



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

**ANÁLISIS DE LA ERODABILIDAD EN LA MICROCUENCA**  
**HIDROGRÁFICA DEL RÍO ITAMBI**

**PLAN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PARA OBTENER EL**  
**TÍTULO DE INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTOR:**

Tipanluisa Ulcuango Miguel Ricardo

**DIRECTOR:**

Ing. Darío Paúl Arias Muñoz, PhD.

**Ibarra, 2025**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECIARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURAES**  
**RENOVABLES**

**“ANÁLISIS DE LA ERODABILIDAD EN LA MICROCUENCA**  
**HIDROGRÁFICA DEL RÍO ITAMBI”**

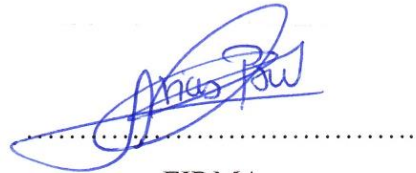
Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**APROBADA:**

Ing. Paúl Arias, PhD

**DIRECTOR**



FIRMA

Ing. Santiago Cabrera, MSc.

**ASESOR**



FIRMA

IBARRA-ECUADOR

FEBRERO, 2025



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO		
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1754255014	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Tipanluisa Ulcuango Miguel Ricardo	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Cayambe-Pichincha	
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:mrtipanluisau@utn.edu.ec">mrtipanluisau@utn.edu.ec</a> / <a href="mailto:migeltip@hotmail.com">migeltip@hotmail.com</a>	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	09917500335

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	ANÁLISIS DE LA ERODABILIDAD EN LA MICROCUENCA HIDROGÁFICA DEL RÍO ITAMBI
<b>AUTOR:</b>	Tipanluisa Ulcuango Miguel Ricardo
<b>FECHA:</b>	5 de febrero de 2025
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Darío Paúl Arias Muñoz, PhD.

## **2. CONSTANCIAS**

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

Ibarra, a los 5 días del mes de febrero de 2025

**EL AUTOR:**



.....

Tipanluisa Ulcuango Miguel Ricardo

**CI: 175425501-4**

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** 5 de febrero de 2025

MIGUEL RICARDO TIPANLUISA ULCUANGO

**ANÁLISIS DE LA ERODABILIDAD EN LA MICROCUANCA  
HIDROGRÁFICA DEL RÍO ITAMBI**

**TRABAJO DE GRADO**

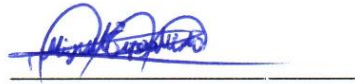
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad. Técnica del Norte.  
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 5 de febrero de  
2025.

**DIRECTOR:** Ing. Darío Paúl Arias Muñoz, PhD.

El objetivo de esta investigación analizó la erodabilidad en la microcuenca del río  
Itambi. De acuerdo con lo mencionado, el estudio planteó medidas para el manejo  
adecuado y conservación del recurso suelo.

**Ibarra, 5 de febrero de 2025**

**AUTOR**



Tipanluisa Ulcuango Miguel Ricardo

**DIRECTOR**



Ing. Darío Paúl Arias Muñoz, PhD.

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor MIGUEL RICARDO TIPANLUISA ULCUANGO, con cédula de identidad Nro. 175425501-4, bajo mi supervisión en calidad de director.



Ing. Darío Arias, PhD.

DIRECTOR

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradecer a Dios por haberme guiado en cada uno de los pasos que he dado hasta el día de hoy, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y felicidad.*

*En segundo lugar, agradecer a mis padres Miguel y Juliana, a mis hermanas Ñusta y Rosa, a mi hermano Tupac y toda mi familia, quienes son apoyo fundamental para salir adelante y cumplir un objetivo más.*

*De igual manera, agradecer al PhD. Paúl Arias y al MSc. Santiago Cabrera, director y asesor de mi trabajo de titulación por siempre brindarme su apoyo incondicional durante la elaboración de este proyecto, por compartir sus conocimientos y contribuir en la culminación del presente trabajo.*

*A mis docentes, por ser los guías, gracias por brindarme apoyo y conocimiento durante mi formación académica.*

*Finalmente, un agradecimiento profundo a la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, en especial, a la Carrera de Recursos Naturales Renovables, por haberme permitido formar parte de esta prestigiosa institución y formarme como profesional.*

*Miguel Tipanluisa*

## DEDICATORIA

*El presente trabajo va dedicado en primer lugar a Dios, por guiar mi camino, por darme salud, bendición y fortaleza, permitiéndome seguir adelante ante las adversidades y poder alcanzar un objetivo más.*

*En segundo lugar, se lo dedico a mis padres, Miguel y Juliana, quienes son el pilar fundamental en mi vida, me han apoyado incondicionalmente, me han brindado confianza, amor, comprensión en todo este trayecto. También se lo dedico a mis hermanas, Ñusta y Rosa, a mi hermano Tupac por estar mi lado en las diferentes circunstancias y han acompañado para alcanzar este objetivo más.*

*Así mismo también, quiero mencionar y dedicar este logro a mis amigos, quienes fueron parte de mi vida universitaria, por acompañarme, compartir enseñanzas y vivir momentos únicos, dejándome gratos recuerdos que marcaron mi vida estudiantil.*

*Miguel Tipanluisa*



## ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>1 CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Revisión de Antecedentes .....	1
1.2 Problema de Investigación y Justificación .....	3
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
1.3.3 Pregunta(s) directriz(ces) de la investigación .....	4
1.3.4 Hipótesis .....	4
<b>2 Capítulo II Marco Teórico .....</b>	<b>5</b>
2.1 Marco teórico referencial .....	5
2.1.1 Cuenca Hidrográfica.....	5
2.1.2 Degradación del Suelo.....	5
2.1.3 Erosión.....	6
2.1.4 Erodabilidad como factor de erosión.....	6
2.1.5 Estrategias de Manejo y Conservación del Suelo.....	10
2.2 Marco Legal .....	11
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador del 2008.....	11
2.2.2 Tratados internacionales .....	11
2.2.3 Código Orgánico del Ambiente (COA).....	11
2.2.4 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS) .....	12
2.2.5 Ordenanza Plan de Uso y Gestión del Suelo del Cantón Otavalo del periodo 2020-2021. ....	12
<b>3 CAPÍTULO III MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
3.1 Descripción del área de estudio.....	16
3.2 Métodos.....	18

3.2.1 Cuantificación de la Pérdida de Suelo por Erodabilidad Fase 1 Análisis de Campo y Toma de Muestras.....	18
3.2.2 Cuantificación de la Pérdida de Suelo por Erodabilidad Fase 2 Análisis de Laboratorio y Descripción de Suelos .....	20
3.2.3 Cuantificación de la Pérdida de Suelo por Erodabilidad Fase 3 Cálculo de la Erodabilidad del Suelo .....	23
3.2.4 Zonificación de Áreas Críticas Fase 1 Interpolación de Datos Mediante el Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) .....	24
3.2.5 Zonificación de Áreas Críticas Fase 2 Determinación de Niveles de Erodabilidad .....	26
3.2.6 Zonificación de Áreas Críticas Fase 3 Identificación de Zonas Susceptibles de Erodabilidad .....	26
3.2.7 Aplicación del Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER).....	27
3.3 Materiales y Equipos.....	30
<b>4 CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Resultados .....	31
4.1.1 Análisis de Textura y Materia Orgánica del Suelo en laboratorio .....	31
4.1.2 Determinación de los valores de erodabilidad.....	32
4.1.3 Análisis de relación entre la erodabilidad y sus factores condicionales.....	34
4.1.4 Zonificación de áreas críticas de erodabilidad de la Microcuenca Hidrográfica del río Itambi.....	35
4.1.5 Estrategias de Manejo y Conservación de Suelos en Zonas Susceptibles de erodabilidad Modelo PER (Presión, Estado y Respuesta) .....	37
<b>5 CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>55</b>
5.1 Conclusiones .....	55
5.2 Recomendaciones.....	56
<b>6 CAPITULO VI REFERENCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>7 CAPÍTULO VII ANEXOS .....</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de degradación del suelo. ....	6
<b>Tabla 2.</b> Tipos de estructura de partículas de suelo y su criterio.....	9
<b>Tabla 3.</b> Estrategias de manejo y conservación de suelo más utilizados.....	10
<b>Tabla 4.</b> Características físicas de la microcuenca del río Itambi. ....	17
<b>Tabla 5.</b> Códigos USLE de estructura de suelo.....	22
<b>Tabla 6.</b> Código USLE de permeabilidad de acuerdo con la textura de suelo. ....	23
<b>Tabla 7.</b> Rangos del factor de erodabilidad y su clasificación .....	26
<b>Tabla 8.</b> Valorización y fuerza de concordancia del índice Kappa. ....	29
<b>Tabla 9.</b> Materiales y equipo requeridos para determinar la Erodabilidad del suelo .....	30
<b>Tabla 10.</b> Valores de erodabilidad reales y de predicción por el método Kriging. ....	35
<b>Tabla 11.</b> Porcentaje de Zonas críticas de Erodabilidad de la Microcuenca Hidrográfica del Río Itambi.....	36
<b>Tabla 12.</b> Área y Porcentaje de Uso y Cobertura de Suelo .....	37
<b>Tabla 13.</b> Correlación de la Erodabilidad con los macronutrientes Potasio, Fósforo y Nitrógeno.....	40
<b>Tabla 14.</b> Datos de macronutrientes NPK del Laboratorio de Suelos y Agua UPS. ....	41
<b>Tabla 15.</b> Diseño de estrategias a través del modelo PER (Presión-Estado-Respuesta)...	42
<b>Tabla 16.</b> Programa de implementación de Prácticas Adecuadas de Manejo y Conservación en zonas agrícolas con altos niveles de erodabilidad .....	44
<b>Tabla 17.</b> Programa de implementación de Sistemas silvopastoriles en zonas ganaderas con altos niveles de erodabilidad. ....	48
<b>Tabla 18.</b> Programa para promover la conservación del ecosistema páramo y vegetación natural.....	51
<b>Tabla 19.</b> Programa de educación ambiental para la conservación del suelo. ....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Triángulo textural del suelo según la clasificación textural de la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) .....	8
<b>Figura 2.</b> Movimiento del agua a través de las texturas a) granular, b) bloques subangulares, c) prismática, d) laminar.....	9
<b>Figura 3.</b> Sustento legal de investigación referente al Uso del Suelo en el Ecuador–Pirámide de Kelsen. ....	13
<b>Figura 4.</b> Ubicación del área de estudio. ....	16
<b>Figura 5.</b> Sitios de muestreo en la Microcuenca Hidrográfica del río Itambi. ....	19
<b>Figura 6.</b> .....	20
<b>Figura 7.</b> Sitios de muestreo para determinar la Materia Orgánica del Suelo.....	21
<b>Figura 8.</b> Modelo de Interpolación de valores de Erodabilidad por el Método Kriging. ...	25
<b>Figura 9.</b> Zonas susceptibles de Erodabilidad en la Microcuenca del Río Itambi. ....	27
<b>Figura 10.</b> Principales coberturas y usos de suelo de microcuenca del río Itambi.....	28
<b>Figura 11.</b> Textura de suelo en cada sitio de muestreo .....	31
<b>Figura 12.</b> Valores de erodabilidad en la Microcuenca Hidrográfica del Río Itambi. ....	33
<b>Figura 13.</b> Análisis de relación de Valores de Erodabilidad vs Materia Orgánica del suelo. ....	34
<b>Figura 14.</b> .....	36
<b>Figura 15.</b> Niveles de erodabilidad en zonas agrícolas de la microcuenca del río Itambi	38
<b>Figura 16.</b> Niveles de erodabilidad en zonas ganaderas de la microcuenca del río Itambi	39
<b>Figura 17.</b> Distribución de Macronutrientes Potasio, Fósforo y Nitrógeno en la Microcuenca Hidrográfica del Río Itambi.....	40
<b>Figura 18.</b> Sitios de implementación de Practicas de Manejo y conservación de suelos..	46
<b>Figura 19.</b> Sitios de implementación del sistema silvopastoril. ....	49
<b>Figura 20.</b> Sitios de implementación de zonas de protección y conservación. ....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Protocolo de laboratorio para el Cálculo de Materia Orgánica (Método de Aplicación de Peróxido).....	62
<b>Anexo 2.</b> Protocolo de laboratorio para el Cálculo de Materia Orgánica (Método de Walkley-Black). .....	64
<b>Anexo 3.</b> Protocolo de laboratorio para determinar la textura del suelo (Método del Hidrómetro de Bouyoucos) .....	66
<b>Anexo 4.</b> Etiquetado y enfundado de muestras de suelo en Campo. ....	68
<b>Anexo 5.</b> Análisis estadísticos .....	69
<b>Anexo 6.</b> Informes del laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Politécnica Salesiana .....	76
<b>Anexo 7.</b> Resultados de Análisis de textura del suelo Laboratorio LABONORT.....	86
<b>Anexo 8.</b> Registro fotográfico de la fase de campo. ....	88
<b>Anexo 9.</b> Registro fotográfico de Laboratorio. ....	89
<b>Anexo 10.</b> Cálculo de valores de Erodabilidad cumpliendo los parámetros requeridos por el Modelo RUSLE,.....	91
<b>Anexo 11.</b> Matriz de Confusión de Marco Vanetti para validar el mapa de uso y cobertura del suelo.....	93

**RESUMEN**  
**ANÁLISIS DE LA ERODABILIDAD EN LA MICROCUENCA**  
**HIDROGRÁFICA DEL RÍO ITAMBI'**

La Microcuenca Hidrográfica del río Itambi se encuentra en la provincia Imbabura, cantón Otavalo, en un rango altitudinal de 2680 a 4555 msnm. Dentro de esta microcuenca se ubican los centros poblados San Pablo del Lago, González Suárez y parte de San Rafael de la Laguna. La degradación del suelo es un problema ambiental dentro de la microcuenca y está asociado a las actividades antrópicas como la agricultura y la ganadería. El cambio de uso de suelo ha ocasionado un aumento de la presión sobre este recurso por la pérdida de la capa fértil. En este contexto, el presente estudio se analizó la erodabilidad del suelo en la microcuenca del río Itambi. Por ello, se realizó el análisis de las propiedades del suelo (textura, estructura, permeabilidad y materia orgánica del suelo) para determinar los valores de erodabilidad por medio de la ecuación 3, después se realizó una zonificación de áreas críticas de erodabilidad mediante el uso de las herramientas SIG, posteriormente se propusieron estrategias de manejo y conservación de suelos en base a los valores de erodabilidad registrados. Los resultados indican que la erodabilidad media de la Microcuenca Hidrográfica del río Itambi es de  $0,063 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ , siendo este valor considerado como nivel de erodabilidad alto. Las zonas con nivel alto (25,37%) y nivel muy alto (28,03%) de erodabilidad se observaron en los suelos con coberturas de cultivos y pastos, que se encuentran en la parte media y baja de la Microcuenca Hidrográfica del Río Itambi. Las principales estrategias para el manejo de suelo fueron la implementación de cultivos asociados y sistemas silvopastoriles, la reducción de la frecuencia de la labranza, la conservación del ecosistema páramo y de la vegetación natural ya que están centradas en la recuperación y aumento de materia orgánica del suelo, la recuperación y mejora de la estructura del suelo.

**Palabras clave:** propiedades edáficas, susceptibilidad, pérdida de suelo, factor k, materia orgánica, zonas críticas.

**ABSTRACT**

**ANALYSIS OF ERODIBILITY IN THE HYDROGRAPHIC MICRO-BASIN OF THE  
ITAMBI RIVER**

The Itambi River Hydrographic Microbasin is located in the province of Imbabura, canton of Otavalo, in an altitudinal range of 2680 to 4555 meters above sea level. The population centers of San Pablo del Lago, González Suárez and part of San Rafael de la Laguna are located within this microbasin. Soil degradation is an environmental problem within the microbasin and is associated with anthropogenic activities such as agriculture and livestock. The change in land use has caused an increase in the pressure on this resource due to the loss of the fertile layer. In this context, the present study analyzed the soil erodibility in the Itambi River microbasin. Therefore, the analysis of the soil properties (texture, structure, permeability and soil organic matter) was carried out to determine the erodibility values by means of equation 3, then a zoning of critical erodibility areas was carried out by using GIS tools, subsequently soil management and conservation strategies were proposed based on the recorded erodibility values. The results indicate that the average erodability of the Itambi River Micro-basin is  $0.063 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ , this value being considered as a high erodability level. The areas with a high level (25.37%) and very high level (28.03%) of erodability were observed in soils with crop and pasture covers, which are located in the middle and lower part of the Itambi River Micro-basin. The main strategies for soil management were the implementation of associated crops and silvopastoral systems, the reduction of tillage frequency, the conservation of the moorland ecosystem and natural vegetation since they are focused on the recovery and increase of organic matter in the soil, and the recovery and improvement of soil structure.

**Key words:** edaphic properties, susceptibility, soil loss, k factor, organic matter, critical zones.

# 1 CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Revisión de Antecedentes

La erosión del suelo es una problemática ambiental global y es una de las causas principales de la pérdida de la materia orgánica del suelo y el crecimiento de producción de sedimentos en las cuencas hidrográficas. Existe relación directa de la erosión con la reducción de la capacidad productiva y la pérdida de los nutrientes en el suelo (Álvarez, 2019). En el Ecuador, gran parte de la superficie terrestre presenta problemas de erosión debido a las condiciones topográficas y climáticas. Además, sumado a que durante el periodo 2000 y 2010, Ecuador presentó la mayor tasa de deforestación de Sudamérica donde se perdieron cerca de cuatro millones de hectáreas de bosque (Ochoa-Cueva et al., 2013).

La tasa de erosión hídrica indicada por la Food and Agriculture Organization (FAO) en 1996 era de 25 000 millones de toneladas cada año y el alcance de degradación era de alrededor de 550 millones de hectáreas. Cerca de 2 000 millones de hectáreas de la superficie del planeta Tierra se encuentran degradadas y las causas principales de esta degradación son la erosión hídrica (56%) y la erosión eólica (28%) (Ruiz & Febles, 2004). La erosión del suelo por el agua se considera como la problemática crítica debido a que las cuencas hidrográficas son muy dinámicas y vulnerables debido a las diferentes actividades naturales y antropogénicas que se desarrollan dentro de la misma (Maliqi et al., 2023).

En Estados Unidos, se realizó una comparación de las tasas de erosión entre los años de 1982 y 2007, donde las tasas medias de erosión hídrica en zonas de producción agrícola fueron reducidas de 10,8 a 7,4 ton/ha/año, mientras que las tasas por erosión eólica fueron reducidas de 8,9 a 6,2 ton/ha/año. Estas disminuciones se deben a la adopción de medidas como la labranza mínima, establecimiento de barreras vivas para retener el suelo, cultivos de ciclo largo y cultivos asociados (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016).

La erodabilidad o también conocida como factor K es la susceptibilidad de pérdida de partículas y agrados de la masa de suelo y está relacionada con las propiedades del suelo como la materia orgánica, textura del suelo, estructura del suelo y la permeabilidad (Maliqi et al.,



2023). En un estudio realizado al norte de Polonia para suelos montañosos se pudo observar que los valores de erodabilidad estaban entre 0,0172 y 0,0352  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  (Radziuk & Świtoniak, 2021). En Latinoamérica, se han realizado estudios en Colombia, específicamente en el departamento de Caldas, donde los valores del factor K oscilaron entre 0,0008 y 0,0086  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ , siendo estos considerados como erodabilidad natural (Ramírez-Ortiz et al., 2009).

Una investigación realizada en las ruinas de Pambamarca en el norte del Ecuador, demuestra que las infraestructuras construidas en la época prehispánicas son afectadas por la erosión. El valor promedio de erodabilidad que se encontró dentro del área de estudio fue de 0,029  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  (Santos et al., 2023). De acuerdo con los resultados obtenidos en investigaciones previas como la de Arias-Muñoz et al., (2023) en la cuenca media alta del río Mira (Ecuador) muestran que la erodabilidad es de 0,11  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ . Las coberturas de bosques y páramo tienen menor susceptibilidad a erosionarse, por otro lado, los suelos sin cobertura vegetal y suelos agrícolas tienen una tasa de erosión alta.

## 1.2 Problema de Investigación y Justificación

En el Ecuador, el 47,9% de su superficie está potencialmente afectada por la erosión (Noni 1986). En la Sierra del Ecuador, la tasa de erosión activa es más alta comparado con otras regiones. Los problemas de erosión que se presentan en la provincia Imbabura son a causa de diversos factores como la expansión de la frontera agrícola, sobreexplotación de suelos cultivables, la deforestación y otros. Las malas prácticas agrícolas como la ubicación de cultivos en pendientes muy pronunciadas, la labranza continua, la tala de árboles e incendios forestales son frecuentes aumentan la susceptibilidad de los procesos erosivos (Quiñónez-Marret, 2021).

Los asentamientos humanos han aumentado hacia las tierras altas donde la topografía es accidentada. También las actividades antrópicas como la agricultura y ganadería se practican en terrenos escarpados, esto sumado a las tasas de deforestación, han provocado el aumento en la erosión del suelo (Gebreegziabher et al., 2023). Los factores que aumentan la erodabilidad del suelo son la disminución en contenido de carbono y la fracción de arena en los horizontes de humus generados por la pérdida de cobertura vegetal (Radziuk & Świtoniak, 2021). La severidad de los eventos atmosféricos, la falta de estrategias para el manejo y conservación de suelos en las cuencas hidrográficas resultan en problemas ambientales y sociales (Hernández Bonilla, 2018).

Para el presente estudio se deben tomar cuenta las actividades antrópicas, ya que estas tienen impacto directo en el almacenamiento de agua y aceleración de procesos erosivos dentro de las cuencas hidrográficas. Las zonas cultivadas producen mayor cantidad de sedimentos en comparación con en las zonas no cultivadas (Henry et al., 2013). La pérdida de suelo y producción de sedimentos tiene consecuencias tanto dentro como fuera del lugar de origen. El depósito de sedimentos altera el funcionamiento de los ríos ya que se modifica la capacidad de retención de agua. Los sedimentos también son fuente de contaminación ya que el aumento de concentración en niveles de nitrógeno y fósforo se debe al uso de agroquímicos (Alatorre & Beguería, 2009).

La presente investigación se proyecta en analizar la erodabilidad en la microcuenca hidrográfica del río Itambi y proponer estrategias de manejo y conservación de suelo para reducir el nivel de la erodabilidad. En Ecuador, hay un vacío de estudios de erodabilidad, pues

no existen investigaciones analizando esta problemática, por lo tanto, es importante realizar trabajos de investigación que ayuden a obtener resultados. En base a estas investigaciones, proponer medidas de manejo que ayuden a reducir la erosión del suelo en esta cuenca. Los factores que producen la erosión son los mismos, pero la tasa es diferente ya sea por la cantidad o la fuerza que tenga el factor en este proceso y por ende es importante determinar la influencia de cada uno de ellos (Ramírez-Ortiz et al., 2009).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Analizar la erodabilidad en la microcuenca hidrográfica del Río Itambi para el establecimiento de medidas de manejo y conservación del suelo.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Cuantificar la pérdida del suelo por erodabilidad en la microcuenca hidrográfica del Río Itambi
- Zonificar las áreas críticas de erodabilidad en la microcuenca hidrográfica del Río Itambi
- Proponer estrategias de manejo y conservación del suelo para evitar y reducir la erodabilidad.

#### **1.3.3 Pregunta(s) directriz(ces) de la investigación**

¿Cuál es el nivel de erodabilidad en la microcuenca hidrográfica del Río Itambi?

¿Cuáles son las estrategias de manejo y conservación del suelo en base a la erodabilidad?

#### **1.3.4 Hipótesis**

Hipótesis nula: Existe baja erodabilidad de erosión del suelo dentro de la Microcuenca hidrográfica del Río Itambi.

## 2 CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco teórico referencial

##### 2.1.1 *Cuenca Hidrográfica*

Una cuenca hidrográfica es una unidad superficial, ocupa un espacio determinado por los puntos topográficos más altos y está conformado por varios subsistemas dentro del mismo. Los elementos que se encuentran en esta unidad superficial están ordenados e interactúan entre sí (Arias-Muñoz et al., 2023). Las cuencas hidrográficas afrontan serios conflictos de deterioro de la calidad del suelo y tiene relación significativa con la intensificación de las actividades humanas (Ochoa-Cueva et al., 2013). Las características morfológicas que posee una cuenca, la cobertura vegetal, las actividades que se desarrollan en la misma, tiene una estrecha relación con el deterioro del suelo (Zengin et al., 2017).

##### 2.1.2 *Degradación del Suelo*

La degradación es la reducción del funcionamiento óptimo del sistema suelo. Los tipos de degradación y sus efectos se representan en la Tabla 1. Los factores de la degradación del suelo son la erosión y la contaminación que afecta varios procesos que se llevan a cabo en la biósfera. El cierre de cadenas tróficas biogeoquímicas se produce principalmente por el uso de pesticidas y presencia de metales pesados en el suelo (López-Falcón, 2002). La pérdida de la calidad del suelo se produce por la alteración del equilibrio que existe entre el suelo, clima y vegetación. El aumento en las tasas de erosión se constituye como uno de los factores más relevantes en la degradación del suelo, ya que, provoca alteración en el equilibrio existente en el sistema edáfico (Camargo et al., 2017).

