.12
CT5	52	32	16	Franco Arenoso	1.06	2
CT6	54	32	14	Franco Arenoso	1.18	1.79
CT7	52	32	16	Franco Arenoso	1.16	2.20
CT8	40	44	16	Franco	1.04	1.80
CT9	38	40	22	Franco	1.04	1.94
CF10	58	30	12	Franco Arenoso	1.16	1.40
CF11	58	28	14	Franco Arenoso	1.26	1.70
CF12	56	30	14	Franco Arenoso	1.21	2.14
CF13	56	30	14	Franco Arenoso	1.17	1.90
CF14	48	36	16	Franco	1.24	1.30
CF15	54	34	12	Franco Arenoso	1.15	1.54
CF16	54	32	14	Franco Arenoso	1.14	1.83
CF17	46	36	18	Franco	1.25	1.37
CF18	54	32	14	Franco Arenoso	1.19	2.10
CM19	44	36	20	Franco	1.55	1.04
CM20	48	34	18	Franco	1.46	1.15
CM21	52	34	14	Franco Arenoso	1.51	1.45
CM22	48	34	18	Franco	1.51	1.24
CM23	48	36	16	Franco	1.52	0.90
CM24	48	32	20	Franco	1.47	0.78
CM25	46	32	22	Franco	1.3	1.10
CM26	48	32	20	Franco	1.16	0.87
CM27	38	40	22	Franco	1.22	1.02

Nota: Tabla elaborada por los autores.

Por otra parte, se observó que la infiltración está relacionada directamente con los contenidos de limo e inversamente con los de arcilla. Al respecto Gómez et al. (2014) en su estudio “Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas”, registraron un comportamiento similar entre la infiltración y los contenidos de limo y arcilla en tierras agrícolas observando que las áreas de mayor infiltración corresponden a

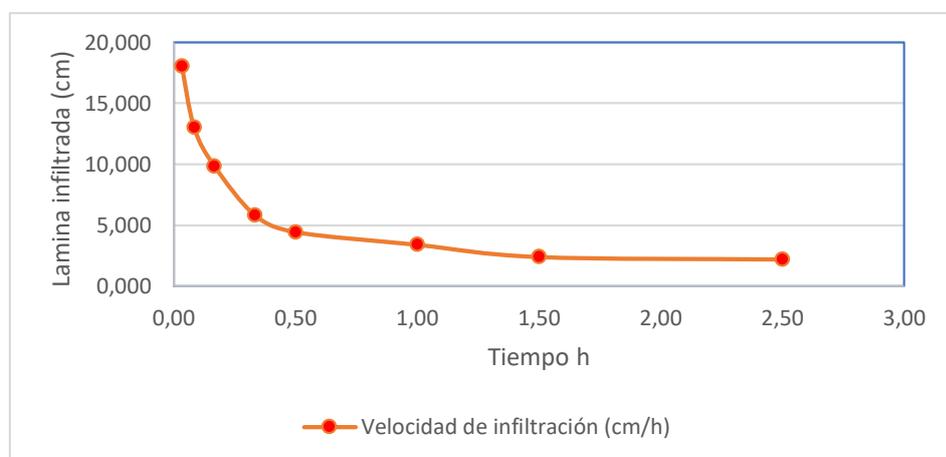
zonas de mayor contenido de limo y menor contenido de arcilla. Conocer el comportamiento del agua en el suelo es fundamental para una adecuada utilización en agricultura y para una mejor gestión del ambiente debido a que el comportamiento físico del suelo está controlado por la cantidad de agua que posee, influyendo sobre la consistencia, resistencia mecánica a la penetración, capacidad de infiltración y almacenamiento, temperatura, entre otros (FAO, 2020).

La velocidad de infiltración es el proceso que define la entrada y el movimiento en general vertical del agua a través de la superficie del suelo en una unidad de tiempo definida (cm/h) (Cerde, 1996). Al determinar la infiltración en campo, se observó que la velocidad de infiltración mostró la misma tendencia (Figura 9), en todos los casos. En este sentido Hernández et al. (2008), señala que la velocidad con la que el agua penetra en el suelo es generalmente elevada al inicio de la infiltración debido a que el gradiente matricial de succión al principio es elevado en las capas superficiales en particular cuando el suelo está seco, y esta velocidad tiende a decrecer a medida que transcurre el tiempo.

Figura 10.

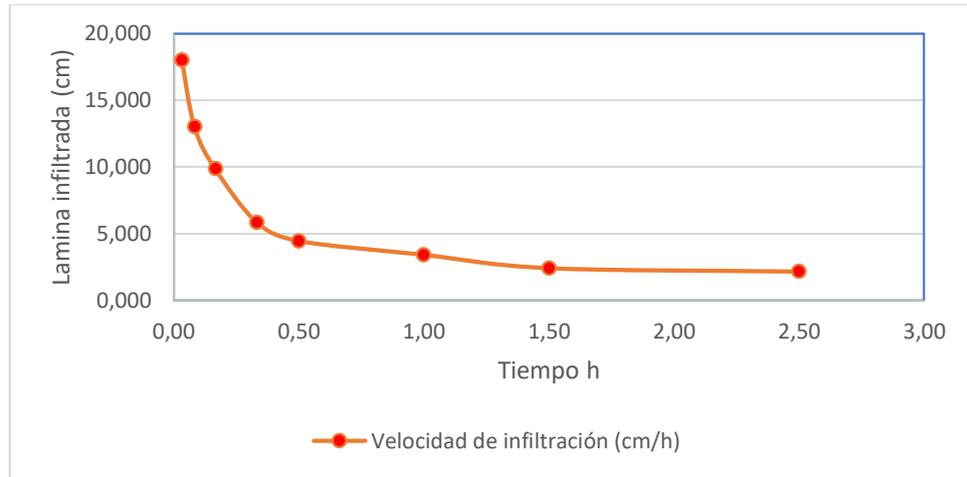
Velocidad de Infiltración en cm/hora en suelos con diferentes cultivos A) Cultivo de tomate. B) Cultivo de fréjol. C) Cultivo de maíz.

A) Tomate



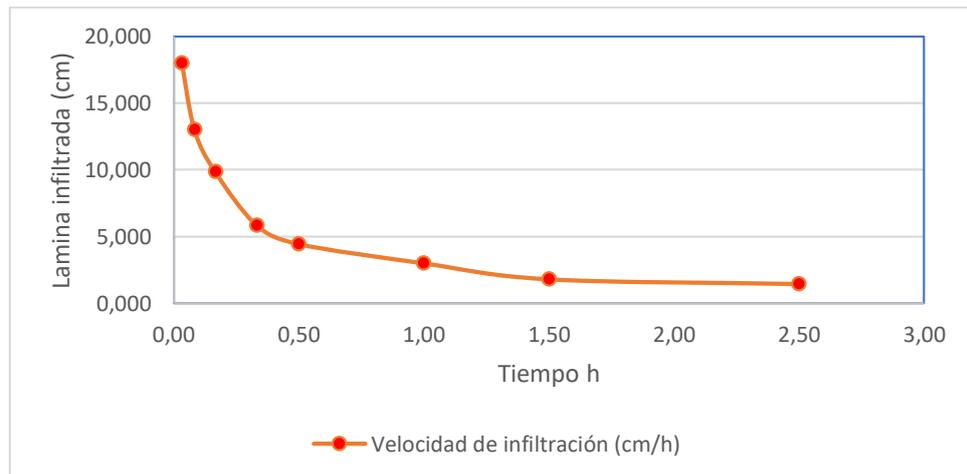
El *Nota*: La gráfica representa la curva de velocidad de infiltración en el cultivo de tomate.

B) Fréjol



Nota: La gràfica representa la curva de velocidad de infiltraciòn en el cultivo de fréjol.

C) Maíz



Nota: La gràfica representa la curva de velocidad de infiltraciòn en el cultivo de maíz.

Los suelos de los ecosistemas agrícolas estudiados mostraron una infiltración moderadamente rápida debido a que su estructura ha sido alterada representativamente, por el uso del suelo para cultivos. Al respecto Calvache (2010), expresa también que el tipo de textura influye de forma directa en las tasas óptimas de velocidad de infiltración estabilizada, que en suelos francos y franco

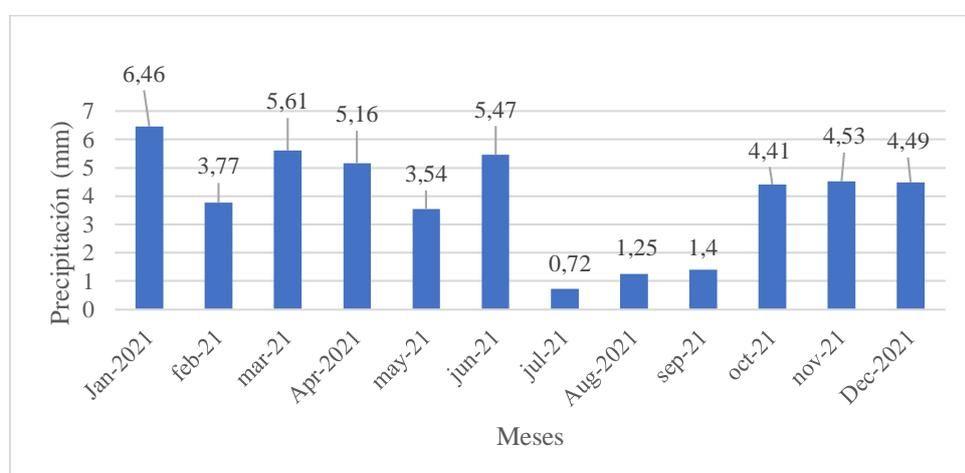
arenosos se encuentran entre 20 y 30 mm/hora, esto es a 2 o 3 cm/hora, cifra que fue corroborado mediante el presente estudio. Según Gómez et al. (2014), el contenido de humedad del suelo regula el tiempo para alcanzar la tasa de infiltración básica, es decir, a mayor contenido de humedad, se necesita mayor tiempo para alcanzar la infiltración básica.

Por otra parte, la precipitación tiene un pape importante en el análisis de los datos de infiltración. Si los mm de agua infiltrados en el suelo es menor a la cantidad de agua precipitada, puede ocasionar escorrentía en pendiente prominentes superiores a 50%, o encharcarse en suelos con poca pendiente. Del mismo modo, tal como señala (Srinivasan y Poongothai,2014), cuanto menor sea el contenido inicial de humedad del suelo, la tasa de infiltración instantánea será más alta.

En la figura 10 observamos que en los meses julio y agosto del 2021, tiempo que se tomaron los datos de infiltración son los meses más bajos del año en cuanto al promedio de precipitación (mm). En estas epocas los cultivos no serían afectados por la posibilidad de existir escorrentia en el suelo, excepto si estuvieran compactados. Pues el agua se infiltraría con mayor velocidad, sobre todo al inicio, dada la textura franco y franco-arenosa que tienen los suelos de cultivo.

Figura 11.

Anuario Meteorológico de precipitación de la Parroquia Pimampiro.



Nota: En la figura se muestra los niveles de precipitación de cada uno de los meses. Fuente: Nasa Power, 2023.

4.3 Cuantificación de la Degradación Física del Suelo en la Parroquia

Pimampiro

De acuerdo con el análisis de muestras y por consiguiente con los valores obtenidos para las propiedades físicas del suelo (compactación, porosidad, retención de agua, estructura del suelo, infiltración y cantidad de materia orgánica), la aplicación del ANOVA mostró la relación entre las propiedades físicas del suelo. Mientras para la variable densidad real que es la relación entre la masa del suelo y el volumen de sólidos no se encontró diferencias significativas entre los valores obtenidos para los diferentes cultivos, para las demás variables se determinó diferencias significativas con $p < 0.05$, por lo cual se probó la hipótesis alternativa (Tabla 13). Esto significa que las propiedades del suelo fueron estadísticamente diferentes para los cultivos y suelos estudiados.

Tabla 13.

Variables físicas analizadas a través de ANOVA.