**Tabla 1.**

*Tipos de degradación del suelo.*

<b>Tipo de degradación</b>	<b>Efectos en el suelo</b>
Física	Encostramiento Compactación Consolidación Sellado
Química	Agotamiento de nutrientes Acidificación Contaminación con metales tóxicos
Biológica	Pérdida de materia orgánica Reducción de la cobertura vegetal disminución de organismos edáficos

### **2.1.3 Erosión**

La erosión del suelo se refiere al desprendimiento y arrastre de las partículas y fragmentos de roca por la acción de diversos factores como el agua, el viento, el hielo o la gravedad asociada con el nivel de las pendientes (Arias-Muñoz et al., 2023a). Entre los tipos de erosión se encuentran la erosión geológica que se refiere al proceso natural del desgaste del suelo que es imperceptible, pero las acciones humanas han provocado que estos procesos sean acelerados. La erosión eólica que se refiere a la pérdida de suelo debido al débil agregado, superficie lisa y sin cobertura vegetal en zonas con fuertes corrientes de viento. La erodabilidad es uno de los factores erosión y se refiere a la susceptibilidad de separación de partículas y agrados de la masa de suelo por sus características edáficas (López-Falcón, 2002).

### **2.1.4 Erodabilidad como factor de erosión**

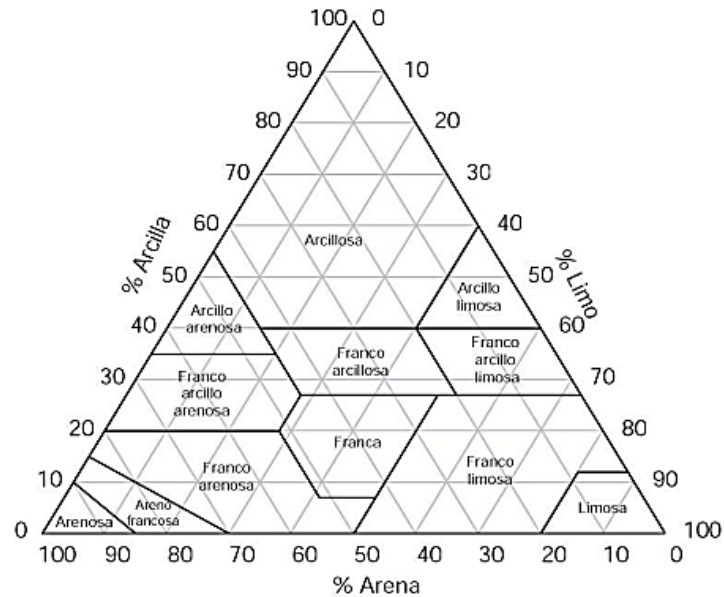
El factor de erodabilidad se entiende como aquella susceptibilidad de separación de las partículas que conforman del suelo por interacción con diversos factores (Pérez-Salinas et al., 2019). Los estudios de erodabilidad permiten comprender de manera más clara los aspectos de la erosión del suelo (Derahman et al., 2022). Para determinar el nivel de erodabilidad se requiere analizar la materia orgánica, la permeabilidad, la estructura y textura del suelo. En países tropicales y semiáridos, se relaciona a las actividades humanas como la producción agrícola y la ganadería con la degradación y desertificación de los suelos debido a que estas actividades afectan la materia orgánica, la estructura y textura del suelo por la labranza continua y el pastoreo (Prasannakumar et al., 2012).

**Materia Orgánica del Suelo (MOS).** Es una capa compuesta por restos de plantas y animales que se descomponen por periodos de tiempo largos y llegan a formar una estructura conocida como humus (Céspedes & Millas, 2014). El humus se transforma en elementos minerales y agua. Apenas el 2% de suelos agrícolas está formado por materia orgánica (Ochoa-Cueva et al., 2015). Los procesos de erosión tienen relación directa con la materia orgánica del suelo, pues los factores climáticos y de relieve, sumado al cambio de uso de suelo provocan que haya menor cobertura vegetal en las cuencas hidrográficas, por tanto, la susceptibilidad a la pérdida de suelo es mayor (Llanes et al., 2020). La materia orgánica como tal también se pierde cuando no existe cobertura vegetal que lo proteja. Una vez se pierde la materia orgánica, se vuelve inútil para la agricultura (Arias-Muñoz et al., 2023).

**Textura del suelo.** La textura del suelo hace referencia a las diferentes características que posee ya sea por tamaño de las partículas y los contenidos de arena, limo y arcilla que son diferentes en cada tipo de suelo como se observa en la Figura 1. Este factor es muy importante a la hora de analizar la erodabilidad del suelo de un área determinada (Beretta et al., 2014). La textura del suelo tiene relación directa con la capacidad de infiltración y la evaporación del agua. La vegetación también está influenciada por el tamaño de las partículas de suelo debido a que estas pueden generar condiciones favorables para el desarrollo de la flora como la disponibilidad de agua para su aprovechamiento. La imposición de restricciones físicas por la textura influye en el almacenamiento y movimiento de agua en el suelo puesto que tiene vínculo directo con los efectos estáticos y dinámicos (Fernández & Trillo, 2005).

**Figura 1.**

*Triángulo textural del suelo según la clasificación textural de la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)*



*Nota.* El gráfico representa la porción exacta o el porcentaje de arena, limo y arcilla que conforma el suelo se llama textura del suelo. Las doce clases de textura se muestran en el triángulo textural de suelo propuesto por la USDA. Adaptado de Manejo y Conservación del Suelo y Agua en los Andes del Sur de Ecuador. (p. 41) por P. Ochoa, 2015, Universidad de Málaga.

**Estructura del suelo.** Es la asociación de las partículas de limo, arena y arcilla que conforman el suelo. Los tipos de estructura y el criterio de cada uno se muestran en la Tabla 2. También se refiere a las capacidades y características que posee cada partícula, por ejemplo, las partículas de arena están unidas de manera frágil y no forman agregados. Las partículas de arcilla en un suelo arcilloso forman agregados con gran facilidad y esto permite que el transporte de agua y aire dentro de suelo sea más efectivo (Ochoa-Cueva et al., 2015). La estructura interna del suelo ve afectada por las actividades humanas como la ganadería que generan compactación. La compactación altera la capacidad de transporte de agua y aire (Medina, 2016).

**Tabla 2.**

*Tipos de estructura de partículas de suelo y su criterio*

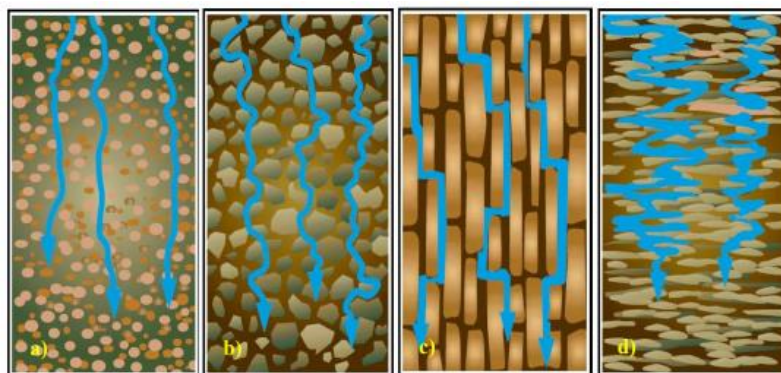
Tipo de estructura	Criterio
Granular muy fina	Muy buena estructura
Granular fina	Buena estructura
Granular media gruesa	Estructura regular
Bloques, laminar o masiva	Mala estructura

*Nota.* La tabla muestra cuáles son los criterios que posee el suelo de acuerdo con el tamaño de las partículas del suelo, por lo tanto, indica la erodabilidad del suelo por su estructura.

**Permeabilidad.** La permeabilidad se refiere a la propiedad del suelo para transferir agua y aire dentro de sus partículas como se puede ver en la Figura 2 (Ochoa-Cueva et al., 2015). La permeabilidad del suelo está influenciada por la continuidad de espacios porosos que presenta afecciones por la compactación, cambios en la textura del suelo, aumento de materia orgánica y la labranza. También intervienen factores como la pendiente, textura, capacidad de retención de agua, entre otras (Loyola-Gómez et al., 2014). Al reducir la permeabilidad del suelo, se aumenta la escorrentía superficial, pues el agua no se puede filtrar por las partículas del suelo con espacios porosos muy pequeños y, por tanto, se puede convertir en un agente transportador de sedimentos (Radziuk & Świtoniak, 2021).

**Figura 2.**

*Movimiento del agua a través de las texturas a) granular, b) bloques subangulares, c) prismática, d) laminar*



*Nota.* Adaptado de Manejo y Conservación del Suelo y Agua en los Andes del Sur de Ecuador. (p. 46) por P. Ochoa, 2015, Universidad de Málaga.



### 2.1.5 Estrategias de Manejo y Conservación del Suelo

Las estrategias de manejo y conservación del suelo buscan la disminución de la pérdida de fertilidad del suelo y el mejoramiento del sistema edáfico mediante la implementación de técnicas que ayuden a gestionar de manera sostenible el recurso suelo y agua (Ramírez-Ortiz et al., 2009). Las estrategias de conservación mayormente implementadas son siembra de cultivos con curvas a nivel, manejo de coberturas con especies primarias y especies nativas, establecimiento de barreras vivas, sistemas silvopastoriles, aplicación de materia orgánica, reducir la labranza y el uso de maquinaria agrícola en pendientes fuertes, reducir el uso generalizado de herbicidas, entre otras como se puede ver en la Tabla 3. Todas estas prácticas permitirán mejorar la calidad de agua y prevenir la pérdida de la fertilidad de los suelos (Muñoz-Gómez et al., 2022).

**Tabla 3.**

*Estrategias de manejo y conservación de suelo más utilizados.*

<b>Estrategia</b>	<b>Utilidad</b>
<b>Manejo agroecológico de cultivos</b>	Permite disminuir la huella de carbono, se beneficia la salud del medio ambiente, manejo eficaz de los nutrientes, mantenimiento de una alta diversidad de especies de flora y fauna.
<b>Aplicación de barreras o cercas vivas</b>	Permite el control ante el crecimiento del número de animales y desplazamiento descontrolado de la ganadería.
<b>Reducción de la labranza</b>	Permiten que los suelos tengan mayor estabilidad, mayor resistencia a la compactación, mayor capacidad de retención del agua reduce el riesgo de erosión y aumenta la actividad biológica.
<b>Sistema silvopastoril y control de ejemplares</b>	Es la interacción de plantas arbustivas propias de la zona del páramo con alto valor nutricional que permite controlar el número de ejemplares en un área específica donde cohabitan con estratos forestales.

## **2.2 Marco Legal**

La presente investigación referente al Análisis de la erodabilidad se rige en la normativa legal vigente del Ecuador de acuerdo con la jerarquía de los cuerpos legales vigentes referente a los recursos naturales renovables y al uso y gestión del suelo en los diferentes niveles de legislación representados en la pirámide de Kelsen como se puede ver en la Figura 3.

### **2.2.1 Constitución de la República del Ecuador del 2008**

La Constitución de la República del Ecuador, (2008) constituye la base fundamental para el desarrollo de cualquier actividad que esté asociado al uso de los recursos naturales en el Ecuador. En el Artículo 57, numeral 6 menciona que participar en el uso, usufructo, administración y conservación de los recursos naturales renovables que se hallen en sus tierras. Los artículos 262, 263, 264 y 267 mencionan que los gobiernos regionales autónomos, provinciales, cantones y parroquiales tendrán la siguiente competencia: Planificar el desarrollo regional y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, provincial, cantonal y parroquial.

### **2.2.2 Tratados internacionales**

En los tratados internacionales es importante resaltar al ODS 15 (Objetivos del Desarrollo Sostenible) de Vida de Ecosistemas terrestre que menciona la importancia de proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad. Esto con el fin de hacer frente a las crisis del cambio climático, la contaminación y la pérdida de la biodiversidad. (CEPAL & Organización de las Naciones Unidas, 2019).

### **2.2.3 Código Orgánico del Ambiente (COA)**

El artículo 409 del Código Orgánico del Ambiente, (2017) menciona que es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. El artículo 197 menciona que las actividades que afecten la calidad del suelo deben ser reguladas y se prioriza la conservación de los ecosistemas de zonas altas con pendientes y bordes de cuerpos hídricos.

#### ***2.2.4 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS)***

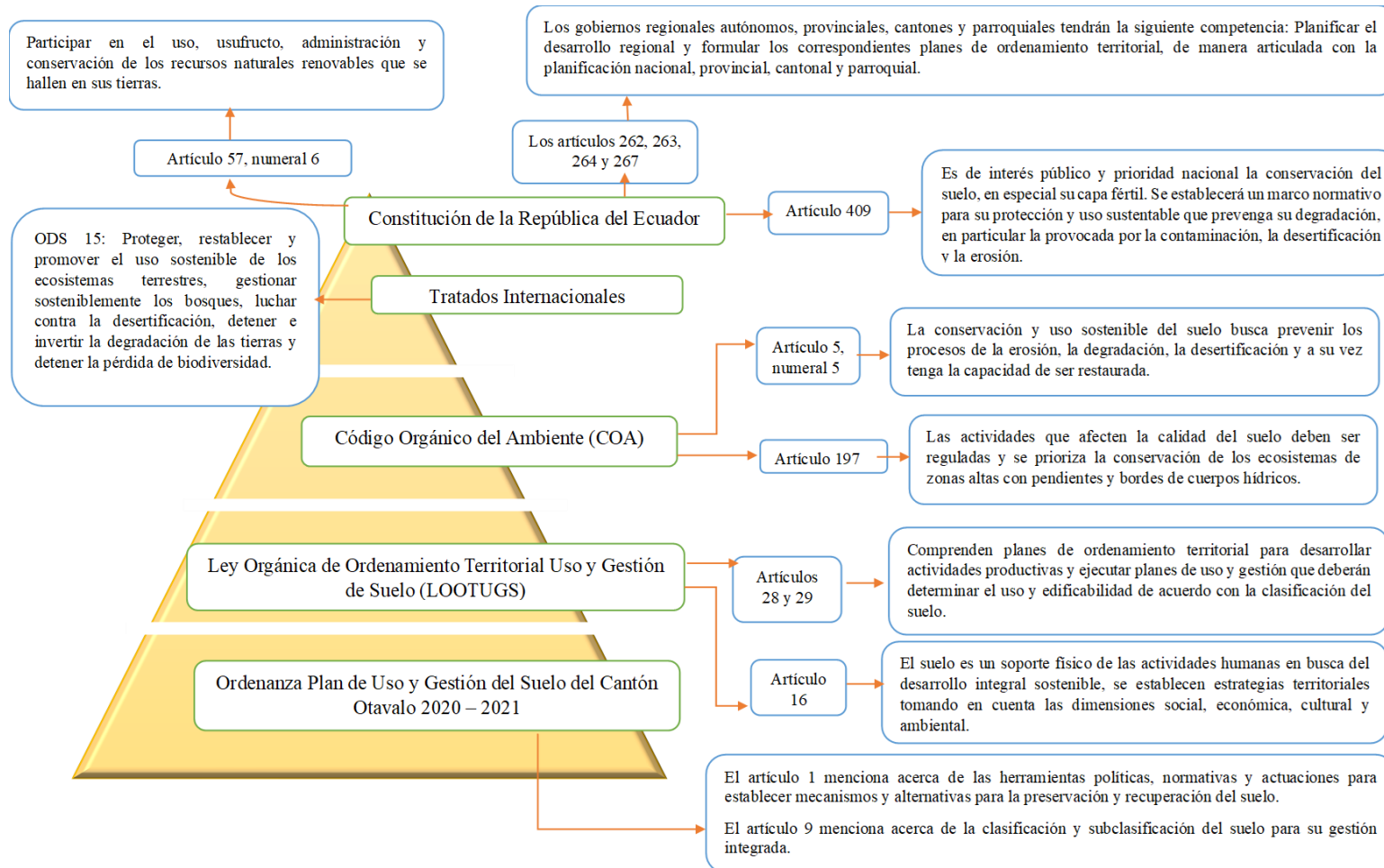
Los Artículos 28 y 29 de la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo, (2018) mencionan que los planes de ordenamiento territorial para desarrollar actividades productivas y ejecutar planes de uso y gestión que deberán determinar el uso y edificabilidad de acuerdo con la clasificación del suelo. El artículo 16 menciona que el suelo es un soporte físico de las actividades humanas en busca del desarrollo integral sostenible, se establecen estrategias territoriales tomando en cuenta las dimensiones social, económica, cultural y ambiental.

#### ***2.2.5 Ordenanza Plan de Uso y Gestión del Suelo del Cantón Otavalo del periodo 2020-2021.***

El artículo 1 menciona acerca de las herramientas políticas, normativas y actuaciones para establecer mecanismos y alternativas para la preservación y recuperación del suelo. El artículo 9 menciona acerca de la clasificación y subclasificación del suelo para su gestión integrada.

**Figura 3.**

*Sustento legal de investigación referente al Uso del Suelo en el Ecuador–Pirámide de Kelsen.*



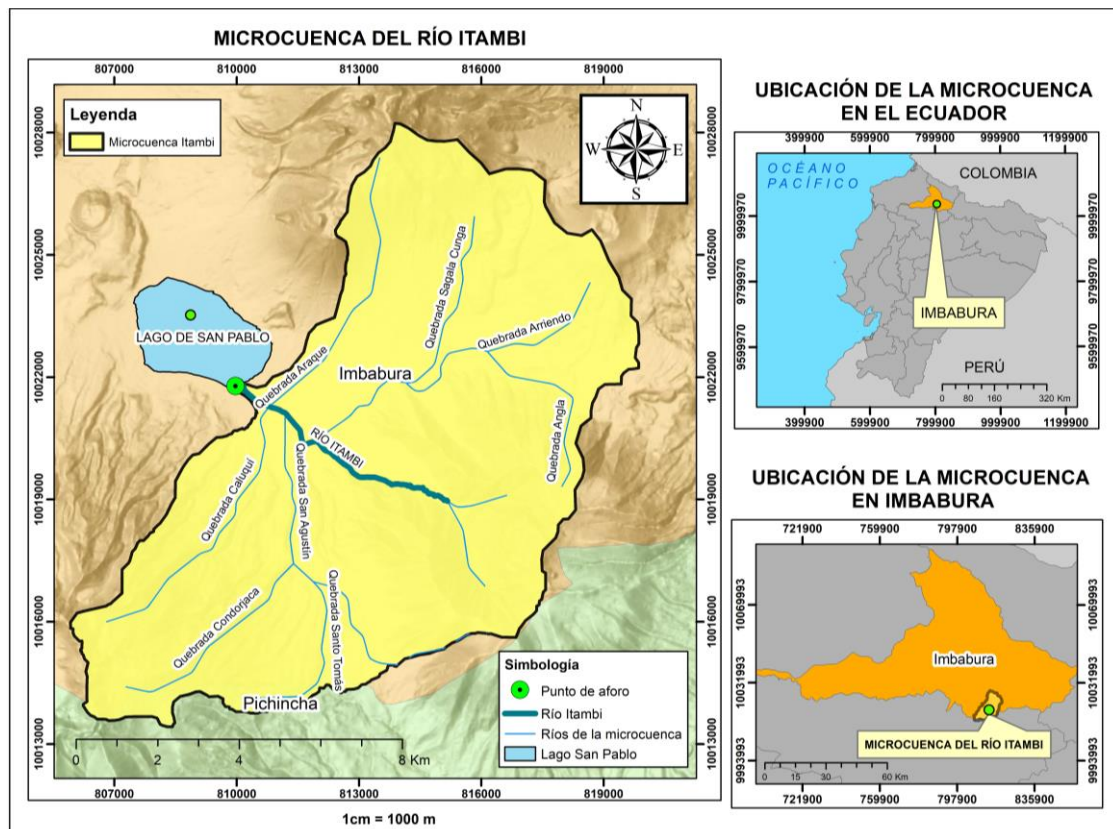
### 3 CAPÍTULO III MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

La microcuenca del Río Itambi se encuentra ubicada en las parroquias de San Pablo del Lago, Gonzáles Suárez y San Rafael, en el Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura, al norte del Ecuador como se puede observar en la Figura 4. El río Itambi es el afluente principal del lago San Pablo. Las principales actividades que se llevan a cabo dentro de la microcuenca son la agricultura y la ganadería (Ruales-Mestanza & Dávila-Lara, 2019).

**Figura 4.**

*Ubicación del área de estudio.*



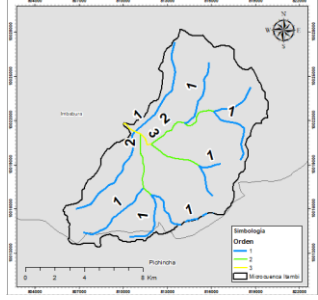
La microcuenca hidrográfica del río Itambi cuenta con un área superficial de 110,17 km<sup>2</sup> y un perímetro de 51,04 k, es considera como microcuenca. Comprende un rango altitudinal desde los 2.680 hasta los 4.555 msnm. El Coeficiente de compacidad indica que es una cuenca de clase II de forma oval redonda a oval oblonga. Es una cuenca redondeada con

tendencia a crecidas. El coeficiente de rugosidad indica que la microcuenca tiene un bajo riesgo de inundaciones por la poca velocidad del flujo como se puede ver en la Tabla 4. La temperatura oscila entre los 6 y los 18 °C, mientras que las precipitaciones varían entre los 500 a 2000 mm por año (Ruales-Mestanza & Dávila-Lara, 2019).

**Tabla 4.**

*Características físicas de la microcuenca del río Itambi.*

<b>Parámetros De Forma</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Simbología</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Valor</b>	<b>Interpretación</b>
Área	(A)	A = Área o superficie	11017,01 ha 110,17 km <sup>2</sup>	Se clasifica como microcuenca
Perímetro	(P)	P = Perímetro	51,04 km	Es una cuenca mediana
Longitud axial	(L)	La = Distancia máxima de la cuenca	9,89 km	Es la distancia máxima medida desde el punto de confluencia hasta el punto más alejado de la red.
Ancho promedio	(Ap)	$Ap = \frac{A}{La}$	11,14 km	Es la relación entre el área y la longitud de la cuenca.
Altitud mínima	Hmin	H min. = Cota mínima	2680 msnm	La cota mínima se encuentra en el punto de salida de la cuenca
Altitud máxima	Hmax	H max = Cota máxima	4555,51 msnm	La cota máxima se encuentra en la parte más alta de la cuenca
Coeficiente de compacidad	(Kc)	$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$	<b>1,36</b>	Es una cuenca de clase II de forma Oval Redonda a oval oblonga.
Factor forma	(Ff)	$Ff = \frac{A}{Lc^2}$	2,58	Es una cuenca redondeada con tendencia a crecidas.
<b>Parámetros De Relieve</b>				
Altitud media	(Am)	Se calcula a partir del DEM de la cuenca.	3160,17 msnm	La altitud media corresponde a una cuenca de montaña.
Desnivel	(De)	De = Hmáx – Hmín	1875,51 m	Presenta un desnivel muy alto debido a la presencia de cerros y lomeríos.
Pendiente media	(J)	$J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$	35,44%	Relieve montañoso
Coeficiente de rugosidad	(Ra)	$Ra = \frac{\text{Desnivel de la cuenca}}{\text{Densidad de drenaje}}$	3349,12	Bajo riesgo de inundaciones por la poca velocidad del flujo.
<b>Parámetros Hidrológicos</b>				
Longitud del cauce principal	(Lcp)	Lcp = Es la longitud del río principal	6,54 km	Posee una longitud pequeña
Pendiente del cauce principal	(Jc)	$Jc = \frac{Cota_{max} - Cota_m}{Lcp}$	0,01 1%	Posee una pendiente suave
Tiempo de concentración	(Tc)	$Tc = 0.000323 * \left( \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$	1,65 horas	El tiempo de concentración de la cuenca según Kirpich es de <b>1,65 horas</b> , lo que equivale a 99 minutos que tarda en llegar la escorrentía superficial.

Número de orden de los cursos del río	N	Método de Horton Strahler	3 órdenes de ríos 14 ríos de orden 1 5 ríos de orden 2 1 río de orden 3	
Densidad de drenaje	Dd	$Dd = \frac{\sum_{i=1}^n Ln}{A}$	0,56	Es una cuenca normalmente drenada.

Las principales texturas de suelo identificadas en el área de estudio son suelos francos, arcillo arenosos, arcillo limosos, franco arenosos y franco limosos. Gran parte de suelos del área de estudio es de textura franco con un 35,9%, los suelos arcillosos con el 21,4% y los suelos franco-arcillosos representan un 19% (Intriago-Zambrano & Sánchez-Cedeño, 2013). El nivel de las pendientes sugiere que la microcuenca del río Itambi presenta un relieve montañoso debido a que el rango entre 25 y 50% predomina dentro de esta área (Ruales-Mestanza & Dávila-Lara, 2019).