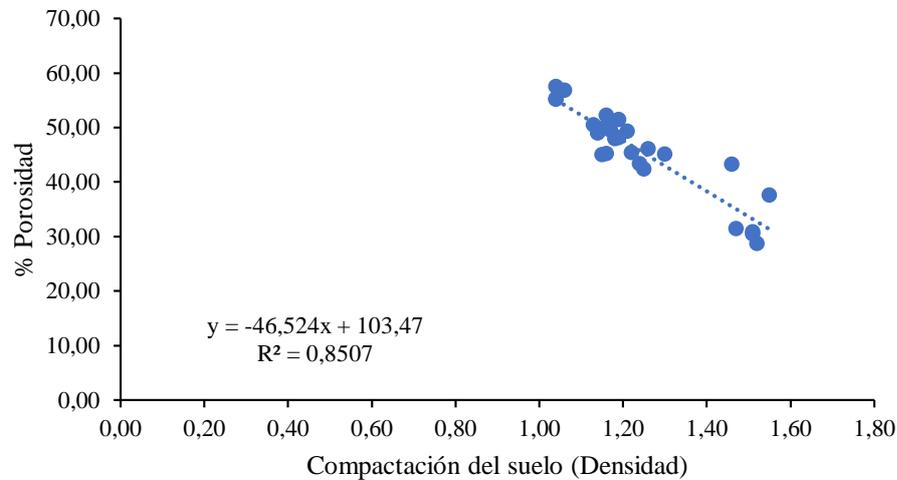
Variables	Tomate	Fréjol	Maíz	Valoración de significancia	
Da (g/cm ³)	1.11	1.20	1.41	0.0001	S
Dr (g/cm ³)	2.34	2.28	2.27	0.0712	NS
P (%)	52.53	47.40	37.57	0.0001	S
PM (%)	11.44	11.51	14.73	0.0020	S
CC (%)	21.06	21.17	27.11	0.0388	S
Vi (cm/h)	1.75	1.07	0.60	0.0117	S
MO (%)	1.95	2.41	1.65	0.0190	S

Nota: En la presente tabla se detallan las variables físicas del suelo analizadas mediante ANOVA.

A su vez el análisis de relación entre la compactación y porosidad del suelo mostró que existe una correlación entre las mismas obteniendo un valor de 0.85 en el coeficiente de relación de Pearson (R^2) (Figura 10).

Figura 12.

Correlación entre el porcentaje de porosidad y la compactación del suelo.



Nota: En el presente gráfico se muestra la correlación existente entre las variables porosidad y la compactación del suelo.

La relación de estas propiedades evidencia la degradación a la que están sujetos los suelos agrícolas en la parroquia de Pimampiro. Autores como Pagliai et al. (2003) hacen referencia a que uno de los principales factores que influye y/o causa la degradación del suelo es la variable compactación, que a su vez incide y se relaciona con las demás propiedades y variables físicas del suelo como: la porosidad, contenido de agua, velocidad de infiltración y contenido de materia orgánica.

4.3.1 Análisis de Componente Principales Relacionada a la Materia Orgánica

La degradación del suelo es un indicio ante la pérdida de funcionalidad edáfica que pone en riesgo la seguridad alimentaria, disponibilidad de agua y la biodiversidad que se desarrolla en este tipo de ecosistemas (Álvarez et al., 2020). En palabras de Bonfante *et al.* (2019) cuando el suelo muestra degradación es evidente la acidificación, salinización, reducción en su capacidad de infiltración de agua y disminución de nutrientes, reduciendo su capacidad de resiliencia ante eventos de carácter natural o antrópico.

De esta manera el Análisis de Componentes Principales permite explicar aquellos indicadores que revelan una variabilidad en la calidad de los suelos seleccionando aquellos componentes con valores >1 pues desde el punto de vista de Álvarez et al. (2020) aquellos componentes principales que poseen este rango explican la variabilidad de uso que ocurre en el sistema edáfico. En este estudio el Análisis de Componentes Principales se enfocó en la combinación lineal de 9 variables que explican la mayor variabilidad de los datos, en este caso fueron 4 componentes extraídos explicando un 94.17% de la variabilidad en los datos originales (Tabla 15).

Tabla 14.

Componentes principales extraídos.

Componente	Eigenvalor	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
Agua aprovechable (%)	5.47282	60.809	60.809
Capacidad de campo (%)	1.37298	15.255	76.065
Porosidad total (%)	1.07859	11.984	88.049
Velocidad Infiltración (cm/h)	0.55056	6.117	94.17
Densidad real (g/cm ³)	0.524411	5.827	99.993
Densidad aparente (g/cm ³)	0.000631109	0.007	100.000
Punto de marchitez (Total)	–	0.000	100.000
Humedad equivalente (cm/h)	3.53169E-7	0.000	100.000
Profundidad efectiva (cm)	3.37095E-7	0.000	100.000

Nota: En el presente gráfico se muestra los componentes principales extraídos mediante el software Statgraphics.

Las variables edáficas estudiadas fueron agrupadas en cuatro componentes principales que en conjunto explicaron el 94.16% de la varianza, este valor demuestra que existe una buena relación entre el comportamiento de las variables originales, adicional a este resultado fueron obtenidas las varianzas de cada variable indicando que los cuatro componentes presentaron en: Agua aprovechable de 60.80%, Capacidad de campo de 15.25%, Porosidad de 11.98% y Velocidad de infiltración 6.11%.

Resultados similares fueron los mostrados por Alvares et al. (2020) quienes reportaron como materia orgánica a las variables asociadas al Componente de Carbono Orgánico del Suelo quien obtuvo una magnitud de valor propio de 7.19 explicando una varianza de 39.95% esto debido a la fuerte correlación que existe entre las variables humedad, Potasio, Fósforo, Densidad Aparente y Nitrógeno Total, ya que la correlación entre estas variables sugiere que existe una pérdida de los componentes orgánicos asociando un posible deterioro en las propiedades físicas del suelo. En el caso de Acevedo et al. (2021), en su estudio “Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quibor”, el análisis de componentes principales destacó que los valores más altos en la variabilidad de los datos mostraron una variación espacial del suelo el cual no fue producto del manejo o el tipo de suelo.

En el caso de Bravo *et al.* (2017) en su estudio “Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana”, identificaron cuatro componentes principales teniendo como resultado 70.54% relacionada a la variabilidad del sistema, de esta manera el componente principal uno explicó 26.08% valor considerado como la mayor varianza asociada a la fertilidad del suelo, este valor lo atribuyen a la presencia de pisos climáticos, indicadores físicos como la densidad aparente, porosidad de retención y porosidad total.

Tabla 15.*Indicadores del índice de calidad del suelo del tomate.*

Indicador	Valor máx.	Valor mín.	Valor medio - Tomate	ICS - Tomate
Agua aprovechable(%)	11.47	7.24	9.71	0.86
Capacidad de campo(%)	23.84	18.03	21.05	0.43
Porosidad (%)	57.00	28.00	52.53	0.85
Velocidad de infiltración (cm/h)	1.75	0.87	1.19	0.71
Promedio				0.60

Nota: En la presente tabla se muestra el valor del Índice de Calidad de Suelo para el tomate.

Tabla 16.*Indicadores del índice de calidad del suelo del fréjol.*

Indicador	Valor máx.	Valor mín.	Valor medio - Fréjol	ICS - Fréjol
Agua aprovechable(%)	10.93	8.73	9.70	0.69
Capacidad de Campo(%)	23.93	18.03	21.17	
Porosidad (%)	57.00	28.00	47.40	0.67
Velocidad de infiltración (cm/h)	1.07	0.42	0.69	0.21
Promedio				0.47

Nota: En la presente tabla se muestra el valor del Índice de Calidad de Suelo para el fréjol.

Tabla 17.*Indicadores del índice de calidad del suelo del Maíz.*

Indicador	Valor máx.	Valor min.	Valor medio - Maíz	ICS - Maíz
Agua aprovechable(%)	14.55	10.12	12.38	0.27
Capacidad de campo(%)	22.17	16.90	17.14	0.31
Porosidad (%)	57.00	28.00	37.57	0.33
Velocidad de infiltración (cm/h)	0.60	0.40	0.45	0.13
Promedio				0.42

Nota: En la presente tabla se muestra el valor del Índice de Calidad de Suelo para el maíz.

La variabilidad en la calidad de los suelos entre cultivos se encuentra justificado en el tipo de producción, debido a que se tomaron muestras de suelo para el cultivo de tomate corresponden a zonas de invernaderos, mientras que los cultivos de fréjol y maíz se encontraron en espacios abiertos. En este sentido Fernández et al. (2014) señalan que la producción a través de invernaderos posibilita un mejor control de las actividades agrícolas y por ende genera un menor impacto hacia el suelo, además de que proporciona mejoras a éste tales como la incorporación de abonos y sustratos necesarios (eficiencia de insumos), control de riego y drenaje, así como también evita y/o reduce los riesgos de producción. Por otra parte, Mogolló et al. (2016) destaca la influencia de las actividades agrícolas convencionales, las cuales ejercen presión sobre los ecosistemas edáficos provocando el empobrecimiento y degradación del suelo.

Los indicadores descritos anteriormente (Tabla 15, 16, 17) para la evaluación y cuantificación de la calidad del suelo en cada cultivo, cumplen con criterios clave para su uso, al integrar variables y/o atributos del suelo que integran información de más variables y propiedades físicas, que en su mayoría son fáciles de medir y reflejan los cambios de las propiedades respecto con la calidad del suelo (Jiménez y Quiñones, 2006).

En este contexto Lagos y Cruz (2020), en su estudio aplicado a la degradación del suelo en la microcuenca La Carreta, generaron un índice a partir de la estimación del porcentaje de carbono orgánico almacenado en el suelo y la retención del agua a través de la aplicación de la ecuación universal de pérdida del suelo, encontrando a los suelos Entisoles como los más susceptibles a degradación. Por su parte, Torres et al. (2006) destacan a la infiltración como un indicador de la calidad del suelo, debido a la sensibilidad a los cambios producidos en el suelo, de esta forma se detectan diferencias significativas, debido a que la velocidad de infiltración del suelo depende de las condiciones físicas del suelo.

Keller (2004) destaca que la intensificación de los cultivos en ecosistemas agrícolas asociado al empleo de maquinaria pesada contribuye a la compactación y consecuente degradación del suelo. La carga aplicada provoca la reorganización de las partículas de suelo, disminuyendo los espacios porosos, aumenta la densidad, altera la capacidad de retención de humedad en el suelo, disminuye la conductividad hídrica y el intercambio gaseoso, y de igual manera aumenta la resistencia aparente mecánica. A su vez autores como Hartge y Horn (2016) y Vaz et al. (2011), agregan que el impacto del empleo de maquinaria agrícola influye de forma negativa en la funcionalidad del suelo respecto a la prestación de servicios ecosistémicos, productividad, almacenamiento y filtrado de agua en el suelo.

4.4 Estrategias para Mitigar la Degradación Física de los Suelos en Pimampiro, según su Estado Actual

Considerando el análisis e interpretación de los resultados de la investigación se establecieron estrategias para mitigar la degradación física del suelo de acuerdo con el estado actual, de esta manera facilitar la toma de decisiones teniendo en cuenta un enfoque integrado del medio ambiente y distintos aspectos relacionados (Pandía, 2015).

4.4.1. Programa de implementación de buenas prácticas agrícolas

Programa de mejoramiento de prácticas agrícolas

Objetivo General

- Incentivar el desarrollo de prácticas agrícolas acorde con los agroecosistemas de la parroquia de Pimampiro.

Objetivos Específicos

- Implementar buenas prácticas agrícolas dirigidas a mantener y mejorar la producción.
- Establecer compromisos comunitarios para el manejo sostenible del suelo mediante procesos de participación social.

En la presente investigación se encontró que los ecosistemas agrícolas ocupan la mayor superficie en la parroquia Pimampiro y en estas áreas se identificó 111 ha susceptibles (porque se encuentran susceptible) a la degradación del suelo. Por lo cual, se consideró necesario plantear estrategias que permitan mejorar las prácticas agrícolas que se desarrollan en dichas zonas (Tabla 17).

Tabla 18.

Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades para el programa regulación de prácticas agrícolas.