### 3.2 Métodos

La presente investigación es descriptiva y el tipo de investigación es experimental, donde se analizaron las propiedades edáficas del suelo como la textura, estructura, contenido de materia orgánica y la permeabilidad. Para cumplir los objetivos del estudio, se dividirá en diferentes etapas y cada una tendrá actividades que permitirán llegar al producto final.

#### 3.2.1 Cuantificación de la Pérdida de Suelo por Erodabilidad Fase 1 Análisis de Campo y Toma de Muestras

En esta etapa se inició definiendo el área de estudio en función de las limitaciones como escasos recursos para movilización y de personal, las condiciones del terreno, entre otras. El tiempo para el trabajo en campo y de laboratorio fue de 5 meses (Ochoa-Cueva et al., 2015). Mediante el uso de la ecuación 1, se determinó que el número de muestras para la Microcuenca Hidrográfica del río Itambi es de 34 muestras (López-Roldán & Fachelli, 2017). Los sitios de muestreo fueron distribuidos sistemáticamente dentro del área de estudio mediante el uso del Software ArcGis V.10.8 como se observa en la Figura 5 (Zimmerman et al., 2022), con el fin de evaluar todos los parámetros requeridos por la fórmula de erodabilidad del suelo (Arias-Muñoz et al., 2023).

El número de puntos de muestreo se determinó mediante la aplicación de la ecuación

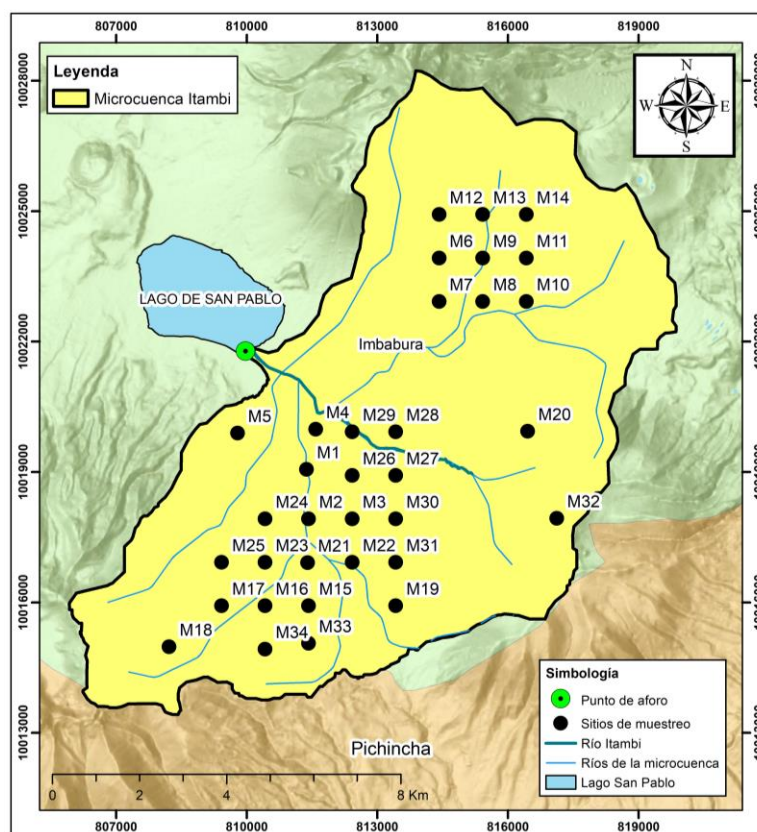
(1)

$$n = \frac{Z^2 p * q * N}{Ne^2 + Z^2 p * q} \quad (1)$$

Donde:  $n$  es el tamaño de la muestra,  $Z$  es el factor probabilístico,  $p$  es el porcentaje estimado de la muestra,  $e$  es el error de estimación,  $N$  es el universo y  $q$  es la porción de individuos que no tienen la característica.

**Figura 5.**

*Sitios de muestreo en la Microcuenca Hidrográfica del río Itambi.*



Se tomaron muestras del suelo superficial con profundidad de 0 a 20 cm (Montoya Ruiz, 2022). Las muestras se extrajeron con un barreno de suelo de 6 cm de diámetro y un volumen de  $508 \text{ cm}^3$  como se puede ver en la Figura 6. Se registró la cobertura terrestre y el uso de suelo de cada punto de muestreo (Ochoa-Cueva et al., 2013). Cada punto de muestreo se georreferenció con un GPS (Global Positioning System), se tomaron las muestras, se



introdujeron en bolsas herméticas y se realizó la descripción de la muestra y se etiquetó (Anexo 4) (Ramírez-Ortiz et al., 2009).

**Figura 6.**

*Toma de muestras de suelo en campo.*



**3.2.2 Cuantificación de la Pérdida de Suelo por Erodabilidad Fase 2 Análisis de Laboratorio y Descripción de Suelos**

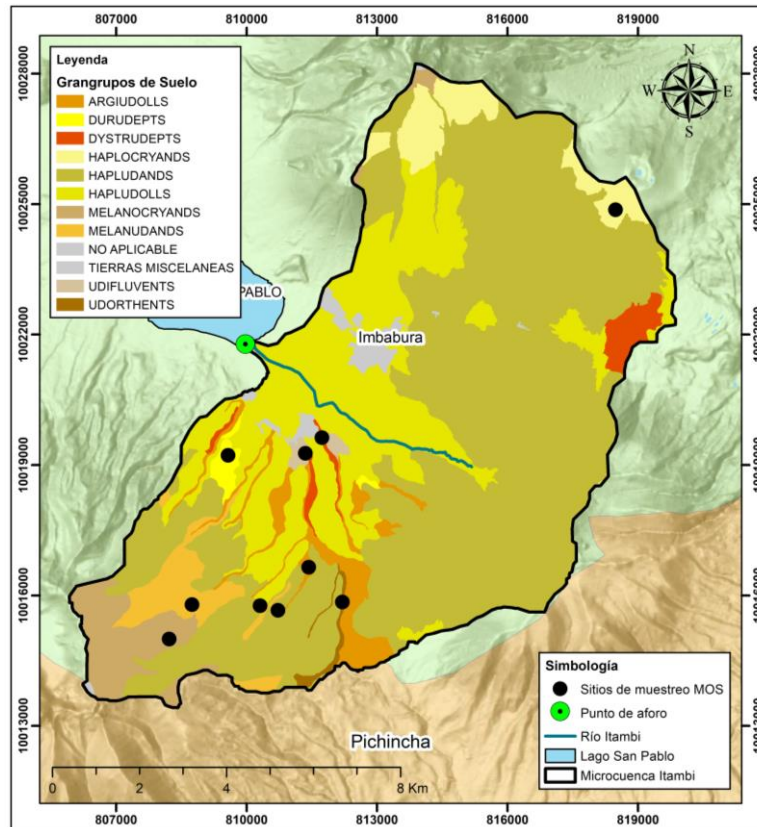
Se homogenizaron las muestras de suelo para obtener una muestra correcta para el análisis en laboratorio. Este proceso se llevó a cabo en una superficie limpia, apartando partículas grandes de suelo, quitando piedras, pedazos de madera y hojas. En el laboratorio las muestras de suelo fueron secadas y tamizadas con una malla de 2 mm. Se aplicó el método del hidrómetro (Anexo 3) para determinar la textura del suelo (Bouyoucos, 1962) en el laboratorio Labonort de Ibarra (Ochoa-Cueva et al., 2015).

Se tomaron 10 muestras de suelo que corresponden a los grandes grupos de suelo (Argiudolls, Durudepts, Dystrudepts, Haplocryands, Hapludands, Hapludolls, Melanocryands, Melanudands, Udifluvents y Udorthents) como se muestra en la Figura 7. El contenido de materia orgánica del suelo se determinó mediante dos métodos. El primero por el método de oxidación por el peróxido de hidrógeno al 30% (Anexo 1) en el Laboratorio de Química de la

Universidad Técnica del Norte. El segundo por el método de Walkley-Black (Anexo 2), realizado en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Politécnica Salesiana.

**Figura 7.**

*Sitios de muestreo para determinar la Materia Orgánica del Suelo*



Se realizó una comparación de los resultados de materia orgánica obtenidos por el método del peróxido de hidrógeno y el método de Walkley-Black mediante la prueba de estadística no paramétrica de U de Mann-Whitney (ecuación 4) para evaluar si existen o no diferencias significativas entre los dos métodos (Pinell-Galindo, 2003).

El estadístico de Mann-Whitney se determinó mediante la aplicación de las ecuaciones 2,3 y 4.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (2)$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2 \quad (3)$$

$$U = \min(U_1, U_2)$$

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (4)$$

Donde:  $n_1$  es el tamaño de muestra del grupo 1,  $n_2$  es el tamaño de muestra del grupo 2,  $R_1$  es la sumatoria de los rangos del grupo 1,  $R_2$  es la sumatoria de los rangos del grupo 2 y  $Z$  es el valor calculado del estadístico U de Mann-Whitney.

La estructura del suelo se determinó de acuerdo con las características que presentaron los suelos en los sitios de muestreo y se asignó un código de acuerdo con tipos de estructura como se observa en la Tabla 5. Las estructuras que se encontraron en el área de estudio son granular muy fina y granular fina. Este tipo de estructuras facilitan la circulación del agua y es característico de suelos del horizonte A (García-Cruzatty & Schlatter Vollmann, 2012).

**Tabla 5.**

*Códigos USLE de estructura de suelo.*

Tipo de estructura	Código USLE
Granular muy fina	1
Granular fina	2
Granular media gruesa	3
Bloques, Laminar o Masiva	4

*Nota.* La tabla el código USLE de cada estructura de suelo. Adaptado de Determinación de la Erodabilidad del Suelo Superficial del Oriente Antioqueño Mediante Ensayo Inderbitzen. (p. 37) por M. Montoya, 2022, Universidad Nacional de Colombia

La permeabilidad se determinó de acuerdo con la textura del suelo mediante el uso de la Tabla 6 donde se asignaron valores de permeabilidad de acuerdo con los contenidos de arena, limo y arcilla de cada suelo. La velocidad de infiltración varía entre las diferentes texturas de suelo (Cueva-Ochoa et al., 2015). Las texturas arcilla limosa, arcilla y arcilla arenosa presentan

permeabilidad baja, mientras que, las texturas limosas, arena arcillosa y arena presentan permeabilidad moderada y alta, siendo estos factores determinantes en el cálculo de la erodabilidad.

**Tabla 6.**

*Código USLE de permeabilidad de acuerdo con la textura de suelo.*

<b>Textura</b>	<b>Permeabilidad (cm/s)</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Código USLE</b>
Arcilla, franco arcilloso	$< 2,8 \cdot 10^{-5}$	Muy baja	6
Arcilla arenosa, franco arcillo limoso	$2,8 \cdot 10^{-5}$ a $5,6 \cdot 10^{-5}$	Baja	5
Franco arcillo arenoso, franco arcilloso	$5,6 \cdot 10^{-5}$ a $1,4 \cdot 10^{-4}$	Baja a moderada	4
Franco limoso, franco	$1,4 \cdot 10^{-4}$ a $5,6 \cdot 10^{-4}$	Moderada	3
Areno francoso, franco arenoso	$5,6 \cdot 10^{-4}$ a $1,7 \cdot 10^{-3}$	Alta	2
Arena	$> 1,7 \cdot 10^{-3}$	Muy alta	1

*Nota.* La tabla muestra el Código USLE de permeabilidad para cada textura de suelo. Adaptado de Determinación de la Erodabilidad del Suelo Superficial del Oriente Antioqueño Mediante Ensayo Inderbitzen. (p. 37) por M. Montoya, 2022, Universidad Nacional de Colombia

### **3.2.3 Cuantificación de la Pérdida de Suelo por Erodabilidad Fase 3 Cálculo de la Erodabilidad del Suelo**

Los valores fueron obtenidos en función de los requerimientos específicos planteados por el Modelo RUSLE, es decir de acuerdo con los parámetros requeridos por la ecuación de erodabilidad, mediante el análisis de las propiedades edáficas como la textura y estructura del suelo, el contenido de materia orgánica y la permeabilidad. Esta información se obtuvo mediante el análisis de las muestras de suelo en laboratorio. Para la interpretación de las propiedades del suelo se utilizó el monograma de la erosión y se aplicó la ecuación (5) de la pérdida de suelo comúnmente conocido como USLE y propuesto como modelo RUSLE por Renard et al., en (1997).

La erodabilidad se determinó mediante la aplicación de la ecuación 5.

$$K = 0,27 * 10^{-6} M^{1.14} (12 - OM) + 0,0043 (s - 2) + 0,0033 (p - 3) \quad (5)$$

Donde: K es el factor de erodabilidad; M representa a (limo % + arena muy fina %) \* (100 – arcilla %); OM es la materia orgánica en %; s es el parámetro estructural basado en el primer horizonte del suelo y p es el parámetro de permeabilidad.

### **Análisis de relación de la erodabilidad y sus factores**

Se calculó el coeficiente de relación de Pearson (Ecuación 6) y la Regresión Lineal Simple (RLS) para evaluar la relación lineal de los valores de erodabilidad contra cada uno de los factores de erodabilidad. Para ello se utilizó el programa MINITAB 17 (Ramírez-Ortiz et al., 2009). La ecuación 7 representa la relación lineal existente entre 2 variables (Cueva-Ochoa et al., 2015).

El coeficiente correlación de Pearson se determinó mediante la aplicación de la ecuación 6.

$$r = \frac{\sum(\chi_i - \bar{\chi})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum((\chi_i - \bar{\chi})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2)}} \quad (6)$$

Donde:  $\chi_i$ , son los valores de la variable X,  $\bar{\chi}$  es el promedio de los valores en X,  $Y_i$  son los valores de la variable Y,  $\bar{Y}$  es el promedio de los valores en Y.

$$y = \alpha + bx + S \quad (7)$$

Donde: y, es la variable dependiente; x, la variable independiente;  $\alpha$ , línea de regresión se intercepta con el eje y; S, el error estándar.

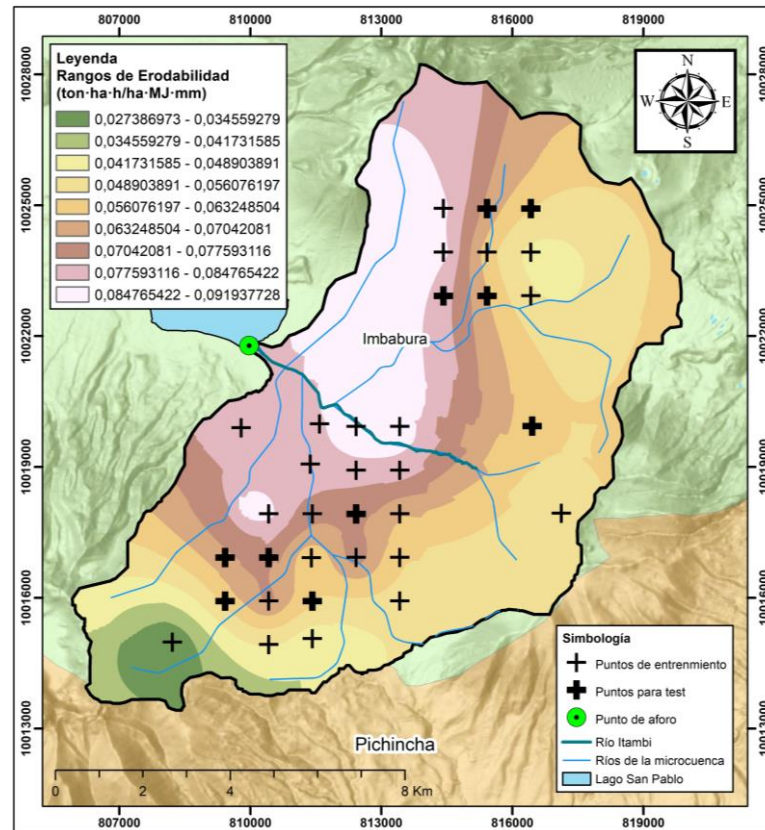
### **3.2.4 Zonificación de Áreas Críticas Fase 1 Interpolación de Datos Mediante el Uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Una vez realizado el análisis de suelo muestreado en el laboratorio y determinado los valores de erodabilidad, se procedió a la interpolación de datos mediante el método Kriging como se puede observar en la Figura 8. Para ello se utilizó el Software ArcGIS 10.8 de licencia temporal que ha demostrado ser el óptimo para este tipo de datos (Ochoa et al., 2016). Se tomaron en cuenta dos aspectos que son la correlación espacial y la selección de método de estimación geoestadístico (Lozano & Betancourt, 2018). Este proceso permitió predecir valores

desconocidos a partir de los datos obtenidos de los muestreos realizados (Pérez-Rodríguez et al., 2007).

**Figura 8.**

*Modelo de Interpolación de valores de Erodabilidad por el Método Kriging.*



Para verificar la precisión de predicción de los valores de erodabilidad predichos por el método Kriging se evaluaron dos indicadores, (I) ratio BIAS mediante la ecuación 7 y (II) error cuadrático medio (RMSE) mediante la ecuación 8 ( Arias-Muñoz et al., 2023). El valor de 1 BIAS ratio representa la predicción exacta de datos por el método Kriging. Los valores inferiores a 1 representan subestimación de datos y valores mayores a 1 representan sobreestimación. Se emplearon 24 coordenadas de sitios de muestreo (70%) para generar el modelo de interpolación y 10 coordenadas sitios de muestreo (30%) de control para la validación (Arias-Muñoz et al., 2024).

El BIAS ratio y el RMSE se determinaron mediante las ecuaciones 7 y 8 respectivamente.

$$Bias\ ratio = \frac{Rsf}{Rrg} \quad (8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Rsf - Rrg)^2}{n}} \quad (9)$$

Donde: *Rsf* es la erodabilidad proyectada, *Rrg* es la erodabilidad verdadera calculada y *n* es el número total de sitios muestreados para calcular la erodabilidad.

### 3.2.5 Zonificación de Áreas Críticas Fase 2 Determinación de Niveles de Erodabilidad

Con los datos de erodabilidad de la totalidad del área de estudio, se procedió a determinar los niveles de erodabilidad. El modelo USLE propone 8 niveles de erodabilidad de acuerdo con los valores y clases correspondientes, así como se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

*Rangos del factor de erodabilidad y su clasificación*

Código	Rangos de Erodabilidad (ton·ha·h·ha <sup>-1</sup> ·MJ <sup>-1</sup> ·mm <sup>-1</sup> )	Clasificación
1	Menor de 0,01	Natural
2	0,01 a 0,02	Muy bajo
3	0,02 a 0,04	Bajo
4	0,04 a 0,06	Moderado
5	0,06 a 0,08	Alto
6	0,08 a 0,10	Muy alto
7	0,10 a 0,15	Severo
8	Mayor de 0,15	Extremadamente severo

*Nota.* La tabla muestra los valores del factor de erodabilidad y su clasificación. Adaptado de Modelo USLE para estimar la erosión hídrica en siete municipios de la zona andina colombiana. (p. 35) por I. Rengifo *et al*, 2022, Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.

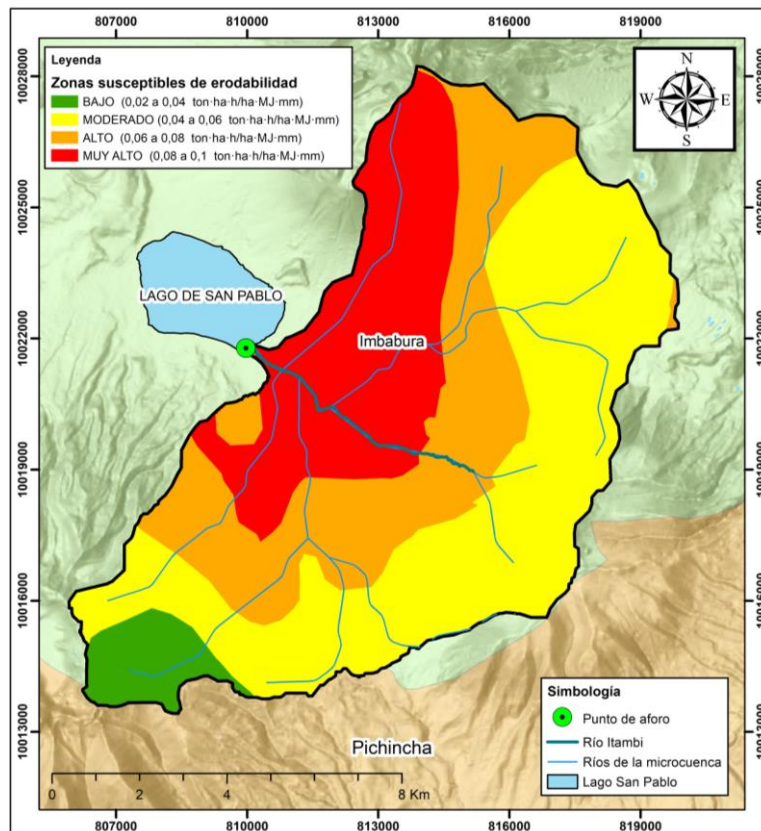
### 3.2.6 Zonificación de Áreas Críticas Fase 3 Identificación de Zonas Susceptibles de Erodabilidad

En el área de estudio se encontraron 4 niveles de erodabilidad. Los valores entre 0,02 y 0,04 ton·ha·h·ha<sup>-1</sup>·MJ<sup>-1</sup>·mm<sup>-1</sup> indican zonas de erodabilidad baja (color verde). Los valores entre 0,04 y 0,06 ton·ha·h·ha<sup>-1</sup>·MJ<sup>-1</sup>·mm<sup>-1</sup> indican zonas de erodabilidad moderada (color

amarillo). Los valores entre 0,06 y 0,08  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  indican zonas de erodabilidad alta (color anaranjado). Los valores entre 0,08 y 0,10  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  indican zonas de erodabilidad muy alta (color rojo). De esta manera se representó en un mapa susceptibilidad de erodabilidad para la microcuenca del Río Itambi como se puede ver en la Figura 9 (Arias-Muñoz et al., 2023).

**Figura 9.**

*Zonas susceptibles de Erodabilidad en la Microcuenca del Río Itambi.*



### 3.2.7 Aplicación del Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER)

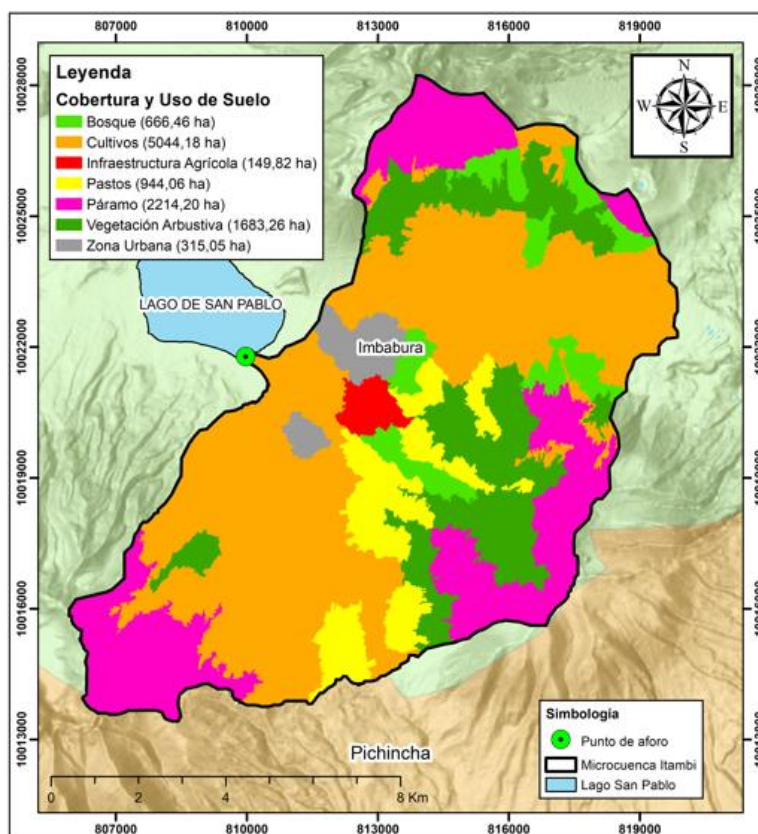
El modelo Presión, Estado y Respuesta (PER) fue aplicado para determinar las presiones ejercidas por las actividades humanas por usos de suelo que inducen a los procesos de degradación, generan cambios en el estado actual del suelo como el aumento en la susceptibilidad de erosión. La sociedad debe dar respuesta a los cambios o disturbios producidos mediante la implementación de medidas y estrategias que permitan reducir o mitigar tales presiones o daños en el suelo (Velásquez, 2013).



Para la identificar las principales presiones del suelo, se realizó la clasificación supervisada de la imagen satelital multiespectral brindada por Sentinel 2B con fecha de 26 de enero del 2024 (<https://dataspace.copernicus.eu/explore-data>) como se observa en la Figura 10. Se utilizaron como datos de referencia 230 coordenadas reales recopiladas de Google Earth y validadas en campo. Se emplearon 161 coordenadas (70%) para generar el modelo cartográfico de la clasificación supervisada de uso y cobertura del suelo y 69 coordenadas (30%) de control para la validación (Arias-Muñoz et al., 2024).

**Figura 10.**

*Principales coberturas y usos de suelo de microcuenca del río Itambi.*



Se utilizó la Matriz de Confusión Marco Vanetti (<https://marcovanetti.com/pages/cfmatrix/>) para evaluar la precisión de la clasificación supervisada y se obtuvo un índice Kappa de 0,88 (Anexo 11). La exactitud de la concordancia del mapa se presenta en la Tabla 8. Cuanto más cercano a +1 es el índice Kappa, mayor

concordancia existe entre las coberturas observadas y las identificadas por el software Por otro lado, valores cercanos a 0, indican que no existe concordancia (Cobo-Enriquez, 2024).

**Tabla 8.**

*Valorización y fuerza de concordancia del índice Kappa.*

<b>Coefficiente Kappa</b>	<b>Fuerza de concordancia</b>
0,00	Pobre
0,01 - 0,2	Leve
0,021 - 0,40	Aceptable
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Considerable
0,81 - 1,00	Casi perfecta

Fuente: (Landis & Koch, 1977)

Para determinar el Estado actual se tomaron muestras de suelo y se analizaron en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Politécnica Salesiana. Se evaluaron los macronutrientes N (Nitrógeno), P (Fósforo), K (Potasio). Se realizó un análisis de correlación de Pearson para evaluar la relación lineal existente entre la erodabilidad con el Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Estos indicadores no son permanentes, dado que pueden presentar cambios tanto en el tiempo como en el espacio (Estrada-Herrera et al., 2017).

Una vez identificadas las presiones y el estado actual del suelo, se usó de la base de datos del Geoportal del Agro Ecuatoriano (<http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/visor-geo>) a escala 1:25.000. De esta fuente se obtuvieron datos como Aptitud Agrícola (2019) y Capacidad de Uso de Tierras (2021) y se establecieron las estrategias para el manejo y conservación de suelos para el área (Arias-Muñoz et al., 2023). Se tomaron en cuenta tanto los aspectos ambientales, sociales y económicos que se encuentran asociados al área de estudio.

### 3.3 Materiales y Equipos

**Tabla 9.**

*Materiales y equipo requeridos para determinar la Erodabilidad del suelo*

<b>Materiales y Equipos</b>	
<b>Materiales</b>	Barreno
	Tamiz (2mm)
	Probetas
	Pipetas
	Matraces Erlenmeyer
	Bolsas herméticas
	Cuaderno de campo
	Esfero y lápiz
<b>Equipos</b>	Computador
	GPS
	Balanza analítica
	Teléfono celular
	Cámara fotográfica
	Estufa de secado

## 4 CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

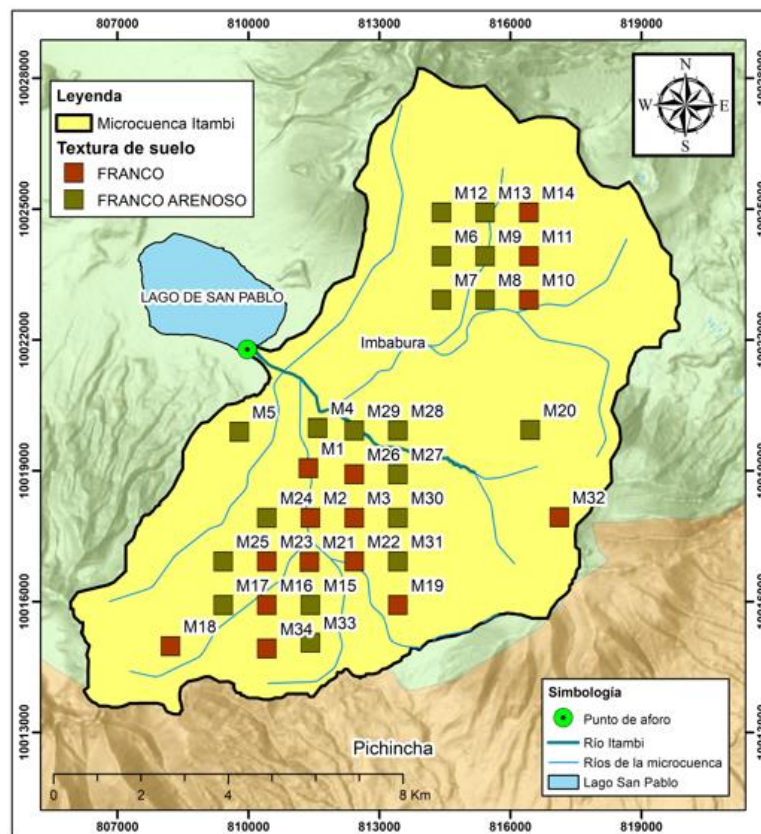
##### 4.1.1 Análisis de Textura y Materia Orgánica del Suelo en laboratorio

###### Textura del Suelo

De las 34 muestras de suelo levantadas, 19 muestras de suelo presentan textura franco-arenoso y 15 muestras de suelo pertenecen a la textura franco como puede ver en la Figura 11. Los suelos franco-arenosos son considerados suelos de textura gruesa, tienen baja capacidad de retener nutrientes y agua (García-Cruzatty & Schlatter Vollmann, 2012). Los suelos francos son considerados suelos de textura media, son ideales para actividades agrícolas por la capacidad productiva, disponibilidad de agua y nutrientes (Resabala-Sornoza, 2023).

**Figura 11.**

*Textura de suelo en cada sitio de muestreo*



### **Materia Orgánica del Suelo (MOS)**

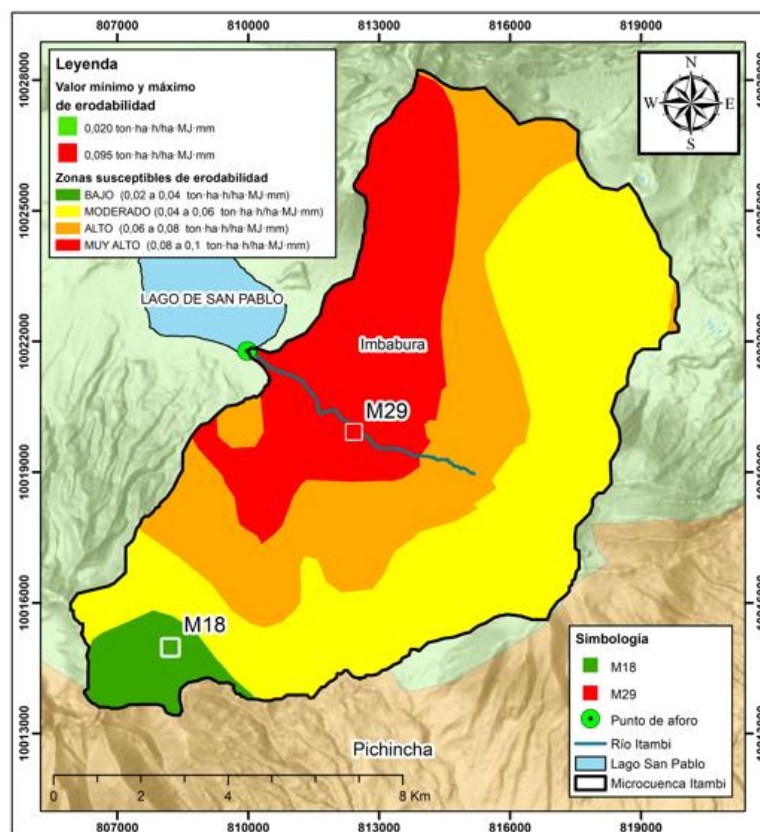
El valor promedio de MOS para el área de estudio es de 3,55% por el método de Oxidación del Peróxido de Hidrógeno. En cambio, al aplicar el Método de Walkley-Black se obtuvo un valor promedio de 3,42%, siendo valores similares. En algunas ubicaciones de esta área de estudio donde la MOS es mayor al 4% puede estar subestimada (Ochoa-Cueva et al., 2013). Mediante la comparación de la prueba de estadística no paramétrica de U de Mann-Whitney se determinó que no existen diferencias entre los dos métodos ya que el valor de Z calculado (0,15) es menor al valor crítico (1,96) y el valor p (0,44) fue mayor al nivel de significancia (0,05). Los suelos que poseen un contenido menor al 3,5% de materia orgánicas, son considerados erosionables (Arias-Muñoz et al., 2023).

#### ***4.1.2 Determinación de los valores de erodabilidad***

El valor promedio de erodabilidad en la microcuenca hidrográfica del río Itambi es de  $0,063 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ , siendo este valor considerado como nivel de erodabilidad alto. Los valores de erodabilidad se encuentran en un rango de 0,020 y 0,095  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  como se puede ver en la Figura 12. El valor mínimo de erodabilidad se registró en la muestra M18 ( $0,020 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ ), ubicado en la comunidad Eugenio Espejo de Cajas, en el suroeste de la microcuenca, entre tanto, el valor máximo de erodabilidad se registró en la muestra M29 ( $0,095 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ ) ubicado en el sector del redondel de Gonzáles Suárez, en la parte baja de la microcuenca.

**Figura 12.**

*Valores de erodabilidad en la Microcuenca Hidrográfica del Río Itambi.*



En un estudio realizado por Pérez-Salinas y otros en 2019, determinaron la erodabilidad para suelos de textura franco y franco-arenoso con valores de MOS promedio de 4%. El valor de erodabilidad promedio fue de  $0,057 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  a partir de la ecuación propuesta por Wischmeier y Smith (1978). Al comparar los resultados obtenidos del presente estudio con el estudio realizado por Pérez-Salinas y otros, presentan valores muy cercanos con una diferencia de apenas  $0,006 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ . Esto se debe a que las texturas de suelo son las mismas que se encontraron en la microcuenca del río Itambi, pero se diferencian en los contenidos de materia orgánica (de 4% y 3,41% respectivamente).

Por otra parte, Ochoa-Cueva y otros en 2013) realizaron un estudio en la cuenca hidrográfica del río Zamora Huayco y determinaron que su erodabilidad. El valor medio de erodabilidad fue de  $0,038 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ . Las texturas franco y franco arcilloso

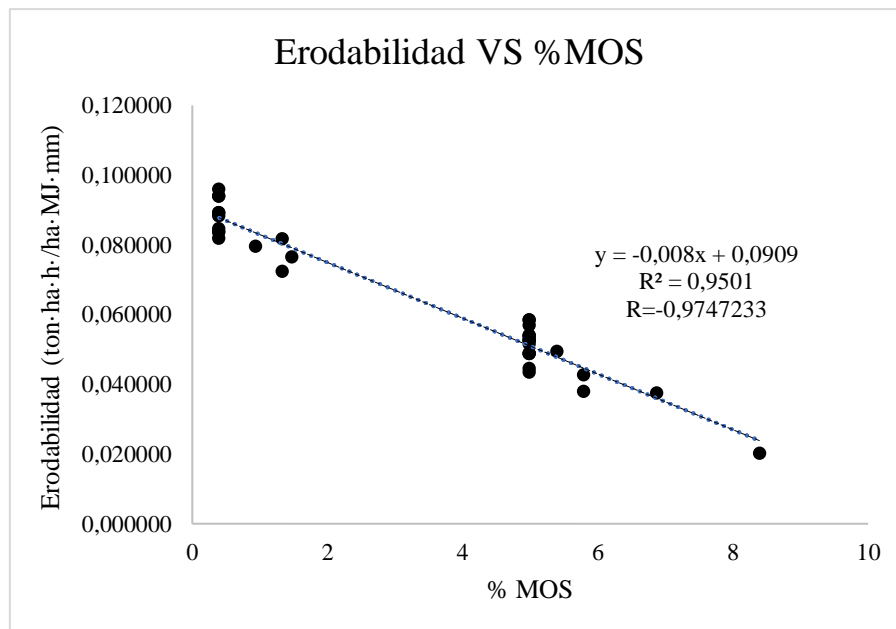
fueron dominantes dicha cuenca, con un contenido de materia orgánica del suelo de medio a alto. En comparación con los valores obtenidos en la microcuenca del río Itambi existe una diferencia significativa de  $0,025 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ . Esto se debe a que las texturas de suelo y el contenido de MOS son diferentes a las que se encontraron en área de estudio.

#### 4.1.3 *Análisis de relación entre la erodabilidad y sus factores condicionales*

El análisis de Regresión Lineal Simple de los valores de erodabilidad contra los factores de erodabilidad permitió determinar que solo Materia Orgánica del Suelo presenta una relación lineal significativa (Anexo 5). Esta relación presentó un coeficiente de relación de Pearson de  $-0,97$ , esto quiere decir que existe una correlación negativa de alta intensidad. Esto significa que existe una relación inversamente proporcional, es decir, a medida que aumenta los porcentajes de MOS se reduce la erodabilidad. Presentó un  $R^2$  de  $0,95$  que significa que existe una relación casi perfecta ya que es cercana al 1 como se observa en la Figura 13. Con se determina que el 95% de las variaciones en los valores de erodabilidad se explican por las variaciones en los porcentajes de materia orgánica del suelo.

**Figura 13.**

*Análisis de relación de Valores de Erodabilidad vs Materia Orgánica del suelo.*



#### 4.1.4 Zonificación de áreas críticas de erodabilidad de la Microcuenca Hidrográfica del río Itambi

##### Interpolación de erodabilidad y Validación del Método Kriging

En el proceso de interpolación por el método Kriging se obtuvieron valores de erodabilidad en un rango de 0,027 a 0,091  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ . En el proceso de validación, los resultados presentaron un Bias ratio=1,05 y un RMSE= 0,00002  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  como se muestra en la Tabla 10. Esto significa que existió una sobreestimación del 5% de datos y el rango de error es de RMSE= 0,00002  $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ .

**Tabla 10.**

*Valores de erodabilidad reales y de predicción por el método Kriging.*

Muestra	Fk calculado	Fk predicho Kriging	Ratio Bias	RMSE
M3	0,037997	0,042595	1,12100955	0,00002114
M17	0,049357	0,04764	0,96521263	0,00000295
M15	0,054049	0,055937	1,03493127	0,00000356
M25	0,058431	0,05811	0,99450634	0,00000010
M23	0,083647	0,072096	0,86190778	0,00013343
M20	0,052629	0,059776	1,13579965	0,00005108
M7	0,056951	0,060649	1,06493301	0,00001368
M8	0,052629	0,053462	1,01582778	0,00000069
M13	0,054049	0,058336	1,07931692	0,00001838
M14	0,044562	0,056353	1,26459764	0,00013903
<b>Resultados</b>			<b>1,05380426</b>	<b>0,00001920</b>

##### Zonificación de áreas críticas de Erodabilidad

Los porcentajes de zonas críticas de erodabilidad se presentan en la Tabla 11. El 28,03% de la microcuenca del río Itambi presenta susceptibilidad muy alta de erodabilidad, mientras que el 25,37% presenta susceptibilidad alta de erodabilidad. Estas áreas con alta y muy alta susceptibilidad de erodabilidad están localizadas en zonas con coberturas de cultivos y pastos que se encuentran en la parte media y baja de la Microcuenca. En tanto que, el 41,86% del área de estudio presenta susceptibilidad moderada de erodabilidad, están ubicadas en zonas con coberturas de cultivos y pastos de la parte media y alta de la Microcuenca. No obstante, solo el 4,74% del área de estudio presenta susceptibilidad baja de erodabilidad y se encuentra en zonas con cobertura de páramo, donde se registraron valores altos de materia orgánica como se puede ver en la Figura 14.



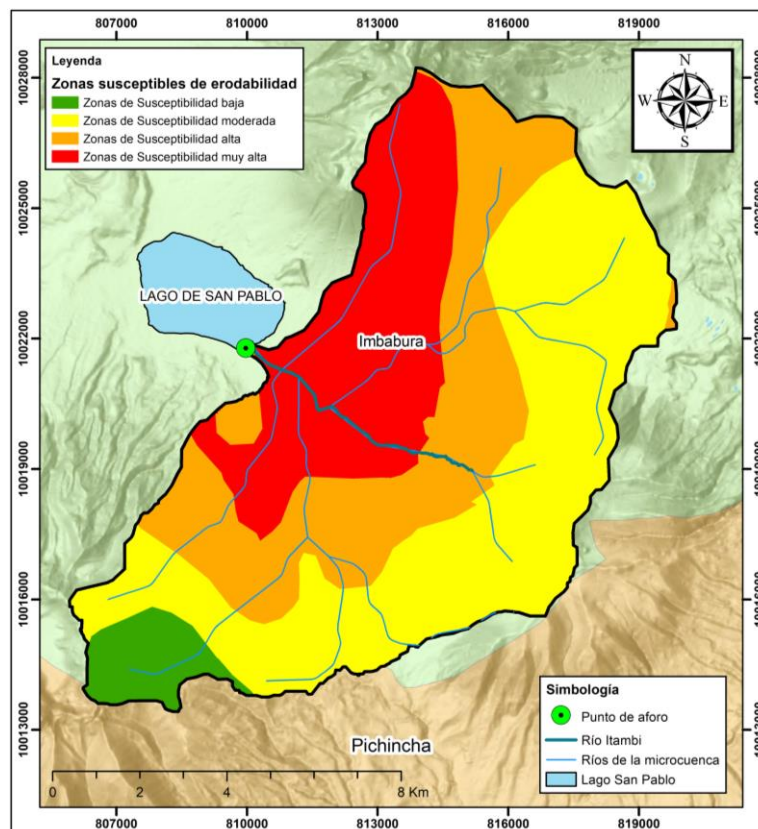
**Tabla 11.**

*Porcentaje de Zonas críticas de Erodabilidad de la Microcuenca Hidrográfica del Río Itambi.*

Susceptibilidad	Área en Has	Porcentaje
Zonas de Susceptibilidad baja	522,17	4,74
Zonas de Susceptibilidad moderada	4613,91	41,86
Zonas de Susceptibilidad alta	3089,09	25,37
Zonas de Susceptibilidad muy alta	2796,08	28,03
<b>Total</b>	<b>11017,01</b>	<b>100</b>

**Figura 14.**

*Zonas Críticas de Erodabilidad de la Microcuenca Hidrográfica del Río Itambi.*



Por lo general, las actividades como la ganadería y la agricultura provocan la degradación del suelo. Las actividades agrícolas generan la pérdida de la calidad de infiltración y retención de agua en el suelo, reducen el contenido de materia orgánica y producen la compactación del suelo (Gómez-Calderón & Estrada-León, 2020). Esto explica el aumento del factor de erodabilidad del suelo. Por el contrario, los páramos presentan baja erodabilidad, pues estos ecosistemas almacenan una gran cantidad de materia orgánica y son sumideros de carbono, ya que, las condiciones climáticas como las bajas temperaturas y la baja presión atmosférica no permiten el crecimiento de grandes árboles, por lo que toda la materia orgánica almacenada se incorpora al suelo.

#### ***4.1.5 Estrategias de Manejo y Conservación de Suelos en Zonas Susceptibles de erodabilidad Modelo PER (Presión, Estado y Respuesta)***

El componente Presión está compuesto por los diferentes usos de suelo se encontraron en la microcuenca del río Itambi. Las principales actividades que se encontraron fueron agricultura (cultivos) y ganadería (pastos) que ocupan el 45,79% y 8,57% de la superficie respectivamente. Otros usos de suelo son las Zonas urbanas e infraestructuras agrícolas que ocupan el 2,86 y 1,36% del área de estudio respectivamente como se presenta en la Tabla 12. Todas estas presiones ocupan un total del 58,58% de la superficie total del área de estudio.

**Tabla 12.**

*Área y Porcentaje de Uso y Cobertura de Suelo*

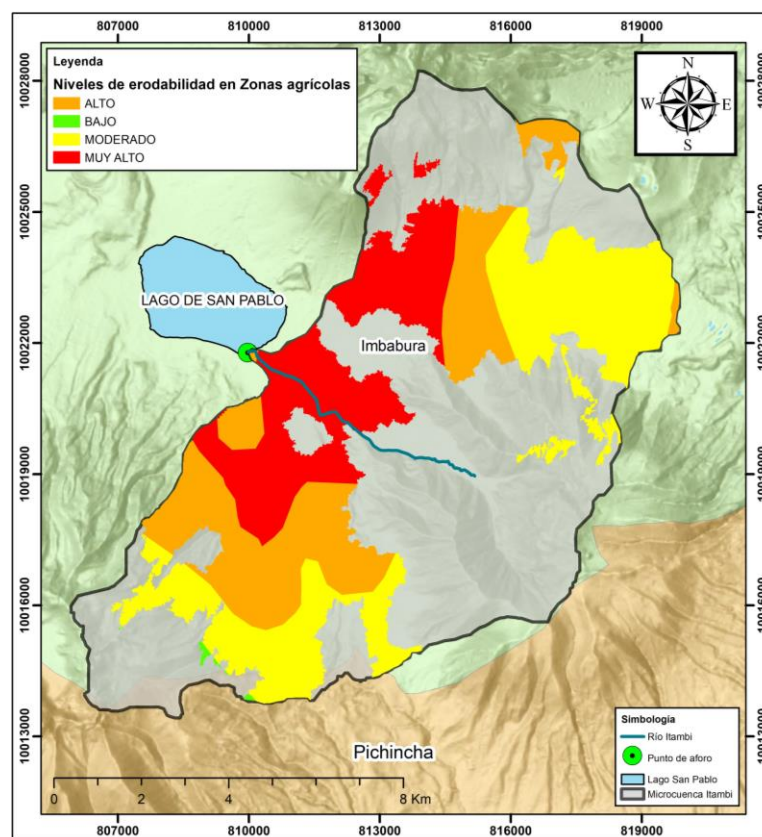
<b>Uso y Cobertura Actual Microcuenca Itambi</b>			
<b>Nro.</b>	<b>Clase</b>	<b>Área en Has</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Bosque	666,46	6,05
2	Vegetación Arbustiva	1683,23	15,28
<b>3</b>	<b>Pastos</b>	<b>944,06</b>	<b>8,57</b>
4	Páramo	2214,20	20,1
<b>5</b>	<b>Cultivos</b>	<b>5044,18</b>	<b>45,79</b>
<b>6</b>	<b>Zona Urbana</b>	<b>315,05</b>	<b>2,86</b>
<b>7</b>	<b>Infraestructura Agrícola</b>	<b>149,82</b>	<b>1,36</b>
	Total	<b>11017,01</b>	<b>100</b>

### Actividades humanas asociadas con la erodabilidad del suelo

La actividad agrícola (cultivos e infraestructura agrícola) en la microcuenca ocupa una extensión de 5194 hectáreas, es decir el 47,15% de la microcuenca hidrográfica del río Itambi. Del total de zonas agrícolas, el 29,62% posee un nivel muy alto de erodabilidad, 31,81% posee un nivel alto de erodabilidad, el 38,36% posee un nivel moderado de erodabilidad y apenas el 0,21% posee un nivel bajo de erodabilidad como se puede ver en la Figura 15.

**Figura 15.**

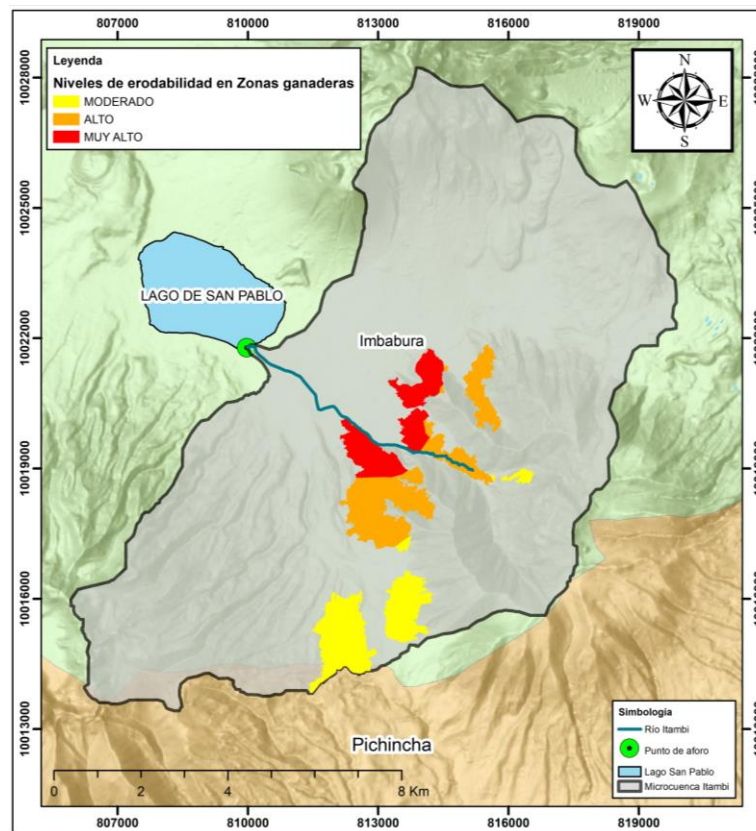
*Niveles de erodabilidad en zonas agrícolas de la microcuenca del río Itambi*



La actividad ganadera (pastos) en la microcuenca ocupa una extensión de 944,06 hectáreas, es decir el 8,57% de la microcuenca hidrográfica del río Itambi. Del total de zonas ganaderas, el 24% posee un nivel muy alto de erodabilidad, 41% posee un nivel alto de erodabilidad y el 35% posee un nivel moderado de erodabilidad como se puede observar en la Figura 16.