Presión	Estado	Respuesta/Actividades	Estrategia/Técnica
<p>Inadecuadas prácticas agrícolas en agroecosistemas de la parroquia de Pimampiro</p>	<p>Áreas de cultivos en sitios susceptibles a la degradación física del suelo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de buenas prácticas agrícolas para mejorar la producción y disminuir la degradación de los suelos, estas prácticas pueden ser rotación de cultivos: cultivos siguiendo en curvas de nivel (surcos en contorno), barreras y cercas vivas, labranza tradicional, coberturas muertas, abonos verdes, compost (Bocco, 1991). • Establecimiento de franjas de biodiversidad nativa asociados con los cultivos como: los vegetales que concentran nitrógeno atmosférico en suelo por ejemplo el Canchaquiro (<i>Tournefortia Scabrida</i>) (Burbano & Utreras, 2015), o la Piñán (<i>Coriaria ruscifolia L.</i>). 	<p>Agricultura de conservación y producción integrada</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Zonificación de ecosistemas agrícolas para evitar la expansión agrícola a zonas susceptibles a degradación del suelo (Cotler et al., 2007). 	Planificación estratégica
		<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo y evaluación de las diferentes prácticas ya sean solas o combinadas, de esta manera establecer una relación entre los usuarios del suelo y los profesionales, así desarrollando un formato de puntuación para medir la calidad del suelo en el campo (FAO, 2018). 	Monitoreo y control
		<ul style="list-style-type: none"> • Charlas sobre educación ambiental y promoción de buenas prácticas agrícolas para el manejo adecuado de los recursos suelo y agua, de esta manera incitar e influir en las conductas de cuidado hacia el medio ambiente (Corporación Autónoma Regional del Valle de Cauca , 2013) 	Educación ambiental

Programa de mejoramiento de suelos compactados

Objetivo General

- Contribuir a la disminución de la compactación de los suelos en las superficies que muestran indicios de compactación.

Objetivos Específicos:

- Mejorar la estructura y aireación del suelo agrícola para evitar la compactación.
- Fomentar las enmiendas orgánicas a partir del uso de residuos producidos a nivel local.

De acuerdo con las variables físicas del suelo analizadas en los ecosistemas agrícolas de la parroquia de Pimampiro no se identificó problemas importantes de compactación de suelo, sin embargo, las variables de densidad aparente y porosidad mostraron que los suelos con cultivos de maíz presentan inicios de compactación, es decir se registró densidad aparente alta y bajos porcentajes de porosidad. En base a esto se diseñaron estrategias para el mejoramiento de la estructura del suelo (Tabla 18).

Tabla 19.

Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades para el programa mejoramiento de suelos compactados.

Presión	Estado	Respuesta/Actividades	Estrategia/Técnica
Compactación del suelo en ecosistemas agrícolas	Indicios de compactación en suelos con cultivos de maíz	<ul style="list-style-type: none"> • Abonos verdes constituidos por una mezcla de gramíneas (cebada, centeno, avena, raygrass y millo), crucíferas (nabo, rábano, jaramago, entre otras) y leguminosas (Habas, chochos, arvejas, alfalfa, entre otros) (AGROCABILDO, 2012). • Reducción de las labores de sembrado a través de las técnicas de labranza mínima y labranza cero, así intervenir los menos posible en el suelo al instante de cultivar (Herrera, 2008). 	Agricultura de Conservación
		<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación y concientización sobre el problema de la degradación de la estructura del suelo (Corporación Autónoma Regional del Valle de Cauca , 2013). 	Educación Ambiental

		<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento y monitoreo del proceso de compactación en distintos ecosistemas agrícolas ya que mediante estos factores podemos conocer sobre la pérdida de volumen en los poros provocando la disminución en la permeabilidad al aire, flujo del agua y aumento en su cohesión (Romero & Bohorquez, 2015). 	<p>Investigación y seguimiento</p>
--	--	---	---

Programa para limitar el avance de la frontera agrícola

Objetivo General

- Capacitar a los productores agrícolas para disminuir la expansión de las actividades agrícolas a zonas de cobertura natural y con pendientes mayores a 25% en la parroquia de Pimampiro.
- **Objetivos Específicos**
- Delimitar zonas adecuadas para actividades agrícolas y así evitar su expansión a superficies no aptas para la agricultura.

En el presente estudio se registró un aumento del 20% de las áreas de cultivos de 1991 a 2021 en la parroquia de Pimampiro, esto debido al aumento de la producción agrícola y en consecuencia se observó una disminución de bosque y vegetación arbustiva en conjunto con expansión de actividades agrícolas zonas con pendientes mayores a 25%, por lo cual es importante plantear estrategia que regulen la expansión de dichas actividades (Tabla 19).

Tabla 20.

Marco ordenador presión - estado - respuesta y actividades del programa para limitar el avance de la frontera agrícola.

Presión	Estado	Respuesta/Actividades	Estrategia/Técnica
Actividades agrícolas en ecosistemas naturales de la parroquia de Pimampiro	Pérdida de vegetación natural y expansión de zonas agrícolas a pendientes superiores al 25%	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar la expansión de la frontera agrícola en cultivos con pendientes superiores al 25%. • Uso de técnicas de manejo y conservación del suelo para cultivos en pendientes superiores al 25%. 	Zonificación estratégica
		<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación sobre el efecto de la posición en la pendiente sobre la productividad de los suelos. • Capacitación y concientización sobre problemas de degradación física del suelo. 	Educación Ambiental
		<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento de las áreas de expansión agrícola con el propósito de identificar el avance en áreas no aptas para actividades agrícolas y sustitución de la cobertura natural (Romero & Bohorquez, 2015). 	Monitoreo y Seguimiento

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La aplicación de la metodología de Sistemas de Información Geográfica resultó apropiada para determinar la variación de la superficie de cultivos en la parroquia Pimampiro, e identificar las diferentes zonas susceptibles a la degradación del suelo mediante la combinación de variables como: cobertura vegetal (cultivos), precipitación (>750 mm), pendiente (0 – 25%) y erodabilidad (Factor K > 0.30), obteniéndose una superficie de suelos susceptibles de degradación física de 111 ha, que corresponden al X% de la superficie cultivable de la parroquia Pimampiro.
- Los suelos del área de estudio, situada en zonas dedicadas a cultivos de maíz, fréjol y tomate riñón, entre los 1680 a 2440 msnm, de la parroquia Pimampiro corresponden a suelos de textura: franco y franco-arenosa. En este sentido, las otras propiedades físicas analizadas: porosidad, estructura, capacidad de campo, punto de marchitez muestran relación, en general con la textura del suelo. Sin embargo, también se observa incidencia del contenido de materia orgánica, especialmente en cuanto a la retención de humedad que fue más alta en suelos con mayor contenido de materia orgánica.
- Las actividades agrícolas, así como las prácticas y manejo del suelo favorece a la degradación de las propiedades físicas de este recurso, lo cual se evidenció mediante el análisis de ANOVA y cálculo de varianza que determinaron una alta correlación y significancia entre las propiedades de compactación, porosidad e infiltración del suelo, lo que permite aceptar la hipótesis alternativa, esto es que de las actividades agrícolas influye en al menos alguna de las propiedades físicas estudiadas mediante la presente investigación.
- La intensidad de la degradación física del suelo, establecida mediante el procedimiento estadístico de componentes principales permitió determinar las variables más representativas o aquellas que tienen mayor impacto sobre la calidad del suelo, a partir de lo cual se determinó en índice de calidad del suelo

(ICS) para cultivo, considerando que a mayor ICS corresponde un menor nivel de degradación del suelo.

- Los suelos cultivados con tomate riñón tuvieron un valor el mayor índice de calidad, es decir 0.60 de ICS, lo cual se atribuye a la forma de cultivo que se realiza bajo invernadero y por lo tanto están protegidas del impacto directo de la lluvia y el viento como principales agentes erosivos y además con manejo de riego localizado con el fin de garantizar una mejor productividad. En los suelos cultivados con maíz y fréjol, que se realizan a campo abierto, los valores de ICS fueron de 0.42 y 0.47, respectivamente. Los menores índices de calidad del suelo determinan una mayor exposición del suelo a la degradación física, dada su condición de cultivos limpios que requieren deshierbas a través de las cuales se propicia la disminuye la cobertura protectora del suelo con lo que éste queda más expuesto a la erosión y pérdida de materia orgánica.
- La información obtenida por medio de la aplicación de los sistemas de teledetección, junto con los datos de las variables físicas estudiadas, permitieron establecer estrategias enfocadas a la problemática existente, la conservación y preservación del suelo, que promoverá la concientización ambiental estableciéndose como una herramienta para evitar el deterioro de este recurso en la parroquia.

5.2 Recomendaciones

- Realizar investigaciones ampliadas a las zonas agrícolas que se ubican en pendientes mayores a 25% alrededor de la parroquia y el cantón Pimampiro con el fin de evaluar las prácticas de manejo de suelos tanto en técnicas de labranza y de manejo de cultivos. Esto permitirá tener información sobre las condiciones y el estado actual de los suelos y que la misma sea la base para el planteamiento de proyectos de desarrollo y formulación de políticas públicas enfocadas en el control, conservación y mitigación de la degradación del suelo.

- Se recomienda evaluar el uso y aprovechamiento de los recursos edáficos, zonificación de cultivos y la producción agropecuaria y forestal, con la participación de entidades gubernamentales, para posibilitar el uso óptimo de los espacios destinados a las actividades agrícolas.
- Con base en la presente investigación realizada en las zonas susceptibles a degradación, sería recomendable realizar estudios donde se integren otras metodologías y/o instrumentos, por ejemplo, el uso de penetrómetros para la medición de la compactación del suelo posibilitando de la relación con los valores obtenidos.

REFERENCIAS

- Acevedo, I., Sánchez, A., y Mendoza, B. (2021). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quibor. I. Análisis multivariado. *Bioagro*, 33(1), 59-66.
- Acosta, O. (2019). *Análisis del conflicto ambiental generado por el uso del suelo, zonificación de tierras y usos propuestos para la finca el Vergel con la comunidad educativa Facatativá*. Universidad de Cundinamarca.
- Almoza, Y., Alonso, G., & Ruiz, M. (2007). *Análisis de la influencia de las precipitaciones en la erosión de la cuenca del río Cuyaguaje* (la Habana, Ed.). Imprenta UNAH.
- Álvarez, G., Ibáñez, A., Orozco, M., y García, B. (2020). Regionalización de indicadores de calidad para suelos degradados por actividades agrícolas y pecuarias en el altiplano central de México. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 22(2), 5-19.
- Alonso, G., Almoza, Y., & Ruiz, M. (2007). *Estimación del riesgo de erosión hídrica en la sub-cuenca "La Gira" del río Cuyaguaje*. Imprenta UNAH.
- Altesor, A., Piñeiro, G., Lezama, F., Jackson, R., & Sarasola, M. (2006). Ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands. *Journal Veg. Sci*, 17(3), 323–332.
- Amat, J. (2016). *ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias*. https://Www.Cienciadedatos.Net/Documentos/19_anova.
- Amundson, R., Berhe, A. A., Hopmans, J. W., Olson, C., Sztein, A. E., & Sparks, D. L. (2015). Soil and human security in the 21st century. *Science*, 348(6235). https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1261071/ASSET/B26B4A15-8B7A-4343-9A7E-905AFB9848F4/ASSETS/GRAPHIC/348_1261071_FA.JPEG
- Antúnez, A., Felmer, S., Vidal, M., & Morales, R. (2015). Propiedades Físico-Hídricas del Suelo en el Cultivo del Maíz Grano. *Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 312, 31–50.
- Arshad, M., & Coen, G. (1992). Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American J. of Alternative Agriculture* , 7, 25–31.

- Arvidsson, J., & Hakansson, I. (2014). Response of different crops to soil compaction— Short-term effects in Swedish field experiments. *Soil & Tillage Research*, 138, 56–63.
- Bai, Z., Dent, D., Olsson, L., & Schaepman, M. (2008). *Global assessment of land degradation and improvement: 1. identification by remote sensing (No. 5)*. ISRIC-World Soil Information.
- Bausela, E. (2005). *SPSS: un instrumento de análisis de datos cuantitativos*. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 2(4), 62–69.
- Bautista, A., Etchevers, J., Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2), 90–97.
- Beven, K., & Germann, P. (2013). Macropores and water flow in soils revisited. *Water Resource Res*, 49(6), 3071–3092.
- Bonfante, A., Terribile, F., y Bouma, J. (2019). Refining physical aspects of soil quality and soil health when exploring the effects of soil degradation and climate change on biomass production: an Italian case study. *Soil*, 5, 1–14.
- Boza, J. (2004). *Biodiversidad y seguridad alimentaria. Ciclo de conferencias sobre alimentación fuera del hogar*. Reales Academias de Ciencia y Veterinaria.
- Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A. C., & Soriano-Soto, M. D. (2001). Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*, 44(1), 47–67. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00176-4](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00176-4)
- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., Navarrete, H., y Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(11), 1–16.
- Brissio, P., & Savini, M. (2005). *Evaluación preliminar del estado de contaminación en suelos de la provincia de Neuquen donde se efectuaron actividades de explotación hidrocarbúrfera*. Universidad Nacional de Comahue.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117–124.