**Figura 16.**

*Niveles de erodabilidad en zonas ganaderas de la microcuenca del río Itambi*



### **Susceptibilidad de Pérdida de Suelo en la Microcuenca Hidrográfica del Río Itambi, un análisis desde los macronutrientes y la erodabilidad**

Los macronutrientes son indicadores del estado actual de la fertilidad del suelo. Existe relación negativa de alta intensidad de la erodabilidad con dos macronutrientes (erodabilidad versus Potasio  $R = -0,0706$  y el valor  $p = 0,022$ ) y (erodabilidad versus Fósforo  $R = 0,702$  y el valor  $p = 0,024$ ). En este caso, el valor  $R$  indica que conforme aumenta la erodabilidad, reduce la disponibilidad de Potasio y Fósforo en el suelo. El valor  $p < 0,05$ . Indica que los resultados son estadísticamente significativos. Por otro lado, existe una relación negativa de mediana intensidad entre la erodabilidad y el contenido de Nitrógeno total en el suelo. Posee un coeficiente de correlación de  $R = -0,533$  y el valor  $p$  de  $0,133$ . La disponibilidad de Nitrógeno total en el suelo está levemente condicionada por la erodabilidad. En este caso, el valor  $p > 0,05$ , indica que los resultados no son estadísticamente significativos.

**Tabla 13.**

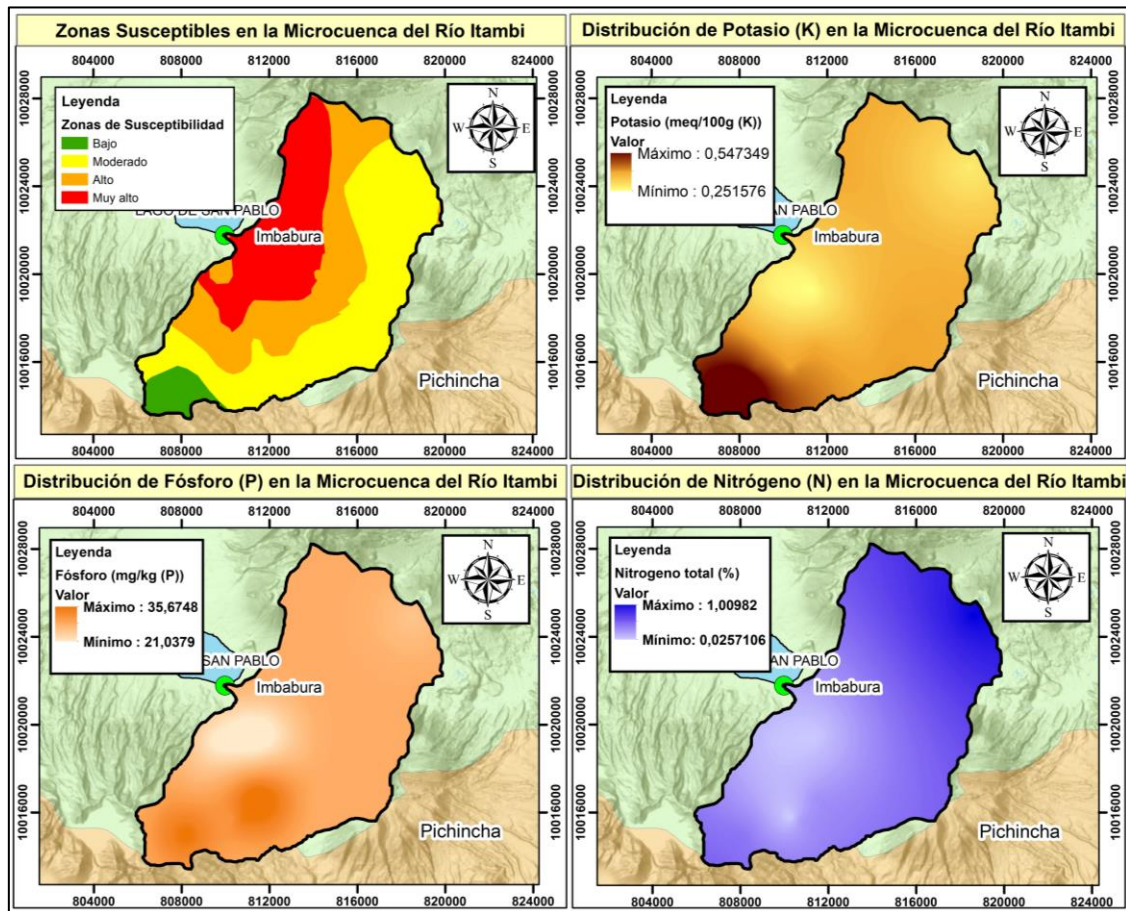
*Correlación de la Erodabilidad con los macronutrientes Potasio, Fósforo y Nitrógeno*

Macronutriente	Coefficiente R	Valor p
Potasio	-0,706	0,022
Fósforo	-0,702	0,024
Nitrógeno total	-0,533	0,113

La disponibilidad de Potasio, Fósforo y Nitrógeno en el suelo está condicionada por la erodabilidad, pues en zonas de alta susceptibilidad de pérdida de suelo, reduce la disponibilidad de estos macronutrientes como se observa en la Figura 17. Estos indicadores permiten definir cercanamente el estado actual de la fertilidad del suelo y evidencian su degradación.

**Figura 17.**

*Distribución de Macronutrientes Potasio, Fósforo y Nitrógeno en la Microcuenca Hidrográfica del Río Itambi.*



Los datos de los macronutrientes se presentan en la Tabla 14. El Fósforo cuenta con un valor promedio de 28,86 mg/kg y está fuera del rango óptimo que es 40 – 100 mg/kg. El Potasio presenta una deficiencia muy grande ya que el valor promedio es de 0,35 meq/100g y el rango óptimo es de 2 – 3,1 meq/100g. No obstante, el Nitrógeno total dentro del área de estudio presenta un promedio de 0,27% y está dentro del rango adecuado que es 0,15 0,30%.

**Tabla 14.**

*Datos de macronutrientes NPK del Laboratorio de Suelos y Agua UPS.*

<b>NOMBRE</b>	<b>Nro</b>	<b>K (meq/100g)</b>	<b>P (mg/kg)</b>	<b>N Total (%)</b>
Argiudolls	M1	0,43	66,7	0,29
Udorthents	M2	0,36	33,4	0,34
Hapludands	M3	0,46	59,2	0,25
Melanudands	M4	0,28	34,2	0,27
Melanocryands	M5	0,87	60,4	0,42
Udifluvents	M6	0,13	7,3	0,05
Dystrudepts	M7	0,33	3,7	0,07
Hapludolls	M8	0,2	4,08	0,02
Durudepts	M9	0,23	2,5	0,07
Haplocryands	M10	0,2	17,2	1,01
	<b>Promedio</b>	<b>0,35</b>	<b>28,87</b>	<b>0,28</b>

*Nota:* N(Nitrógeno), P (Fósforo), K (Potasio).

### **Diseño de Estrategias**

Las respuestas planteadas tienen objetivo principal de reducir la pérdida de suelo provocada por las actividades humanas por medio de estrategias de manejo y conservación del suelo. También busca evitar que se generen impactos ambientales irreversibles, ya que el suelo es uno de los recursos naturales no renovables a escala humana. En la Tabla 15 se identifican los agentes de Presión que son: la agricultura y la ganadería. Existe presión directa de estas actividades humanas al recurso suelo ya que estas generan degradación del suelo porque producen degradación del suelo.

**Tabla 15.**

*Diseño de estrategias a través del modelo PER (Presión-Estado-Respuesta).*

<b>PRESIÓN</b>	<b>ESTADO</b>	<b>RESPUESTA</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La microcuenca hidrográfica del río Itambi evidencia superficies mayormente agrícolas, por ende, considerándose como la base de la economía de muchas familias.</li><li>• Uso intensivo del suelo en actividades agrícolas generan la pérdida de la calidad de infiltración y retención de agua en el suelo, reducen el contenido de materia orgánica y producen la compactación del suelo.</li><li>• Los valores más altos de erodabilidad se están localizados en zonas agrícolas y ganaderas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En zonas con altos niveles de erodabilidad, se evidencia la poca disponibilidad de los macronutrientes (Potasio, Fósforo y Nitrógeno), con esto se evidencia la reducción de la fertilidad del suelo, por ende, la degradación del suelo por erodabilidad.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estrategia 1: Programa de implementación de prácticas adecuadas de manejo y conservación en zonas agrícolas con altos niveles de erodabilidad.</li><li>• Estrategia 2: Programa de implementación de sistemas silvopastoriles en zonas ganaderas con altos niveles de erodabilidad.</li><li>• Estrategia 3: Programa de conservación del ecosistema páramo y vegetación natural.</li><li>• Estrategia 4: Programa de Educación Ambiental para la conservación del suelo.</li></ul>

## **Estrategia 1: Programa de implementación de Prácticas Adecuadas de Manejo y Conservación en zonas agrícolas con altos niveles de erodabilidad.**

**Ubicación:** Parroquias Gonzáles Suárez y San Pablo del Lago

### **Justificación**

La microcuenca del río Itambi abarca las Parroquias Gonzáles Suarez, San Pablo del Lago y San Rafael. En las tres parroquias se han identificado áreas con valores altos de erodabilidad en zonas agrícolas. Por tanto, es indispensable la instauración de un programa para la promover la implementación de prácticas adecuadas de manejo y conservación de suelos. La implementación de este programa permitirá menguar los efectos de las que las actividades agrícolas en la erodabilidad del suelo.

Las prácticas recomendables para la microcuenca del río Itambi son: las técnicas adecuadas de labranza, cultivos en contorno, cultivos asociados, las terrazas y los andenes, las barreras vivas y la adición de residuos vegetales (Arias-Muñoz et al., 2023). Con esto se recuperará la materia orgánica, mejorará la estructura y permeabilidad del suelo con el fin de mejorar la productividad agrícola, reducir la erodabilidad y la erosión del suelo. Las actividades que se deben llevar a cabo se detallan en la Tabla 16.

### **Objetivo general**

Proponer prácticas adecuadas de manejo y conservación de suelo de la microcuenca hidrográfica del río Itambi.

### **Meta**

Implementar prácticas de conservación de suelo que permitirán mejorar la calidad del suelo con el fin de aumentar la productividad, minimizando los impactos ambientales, sociales y económicos.



**Tabla 16.**

*Programa de implementación de Prácticas Adecuadas de Manejo y Conservación en zonas agrícolas con altos niveles de erodabilidad*

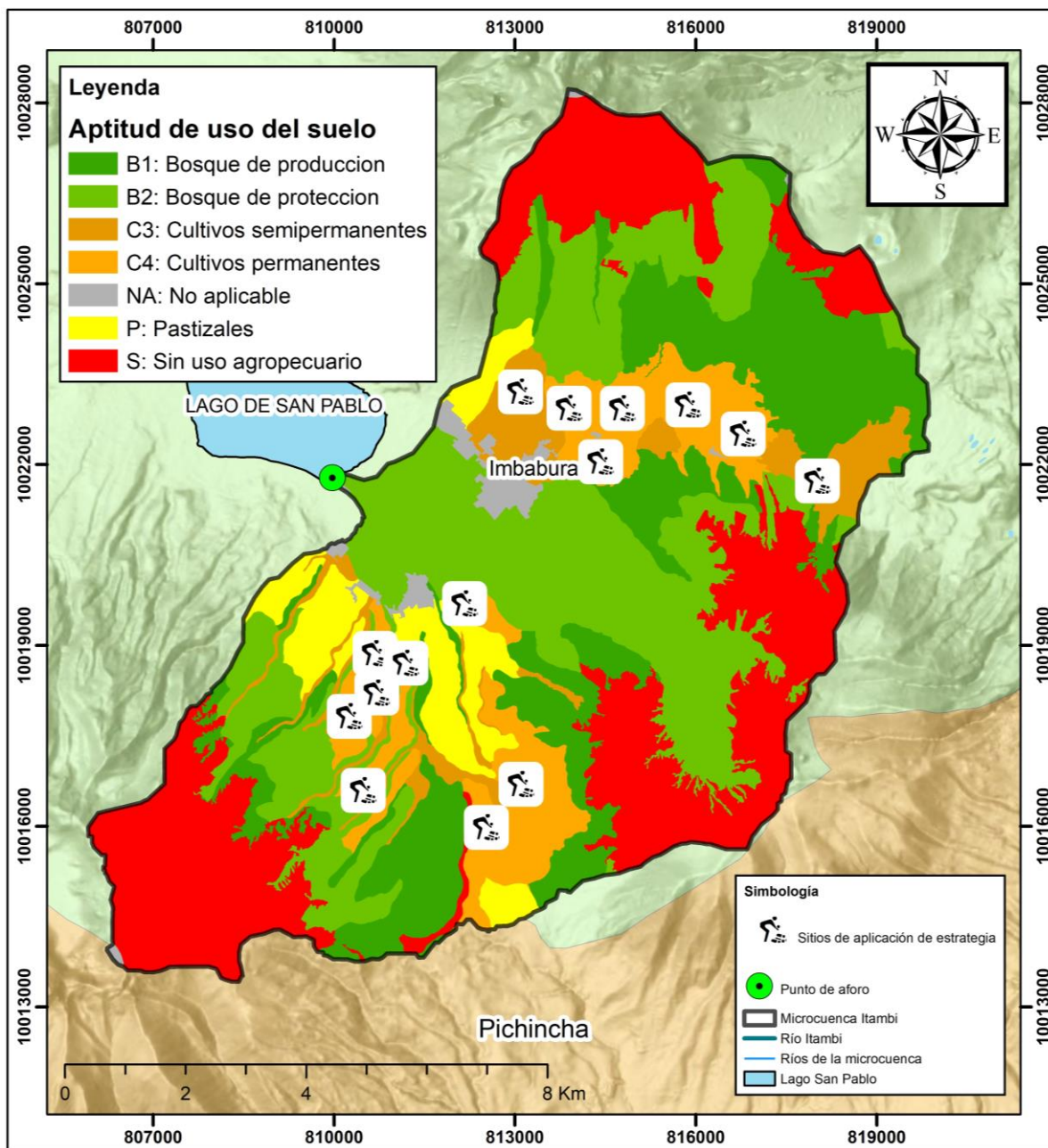
<b>Prácticas de MCS</b>	<b>Alcance</b>	<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsables</b>
Técnicas adecuadas de labranza	Zonas agrícolas de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	Talleres de capacitación sobre las prácticas más apropiadas en la labranza: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la frecuencia de labranza.</li> <li>• Labranza de conservación y uso de restos vegetales</li> </ul>	Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo y Gonzáles Suárez  Registro fotográfico y de asistencia	<b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización) <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias) <b>MAATE</b> (personal técnico) <b>MAG</b> (personal técnico)
Implementación de cultivos en contorno	Zonas agrícolas de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	Talleres de capacitación sobre cultivos en contorno y cultivos en hileras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar terrenos con pendiente.</li> </ul>	Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo y Gonzáles Suárez  Registro fotográfico y de asistencia	<b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización) <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias) <b>MAATE</b> (personal técnico) <b>MAG</b> (personal técnico)
Implementación de cultivos asociados	Zonas agrícolas de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	Talleres sobre los cultivos asociados en el área de estudio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporar cultivos resistentes a pestes y enfermedades.</li> <li>• Identificar asociaciones de cultivos.</li> </ul>	Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo y Gonzáles Suárez  Registro fotográfico y de asistencia	<b>GAD Municipal y Parroquia</b> (Apoyo técnico y socialización) <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias) <b>MAATE</b> (personal técnico) <b>MAG</b> (personal técnico)
Implementación de terrazas y los andenes	Zonas agrícolas de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	Talleres de capacitación sobre construcciones establecidas en zonas con muchas pendientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar terrenos con pendiente.</li> </ul>	Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo y Gonzáles Suárez  Registro fotográfico y de asistencia	<b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización) <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias) <b>MAATE</b> (personal técnico) <b>MAG</b> (personal técnico)

Implementación de las barreras vivas	Zonas agrícolas de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	<p>Talleres de capacitación sobre la implementación de especies adecuadas para barreras vivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar terrenos con pendientes.</li> <li>• Identificar especies adecuadas para el establecimiento de barreras vivas como el pasto Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)</li> </ul>	<p>Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo y Gonzáles Suárez</p> <p>Registro fotográfico y de asistencia</p>	<p><b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización)  <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias)  <b>MAATE</b> (personal técnico)  <b>MAG</b> (personal técnico)</p>
Adición de residuos vegetales	Zonas agrícolas de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	<p>Talleres de capacitación sobre la adición de residuos vegetales en el suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de restos vegetales.</li> <li>• Adicionar los restos vegetales en suelos sin vegetación.</li> </ul>	<p>Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo y Gonzáles Suárez</p> <p>Registro fotográfico y de asistencia</p>	<p><b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización)  <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias)  <b>MAATE</b> (personal técnico)  <b>MAG</b> (personal técnico)</p>

Nota: **GAD Municipal y Parroquial-Comunidades** son los responsables de la gestión para el manejo integro de la microcuenca hidrográfica del río Itambi.  
**MAATE** (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica) son los encargados de las capacitaciones sobre forestación y reforestación.  
**MAG** (Ministerio de Agricultura) son los encargados de socialización de buenas prácticas agrícolas e incentivos.

Figura 18.

Sitios de implementación de Prácticas de Manejo y conservación de suelos.



## **Estrategia 2: Programa de implementación de sistemas silvopastoriles en zonas ganaderas con altos niveles de erodabilidad.**

**Ubicación:** Parroquias Gonzáles Suarez, San Pablo del Lago y San Rafael

### **Justificación**

La ganadería es una actividad genera degradación del suelo debido a que los animales pisotean el suelo, esto afecta la estructura, la permeabilidad y reduce el contenido de materia orgánica del suelo. Por ello, la implementación del programa de sistemas silvopastoriles en zonas ganaderas con altos niveles de erodabilidad permite evitar daños como el desgaste y compactación del suelo, evita la pérdida de los nutrientes y mantiene la fertilidad del suelo.

El sistema silvopastoril está conformado varios elementos como el cultivo de pastos, árboles y ganado que están asociados entre sí en un determinado espacio. Los árboles leguminosos aportan hojarasca para el suelo y absorben nutrientes desde los niveles profundos del suelo, facilitando su disponibilidad para los pastos, Además, provee sombra para el ganado (Escobal Garay, 2007). Las actividades que se deben llevar a cabo se detallan en la Tabla 17.

### **Objetivo general**

Implementar el sistema silvopastoril para que la ganadería sea sostenible el mejoramiento de la productividad del suelo.

### **Meta**

El establecimiento del sistema silvopastoril permitirá reducir la compactación del suelo, evitará el desgaste de otras coberturas de suelo, adicionalmente, lograr un retorno económico progresivo.

**Tabla 17.**

*Programa de implementación de Sistemas silvopastoriles en zonas ganaderas con altos niveles de erodabilidad.*

<b>Prácticas de MCS</b>	<b>Alcance</b>	<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsables</b>
Implementación de Sistemas silvopastoriles	Zonas ganaderas de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	<p>Talleres de socialización de la importancia del sistema silvopastoril.</p> <p>Implementación del sistema silvopastoril:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar especies de pastos.</li> <li>• Selección de árboles para la parcela silvopastoril.</li> <li>• Dividir el área del pastizal en pequeñas parcelas.</li> <li>• Primer pastoreo: ingresar al ganado en el área pastizal.</li> <li>• Realizar mantenimientos en el sistema silvopastoril.</li> </ul>	<p>Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo, Gonzáles Suárez y San Rafael.</p> <p>Registro fotográfico y de asistencia</p>	<p><b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización)</p> <p><b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias)</p> <p><b>MAATE</b> (personal técnico)</p> <p><b>MAG</b> (personal técnico)</p>

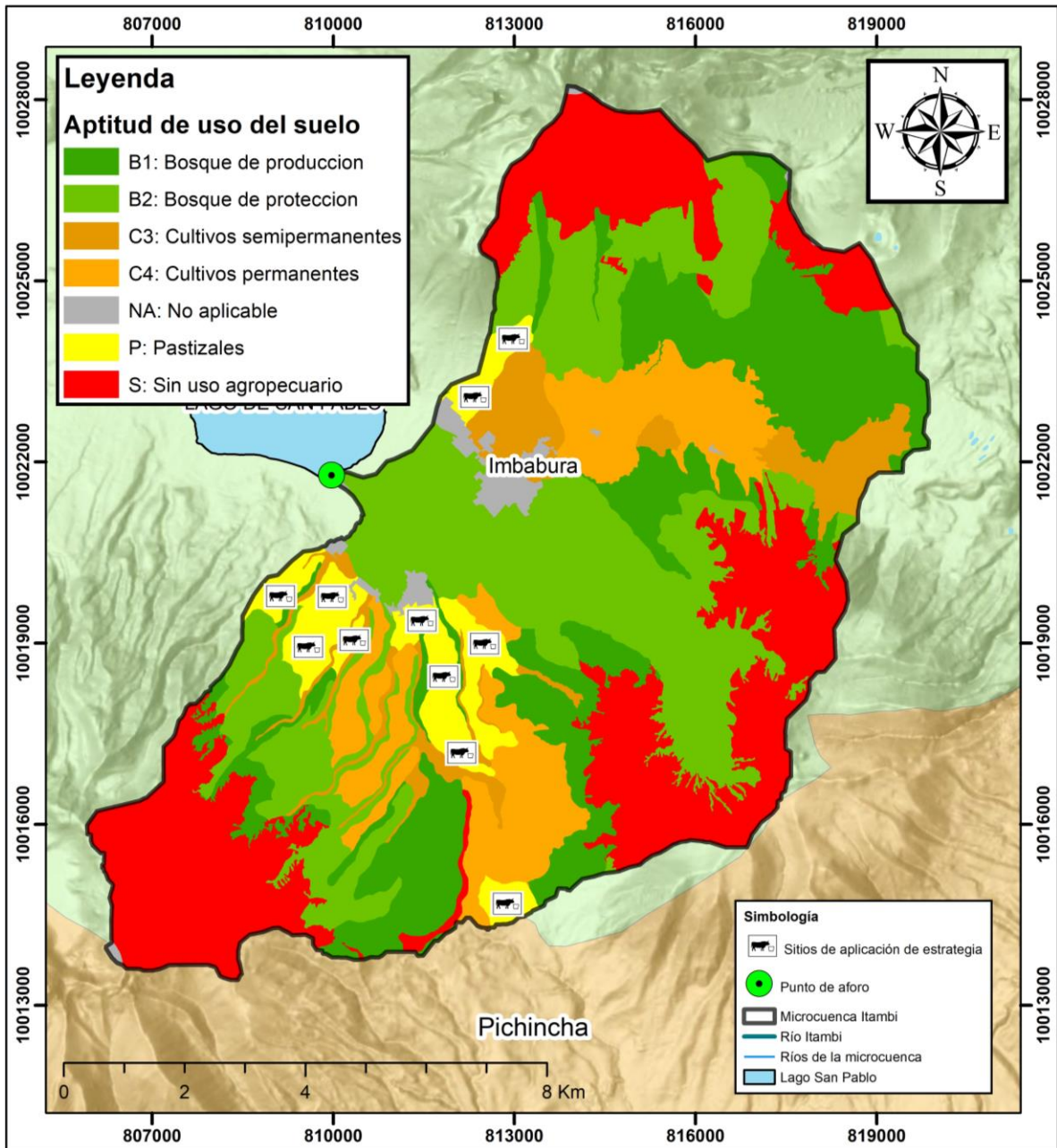
Nota: **GAD Municipal y Parroquial-Comunidades** son los responsables de la gestión para el manejo integro de la microcuenca hidrográfica del río Itambi.

**MAATE** (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica) son los encargados de las capacitaciones sobre forestación y reforestación.

**MAG** (Ministerio de Agricultura) son los encargados de socialización de buenas prácticas agrícolas e incentivos.

**Figura 19.**

*Sitios de implementación del sistema silvopastoril.*



### **Estrategia 3: Programa de conservación del ecosistema páramo y vegetación natural**

**Ubicación:** Parroquias Gonzáles Suarez, San Pablo del Lago

#### **Justificación**

El cambio de uso de suelo es tiene impactos negativos para el medio ambiente, intensifica los procesos de erosión y degradación del suelo. La expansión de la frontera agrícola ha provocado que los suelos de páramo se conviertan en suelos de cultivos y pastos provocado su degradación por pérdida de materia orgánica generada las actividades como la ganadería y la agricultura.

Los suelos con cubierta vegetal no perturbada la susceptibilidad a erosión mengua significativamente. La conservación de vegetación natural tiene un efecto beneficioso para suelo porque almacena un gran carbono orgánico (Arias-Muñoz et al., 2023). Las actividades que se deben llevar a cabo se detallan en la Tabla 18.

#### **Objetivo general**

Conservar la vegetación natural de la microcuenca hidrográfica del río Itambi.

#### **Meta**

Concientizar a las comunidades sobre la importancia de la conservación la vegetación natural en toda la microcuenca del río Itambi para mantener los servicios ambientales.

**Tabla 18.**

*Programa para promover la conservación del ecosistema páramo y vegetación natural.*

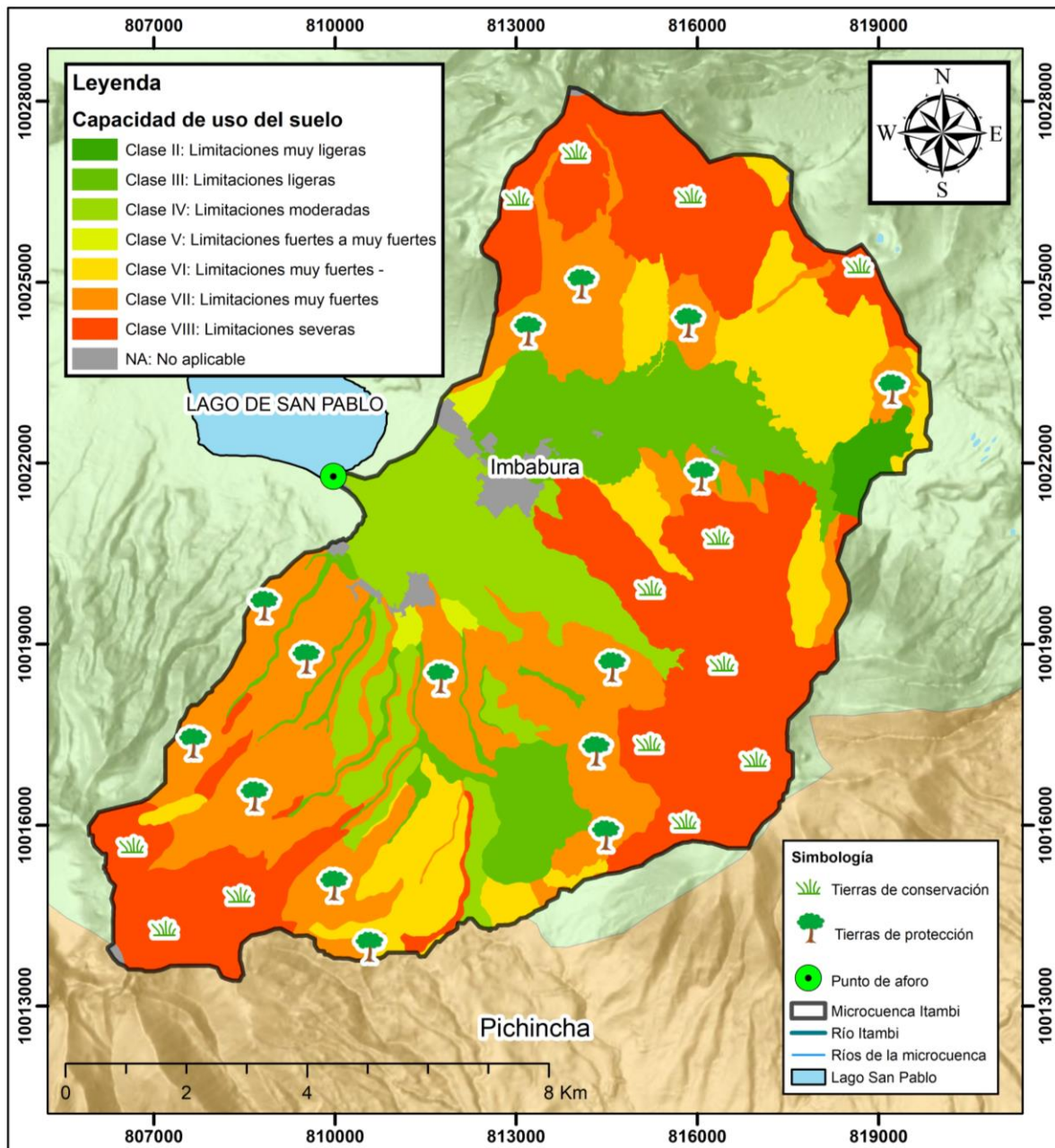
<b>Prácticas de MCS</b>	<b>Alcance</b>	<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsables</b>
Promover la conservación del ecosistema páramo.	Zonas de conservación de de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	Talleres de socialización y concientización a la sociedad para detener el avance de la frontera agrícola y conservar el ecosistema páramo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauración del páramo a través de un proceso participativo.</li> <li>• Implementación de Planes de Manejo (comunitario, privado) que incluyen buenas prácticas de uso de los páramos.</li> </ul>	Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo, Gonzáles Suárez y San Rafael. Registro fotográfico y de asistencia	<b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización) <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias) <b>MAATE</b> (personal técnico) <b>MAG</b> (personal técnico)
Promover la conservación de vegetación natural.	Zonas de protección de de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	Talleres de socialización y concientización a la sociedad sobre la importancia de la conservación de vegetación natural. Declaración de bosques protectores. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener áreas con pendientes con vegetación para evitar la erosión y la pérdida de suelo.</li> </ul>	Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo, Gonzáles Suárez y San Rafael. Registro fotográfico y de asistencia	<b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización) <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias) <b>MAATE</b> (personal técnico) <b>MAG</b> (personal técnico)

Nota: **GAD Municipal y Parroquial-Comunidades** son los responsables de la gestión para el manejo integro de la microcuenca hidrográfica del río Itambi. **MAATE** (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica) son los encargados de las capacitaciones sobre forestación y reforestación. **MAG** (Ministerio de Agricultura) son los encargados de socialización de buenas prácticas agrícolas e incentivos.



**Figura 20.**

*Sitios de implementación de zonas de protección y conservación.*



#### **Estrategia 4: Programa de educación ambiental para la conservación del suelo.**

**Ubicación:** Parroquias Gonzáles Suarez, San Pablo del Lago y San Rafael

##### **Justificación**

La causa principal de la degradación del suelo es el manejo inadecuado del recurso y la falta de conocimiento de los agricultores y ganaderos sobre los impactos ambientales y sociales que genera. Es importante generar conciencia ambiental, para que las soluciones planteadas puedan ser aplicadas en las comunidades. Las actividades que se deben llevar a cabo se detallan en la Tabla 19.

##### **Objetivo general**

Generar conciencia ambiental en la temática de conservación de suelo y los ecosistemas frágiles que se encuentran sobre este.

##### **Meta**

Capacitar a los habitantes del lugar acerca del impacto que generan las acciones humanas sobre el medio ambiente y lograr fomentar el manejo adecuado y la conservación del recurso suelo mediante la participación de todos los miembros de las comunidades.

**Tabla 19.**

*Programa de educación ambiental para la conservación del suelo.*

Proyecto	Alcance	Actividades	Indicadores	Responsables
Apoyo técnico de entidades públicas	Comunidades rurales de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	Talleres y capacitaciones por parte de las entidades públicas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitaciones sobre establecimiento de sistemas agrícolas orgánicos sustentables (MAG)</li> <li>• Capacitaciones en campo sobre conservación y restauración ecológica (MAATE).</li> <li>• Socialización de la normativa que protege el recurso suelo.</li> </ul>	Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo, Gonzáles Suárez y San Rafael. Registro fotográfico y de asistencia	<b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización) <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias) <b>MAATE</b> (personal técnico) <b>MAG</b> (personal técnico)
Desarrollo sostenible de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	Comunidades rurales de la microcuenca hidrográfica del río Itambi	Promover el cuidado del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales. Difusión de la normativa que protege el buen uso del suelo y sanciona el daño ocasionado al medio ambiente especialmente a las personas dedicadas a la agricultura.	Numero de Talleres convocadas por los GADs de San Pablo, Gonzáles Suárez y San Rafael. Registro fotográfico y de asistencia	<b>GAD Municipal y Parroquial</b> (Apoyo técnico y socialización) <b>Comunidades</b> (reuniones comunitarias) <b>MAATE</b> (personal técnico) <b>MAG</b> (personal técnico)

Nota: **GAD Municipal y Parroquial-Comunidades** son los responsables de la gestión para el manejo integro de la microcuenca hidrográfica del río Itambi.

**MAATE** (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica) son los encargados de las capacitaciones sobre forestación y reforestación.

**MAG** (Ministerio de Agricultura) son los encargados de socialización de buenas prácticas agrícolas e incentivos.

## 5 CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Se concluye que existe un alto nivel de erodabilidad dentro de la Microcuenca hidrográfica del río Itambi, ya que presenta un valor promedio de  $0,063 \text{ ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ . Este valor promedio se explica por los tipos de textura (franco arenoso y franco) y el contenido de materia orgánica promedio de 3,41% (en un rango entre 0,4% y 8,4%) que se encontraron en estos suelos.

Las zonas de susceptibilidad muy alta de erodabilidad (28,03%) y las zonas de susceptibilidad alta de erodabilidad (25,37%) se registraron las comunidades de Caluquí, Pijal Alto, San Agustín de Cajas (Parroquia Gonzáles Suárez), Imbabura, Cocha Loma y Casco Valenzuela (Parroquia San Pablo) que se encuentran en la parte media y baja de la microcuenca, en los suelos con coberturas de cultivos y pastos. Las actividades agrícolas y ganaderas aumentan la susceptibilidad de pérdida del suelo porque afectan a la capacidad de infiltración y almacenamiento del agua, producen la pérdida de materia orgánica y la compactación de suelo.

El análisis de regresión lineal simple entre los porcentajes de materia orgánica y los valores de erodabilidad presentó una relación inversamente proporcional con un valor  $R^2$  de 0,95, indica que el 95% de las variaciones en los valores de erodabilidad ocurren por las variaciones en los porcentajes de materia orgánica, es decir, que medida que aumenta el valor de contenido de materia orgánica en el suelo, el valor de erodabilidad se reduce.

Las principales estrategias para el manejo de suelo fueron la implementación de cultivos asociados y sistemas silvopastoriles, la reducción de la frecuencia de la labranza, la conservación del ecosistema páramo y de la vegetación natural ya que están centradas en la recuperación y aumento de materia orgánica del suelo, la recuperación y mejora de la estructura del suelo, siendo todas estas estrategias apropiadas para reducir la erodabilidad del suelo y que permiten luchar contra la degradación de recurso suelo.

## **5.2 Recomendaciones**

Ubicar puntos de muestreo en sitios más dispersos para que puedan cubrir toda el área de estudio, para ello es recomendable realizar una reducción de los puntos de muestreo o realizar muestreos estratificados de acuerdo con la clase superior del suelo, ya que los factores como la accesibilidad a los sitios de muestreo dificultan tomar mayor número de muestras.

Aplicar la metodología realizada en este estudio para cuantificar la erodabilidad en otras cuencas, subcuencas o microcuencas, para obtener resultados y realizar comparaciones para conocer las semejanzas y diferencias que pueden presentar cada una, permitiendo una toma de decisiones más técnica que incluya este tipo de información en los Planes Desarrollo y Ordenamiento Territorial para el uso adecuado del recurso suelo.

Es indispensable realizar un seguimiento constante de las estrategias planteadas para identificar las más efectivas a través de indicadores, para ello, es necesario la participación conjunta de todos los actores, tanto autoridades como los miembros de las comunidades y la ciudadanía en general.

## 6 CAPITULO VI

### REFERENCIAS

- Alatorre, L. C., & Beguería, S. (2009). Los modelos de Erosión: Una Revisión A review of erosion models. *Cuaternario y Geomorfología*, 1–2, 29–48.
- Álvarez, L. (2019). Vista de Indicadores para medir la erosión de los suelos por acción de la lluvia: Una revisión con énfasis en la estabilización masiva y control de las tasas de erosión. <https://doi.org/10.47840/ReInA2019v1n1p.76-87>
- Arias-Muñoz, D. P., Jiménez-Illapa, R. P., Oquendo-Andino, J. R., Cabrera-García, J. S., Perachimba, F., Cabrera, S., Ipiales, A., Cunalata, D., Aranguren-Carrera, J. P., Vilela-Govea, P. E., & Escuela Superior Politécnica del Litoral, D. (2023). *Reporte de la Salud Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Ambi-Ecuador* (UTN IBARRA-ECUADOR, Vol. 1).
- Arias-Muñoz, P., Saz, M. A., & Escolano, S. (2023a). Estimación de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE. Caso de estudio: cuenca media alta del río Mira en los Andes de Ecuador. <https://doi.org/10.14198/INGEO.22390>
- Arias-Muñoz, P., Saz, M. Á., & Escolano, S. (2024). Trends of land use and land cover change in the upper-middle Mira basin in Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, 81, 155–179. <https://doi.org/10.14198/INGEO.25248>
- Beretta, A. N., Silbermann, A. V., Paladino, L., Torres, D., Bassahun, D., Musselli, R., & García-Lamohte, A. (2014). Análisis de textura del suelo con hidrómetro: Modificaciones al método de Bouyoucus. *Ciencia e Investigacion Agraria*, 41(2), 263–271. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202014000200013>
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils1. *Agronomy Journal*, 54(5), 464–465. <https://doi.org/10.2134/AGRONJ1962.00021962005400050028X>
- Camargo, C., Pacheco, C., & López, R. (2017). Erosión hídrica, fundamentos, evaluación y representación cartográfica: una revisión con énfasis en el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica Water erosion, fundamentals, evaluation and cartographic representation: a review with an emphasis on the use of remote sensing and Geographic Information Systems. *Gestión y Ambiente*, 20(2), 265–280. <https://doi.org/10.15446/ga.v20n2>.
- CEPAL, & Organización de las Naciones Unidas. (2019). *Bosques, desertificación y diversidad biológica - Desarrollo Sostenible*. Foro de Los Países de América Latina y El Caribe

- Céspedes, C., & Millas, P. (2014). Relevancia de la materia orgánica del suelo. *Investigadoras INIA Quilamapu*.
- Cobo-Enriquez, E. (2024). *Análisis Multitemporal del Avance de la Frontera Agrícola hacia el Área Protegida Autónoma Descentralizada "Taita Imbabura"*. Universidad Técnica del Norte.
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). *Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017*. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008 Última modificación: 25-ene.-2021. In *Registro Oficial* (Vol. 449, Issue 20). [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Cueva-Ochoa, A., Cerdá, A., & Ruíz-Sinoga, J. (2015). *Manejo y conservación del suelo y agua en los Andes del sur de Ecuador* [Universidad de Málaga]. <http://orcid.org/0000-0003-2230-1026>
- Derahman, A., Bachok, M. F., Shukor, M. F., Latib, F. W. M., & Alias, R. (2022). A Review on Soil Erodibility Studies in Malaysia. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 30(3). <https://doi.org/10.47836/pjst.30.3.22>
- Escobal Garay, A. (2007). Manual para la implementación y maneje de un sistema silvopastoril en el valle del Palcazú - Oxapampa.
- Fernández, R. J., & Trillo, N. (2005). La textura del suelo como fuente de heterogeneidad ; sus efectos sobre la oferta de agua para las plantas. *Researchgate, January 2005*.
- García-Cruzatty, L., & Schlatter Vollmann, J. (2012, February 15). Vista do Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador. <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v7i3a1736/96>
- Gebreegziabher, T., Suryabhagavan, K. V., & Kumar Raghuvanshi, T. (2023). WebGIS-based decision support system for soil erosion assessment in Legedadi watershed, Oromia Region, Ethiopia. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 7(2), 97–114. <https://doi.org/10.1080/24749508.2021.1924441>
- Gómez-Calderón, N., & Estrada-León, R. J. (2020). Conservación de suelos mediante la modificación de la frecuencia de labranza: Un caso en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 123–139. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.7>

- Henry, A., Mabit, L., Jaramillo, R. E., Cartagena, Y., & Lynch, J. P. (2013). Land use effects on erosion and carbon storage of the Río Chimbo watershed, Ecuador. *Plant and Soil*, 367(1–2). <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1478>
- Hernández Bonilla, W. A. (2018). Recuperación de taludes a través de obras de bioingeniería, sobre la metodología basada en el material de guadua caso de estudio: zona andina – Paramo de Sumapaz. *Agnew. W, (1991). Erosion Control Product Seletion. Geotechnical Fabric Repor, Pagina 24 a 27.*
- Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, U. y G. del S. (2018). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.*
- Llanes, G. M., Rizo Bermúdez, D. O., Mendoza Corrales, R. B., Avilés Silva, E. A., & Duarte Canales, H. A. (2020). Agricultura de conservación de suelos y su efecto en la erosión hídrica y propiedades hidrofísicas en la unidad hidrográfica Quebrada Arriba, Yalagüina, 2017. *La Calera*, 20(34). <https://doi.org/10.5377/calera.v20i34.9773>
- López-Falcón, R. (2002). Degradación Del Suelo: Causas, Procesos, Evaluación E Investigación (Segunda edición).
- López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2017). Metodología De La Investigación Social Cuantitativa.
- Loyola Gómez, C., Rivas Maldonado, J., & Gacitúa Rojas, M. J. (2014). Permeabilidad del suelo de la cuenca del río Chillán, entre Estero Peladillas y río Ñuble, Chile. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 24(1). <https://doi.org/10.15446/rcdg.v24n1.41679>
- Maliqi, E., Kumar, N., Latifi, L., & Singh, S. K. (2023). Soil Erosion Estimation Using an Empirical Model, Hypsometric Integral and Geo-Information Science – A Case Study. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(4), 62–72. <https://doi.org/10.12912/27197050/161957>
- Medina, C. (2016). Efectos de la compactación de suelos por el pisoteo de animales, en la productividad de los suelos. *Remediaciones. Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 8(1).
- Montoya Ruiz, M. (2022). *Determinación de la Erodabilidad de un Suelo Superficial del Oriente Antioqueño Mediante Ensayo Inderbitzen.* Universidad Nacional de Colombia.
- Muñoz-Gómez, F., Rengifo-Rengifo, I., & Toro-Tróchez, Ó. (2022). Modelo USLE para estimar la erosión hídrica en siete municipios de la zona andina colombiana. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial.*



- Noni, D. (1986). La erosión actual y potencial en Ecuador : localización, manifestaciones y causas. *Centro Ecuatoriano de Investigación Geográfica*, 6, 5–14.
- Ochoa, P. A., Fries, A., Mejía, D., Burneo, J. I., Ruíz-Sinoga, J. D., & Cerdà, A. (2016). Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. *Catena*, 140, 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.011>
- Ochoa-Cueva, P., Fries, A., Antonio, J., Díaz, R., Montesinos, P., Rodríguez-Díaz, J. A., & Boll, J. (2013). Spatial Estimation of Soil Erosion Risk by Land-cover Change in the Andes OF Southern Ecuador. <https://doi.org/10.1002/ldr.2219>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2016). *Estado mundial del Recurso Suelo : resumen técnico*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Pérez-Rodríguez, R., Marques, M. J., & Bienes, R. (2007). Spatial variability of the soil erodibility parameters and their relation with the soil map at subgroup level. *Science of The Total Environment*, 378(1–2), 166–173. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2007.01.044>
- Pérez-Salinas, J. E., Rodríguez, F. R., López-Santos, A., Torres-González, J. A., Antonio de Jesús, M. J., Díaz-Romo, A., & Valdivia-Martínez, O. (2019). Erodibility and erosion risk of black soils of central Mexico: Study of a Phaeozem. *Terra Latinoamericana*, 37(4), 391–400. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.531>
- Pinell-Galindo, C. (2003). Aplicación de Pruebas No Paramétricas en la Comparación de los Kit de Campo para la Determinación de los Componentes del Suelo (Calcio, Magnesio, Fósforo, Potasio, Nitrógeno Amoniacal y pH) con el Laboratorio de Análisis de Suelo de la UNAN-León en los meses de mayo y julio del 2002.
- Prasannakumar, V., Vijith, H., Abinod, S., & Geetha, N. (2012). Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) and geo-information technology. *Geoscience Frontiers*, 3, 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2011.11.003>
- Quiñónez-Marret, P. M. (2021). Evaluación de Riesgos por Erosión Hídrica en el Suelo de la Microcuenca de la Quebrada Quitumbe, Provincia de Imbabura. Universidad Técnica del Norte.
- Radziuk, H., & Świtoniak, M. (2021). Soil erodibility factor (K) in soils under varying stages of truncation Keywords Hummocky landscape Soil truncation Soil erodibility factor K

- Soil texture Soil organic carbon Clay-illuvial soils. *SOIL SCIENCE ANNUAL*, 2021(1), 134621. <https://doi.org/10.37501/soilsa/134621>
- Ramírez-Ortiz, A. F., Hincapié-Gómez, ; Edgar, & Sadeghian-Khalajabadi, S. (2009). Erodabilidad de los Suelos de la Zona Central Cafetera del Departamento de Caldas 1. *60*(1), 58–71.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Wessias, G. A., McCool, D. D., & Yoder, D. C. (1997). Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *United States Government Printing*.
- Resabala-Sornoza, K. (2023). Caracterización físico químicas de los suelos cafetaleros del Cantón Santa Ana de la Provincia de Manabí- Ecuador.
- Ruales-Mestanza, M., & Dávila-Lara, N. (2019). Efectos del Cambio de Uso del Suelo sobre el Servicio Ecosistémico Hídrico de Provisión en la Microcuenca del Río Itambi. Universidad Técnica del Norte.
- Ruiz, T. Y., & Febles, G. (2004). La desertificación y la sequía en el The increase of desert area and draught in the world.
- Santos, F., Calle, N., Bonilla, S., Sarmiento, F., & Herrnegger, M. (2023). Impacts of soil erosion and climate change on the built heritage of the Pambamarca Fortress Complex in northern Ecuador. *PLoS ONE*, *18*(2 February). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281869>
- Velásquez, L. (2013). Indicadores de Desarrollo Sostenible para la Planificación y Toma de Decisiones en el Municipio Caroní Indicators of Sustaitable Development for the Planification of Caroni Municipality. *Scielo*, *17*, 19–27.
- Zengin, H., Özcan, M., Degermenci, A. S., & Çitgez, T. (2017). Efectos de algunas características de las cuencas hidrográficas sobre el rendimiento hídrico en la región occidental del Mar Negro del norte de Turquía. *Bosque*, *38*(3), 479–486. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300005>

## 7 CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### Anexo 1.

*Protocolo de laboratorio para el Cálculo de Materia Orgánica (Método de Aplicación de Peróxido).*

#### MÉTODO DE APLICACIÓN DE PERÓXIDO

El método del peróxido de hidrógeno es otra técnica utilizada para estimar el contenido de materia orgánica del suelo. Este método se basa en la oxidación de la materia orgánica por el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en condiciones ácidas. A continuación, se detalla el procedimiento para llevar a cabo este método:

#### Materiales necesarios:

1. Muestra de suelo
2. Peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 30%
3. Ácido acético glacial (CH<sub>3</sub>COOH)
4. Agua destilada
5. Matraz de Erlenmeyer de 250 ml
6. Pipetas graduadas
7. Balanza analítica o de precisión
8. Probetas de 20 ml
9. Papel filtro
10. Tamiz de 2mm
11. Estufa de secado

#### Procedimiento:

1. **Preparación de la muestra de suelo:**
  - Seleccionar una muestra representativa de suelo y secarla a una temperatura de 60°C en una estufa de secado para eliminar la humedad superficial.
2. **Pesaje de la muestra y de materiales:**
  - Registrar el peso inicial del matraz de Erlenmeyer de 250 ml.
  - Registrar el peso inicial del papel filtro.
  - Pesar una cantidad de 10 gramos de suelo seco y tamizado con una balanza analítica. Registrar el peso inicial de la muestra.
3. **Tratamiento de la muestra:**
  - Colocar la muestra pesada en un matraz de Erlenmeyer de tamaño adecuado.
4. **Adición de reactivos:**
  - Agregar 20 ml de peróxido de hidrógeno al 30% al matraz. La cantidad de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a agregar depende del contenido esperado de materia orgánica y se determina empíricamente.
  - Agregar 10 ml de ácido acético glacial al matraz en una cantidad suficiente para crear un ambiente ácido.
  - Agregar 10 ml de agua destilada al matraz para garantizar que la muestra esté completamente cubierta con líquido.
5. **Digestión de la muestra:**

- Agitar suavemente el matraz para mezclar los reactivos y asegurarse de que la muestra esté completamente saturada con la solución de peróxido de hidrógeno y ácido acético.
- Colocar el matraz en una estufa de secado una temperatura de alrededor de 90-100 °C.
- Mantener la muestra a esta temperatura durante un período de tiempo específico, generalmente entre 1. Durante este tiempo, la materia orgánica se oxidará a dióxido de carbono y agua.

**6. Enfriamiento y filtración:**

- Después de la digestión, dejar enfriar la muestra a temperatura ambiente.
- Usar papel filtro para filtrar la muestra para separar los sólidos insolubles de la solución.

**7. Lavado de la muestra:**

- Lavar los sólidos con agua destilada para eliminar cualquier residuo de ácido y peróxido de hidrógeno.

**8. Secado y pesaje:**

- Secar los sólidos filtrados en un horno a una temperatura de aproximadamente 60 °C hasta que alcancen un peso constante.
- Pesar los sólidos secos con la misma balanza utilizada anteriormente. Registrar el peso final de la muestra incluido el papel filtro.
- Registrar el peso final del matraz de Erlenmeyer.