- Cárceles Rodríguez, B., Durán-Zuazo, V. H., Soriano Rodríguez, M., García-Tejero, I. F., Gálvez Ruiz, B., & Cuadros Tavira, S. (2022). Conservation Agriculture as a Sustainable System for Soil Health: A Review. *Soil Systems 2022*, Vol. 6, Page 87, 6(4), 87. <https://doi.org/10.3390/SOILSYSTEMS6040087>
- Camacho, J., Foreno, L., & Ramírez, Y. (2016). Evaluación de la textura del suelo con espectroscopía de infrarrojo cercano en un oxisol de Colombia. *Colombia Forestal*, 20(1), 5–18.
- Caravaca, F., Lax, A., & Albadalejo, J. (2004). Aggregate stability and carbon characteristics of particle-size fractions in cultivated and forested soils of semiarid Spain. *Soil Tillage Res*, 78, 83–90.
- Carter, M. (2004). Researching structural complexity in agricultural soils. *Soil Tillage Res*, 79, 1–6.
- Castro, I. (2013). Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 34(2), 3–16.
- Cerda, A. (1996). Seasonal variability of infiltration rates under contrasting slope conditions in Southeast Spain. *Geoderma*, 69, 217–232.
- Chan, K., Heenan, P., & So, H. (2003). Sequestration of carbon and changes in soil quality under conservation tillage on light-textured soils in Australia: a review. *Aust. J. Exp. Agric.*, 43, 325–334.
- Chen, L., Qiao, L., & Li, Q. (2019). Study on dynamic compaction characteristics of gravelly soils with crushing effect. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 120, 158–169. <https://doi.org/10.1016/J.SOILDYN.2019.01.034>
- Chuvieco, E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial* (S. A. Ediciones RIALP, Ed.; Tercera).
- Ciancaglini, N. (2010). *Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico* (EEA, Ed.; INTA).
- Código Orgánico de Organización Territorial, A. y D. (2010). *Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010. Asamblea Nacional*.

- Código Orgánico del Ambiente. (2017). *Registro Oficial*, 983 de 12-abr.-2017. *Ministerio del Ambiente*.
- CONABIO. (2016). Biodiversidad Mexicana. En: Ecosistemas. Procesos ecológicos. . In *Comisión Nacional Para El Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO*.
- Condé, M., Homem, B., de Almeida, O., & Santiago, A. (2012). Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: Atributos químicos e físicos. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 2(1).
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial, 449. Ciudad Alfaró Asamblea Constituyente. In *Ciudad Alfaró Asamblea Constituyente*.
- Cotler, H., Sotelo, E., Domínguez, J., & Zorrilla, M. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, 83, 5–71.
- Cruz, R., Martín, G., Vantour, A., & Páez, M. (2010). “Diagnóstico de áreas vulnerables a la desertificación empleando información satelital y SIG en un territorio de la república de Cuba”, Luján, Argentina. *Revista SELPER, 1, Especial*, 32–41.
- Díaz, B., Cairo, P., Morales, M., Torres, P., & Jiménez, R. (2004). Influencia de diferentes sistemas de manejo de la materia orgánica sobre el estado estructural y la consistencia del suelo. . *Centro Agrícola*, 31(3), 5–9.
- Díaz, M., Álvarez, C., & Barraco, M. (2004). Efectos de doce años de labranzas en un Hapludol del Noroeste de Buenos Aires, Argentina. *Revista Ciencia Del Suelo*, 22(1), 11–18.
- Domínguez, D., Pozo, C., & León, M. (2018). Bulk density and total porosity estimation through penetrometer. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 34–41.
- Doran, J., & Parkin, B. (1994). *Defining soil quality for a sustainable environment Soil* (Vol. 35).
- Drewry, J. (2006). Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zealand and Australia: a review. *Agric. Ecosys. Environ*, 114, 159–169.

- Duruoha, C., Piffer, R., & Silva, P. (2007).). “Corn (*Zea mays*) Root Length Density and Root Diameter as affected by Soil Compaction and Soil Water Content.” *Irriga, Botucatu*, 12(1), 14–26.
- Encina, A., Moreno, G., & Paredes, M. (1999). Relación del contenido de materia orgánica con el relieve del terreno. *Investigación Agraria*, 2(2), 38–43.
- Ersek, K. (2020). *4 Key Soil Types: Advantages and Disadvantages*. Holganix. <https://www.holganix.com/blog/4-key-soil-types-advantages-and-disadvantages>.
- Estrada-Herrera, R., Hidalgo, C., Guzmán, R., Almaraz, J., Navarro, H., & Etchevers, J. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8), 1–19.
- Espinosa, J. (2014). La erosión en Ecuador, un problema sin resolver. *Siembra*, 1(1), 56–69.
- FAO. (2000a). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos: 53*. <https://books.google.es/books?id=-KZCpFv-W1EC&printsec=frontcover&dq=isbn:9789253044177&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEWiOlc2Pg5fQAhUQxmMKHTQyD7Y>.
- FAO. (2000b). *Soil and terrain database, Land degradation status and soil vulnerability assessment for central and eastern Europe*. FAO (10th ed.).
- FAO. (2013). *Land degradation assessment in drylands. Methodology and results*. <http://www.fao.org/docrep/017/i3241e/i3241e.pdf>.
- FAO. (2015). *Status of the World’s Soil Resources (SWSR)—technical summary*. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils (FAO, Ed.).
- FAO. (2016a). *Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura en el Ecuador. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente—PNUMA*.
- FAO. (2016b). *Propiedades físicas del suelo*. <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>.

- FAO. (2021). *Portal de Suelos de la FAO. ¿Qué es el Suelo? Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.*
- Fernández, M., Aguilar, M., Carrique, J., Domingo, J., & García, C. (2014). *Suelo y medio ambiente en invernaderos* (Quinta Edición).
- Ferreras, L., Toresani, S., Faggioli, V., & Galarza, C. (2015). Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. *Revista Spanish Journal of Soil Science*, 5(3).
- Franco, W., Peñafiel, M., Cerón, C., & Freire, E. (2016). Biodiversidad productiva y asociada en el Valle Interandino Norte del Ecuador. *Bioagro*, 28(3), 181–192.
- García Hernández, M., García Hernández, M. A., Castellanos, I., Cano, Z., & Peláez, C. (2008). Variación de la velocidad de infiltración media en seis ecosistemas inalterados. *Terra Latinoamericana*, 26(1), 21–27.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz, C., & Encina, A. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Gao, Q. F., Dong, H., Huang, R., & Li, Z. F. (2019). Structural characteristics and hydraulic conductivity of an eluvial-colluvial gravelly soil. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78(7), 5011–5028. <https://doi.org/10.1007/S10064-018-01455-1/TABLES/6>.
- Gavilánez, N., González, M., González, V., Fierro, S., & Llerena, S. (2017). Evaluación de la erosión física y química del suelo en la zona nor-occidental de la provincia Bolívar-Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, 2(2), 13–20.
- GEO Ecuador. (2008). *Informe sobre el estado del medio ambiente. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales – FLACSO*. .
- Gisbet, J., Ibañez, S., & Moreno, H. (2012). *El Factor K De La Ecuación Universal De Pérdidas De Suelo (Usle)*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Gomez, A. (2020). *Introducción a los Suelos: La Calidad de los Suelos*. Pennsylvania State University. <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos>

- Gómez, G., Cerrón, R., Capcha, T., & Villacencio, C. (2014). Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 4(1), 32–43.
- Gonthier, D. J., Ennis, K. K., Farinas, S., Hsieh, H. Y., Iverson, A. L., Batáry, P., Rudolphi, J., Tschardtke, T., Cardinale, B. J., & Perfecto, I. (2014). Biodiversity conservation in agriculture requires a multi-scale approach. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1791). <https://doi.org/10.1098/RSPB.2014.1358>
- González, O., Serrano, J., Vilchez, F., & Nuñez, R. (2016). Riesgo de erosión hídrica y estimación de pérdida de suelo en paisajes geomorfológicos volcánicos en México. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 45–55.
- Gorjas, J., Cardiel, N., & Zamorano, J. (2009). *Estadística básica para estudiantes de ciencias*.
- Geogorich, E., Carter, M., Angers, D., Montreal, C., & Ellert, B. (1994). Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian J. of Soil Science*, 74, 367–386.
- Gutiérrez, F., Oliva, M., Mendoza, P., Ruiz, B., Álvarez, J., & Dendooven, L. (2011). Optimization of vermicompost and worm-bed leachate for the organic cultivation of radish. *Journal Plant Nutr*, 34, 1642–1653.
- Hartge, K., & Horn, R. (2016). *Essential Soil Physics*. Schweizer Bart Science Publishers.
- Hernández, A., Vera, L., Naveda, C., Guzmán, A., Vivar, A., & Zambrano, R. (2017). Variaciones en algunas propiedades del suelo por el cambio de uso de la tierra, en las partes media y baja de la microcuenca Membrillo, Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 50–56.
- Hossne, A., Paredes, G., Carvajal, R., Satella, E., & Malaver, J. (2011). Cohesión aparente de un suelo agrícola franco arenoso de sabana. *Universidad de Guanajuato*, 3(21), 5–13.
- Huerta, P., & Loli, O. (2014). Erosión hídrica en la cuenca alta del río Moche. *Ecología Aplicada*, 13(1), 15–22.

- IGAC, I. G. (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca*.
- Ingaramo, O. (2003). *Indicadores Físicos de la Degradación del Suelo*. Universidad de la Coruña .
- Instituto Espacial Ecuatoriano IEE. (2013). *Memoria Técnica del Mapa de Capacidad de Uso de las Tierras del cantón Balzar, 2010*.
- Instituto Espacial Ecuatoriano IEE. (2018). *Generación de información geoespacial a escala 1: 5 000 para la determinación de la aptitud física del territorio y desarrollo urbano mediante el uso de geo tecnologías*.
- Jaramillo, J. (2002). *Ciencia del Suelo*.
- Jarvis, D., Padoch, C., & Cooper, H. (2011). *Manejo de la Biodiversidad en los ecosistemas agrícolas*. Bioversity International.
- Jiménez, B., & Quiñones, V. (2006). La calidad de suelos como medida para su conservación. *Edafología*, 13(3), 125–138.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de uso en la agricultura. *IDESIA*, 24(1), 49–61.
- Karlen, D., Mausbach, M., Doran, J., Cline, R., Harris, R., & Schuman, G. (1997). Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America* , 61, 4–10.
- Keller, T. (2004). *Soil compaction and soil tillage studies in agricultural soil mechanics*. Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas.
- La Corte, S. (2011). *Recuperación de Suelos Arenosos Erosionados*. Blog Agropecuario. Colonia Santa María.
- Lacasta, C., Benítez, M., Maire, N., & Meco, R. (2006). Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos. *VII Congreso SEAE: Agricultura y Alimentación Ecológica. Trabajo 110*.
- Lacasta, C., Meco, R., & Maire, N. (2005). Evolución de las producciones y de los parámetros químicos y bioquímicos del suelo, en un agrosistema de cereales sometido a diferentes manejos de suelo durante 21 años. *El reto de la Agricultura y*

- Medio Ambiente, la Energía y la Nueva Política Agraria Común. *Congreso Internacional Sobre Agricultura de Conservación*, 429–436.
- Lal, R., Valentin, C., Blum, W. E. H., & Stewart, B. A. (2020). *Methods for Assessment of Soil Degradation*. <https://doi.org/10.1201/9781003068716>
- Leal, Z., Díaz, J., Ruiz, M., Alonso, G., & Almoza, Y. (2007). *Estimación del efecto de los cultivos y sus manejos en el proceso de erosión de los suelos en la cuenca del río Cuyaguatje*. Serie Monográfica auspiciada por el Programa CYTED, Imprenta UNAH.
- Lee, S. (2017, October 17). *Introducción a los Suelos: La Calidad de los Suelos*. College of Agricultural Sciences.
- Li, H., Van den Bulcke, J., Mendoza, O., Deroo, H., Haesaert, G., Dewitte, K., De Neve, S., & Sleutel, S. (2022). Soil texture controls added organic matter mineralization by regulating soil moisture—evidence from a field experiment in a maritime climate. *Geoderma*, 410, 115690. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2021.115690>
- Li, M., Liu, T., Duan, L., Luo, Y., Ma, L., Zhang, J., Zhou, Y., & Chen, Z. (2019). The Scale Effect of Double-Ring Infiltration and Soil Infiltration Zoning in a Semi-Arid Steppe. *water*, 11(7), 1457. <https://doi.org/10.3390/W11071457>
- Lind, D., Wathen, S., & Marchal, W. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía* (15th ed.).
- López, R. (2002). *Degradación del suelo causas, procesos, evaluación e investigación*.
- Lozano, Z., Lobo, D., & Pla, I. (2002). Susceptibilidad a la degradación física de Alfisoles de los llanos centrales y occidentales de Venezuela. *Revista de La Facultad de Agronomía (Maracay)*, 28, 41–57.
- Machado, H., & Campos, M. (2008). Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación. *Pastos y Forrajes*, 31(4), 1.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2008). *Metodología de valoración de tierras rurales: propuesta*.
- Mariana, C., Juliana, B. M., Jose, C., Julio, D. R., Adriana, L. de A., & Silva, D. M. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del

- sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 1–19. http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652018001100005&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Mejía, P. (2018). *Valoración Del Impacto Causado Por Riesgos a Deslizamientos, Empleando El Método De Costo De Reposición En El Tramo De La Vía Pimampiro – San Francisco De Sigsipamba, Para La Elaboración De Un Plan De Manejo*. 1–41.
- Meira, F., Kuhn, A., Borkowski, L., Pires, A., Aparecido, J., Rosa, S., & da Costa, S. (2011). Characterization of a Brazilian clayey soil submitted to conventional and no-tillage management practices using pore size distribution analysis. *Soil & Tillage Research*, 111, 175–179.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2000). *Informe del Ecuador sobre la Convención de la Lucha Contra la Desertificación*.
- Mogolló, J., Rivas, W., Alvizu, P., Márquez, E., Colmenares, M., Lemus, L., Hernández, S., & Martínez, A. (2016). Calidad de la vegetación como indicador de desertificación en la península de Paraguaná, Venezuela. *Ágora de Heterodoxias*, 2(2), 72–97.
- Montanarella, L. (2015). Agricultural policy govern our soils. *Nature*, 52(8), 32–33.
- Montes, M., Uribe, E., & García, E. (2011). Mapa nacional de erosión potencial. *Tecnología y ciencias del agua*, 2(1), 05–17. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222011000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Morales, C. (2010). *Degradación de las Tierras en el Ecuador*. Mecanismo Mundial-CEPAL.
- Muñoz, D., Ferreira, M, Arriaga, I., & López, J. (2013). Relación entre la cobertura del terreno y la degradación física y biológica de un suelo aluvial en una región semiárida. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 201–210.
- Nearing, M., Pruski, F., & O’Neal, M. (2004). Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59(1), 43–50.

- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J., & Williams, J. (2005). *Herramienta de evaluación de suelo y agua, documentación teórica*. Grassland, Soil and Water Research Laboratory Agricultural Research Service. <https://swat.tamu.edu/media/46964/swat2005-theo-doc-spanish.pdf>
- Novillo, I., Carillo, M., Cargua, J., Moreira, V., Albán, K., & Morales, F. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2).
- OCDE. (1993). Indicators for the Integration of Environmental Concerns into Energy Policies. *Environment Monographs* , 79.
- Okereafor, U., Makhatha, M., Mekuto, L., Uche-Okereafor, N., Sebola, T., & Mavumengwana, V. (2020). Toxic Metal Implications on Agricultural Soils, Plants, Animals, Aquatic life and Human Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/IJERPH17072204>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2020). *Propiedades Físicas del Suelo*. Portal de Suelos de La FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2003). *Colección FAO: Capacitación: Métodos sencillos para la acuicultura*. FAO.
- Ortiz, S., Ma, L., Anaya, M., & Estrada, J. (1994). *Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Oszust, J., Wilson, M., & Sasal, M. (2010). Obtención del punto de marchitez permanente para el cálculo de agua útil para trigo y soja en suelos molisol y vertisol. *INTA – EEA Paraná*, 67–70.
- Ovalle, I., Cárdenas, D., Jiménez, C., & Abendaño, C. (2022). Influencia de la pendiente del terreno en los indicadores de cosecha manual de cítricos en el sector agrícola en Caldas-Colombia. *Ingeniería y Competitividad*, 24(1), 1–12.
- Pagliai, M., Marsili, A., Pieranna, S., Vignozzi, N., & Pellegrini, S. (2003). Changes in some physical properties of a clay soil in central Italy following the passage of rubber tracked and wheeled tractors of medium power. *Soil and Tillage Research*, 73, 119–129.

- Palacio, C. (2018). *Erosión hídrica en Aragón: una revisión bibliográfica. Geografía y Ordenación del Territorio.*
- PDOT Pimampiro. (2019). *Actualización del Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Cantón San Pedro de Pimampiro.*
- Penuelas, J., Janssens, I. A., Ciais, P., Obersteiner, M., & Sardans, J. (2020). Anthropogenic global shifts in biospheric N and P concentrations and ratios and their impacts on biodiversity, ecosystem productivity, food security, and human health. *Global Change Biology*, 26(4), 1962–1985. <https://doi.org/10.1111/GCB.14981>
- Pereira, P., Brevik, E. C., Muñoz-Rojas, M., Miller, B. A., Smetanova, A., Depellegrin, D., Misiune, I., Novara, A., & Cerdà, A. (2017). Soil Mapping and Processes Modeling for Sustainable Land Management. *Soil Mapping and Process Modeling for Sustainable Land Use Management*, 29–60. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805200-6.00002-5>
- Pérez, M., & García, M. (2013). Aplicaciones de La Teledetección en Degradación de Suelos. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 61, 285–308.
- Pineda, J. (2022). *Qué son los suelos francos.* ENCOLOMBIA.
- Pirrerera, G., & Ferrara, M. (2017). *Applications of woosworms and materials for prevention the desertification risk and technosoils.*
- Poca, M., Cingolani, A., Gurvich, D., Whitworth, J., & Palmieri, V. (2018). La degradación de los bosques de altura del centro de Argentina reduce su capacidad de almacenamiento de agua. *Ecol. Austral*, 28(1).
- Ramazan, E., Tüzemen, S., & Hamide, K. (2007). Structural and Optical Properties of Zinc Nitride Films Prepared by Pulsed Filtered Cathodic Vacuum Arc Deposition. *Chinese Physics Letters*, 24(12), 3477–3480.
- Ramos, A. (2017). Identificación de suelos del orden Inceptisol. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 8(12), 170–181.
- Ramos, M., Gómez, J., Monterroso, A., Uribe, M., Villar, B., Ruiz, P., & Asencio, C. (2020). Factores que influyen en la erosión hídrica del suelo en un bosque templado. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(59), 51–71.

- 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 Fuentes, H., & Rodríguez Absi, J. (2011). *Método de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación*. Trillas.
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. FAO.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Universidad de la República.
- Ruiz, M., Sánchez, B., & Ríos, M. (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, Estado Aragua. *Agronomía Trop*, 56(4), 507–534.
- Salazar, L. (2007). *Modelaje de la amenaza por deslizamiento mediante el programa - ILWIS -, y la implementación de un sistema de información geográfico (SIG), utilizando el método Mora & Yarhson, 1991*.
- Sánchez, J., Boluda, C., Morell, C., Colomer, J., Artiago, A., & Tébar, J. (1997). *Assessment of soil degradation in desertification threatened areas: A case study in Castilla-La Mancha (Spain)*.
- Sans, F. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas*, 16(1), 44–49.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades). (2017). *Plan Nacional de Desarrollo (2017 – 2020) Toda una vida*.
- Segarra, P. (2014). *Sinergias entre degradación de la tierra y cambio climático en los paisajes agrarios del Ecuador: Proyecto Mecanismo Mundial Ecuador “Integrado financiamiento del cambio climático en estrategias de inversión de Manejo Sostenible de la Tierra.”*

- Segarra, P. (2017). *Documento de evaluación nacional de degradación de la tierra mediante la metodología LADA-WOCAT*.
- Schosinsky, G., & Losilla, M. (1999). MODELO ANALÍTICO PARA DETERMINAR LA INFILTRACIÓN CON BASE EN LA LLUVIA MENSUAL. Obtenido de Revista Geológica de América Central: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/8579-Texto%20del%20art%C3%ADculo-12170-1-10-20130410.pdf
- SIGTIERRAS. (2010). *Fotografía aérea y ortofotos*.
- Silva, S., & Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico*, 23, 13–34.
- Šimanský, V., Juriga, M., Jonczak, J., Uzarowicz, Ł., & Stępień, W. (2019). How relationships between soil organic matter parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil. *Geoderma*, 342, 75–84. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2019.02.020>
- Singer, M., & Ewing, S. (2000). Soil Quality. *Handbook of Soil Science*, 11, 271–298.
- Sistema Nacional de Información (SNI). (2014). *Archivos de información geográfica*.
- Soinne, H., Keskinen, R., Heikkinen, J., Hyväluoma, J., Uusitalo, R., Peltoniemi, K., Velmala, S., Pennanen, T., Fritze, H., Kaseva, J., Hannula, M., & Rasa, K. (2020). Are there environmental or agricultural benefits in using forest residue biochar in boreal agricultural clay soil? *Science of The Total Environment*, 731, 138955. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.138955>
- Tamara, L., & Hernández, J. (2016). *Capacidad de campo y punto de marchitez permanente*. Universidad de Piura.
- Torres, D., Florentino, A., & López, M. (2006). Indicadores e índices de calidad del suelo en un ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guarico Venezuela. *Revista Bioagro*, 18(2), 83–91.
- Torres, E., Cortes, J., Mejía, E., Exebio, A., Santos, A., & Delgadillo, M. (2003). Evaluación de la degradación de los suelos en la cuenca “El Josefino”, Jesús María, Jalisco. *Terra Latinoamericana*, 21(1), 117–126.

- Tracy, S. R., Black, C. R., Roberts, J. A., & Mooney, S. J. (2011). Soil compaction: A review of past and present techniques for investigating effects on root growth. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9), 1528–1537. <https://doi.org/10.1002/JSFA.4424>
- Trinidad, A., & Velasco, J. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9(8), 52–58.
- United Nations. (2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible – Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres*. Naciones Unidas.
- United Nations. (2020). *Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía*. Naciones Unidas.
- Valdivia, R., Pilarte, F., & Espinoza, A. (2019). *Instructivo 2: Evaluación Visual de Suelos*.
- Vaz, C., Maniera, J., de María, I., & Tuller, M. (2011). Modeling and correction of soil penetration resistance for varying soil water content. *Geoderma*, 166(1), 92–101.
- Vázquez, R., & García, R. (2018). Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la sustentabilidad en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. *Nóesis Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 27(53–1), 1–26.
- Velásquez, H., Mejivar, J., & Escobar, C. (2007). Identificación de suelos susceptibles a riesgos de erosión y con mayor capacidad de almacenamiento de agua. *Acta Agronómica*, 56(3), 117–125.
- 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, Revista Científica*, 1(2), 28–34.
- Viteri, A. (2010). *Documento de análisis del sector forestal en el contexto de adaptación y mitigación al cambio climático del sector uso de suelo, cambio de suelo, y silvicultura (forestal) en el Ecuador*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Wang, J., Zhen, J., Hu, W., Chen, S., Lizaga, I., Zeraatpisheh, M., & Yang, X. (2023). Remote sensing of soil degradation: Progress and perspective. *International Soil and Water Conservation Research*. <https://doi.org/10.1016/J.ISWCR.2023.03.002>

Weil, R., & Brady, N. (2017). *The nature and properties of soils*. Pearson.