**9. Cálculo del peso final de la muestra:**

- Calcular la diferencia entre el peso inicial y el peso final del matraz de Erlenmeyer para conocer el peso suelo adherido a las paredes del matraz.
- Calcular el peso perdido del papel filtro en el secado, aproximadamente pierde el 13% de su peso inicial, de esta manera se encuentra el peso 2 del papel filtro.
- Calcular la diferencia entre el peso final de la muestra incluido el papel filtro y el peso 2 del papel filtro para determinar el peso de la muestra de suelo del papel filtro.
- Sumar el peso del suelo adherido a las paredes del matraz y el peso de la muestra de suelo del papel filtro para conocer el peso final de la muestra de suelo.

**10. Cálculo del contenido de materia orgánica:**

- Calcular el porcentaje de materia orgánica utilizando la siguiente fórmula:

$$MOS = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$$

Donde:

- MOS es el contenido de materia orgánica del suelo
- *Pi* es el peso inicial (en gramos)
- *Pf* es el peso final de la muestra después de la digestión y el secado (en gramos).

**Consideraciones adicionales:**

- Es importante seguir medidas de seguridad adecuadas al trabajar con peróxido de hidrógeno y ácidos.
- El tiempo y la temperatura de digestión pueden variar según la cantidad de materia orgánica presente en la muestra y otras consideraciones específicas del suelo.

## **Anexo 2.**

*Protocolo de laboratorio para el Cálculo de Materia Orgánica (Método de Walkley-Black).*

### **METODO WALKLEY-BLACK**

#### **1. PRINCIPIO Y ALCANCE**

La materia Orgánica del suelo se calcula indirectamente determinando el carbón orgánico, se oxida por medio del Ion Dicromato que se reduce. Esta reacción se lleva a cabo con la ayuda del calor producido por la adicción de ácido sulfúrico concentrado.

Luego por medio de una titulación con sulfato ferroso valorado, cuantificamos la cantidad de Ion dicromato (no reducido) y por diferencia se sabe la cantidad de Ion Dicromato que reaccionó y por tanto el contenido de carbón orgánico de la muestra.

Se sabe que este método no oxida todo el carbón orgánico de la muestra, sino el 77%, esto se compensa multiplicando por el factor 1.3 (1/0.77 o 100/77).

Luego conociendo que la materia orgánica contiene un promedio del 58% de carbono orgánico reactivo, convertimos el carbono orgánico en materia orgánica usando el factor 1.724 (1/0.58 o 100/58).

#### **2. MATERIALES**

Erlenmeyer de 250 ml o vaso de precipitación de 300 ml.  
Pipeta volumétrica de 10 ml  
Probeta de 200 ml  
Bureta de 50 ml  
Balanza analítica  
Soporte universal  
Agitador magnético  
Barras magnéticas de agitación

#### **3. REACTIVOS**

1. Dicromato de Potasio:  $K_2Cr_2O_7$
2. Sulfato Ferroso:  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$
3. Ácido Sulfúrico:  $H_2SO_4$
4. Ferroína

#### **4. PREPARACIÓN DE REACTIVOS**

- **Solución de Dicromato de Potasio 1N:** Pesar 49.04 g Dicromato de Potasio (previamente secado por 2 horas a  $105^\circ C$ ) y en un frasco volumétrico de 1 Litro disolver y diluir con agua desionizada y mezclar bien.
- **Ácido Sulfúrico concentrado (98%).** Este reactivo se encuentra en la bodega de reactivos.
- **Solución de Sulfato Ferroso Amoniacal 0,5N:** 1. Suavemente adicionar 20ml de ácido sulfúrico dentro de un frasco volumétrico de 1 Litro que contiene 800ml de agua desionizada. 2. Adicionar 196.1g de sulfato ferroso amoniacal. Disolver, diluir a volumen con agua desionizada, y mezclar bien.

- **Solución de Ferroína 0.025 M:** Pesar 1.10 de fenantrolina y 6.95 g de sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), disolvemos en agua doblemente desionizada o destilada y completar a volumen de 1 litro.

## 5. PROCEDIMIENTO PARA MOS

- a. Pesar 0.25 g de suelo orgánico y en caso de suelo mineral 0.5 g en un frasco Erlenmeyer de 500ml.
- b. Adicionar 5 ml de solución de dicromato de potasio 1N.
- c. Adicionar 10ml de ácido sulfúrico y mezclar vigorosamente con movimiento circular por 1 minuto, teniendo cuidado de que las partículas de suelo no se peguen a las paredes del frasco y queden fuera de contacto con del líquido. Dejar en reposo 30 minutos.
- d. Diluir hasta 100ml con agua desionizada.
- e. Adicionar unas 5 gotas aproximadamente de indicador ferroína.
- f. Titular con la solución de sulfato ferroso amoniacal 0.5N hasta que el color cambie desde verde opaco hasta azul turbio. Y luego adicionar gota a gota la solución titulante hasta que se alcance el punto final cuando el color cambie hasta verde brillante.
- g. Prepare y titule un blanco de la misma manera.
- h. Prepare una muestra por duplicado y una muestra de control de calidad con cada tanda de muestras analizadas.

### **Anexo 3.**

*Protocolo de laboratorio para determinar la textura del suelo (Método del Hidrómetro de Bouyoucos)*

## **DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO (Método del Hidrómetro)**

### **1. PRINCIPIO Y ALCANCE**

El objetivo de este método es determinar la cantidad de arcilla, limo y arena presente en una muestra de suelo y conocer su clasificación textural. La muestra seleccionada debe ser representativa de toda la masa de suelo a estudiar.

El hidrómetro que se utilice debe estar calibrado para determinar la densidad de la suspensión (g/L), la cual es función de la cantidad de partículas que todavía no se han sedimentado. Los resultados de un análisis de laboratorio son más representativos si se expresan en relación al peso del suelo que se ha seco (se utiliza la metodología de suelo seco al aire y tamizado  $T^{\circ} \leq 40^{\circ}\text{C}$ ) puesto que el peso del suelo húmedo o secado al aire es variable, según el contenido de humedad del mismo y del ambiente. En otras palabras, el peso del suelo en base seca es el mejor estándar para basar los cálculos de los diferentes análisis de suelos.

### **2. MATERIALES**

- Hidrómetro Bouyoucus calibrado de 0-60g/l
- Probeta graduada de 1000 ml
- Agitador mecánico
- Termómetro electrónico
- Balanza analítica
- Vasos de precipitación de 250 ml
- Pipetas de 5 ml
- Piceta
- Pera
- Varilla de vidrio
- Cronómetro

### **3. REACTIVOS**

- Agentes dispersantes Hidróxido de sodio 1 N y Oxalato de Sodio sobresaturado; Su función es de separar las partículas de limo y arcilla.
- Alcohol amílico, para quitar la espuma que pueda impedir la lectura del hidrómetro.

### **4. PREPARACIÓN DE REACTIVOS**

- El peso molecular del hidróxido de sodio es 40gr/mol para preparación del reactivo a una concentración de 1N, se toma en cuenta el peso molecular y la cantidad en ml que se desea preparar así tenemos que, si deseamos preparar 1000ml de reactivo, se colocan 40gr de Hidróxido de sodio en 1000 ml de agua destilada, si se requiere preparar 500ml de reactivo se realiza una regla de tres obteniendo como resultado los gramos que se requieren añadir para 500ml de Hidróxido de sodio 1 N.
- Para la preparación el reactivo de oxalato de sodio saturado se añade 30gr de oxalato de sodio en 1000ml de agua destilada, si requiere solamente la mitad de oxalato se, añade 15 gr. en 500ml de agua destilada.

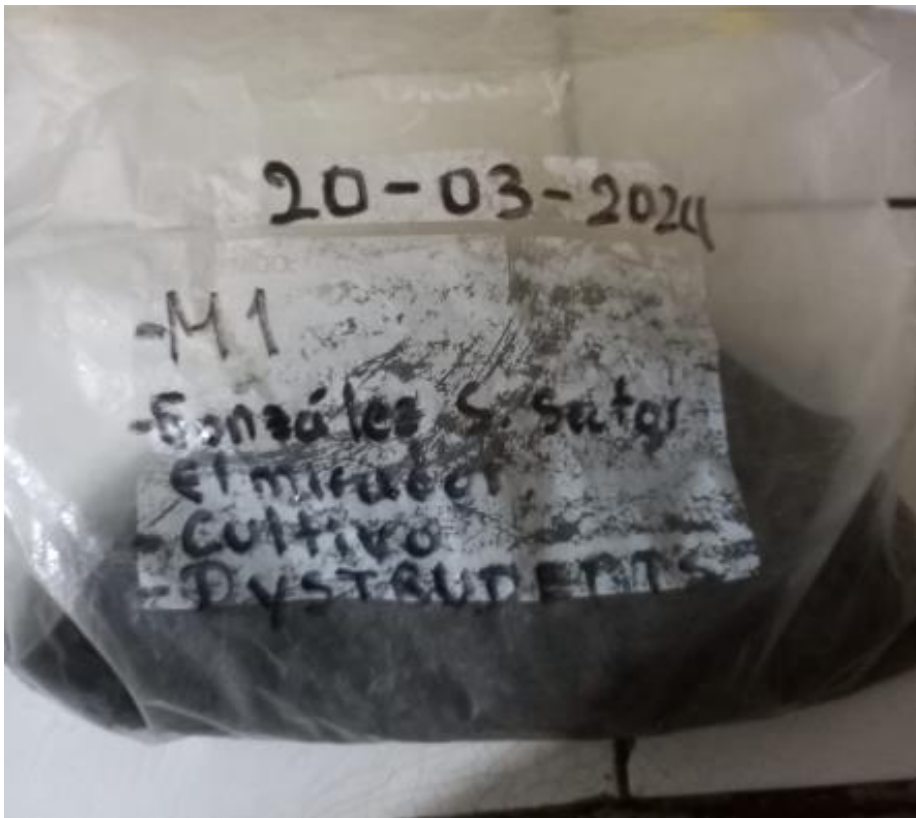
## **5. PROCEDIMIENTO PARA TEXTURA**

- a. Se tamiza la muestra de suelo a ensayar en el tamiz N°40(2mm).
- b. Se pesa 50g. de suelo ya tamizado y se coloca en un vaso de precipitación con aproximadamente 100ml de agua destilada.
- c. Se agita la muestra con una varilla de vidrio y se le añade 5ml de Hidróxido de sodio (NaOH) y 5 ml de oxalato de sodio(COONa)<sub>2</sub> sobresaturado.
- d. Se trasvasa el contenido del vaso de precipitación en el vaso de dispersión del agitador mecánico, se usa una piseta con agua destilada para lavar todo residuo del vaso de manera que no se pierda muestra.
- e. Se agita la muestra mecánicamente únicamente por 5 minutos.
- f. Dispersada la muestra mecánicamente se la transfiere a la probeta completando con agua destilada un volumen de 1000ml. Recuerde no se debe desperdiciar la muestra.
- g. El extremo abierto de la probeta se lo tapa con una funda plástica asegurado de ligas se la asegura de la base, y se procede a mover la probeta invirtiendo su posición y volviéndola a su posición original alternadamente 10 veces.
- h. Se coloca la probeta en un sitio firme se cronometraron 40 segundos y se realizó la primera lectura con el hidrómetro y así mismo la temperatura, se deja las muestras en reposo por dos horas para repetir las lecturas.



**Anexo 4.**

*Etiquetado y enfundado de muestras de suelo en Campo.*



## Anexo 5.

### Análisis estadísticos

#### 1. Análisis de RLS de factores de erodabilidad vs valores de erodabilidad

### Análisis de regresión: ERODABILIDAD vs. MOS

La ecuación de regresión es

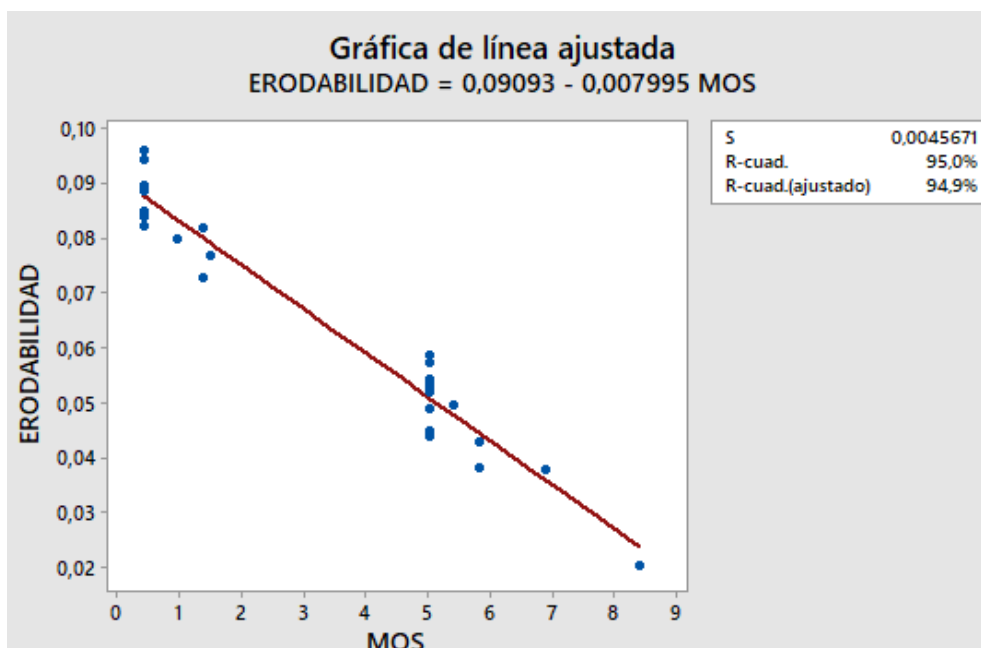
$$\text{ERODABILIDAD} = 0,09093 - 0,007995 \text{ MOS}$$

S = 0,00456710    R-cuad. = 95,0%    R-cuad. (ajustado) = 94,9%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	0,0127048	0,0127048	609,10	0,000
Error	32	0,0006675	0,0000209		
Total	33	0,0133723			

### Línea ajustada: ERODABILIDAD vs. MOS



## Análisis de regresión: ERODABILIDAD vs. ARENA (%)

La ecuación de regresión es

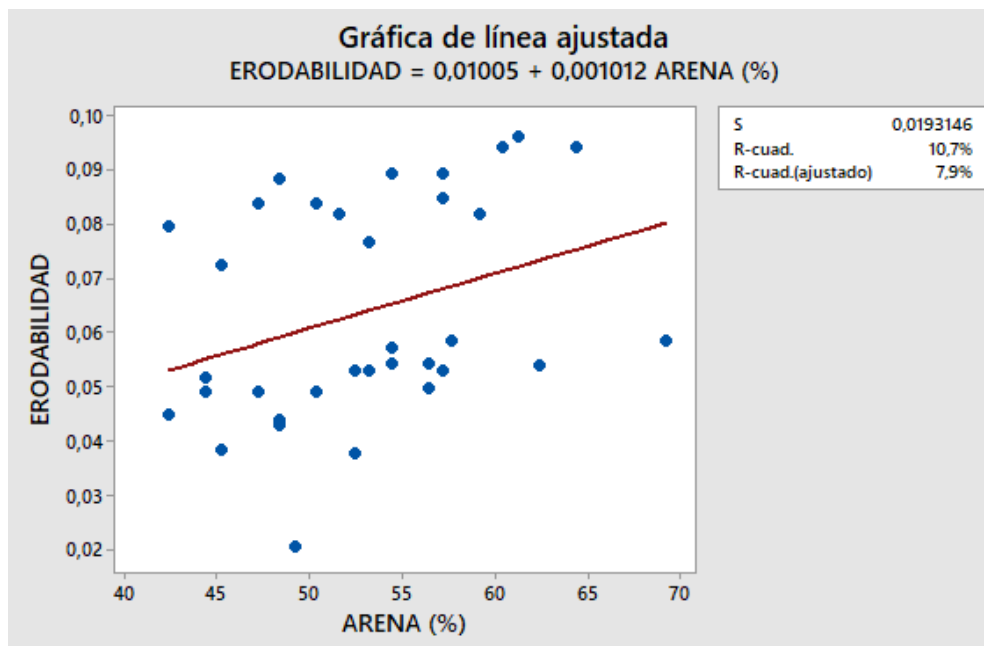
$$\text{ERODABILIDAD} = 0,01005 + 0,001012 \text{ ARENA } (\%)$$

$$S = 0,0193146 \quad R\text{-cuad.} = 10,7\% \quad R\text{-cuad. (ajustado)} = 7,9\%$$

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	0,0014345	0,0014345	3,85	0,059
Error	32	0,0119378	0,0003731		
Total	33	0,0133723			

## Línea ajustada: ERODABILIDAD vs. ARENA (%)



## Análisis de regresión: ERODABILIDAD vs. LIMO (%)

La ecuación de regresión es

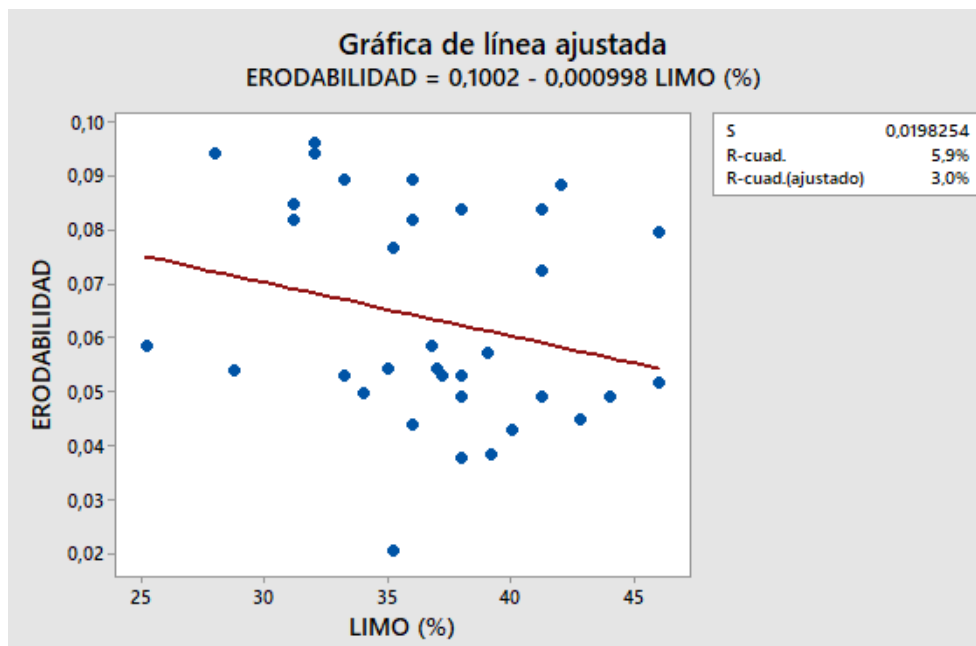
$$\text{ERODABILIDAD} = 0,1002 - 0,000998 \text{ LIMO (\%)}$$

S = 0,0198254    R-cuad. = 5,9%    R-cuad.(ajustado) = 3,0%

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	0,0007947	0,0007947	2,02	0,165
Error	32	0,0125775	0,0003930		
Total	33	0,0133723			

## Línea ajustada: ERODABILIDAD vs. LIMO (%)



## Análisis de regresión: ERODABILIDAD vs. ARCILLA (%)

La ecuación de regresión es

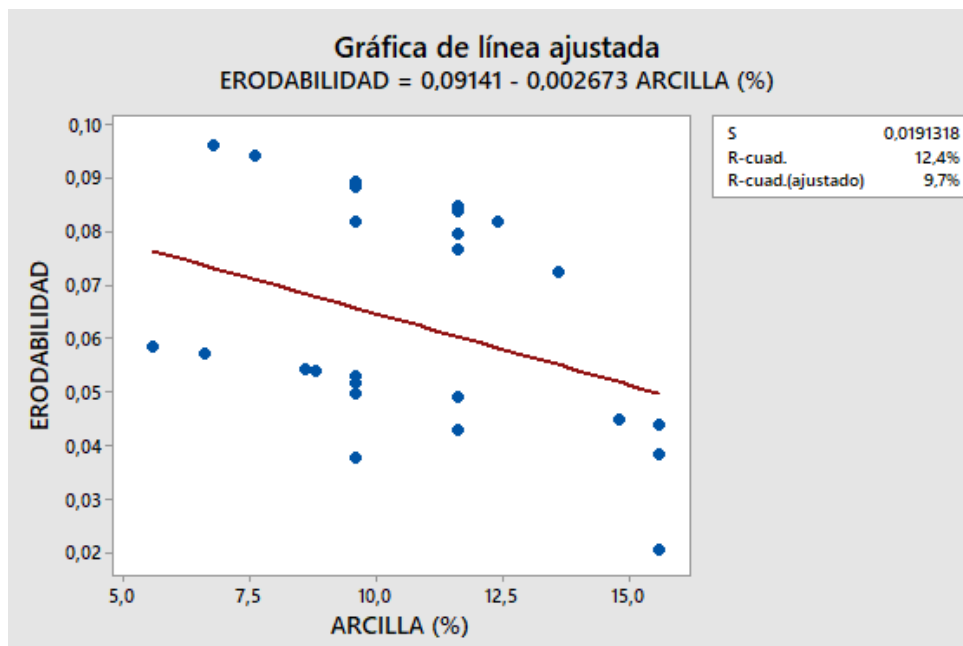
$$\text{ERODABILIDAD} = 0,09141 - 0,002673 \text{ ARCILLA (\%)}$$

S = 0,0191318    R-cuad. = 12,4%    R-cuad.(ajustado) = 9,7%

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	0,0016594	0,0016594	4,53	0,041
Error	32	0,0117128	0,0003660		
Total	33	0,0133723			

## Línea ajustada: ERODABILIDAD vs. ARCILLA (%)



## Análisis de regresión: ERODABILIDAD vs. PERMEABILIDAD

La ecuación de regresión es

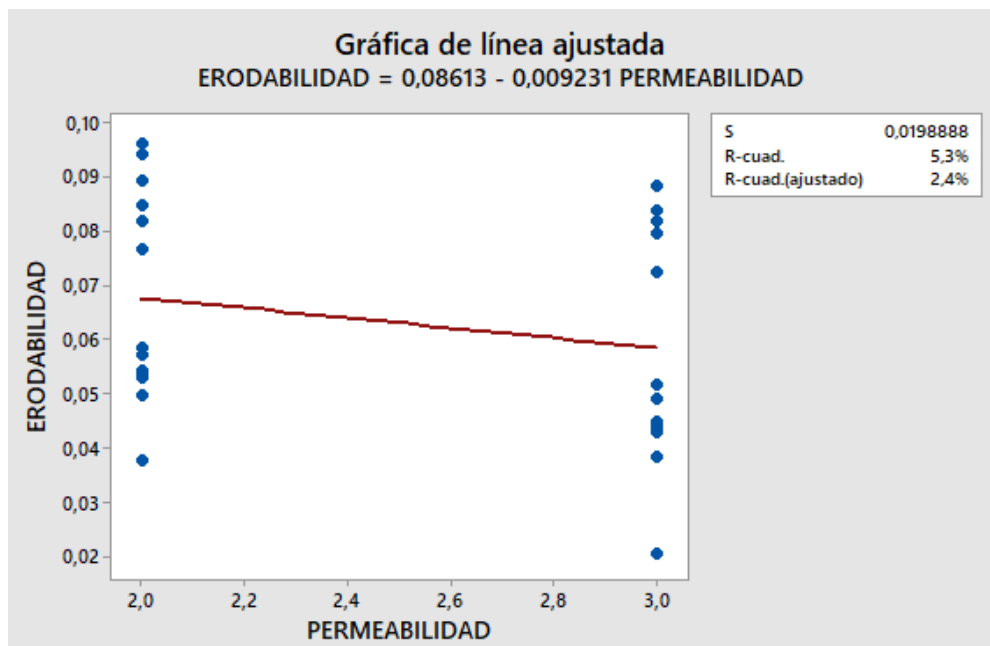
$$\text{ERODABILIDAD} = 0,08613 - 0,009231 \text{ PERMEABILIDAD}$$

S = 0,0198888    R-cuad. = 5,3%    R-cuad.(ajustado) = 2,4%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	0,0007143	0,0007143	1,81	0,188
Error	32	0,0126580	0,0003956		
Total	33	0,0133723			