Zhang, Q., Xiao, J., Xue, J., & Zhang, L. (2020). Quantifying the Effects of Biochar Application on Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Soils: A Global Meta-Analysis. *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 3436, 12(8)*, 3436.
<https://doi.org/10.3390/SU12083436>

Ziegler, R., Wichtmann, W., Abel, S., Kemp, R., Simard, M., & Joosten, H. (2021). Wet peatland utilisation for climate protection – An international survey of paludiculture innovation. *Cleaner Engineering and Technology, 5*, 100305.
<https://doi.org/10.1016/J.CLET.2021.100305>

ANEXOS

Anexo 1. Registro Fotográfico

	
<p>Fotografía 1. Salida de campo para toma de muestras</p>	<p>Fotografía 2. Elección de sitios de muestreo</p>
	
<p>Fotografía 3. Toma de muestras de suelo</p>	<p>Fotografía 4. Determinación de la consistencia del suelo en campo</p>



Fotografía 5. Toma de datos de infiltración del suelo



Fotografía 6. Excavación de calicata



Fotografía 7. Calicata para estudiar la estructura del suelo



Fotografía 8. Secado de muestras de suelo



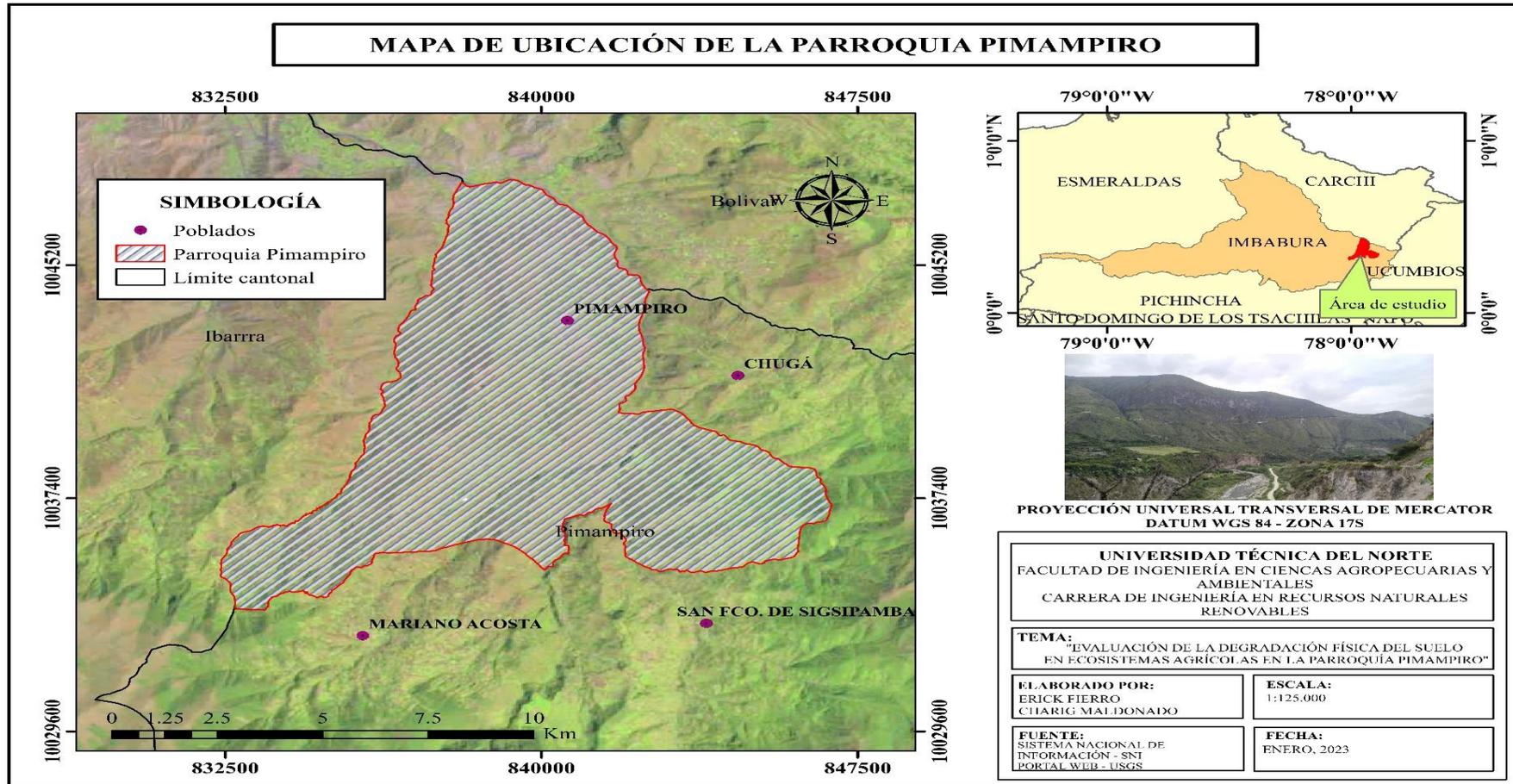
Fotografía 9. Muestras de suelo para análisis de laboratorio



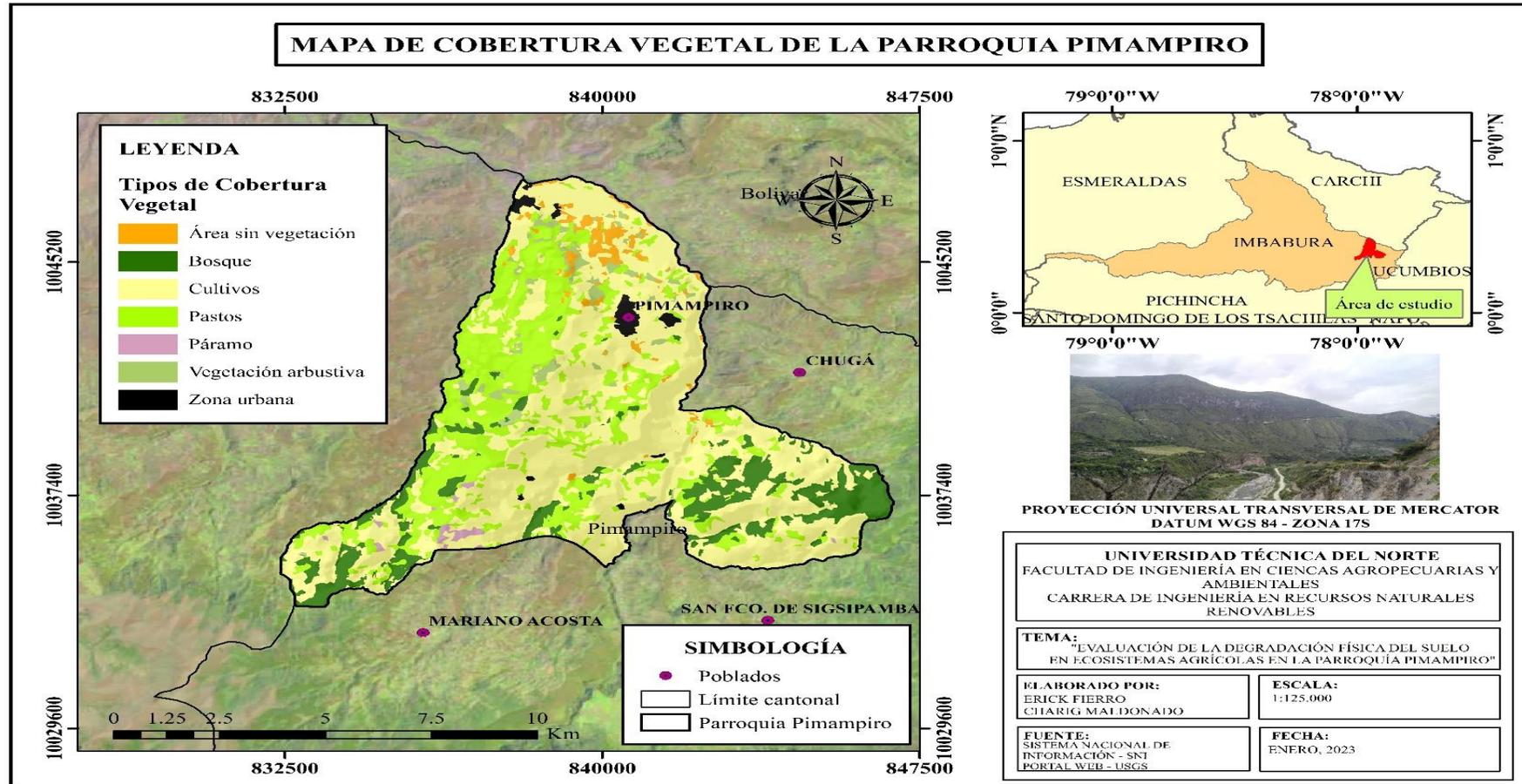
Fotografía 10. Pesado de muestras de suelo

Anexo 2. Mapas

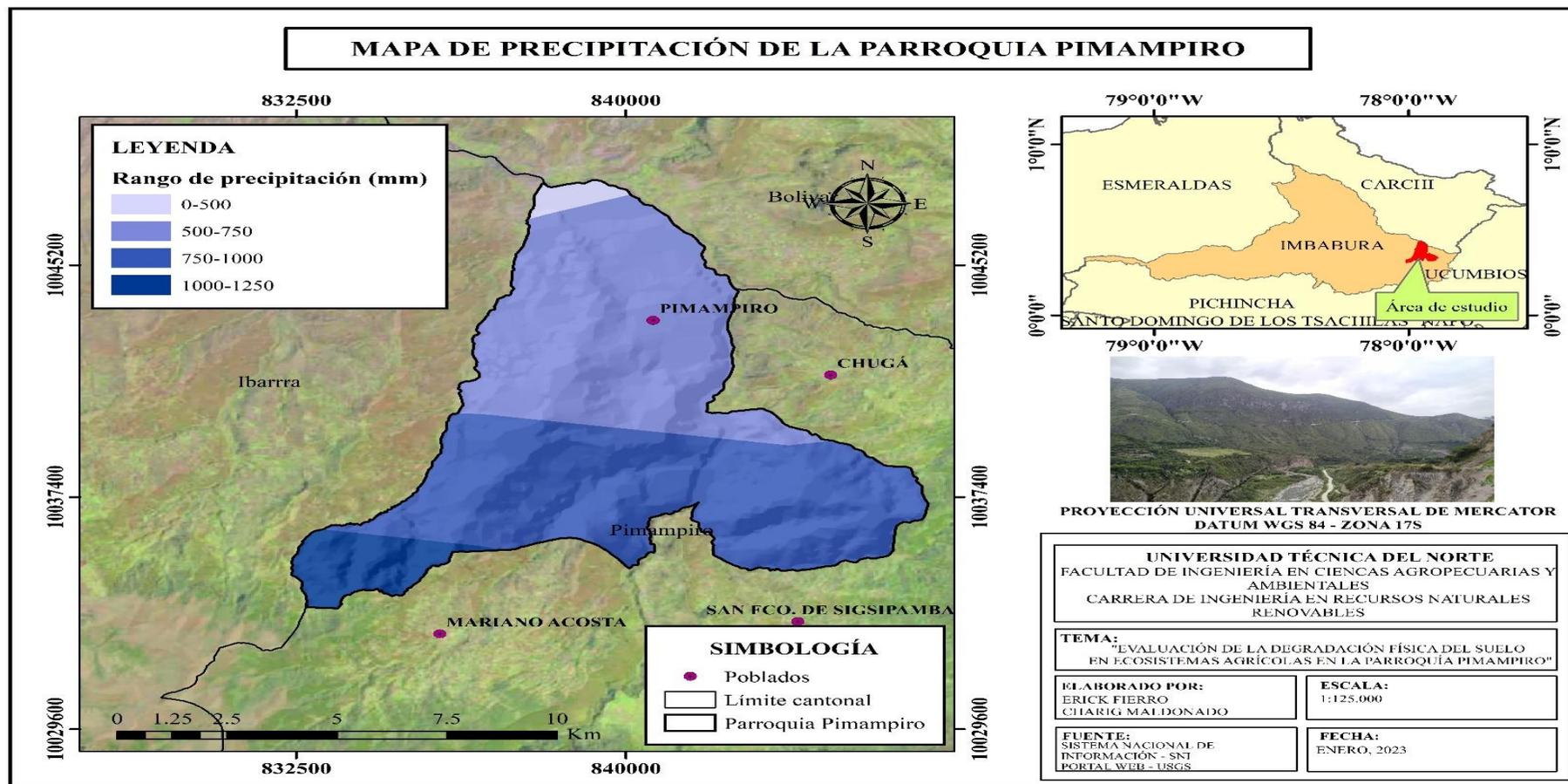
1. Mapa de ubicación de la parroquia Pimampiro



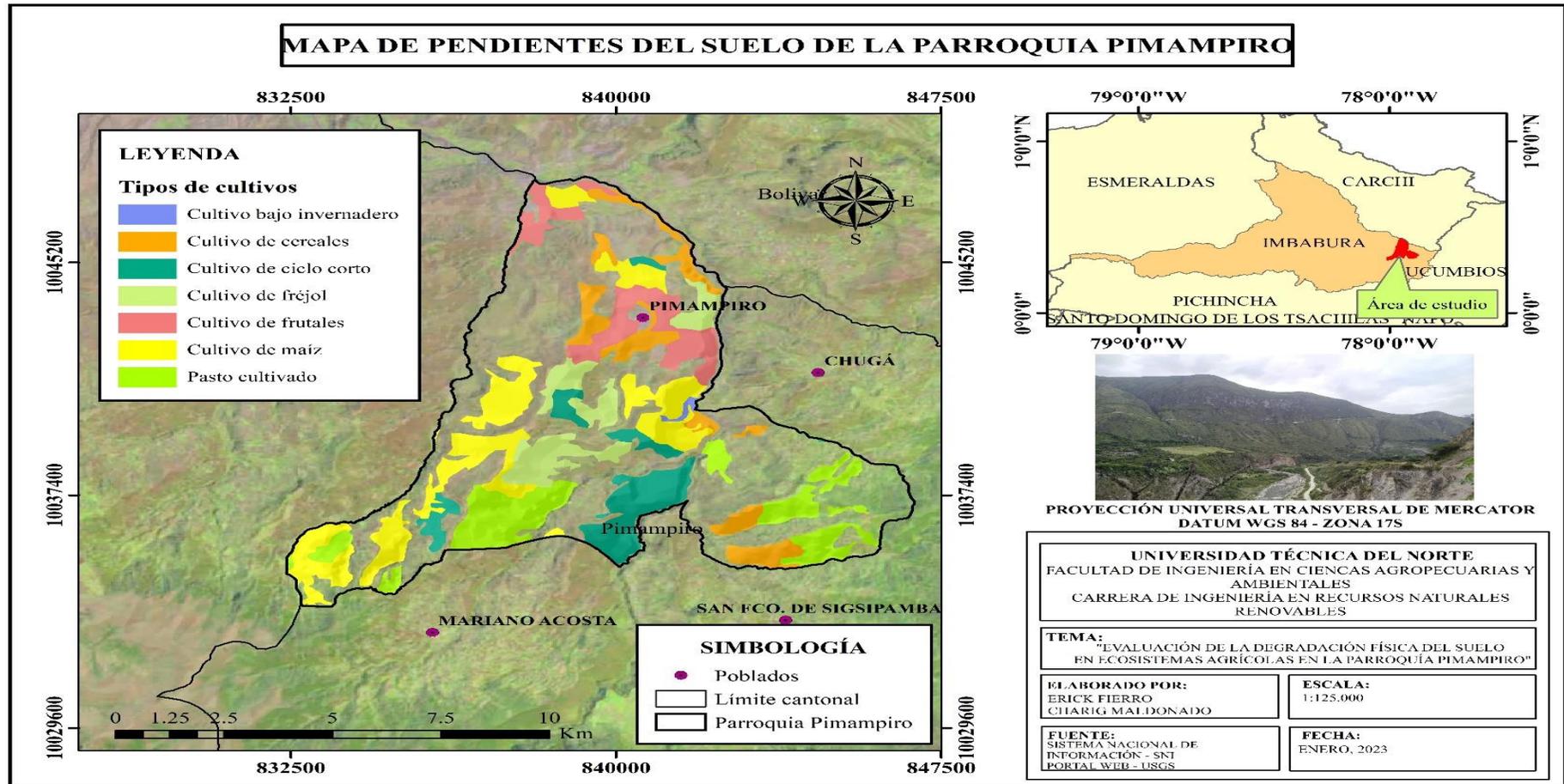
2. Mapa de cobertura vegetal de la parroquia Pimampiro



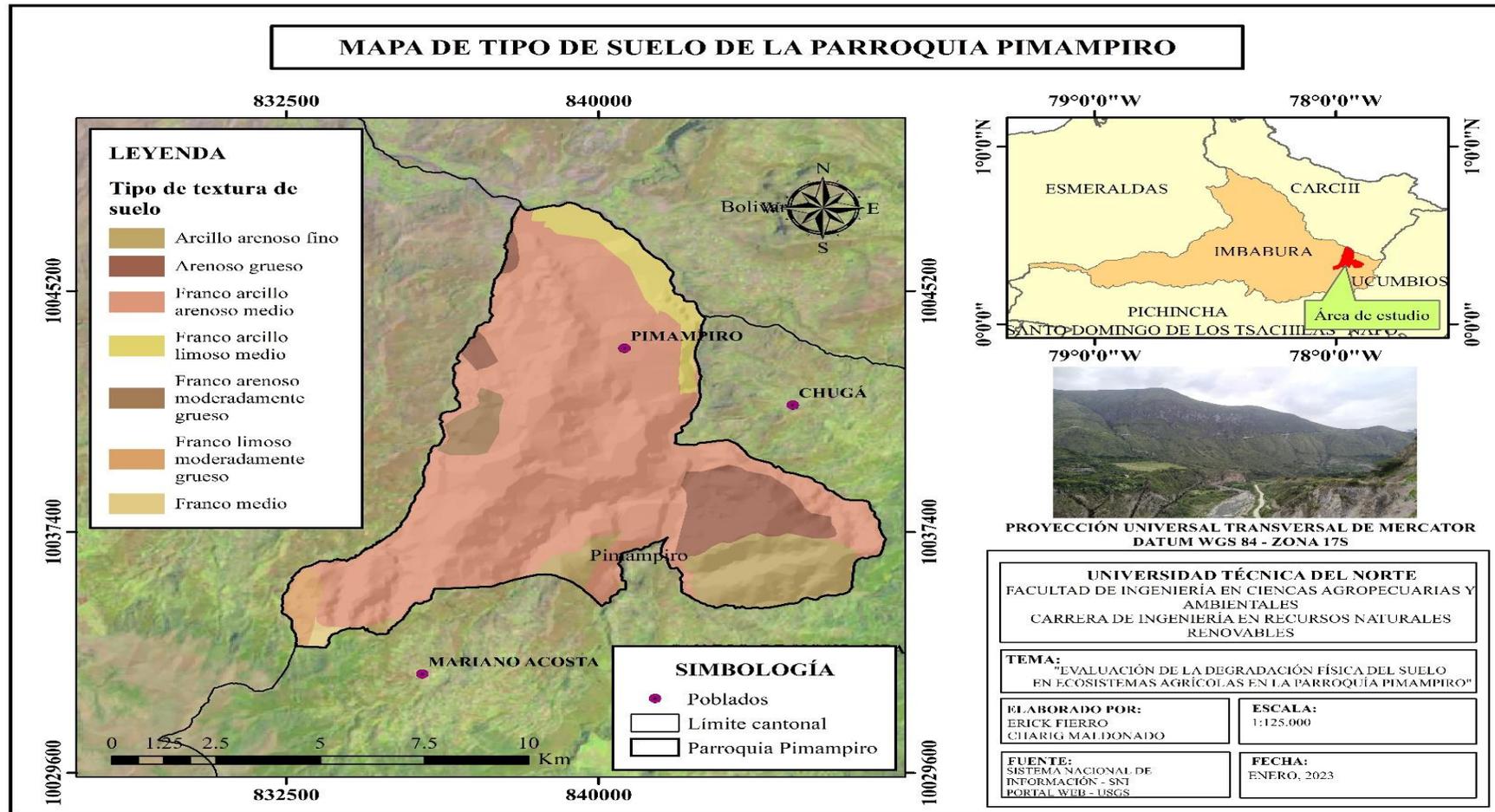
3. Mapa de precipitación de la parroquia Pimampiro



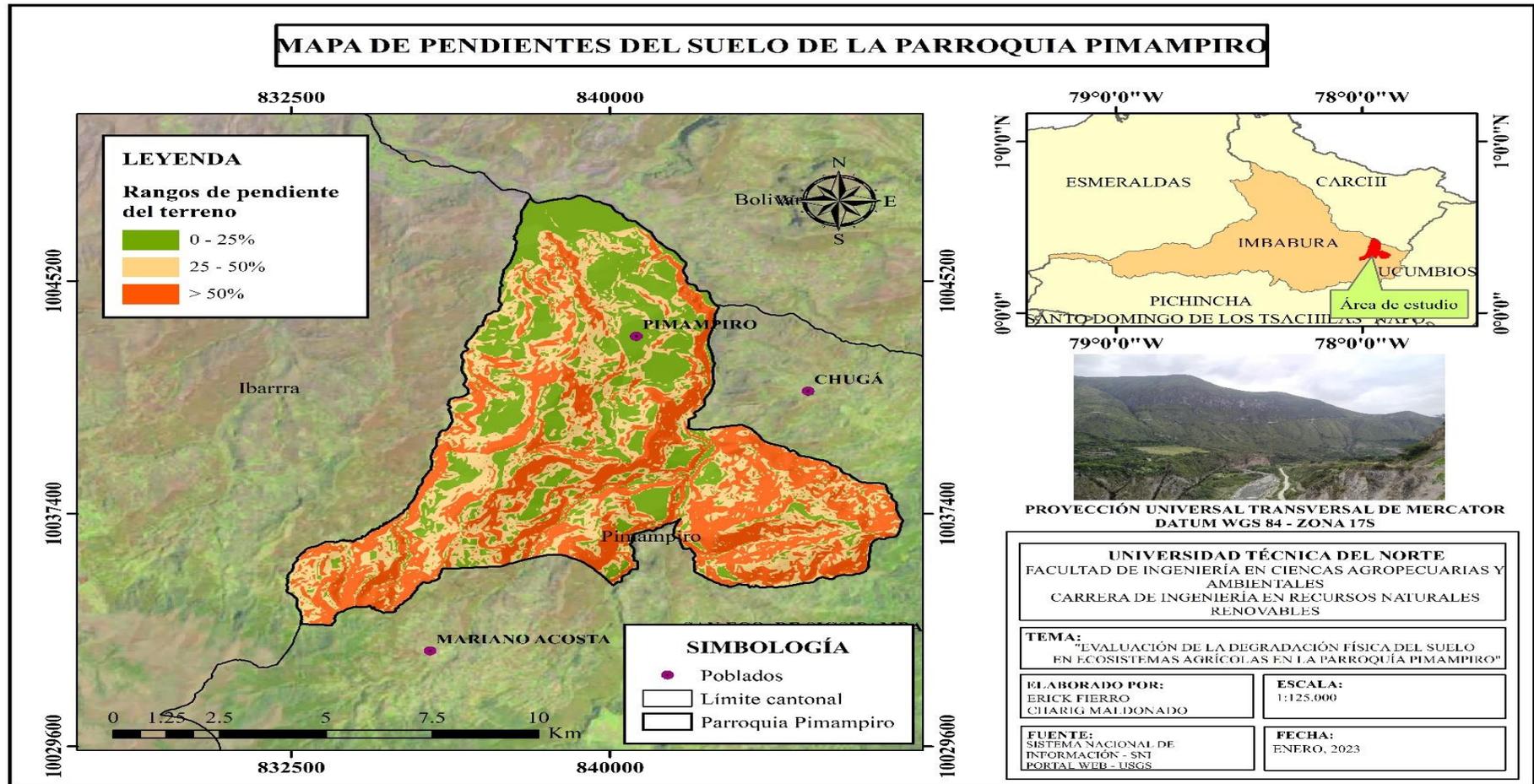
4. Mapa de tipos de cultivos de la parroquia Pimampiro



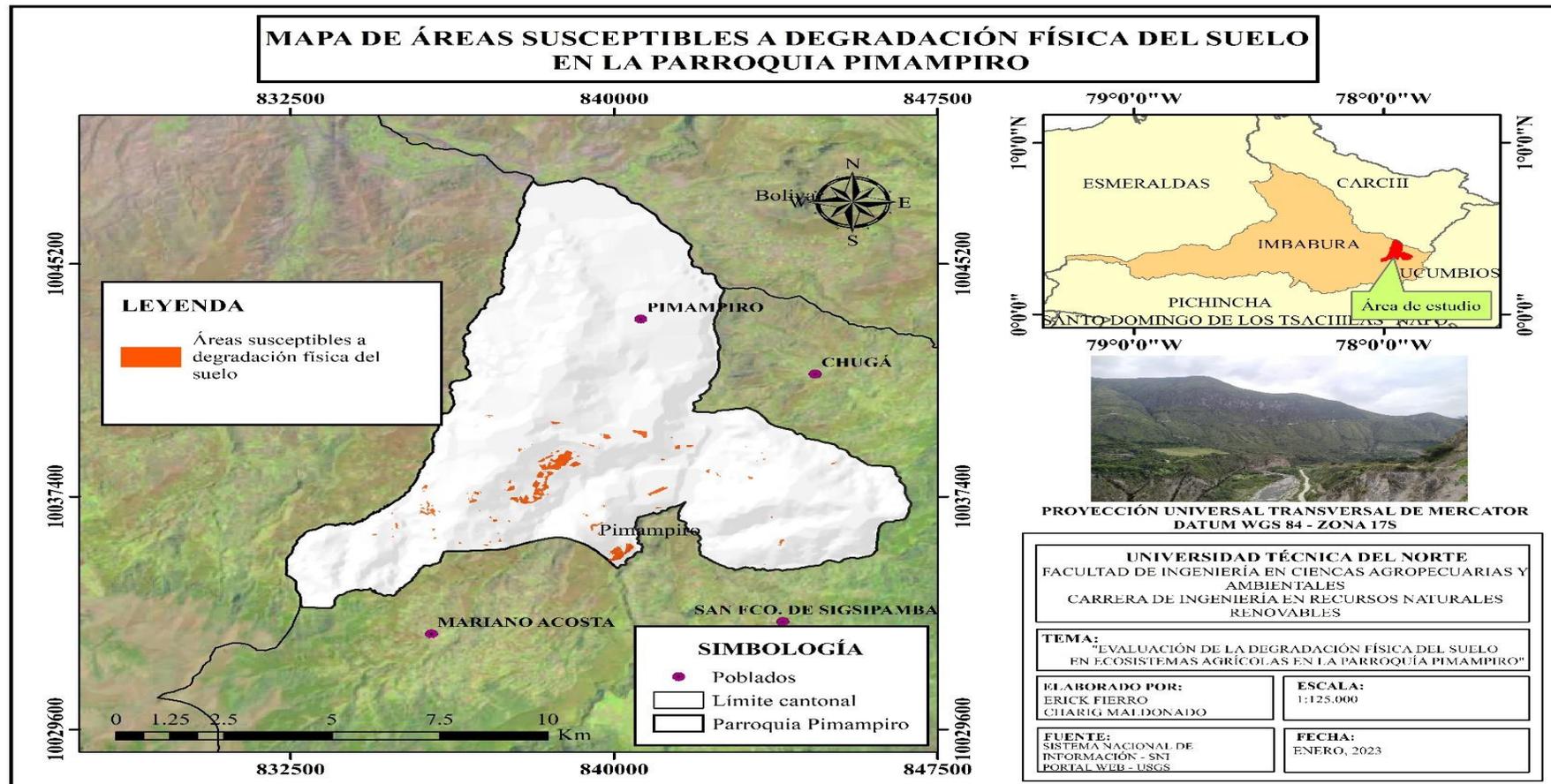
5. Mapa de tipos de suelo de la parroquia Pimampiro



6. Mapa de pendientes de la parroquia Pimampiro



7. Mapa de áreas susceptibles a degradación física del suelo en la parroquia Pimampiro





AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0668
Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado

Dirección¹: El Olivo

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

Teléfono¹: 0999355750

Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556

N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo ¹ : Tomate			
Provincia ¹ : Imbabura	Coordenadas ¹ :	X: ----	
Cantón ¹ : Pimampiro		Y: ----	
Parroquia ¹ : Pimampiro		Altitud: ----	
Muestreado por ¹ : Erick Fierro			
Fecha de muestreo ¹ : 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022		
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0748	Tomate 1	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	3,17
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,27
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	26,02
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	25,13
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,66
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	11,47
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	34
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0668
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Tomate		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0748	Tomate 1	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	3,17
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,27
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	26,02
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	25,13
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,66
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	11,47
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	34
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0669
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Tomate		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0749	Tomate 2	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	2,33
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,24
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	25,01
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	24,25
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,18
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	11,07
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0670
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Tomate		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0750	Tomate 3	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,42
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,30
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	23,80
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	23,20
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,61
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,59
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	60
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	26
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0671
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Tomate		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0751	Tomate 4	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,34
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,29
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	24,90
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	24,16
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,13
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	11,03
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	50
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	34
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	16
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0672
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Tomate		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0752	Tomate 5	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,22
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,45
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	17,74
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	17,96
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	9,76
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	8,20
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	52
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	16
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0673
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Tomate		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0753	Tomate 6	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,89
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,45
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	16,61
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	16,99
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	9,23
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	7,76
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0674
Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado

Dirección¹: El Olivo

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

Teléfono¹: 0999355750

Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556

N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo ¹ : Tomate			
Provincia ¹ : Imbabura	Coordenadas ¹ :	X: ----	
Cantón ¹ : Pimampiro		Y: ----	
Parroquia ¹ : Pimampiro		Altitud: ----	
Muestreado por ¹ : Erick Fierro			
Fecha de muestreo ¹ : 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022		
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0754	Tomate 7	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,00
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,43
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	15,34
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	15,89
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	8,64
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	7,25
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	52
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	16
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0675
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Tomate		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0755	Tomate 8	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	3,05
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,32
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	21,61
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	21,31
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	11,58
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	9,73
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	44
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	16
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0676
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Tomate		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0756	Tomate 9	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	3,12
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,33
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	20,80
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	20,62
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	11,20
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	9,41
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	38
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	22
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0677
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Fréjol		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0757	Fréjol 1	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	4,18
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,33
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	20,77
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	20,59
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	11,19
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	9,40
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	58
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	30
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0678
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Fréjol		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0758	Fréjol 2	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	3,93
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,34
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	18,93
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	18,99
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,32
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	8,67
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	58
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	28
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0679
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Fréjol		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0759	Fréjol 3	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	2,76
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,39
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	18,82
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	18,90
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,27
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	8,63
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	56
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	30
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0680
Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo
Provincia¹: Imbabura
Cantón¹: Ibarra
Teléfono¹: 0999355750
Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo¹: Fréjol			
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----	
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----	
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----	
Muestreado por¹: Erick Fierro			
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022		
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0760	Fréjol 4	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	2,95
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,32
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	19,33
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	19,34
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,51
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	8,83
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	56
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	30
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0681
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Fréjol		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0761	Fréjol 5	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,48
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,19
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	24,64
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	23,93
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,01
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,93
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	36
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	16
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0682
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Fréjol		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0762	Fréjol 6	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,24
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,10
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	24,41
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	23,74
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,90
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,84
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	34
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	12
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0683
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Fréjol		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0763	Fréjol 7	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,79
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,24
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	24,53
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	23,84
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,96
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,88
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0684
Fecha emisión Informe: 31/05/2022**DATOS DEL CLIENTE****Persona o Empresa solicitante**¹: Erick Fierro / Charig Maldonado**Dirección**¹: El Olivo**Teléfono**¹: 0999355750**Correo Electrónico**¹: ejfierror@utn.edu.ec**Provincia**¹: Imbabura**Cantón**¹: Ibarra**N° Orden de Trabajo**: SFA-22-CGLS-0556**N° Factura/Documento**: 006-001-1045**DATOS DE LA MUESTRA:**

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra : Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Fréjol		
Provincia ¹ : Imbabura	Coordenadas ¹ :	X : ----
Cantón ¹ : Pimampiro		Y : ----
Parroquia ¹ : Pimampiro		Altitud : ----
Muestreado por ¹ : Erick Fierro		
Fecha de muestreo ¹ : 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis : 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra : 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis : 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0764	Fréjol 8	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,89
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,17
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	23,76
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	23,17
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,59
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,58
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	36
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	18
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0685
Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado

Dirección¹: El Olivo

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

Teléfono¹: 0999355750

Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556

N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Fréjol		
Provincia ¹ : Imbabura	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Pimampiro		Y: ----
Parroquia ¹ : Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Erick Fierro		
Fecha de muestreo ¹ : 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0765	Fréjol 9	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,48
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,45
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	17,81
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	18,03
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	9,80
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	8,23
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	54
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0686
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Maíz		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0766	Maíz 1	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,98
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,49
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	26,74
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	25,75
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,99
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	11,76
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	44
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	36
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	20
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado

Informe N°: LN-SFA-E22-0687

Fecha emisión Informe: 31/05/2022

Datos del Cliente

Teléfono¹: 0999355750

Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556

N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Maíz		
Provincia ¹ : Imbabura	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Pimampiro		Y: ----
Parroquia ¹ : Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Erick Fierro		
Fecha de muestreo ¹ : 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0767	Maíz 2	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,73
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,58
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	22,60
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	22,17
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,05
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,12
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	34
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	18
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0688
Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado

Dirección¹: El Olivo

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

Teléfono¹: 0999355750

Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556

N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo ¹ : Maíz			
Provincia ¹ : Imbabura	Coordenadas ¹ :	X: ----	
Cantón ¹ : Pimampiro		Y: ----	
Parroquia ¹ : Pimampiro		Altitud: ----	
Muestreado por ¹ : Erick Fierro			
Fecha de muestreo ¹ : 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022		
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0768	Maíz 3	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,51
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,17
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	24,65
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	23,94
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,01
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	10,93
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	52
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	34
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	14
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco Arenoso

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0689
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Maíz		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0769	Maíz 4	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,41
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,19
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	28,81
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	27,54
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	14,97
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,57
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	34
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	18
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0690
Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado

Dirección¹: El Olivo

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

Teléfono¹: 0999355750

Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556

N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Maíz		
Provincia ¹ : Imbabura	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Pimampiro		Y: ----
Parroquia ¹ : Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Erick Fierro		
Fecha de muestreo ¹ : 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0770	Maíz 5	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,43
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,13
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	29,11
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	27,80
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	15,11
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,69
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	36
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	16
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5

Informe N°: LN-SFA-E22-0691
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado
Dirección¹: El Olivo **Teléfono¹:** 0999355750
Provincia¹: Imbabura **Cantón¹:** Ibarra **Correo Electrónico¹:** ejfierror@utn.edu.ec
N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556
N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo¹: Maíz		
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por¹: Erick Fierro		
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0771	Maíz 6	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,42
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,14
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	29,72
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	28,33
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	15,39
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,93
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	20
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0692
Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado

Dirección¹: El Olivo

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

Teléfono¹: 0999355750

Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556

N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Maíz		
Provincia ¹ : Imbabura	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Pimampiro		Y: ----
Parroquia ¹ : Pimampiro		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Erick Fierro		
Fecha de muestreo ¹ : 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022	
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0772	Maíz 7	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,97
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,37
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	33,83
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	31,88
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	17,33
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	14,55
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	46
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	22
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0693
Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado

Dirección¹: El Olivo

Teléfono¹: 0999355750

Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556

N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo ¹ : Maíz			
Provincia ¹ : Imbabura	Coordenadas ¹ :	X: ----	
Cantón ¹ : Pimampiro		Y: ----	
Parroquia ¹ : Pimampiro		Altitud: ----	
Muestreado por ¹ : Erick Fierro			
Fecha de muestreo ¹ : 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022		
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0773	Maíz 8	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	2,33
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,11
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	28,07
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	26,90
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	14,62
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	12,28
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	48
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	32
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	20
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuangó

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E22-0694
 Fecha emisión Informe: 31/05/2022

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Erick Fierro / Charig Maldonado

Dirección¹: El Olivo

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

Teléfono¹: 0999355750

Correo Electrónico¹: ejfierror@utn.edu.ec

N° Orden de Trabajo: SFA-22-CGLS-0556

N° Factura/Documento: 006-001-1045

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco		
Cultivo¹: Maíz			
Provincia¹: Imbabura	Coordenadas¹:	X: ----	
Cantón¹: Pimampiro		Y: ----	
Parroquia¹: Pimampiro		Altitud: ----	
Muestreado por¹: Erick Fierro			
Fecha de muestreo¹: 15-05-2022	Fecha de inicio de análisis: 17-05-2022		
Fecha de recepción de la muestra: 17-05-2022	Fecha de finalización de análisis: 31-05-2022		

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-22-0774	Maíz 9	Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,11
		Densidad Real	Picnómetro PEE/SFA/25	g/ml	2,23
		Humedad Equivalente	Centrífuga PEE/SFA/21	%	31,30
		Capacidad de Campo	Centrífuga PEE/SFA/21	%	29,69
		Punto de Marchitez	Centrífuga PEE/SFA/21	%	16,14
		Agua Aprovechable	Centrífuga PEE/SFA/21	%	13,55
		Arena	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	38
		Limo	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	40
		Arcilla	Bouyoucos PEE/SFA/20	%	22
		Clase Textural	Cálculo PEE/SFA/20	---	Franco

Analizado por: Edison Vega, Luis Cacuango

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.

Está prohibida la reproducción parcial de este informe.