## Línea ajustada: ERODABILIDAD vs. PERMEABILIDAD



## Análisis de regresión: ERODABILIDAD vs. ESTRUCTURA

La ecuación de regresión es

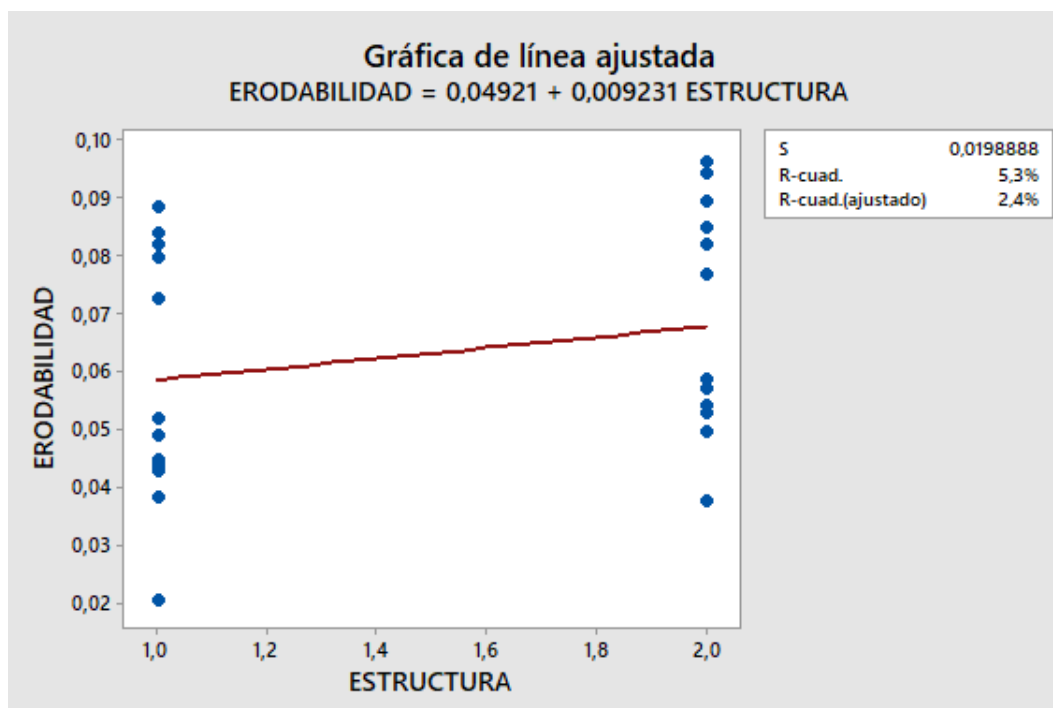
$$\text{ERODABILIDAD} = 0,04921 + 0,009231 \text{ ESTRUCTURA}$$

S = 0,0198888    R-cuad. = 5,3%    R-cuad.(ajustado) = 2,4%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	0,0007143	0,0007143	1,81	0,188
Error	32	0,0126580	0,0003956		
Total	33	0,0133723			

## Línea ajustada: ERODABILIDAD vs. ESTRUCTURA



2. Análisis de correlación de los macronutrientes Potasio, Fósforo y Nitrógeno vs valores de erodabilidad

### **Correlación: Potasio; Erodabilidad**

Correlación de Pearson de Potasio y Erodabilidad = -0,707  
Valor p = 0,022

### **Correlación: Fósforo; Erodabilidad**

Correlación de Pearson de Fósforo y Erodabilidad = -0,702  
Valor p = 0,024

### **Correlación: Nitrógeno; Erodabilidad**

Correlación de Pearson de Nitrógeno y Erodabilidad = -0,533  
Valor p = 0,113



## Anexo 6.

### Informes del laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Politécnica Salesiana

#### 1. Análisis de suelo clase ARGIUDOLLS, muestra M1.

Identificación de Usuario		Unidad	M 1	NIVELES SUFICIENTE S (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio	Parámetros		LSA24 2182		
Potencial Hidrógeno	U pH	6,09	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ B [3]	
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,25	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]	
Materia Orgánica	%	5,80	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK	
Nitrógeno Total	%	0,29	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)	
Fósforo	mg/kg (P)	66,70	40,0-100,0	SM 4500-P: E [1]	
Potasio	meq/100g (K)	0,43	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]	

**DATOS ADICIONALES:**  
U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (Intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

**Observaciones**  
Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE; Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;

Ing. Agr. Orlando Guálavisi  
Técnico de Suelos y Agua



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Jayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (0) 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.  
Correo electrónico: ogualavisi@ups.edu.ec / bioagrolab@ups.edu.ec

2. Análisis de suelo clase UDORTHENTS, muestra M2.



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA



Cliente: UDORIHNTS

Dirección: Movimiento Cantonal de Mujeres

Contacto: Ing. Catalina Sandoval

Cantidad de muestras: 1

Fecha de ingreso: septiembre 24, 2024

Matriz: suelo

Tel/Cel.: (+593) 99 285 3204

E-mail: [superk-ta@hotmail.com](mailto:superk-ta@hotmail.com)

N° de Informe: 24 700

Fecha Emisión: octubre 10, 2024

Fecha de Análisis: septiembre 27 a octubre 7, 2024

INFORME DE RESULTADOS

Identificación de Usuario	Unidad	M 2	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio		LSA24 2183		
Parámetros				
Potencial Hidrógeno	U pH	6,17	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ 8 [3]
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,24	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]
Materia Orgánica	%	6,88	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitrógeno Total	%	0,34	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)
Fósforo	mg/kg (P)	33,40	40,0-100,0	SM 4500-P: E [1]
Potasio	meq/100g (K)	0,36	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]

DATOS ADICIONALES:

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

Observaciones

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE. Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;

Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.

Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)

### 3. Análisis de suelo clase HAPLUDANDS, muestra M3.



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA



**Cliente:** HAPLUDANDS

**Dirección:** Movimiento Cantonal de Mujeres

**Contacto:** Ing. Catalina Sandoval

**Cantidad de muestras:** 1

**Fecha de de ingreso:** septiembre 24, 2024

**Matriz:** suelo

**Tel/Cel.:** (+593) 99 285 3204

**E-mail:** [superk-ta@hotmail.com](mailto:superk-ta@hotmail.com)

**N° de Informe:** 24 701

**Fecha Emisión:** octubre 10, 2024

**Fecha de Análisis:** septiembre 27 a octubre 7, 2024

#### INFORME DE RESULTADOS

Identificación de Usuario	Unidad	M 3	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio		LSA24 2184		
Parámetros				
Potencial Hidrógeno	U pH	6,11	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ 8 [3]
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,74	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]
Materia Orgánica	%	4,99	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitrógeno Total	%	0,25	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)
Fósforo	mg/kg (P)	59,20	40,0-100,0	SM 4500-P; E [1]
Potasio	meq/100g (K)	0,46	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]

#### DATOS ADICIONALES:

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22h Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

#### Observaciones

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE; Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;

Ing. Agr. Orlando Guatavisi  
Técnico de Suelos y Agua



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 121 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.

Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)

#### 4. Análisis de suelo clase MELANUDANDS, muestra M4.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
ECUADOR

**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**



**SALESIANOS**  
Pág. 1 de 1

**Cliente:** MELANUPANDS

**Dirección:** Movimiento Cantonal de Mujeres

**Contacto:** Ing. Catalina Sandoval

**Cantidad de muestras:** 1

**Fecha de ingreso:** septiembre 24, 2024

**Matriz:** suelo

**Tel/Cel.:** (+593) 99 285 3204

**E-mail:** [superk-ta@hotmail.com](mailto:superk-ta@hotmail.com)

**N° de Informe:** 24 702

**Fecha Emisión:** octubre 10, 2024

**Fecha de Análisis:** septiembre 27 a octubre 7, 2024

**INFORME DE RESULTADOS**

Identificación de Usuario	Unidad	M 4	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio Parámetros		LSA24 2185		
Potencial Hidrógeno	U pH	5,98	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ B [3]
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,21	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]
Materia Orgánica	%	5,40	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitrógeno Total	%	0,27	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)
Fósforo	mg/kg (P)	34,20	40,0-100,0	SM 4500-P: E [1]
Potasio	meq/100g (K)	0,28	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]

**DATOS ADICIONALES:**  
 U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22h Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

**Observaciones**  
 Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE; Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen-Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;



Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua



**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

Jayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 121 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.  
 Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)

5. Análisis de suelo clase MELANOCRYANDS, muestra M5.



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA



Cliente: MELANOCRYANDS

Dirección: Movimiento cantonal de mujeres

Contacto: Ing. Catalina Sandoval

Cantidad de muestras: 1

Fecha de de ingreso: septiembre 24, 2024

Matriz: suelo

Tel/Cel.: (+593) 99 285 3204

E-mail: [superk-ta@hotmail.com](mailto:superk-ta@hotmail.com)

N° de Informe: 24 703

Fecha Emisión: octubre 10, 2024

Fecha de Análisis: septiembre 27 a octubre 7, 2024

INFORME DE RESULTADOS

Identificación de Usuario	Unidad	M 5	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio		LSA24 2186		
Parámetros				
Potencial Hidrógeno	U pH	5,79	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ B [3]
Conductividad Eléctrica	mS/cm	1,00	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]
Materia Orgánica	%	8,40	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitrógeno Total	%	0,42	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)
Fósforo	mg/kg (P)	60,40	40,0-100,0	SM 4500-P: E [1]
Potasio	meq/100g (K)	0,87	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]

DATOS ADICIONALES:

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

Observaciones

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE; Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;

Ing. Agr. Orlando Cevalavisi  
Técnico de Suelos y Agua



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

ayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.  
correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)

6. Análisis de suelo clase UDIFLUVENTS, muestra M6.



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA



Cliente: UDIFLUVENTS

Dirección: Movimiento Cantonal de Mujeres

Contacto: Ing. Catalina Sandoval

Cantidad de muestras: 1

Fecha de ingreso: septiembre 24, 2024

Matriz: suelo

Telf/Cel.: (+593) 99 285 3204

E-mail: [superk-ta@hotmail.com](mailto:superk-ta@hotmail.com)

N° de Informe: 24 704

Fecha Emisión: octubre 10, 2024

Fecha de Análisis: septiembre 27 a octubre 7, 2024

INFORME DE RESULTADOS

Identificación de Usuario	Unidad	M 6	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio		LSA24 2187		
Parámetros				
Potencial Hidrógeno	U pH	6,67	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ B [3]
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,14	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]
Materia Orgánica	%	0,94	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitrógeno Total	%	0,05	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)
Fósforo	mg/kg (P)	7,30	40,0-100,0	SM 4500-P: E [1]
Potasio	meq/100g (K)	0,13	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]

DATOS ADICIONALES:

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22h Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

Observaciones

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE. Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;

Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Jayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.

Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)

7. Análisis de suelo clase DYSTRUDEPTS, muestra M7.



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA



Pág. 1 de 1

**Cliente:** DYSTRUDEPTS

**Dirección:** Movimiento Cantonal de Mujeres

**Contacto:** Ing. Catalina Sandoval

**Cantidad de muestras:** 1

**Fecha de ingreso:** septiembre 24, 2024

**Matriz:** suelo

**Telf/Cel.:** (+593) 99 285 3204

**E-mail:** [superk-ta@hotmail.com](mailto:superk-ta@hotmail.com)

**Nº de Informe:** 24 705

**Fecha Emisión:** octubre 10, 2024

**Fecha de Análisis:** septiembre 27 a octubre 7, 2024

**INFORME DE RESULTADOS**

Identificación de Usuario	Unidad	M 7	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio		LSA24 2188		
Parámetros				
Potencial Hidrógeno	U pH	6,47	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ 8 [3]
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,12	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]
Materia Orgánica	%	1,35	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitrógeno Total	%	0,07	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)
Fósforo	mg/kg (P)	3,70	40,0-100,0	SM 4500-P: E [1]
Potasio	meq/100g (K)	0,33	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]

**DATOS ADICIONALES:**

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22h Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

**Observaciones**

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE; Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;

Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.  
Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)

8. Análisis de suelo clase HAPLUDOLLS, muestra M8.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
ECUADOR

**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**



**SALESIANOS**  
Pág. 1 de 1

**Cliente:** HAPUDOLLS  
**Dirección:** Movimiento Cantonal de Mujeres  
**Contacto:** Ing. Catalina Sandoval  
**Cantidad de muestras:** 1  
**Fecha de ingreso:** septiembre 24, 2024  
**Matriz:** suelo

**Tel/Cel.:** (+593) 99 285 3204  
**E-mail:** [superk-ta@hotmail.com](mailto:superk-ta@hotmail.com)  
**N° de Informe:** 24 706  
**Fecha Emisión:** octubre 10, 2024  
**Fecha de Análisis:** septiembre 27 a octubre 7, 2024

**INFORME DE RESULTADOS**

Identificación de Usuario	Unidad	M 8	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio		LSA24 2189		
Parámetros				
Potencial Hidrógeno	U pH	5,82	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ B [3]
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,04	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]
Materia Orgánica	%	0,40	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitrógeno Total	%	0,02	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)
Fósforo	mg/kg (P)	4,08	40,0-100,0	SM 4500-P: E [1]
Potasio	meq/100g (K)	0,20	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]

**DATOS ADICIONALES:**  
 U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22h Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

**Observaciones**

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE; Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;



Ing. Agr. Oriando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua



**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA**

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.  
 Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)



9. Análisis de suelo clase DURUDEPTS, muestra M9.



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA



Pág. 1 de 1

**Cliente:** DURUDEPTS

**Dirección:** Movimiento Cantonal de Mujeres

**Contacto:** Ing. Catalina Sandoval

**Cantidad de muestras:** 1

**Fecha de ingreso:** septiembre 24, 2024

**Matriz:** suelo

**Tel/Cel.:** (+593) 99 285 3204

**E-mail:** [superk-ta@hotmail.com](mailto:superk-ta@hotmail.com)

**N° de Informe:** 24 707

**Fecha Emisión:** octubre 10, 2024

**Fecha de Análisis:** septiembre 27 a octubre 7, 2024

**INFORME DE RESULTADOS**

Identificación de Usuario	Unidad	M 9	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio		LSA24 2190		
Parámetros				
Potencial Hidrógeno	U pH	6,40	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ B [3]
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,09	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]
Materia Orgánica	%	1,48	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitrógeno Total	%	0,07	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)
Fósforo	mg/kg (P)	2,50	40,0-100,0	SM 4500-P: E [1]
Potasio	meq/100g (K)	0,23	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]

**DATOS ADICIONALES:**

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centímetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22h Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. "APHA";

**Observaciones**

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE; Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;

Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 121 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.  
Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)

10. Análisis de suelo clase HAPLOCRYANDS, muestra M10.



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA



Pág. 1 de 1

**Cliente:** HAPLOCRYANDS

**Dirección:** Movimiento Cantonal de Mujeres

**Contacto:** Ing. Catalina Sandoval

**Cantidad de muestras:** 1

**Fecha de ingreso:** septiembre 24, 2024

**Matriz:** suelo

**Telf/Cel.:** (+593) 99 285 3204

**E-mail:** [superk-ta@hotmail.com](mailto:superk-ta@hotmail.com)

**N° de Informe:** 24 708

**Fecha Emisión:** octubre 10, 2024

**Fecha de Análisis:** septiembre 27 a octubre 7, 2024

**INFORME DE RESULTADOS**

Identificación de Usuario	Unidad	M 10	NIVELES SUFICIENTES (*)	MÉTODO DE VALORACIÓN
Código de laboratorio		LSA24 2191		
Parámetros				
Potencial Hidrógeno	U pH	4,81	6,5 - 6,9	SM. 4500-H+ A y 4500-H+ B [3]
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0,13	0,5 - 1,5	ELECTRÓNICO MYRON [3]
Materia Orgánica	%	20,20	3,3 - 4,8	WALKLEY-BACK
Nitrógeno Total	%	1,01	0,15-0,30	WALKLEY-BACK (Cálculo)
Fósforo	mg/kg (P)	17,20	40,0-100,0	SM 4500-P: E [1]
Potasio	meq/100g (K)	0,20	2,0 - 3,1	SM 3111-B [2]

**DATOS ADICIONALES:**

U pH: unidades; mS/cm: milisiemens por centimetro; mg/kg: miligramos por kilogramo; %: porcentaje; meq/100g: miliequivalentes cada cien gramos; N.A.: no aplica; \* fuera del rango de medición LSA;

[1]: Olsen Modificado (asimilables); [2]: Acetato Amonio (intercambiables); [3]: agua destilada (relación agua-suelo (1:2));

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22h Edition, 2012 -AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, "APHA";

**Observaciones**

Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el CLIENTE; Si precisa el reporte de las muestras por el método Olsen Modificado de los elementos: Fe, Mn, Cu, Zn, favor solicitar anticipadamente el personal LSA;

Ing. Agr. Orlando Gualavisi  
Técnico de Suelos y Agua



LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. Teléfonos: 593 (2) 3962946 / 3962800 ext. 2504 - 2530.

Correo electrónico: [ogualavisi@ups.edu.ec](mailto:ogualavisi@ups.edu.ec) / [bioagrolab@ups.edu.ec](mailto:bioagrolab@ups.edu.ec)

Anexo 7.

Resultados de Análisis de textura del suelo Laboratorio LABONORT.

1. Análisis de Textura del suelo muestras 1-14

**LABONORT**  
LABORATORIOS NORTE  
Juan Hernández y Jaime Roldos (M. Mayorista) Ibarra-Ecuador. Telf. cel. 0999591050



**REPORTE ANÁLISIS DE SUELO**

**RESULTADOS ANÁLISIS DE TEXTURA**

NOMBRE: MIGUEL TIPANLUIA  
MUESTRA: SUELOS  
ANÁLISIS: TEXTURA  
SITIO - LOTE IMBABURA- OTAVALO- SAN PABLO  
FECHA INGRESO 2024 05 22  
FECHA REPORTE 2024 05 28

**RESULTADOS**

MUESTRA	ARENA (%)	LIMO(%)	ARCILLA(%)	CLASE TEXTURAL
M#1	42,40	46,00	11,60	Franco
M#2	45,20	41,20	13,60	Franco
M#3	45,20	39,20	15,60	Franco
M#4	59,20	31,20	9,60	Franco arenoso
M#5	53,20	35,20	11,60	Franco arenoso
M#6	64,40	28,00	7,60	Franco arenoso
M#7	54,40	39,00	6,60	Franco arenoso
M#8	52,40	38,00	9,60	Franco arenoso
M#9	62,40	29,80	8,80	Franco arenoso
M#10	44,40	44,00	11,60	Franco
M#11	48,40	36,00	15,60	Franco
M#12	54,40	36,00	9,60	Franco arenoso
M#13	54,40	37,00	8,60	Franco arenoso
M#14	42,40	42,80	14,80	Franco

**Métodos:**

Textura: análisis granulométrico por densimetría con hidrómetro de Bouyoucos



Dr. Quím. Edison M. Miño M.  
RESPONSABLE DE LABONORT



## 2. Análisis de Textura del suelo muestras 15-34

<b>LABONORT</b>			
LABORATORIOS NORTE			
Juan Hernández y Jaime Roldos (M. Mayorista)	Ibarra-Ecuador.	Telf. cel. 0999591050	

### REPORTE ANÁLISIS DE SUELO

#### RESULTADOS ANÁLISIS DE TEXTURA

NOMBRE: MIGUEL TIPANLUIZA  
MUESTRA: SUELOS  
ANÁLISIS: TEXTURA  
SITIO - LOTE: IMBABURA- OTAVALO- SAN PABLO  
FECHA INGRESO: 2024 06 03  
FECHA REPORTE: 2024 06 07

#### RESULTADOS

MUESTRA	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	CLASE TEXTURAL
M#15	58,40	35,00	8,80	Franco arenoso
M#16	50,40	38,00	11,60	Franco
M#17	58,40	34,00	9,80	Franco arenoso
M#18	49,20	35,20	15,60	Franco
M#19	44,40	46,00	9,60	Franco
M#20	53,20	37,20	9,60	Franco arenoso
M#21	48,40	40,00	11,60	Franco
M#22	48,40	42,00	9,60	Franco
M#23	47,20	41,20	11,60	Franco
M#24	60,40	32,00	7,80	Franco arenoso
M#25	57,80	36,80	5,60	Franco arenoso
M#28	51,60	36,00	12,40	Franco
M#27	57,20	31,20	11,60	Franco arenoso
M#28	57,20	33,20	9,60	Franco arenoso
M#29	61,20	32,00	6,80	Franco arenoso
M#30	69,20	25,20	5,60	Franco arenoso
M#31	57,20	33,20	9,60	Franco arenoso
M#32	47,20	41,20	11,60	Franco
M#33	52,40	38,00	9,60	Franco arenoso
M#34	50,40	38,00	11,60	Franco

#### Métodos:

Textura: análisis granulométrico por densimetría con hidrómetro de Bouyoucos



Dr. Quím. Edison M. Miño M.  
RESPONSABLE DE LABONORT



**Anexo 8.**

*Registro fotográfico de la fase de campo.*

**Fotografía 1.** *Toma de muestras de suelo en campo.*



**Anexo 9.**

*Registro fotográfico de Laboratorio.*

**Fotografía 1.** *Secado de muestras.*



**Fotografía 2.** *Peso inicial y peso final de la muestra.*



**Fotografía 3.** *Peso inicial y peso final del matraz Erlenmeyer.*



**Fotografía 4.** Adición de reactivos y muestras de suelo al matraz, colocación de matraces en una estufa de secado una temperatura de alrededor de 90-100 °C



**Fotografía 5.** Peso inicial del papel filtro, filtrado y lavado de muestras.



**Fotografía 6.** Secado de muestras post filtrado.



## Anexo 10.

*Cálculo de valores de Erodabilidad cumpliendo los parámetros requeridos por el Modelo RUSLE,*

Coordenadas X	Coordenadas Y	Muestra	MOS W-B	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TOTAL	CLASE TEXTURAL	PERMEABILIDAD
811424,2819	10018921,24	M1	0,94	42,4	46	11,6	100	FRANCO	MODERADA
811424,2819	10017921,24	M2	1,34	45,2	41,2	13,6	100	FRANCO	MODERADA
812424,2819	10017921,24	M3	5,8	45,2	39,2	15,6	100	FRANCO	MODERADA
811424,2819	10019921,24	M4	1,34	59,2	31,2	9,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
810424,2819	10019921,24	M5	1,48	53,2	35,2	11,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
814424,2819	10023921,24	M6	0,4	64,4	28	7,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
814424,2819	10022921,24	M7	4,99	54,4	39	6,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
815424,2819	1002,24	M8	4,99	52,4	38	9,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
815424,2819	10023921,24	M9	4,99	62,4	28,8	8,8	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
816424,2819	10022921,24	M10	4,99	44,4	44	11,6	100	FRANCO	MODERADA
816424,2819	10023921,24	M11	4,99	48,4	36	15,6	100	FRANCO	MODERADA
814424,2819	10024921,24	M12	0,4	54,4	36	9,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
815424,2819	10024921,24	M13	4,99	54,4	37	8,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
816424,2819	10024921,24	M14	4,99	42,4	42,8	14,8	100	FRANCO	MODERADA
811424,2819	10015921,24	M15	4,99	56,4	35	8,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
810424,2819	10015921,24	M16	0,4	50,4	38	11,6	100	FRANCO	MODERADA
809424,2819	10015921,24	M17	5,4	56,4	34	9,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
809424,2819	10014921,24	M18	8,4	49,2	35,2	15,6	100	FRANCO	MODERADA
813424,2819	10015921,24	M19	4,99	44,4	46	9,6	100	FRANCO	MODERADA
814424,2819	10015921,24	M20	4,99	53,2	37,2	9,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
811424,2819	10016921,24	M21	5,8	48,4	40	11,6	100	FRANCO	MODERADA
812424,2819	10016921,24	M22	0,4	48,4	42	9,6	100	FRANCO	MODERADA
810424,2819	10016921,24	M23	0,4	47,2	41,2	11,6	100	FRANCO	MODERADA



810424,2819	10017921,24	M24	0,4	60,4	32	7,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
809424,2819	10016921,24	M25	4,99	57,6	36,8	5,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
812424,2819	10018921,24	M26	0,4	51,6	36	12,4	100	FRANCO	MODERADA
813424,2819	10018921,24	M27	0,4	57,2	31,2	11,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
813424,2819	10019921,24	M28	0,4	57,2	33,2	9,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
812424,2819	10019921,24	M29	0,4	61,2	32	6,8	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
813424,2819	10017921,24	M30	4,99	69,2	25,2	5,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
813424,2819	10016921,24	M31	4,99	57,2	33,2	9,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
813424,2819	10014921,24	M32	4,99	47,2	41,2	11,6	100	FRANCO	MODERADA
811424,2819	10014921,24	M33	6,88	52,4	38	9,6	100	FRANCO ARENOSO	ALTA
810424,2819	10014921,24	M34	4,99	50,4	38	11,6	100	FRANCO	MODERADA

3,42

**Anexo 11.**

*Matriz de Confusión de Marco Vanetti para validar el mapa de uso y cobertura del suelo.*

Draw confusion matrix for  classes.

		Truth data									
		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Classification overall	User's accuracy (Precision)
Classifier results	Class 1	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="88.889%"/>
	Class 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="9"/>	<input type="text" value="100%"/>
	Class 3	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="100%"/>
	Class 4	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="75%"/>
	Class 5	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="62.5%"/>
	Class 6	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="11"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="91.667%"/>
	Class 7	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="100%"/>
	Class 8	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="100%"/>
Truth overall		<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="11"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="69"/>	
Producer's accuracy (Recall)		<input type="text" value="100%"/>	<input type="text" value="90%"/>	<input type="text" value="100%"/>	<input type="text" value="75%"/>	<input type="text" value="62.5%"/>	<input type="text" value="100%"/>	<input type="text" value="85.714%"/>	<input type="text" value="100%"/>		

Overall accuracy (OA):

Kappa<sup>1</sup>: