



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio

Ambiente

Incendios forestales y su incidencia en la modificación de las propiedades físico-químicas del suelo, en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja, Ecuador

Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero en
Manejo y Conservación del Medio

AUTOR:

Aaron David Torres Rosales

DIRECTOR:

Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho. Mg.Sc.

Loja – Ecuador

2022

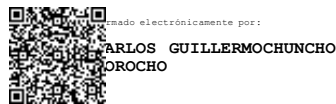
Certificación del Trabajo de Titulación

Loja, 26 de octubre de 2022

Ing. Carlos Guillermo Chunchu Morocho Mg. Sc

Certifico:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación de grado titulado: **“Incendios forestales y su incidencia en la modificación de las propiedades físico-químicas del suelo, en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja, Ecuador”** de autoría del estudiante **Aaron David Torres Rosales**, portador de la cédula de ciudadanía N° 1105805749, previa a la obtención del título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.



Ing. Carlos Guillermo Chunchu Morocho Mg. Sc
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, Aaron David Torres Rosales, declaro ser autor del trabajo de titulación: **Incendios forestales y su incidencia en la modificación de las propiedades físico-químicas del suelo, en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja, Ecuador**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Nombre: Aaron David Torres Rosales

C.I.: 1105805749

Fecha: 8 de noviembre del 2022

Correo electrónico: aaron.torres@unl.edu.ec

Teléfono: 0994488772


Carta de autorización del trabajo de titulación por parte del autor para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo.

Yo, **Aaron David Torres Rosales**, declaro ser autor del trabajo de titulación titulado: **Incendios forestales y su incidencia en la modificación de las propiedades físico-químicas del suelo, en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja, Ecuador**, como requisito para optar el título de **Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 08 días del mes de noviembre del año dos mil veintidós.\



Nombre: Aaron David Torres Rosales

C.I.: 1105805749

Fecha: 08 de noviembre del 2022

Correo electrónico: aaron.torres@unl.edu.ec

Teléfono: 0994488772

Datos complementarios:

Director del trabajo de titulación: Ing. Carlos Guillermo Chuncho Morocho Mg. Sc

Tribunal de grado:

Ing. Raquel Verónica Hernández Ocampo Mg. Sc **Presidente**

Ing. Diana Karina Ochoa Gordillo Mg. Sc **Vocal**

Ing. Iván Patricio Burneo Saavedra. Mg. Sc. PhD **Vocal**

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación se lo dedico con amor y alegría a mis queridos padres Eduardo y Elsa, así como también a mis hermanos: Johanna, Vanessa y Alexander por ser la luz guía en mi camino, por enseñarme a cumplir mis sueños y objetivos, por su amor incondicional y más que todo por su apoyo durante los momentos buenos y malos de la vida.

Aarón David Torres Rosales

Agradecimiento

Mi persistente y trascendental agradecimiento a mi familia y a Vivian por ser la luz y el motivo de mi esfuerzo diariamente.

A mi tutor de trabajo de investigación, Ing. Guillermo Chunchu por su paciencia y gentil atención durante la realización de este estudio, por ilustrarme y colaborarme para que esta investigación sea culminada con éxito.

Agradezco también a todo el personal docente de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, por haber colaborado y servido de guía en el camino para llegar a ser profesional.

Asimismo, agradezco a mis amigos: Pablo, Alejandro, James, Jimmy, Yandri y Harold los cuáles han estado presentes durante todas las etapas de mi carrera profesional brindándome de su apoyo incondicional.

Aarón David Torres Rosales

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación del Trabajo de Titulación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Revisión de Literatura.....	5
4.1. El suelo en el contexto de los incendios forestales	6
4.3. Modificación de las propiedades físico-químicas del suelo a causa del fuego. 10	
4.4. La erosión del suelo en el contexto de los incendios forestales.....	11
4.5. Recuperación del suelo luego de un incendio forestal.....	12
5. Metodología	13
5.1. Área de estudio:.....	13
5.2. Tamaño de la muestra.....	14
5.3. Diseño de muestreo.....	15
5.4. Caracterización de propiedades físico-químicas del suelo	15
5.4.1. Propiedades físicas	16
5.4.2. Propiedades químicas	17
5.4.3. Erosión del suelo	20
6.1. Primero Objetivo:	22

6.1.1. Color.....	22
6.1.2. Textura.....	24
6.1.3. Medidas de resumen de propiedades cuantitativas	25
6.2. Resultados del Segundo Objetivo:	28
7. Discusión de resultados:	31
8. Conclusiones	33
9. Recomendaciones:.....	34
10. Referencias Bibliográficas.....	35
11. Anexos	40

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación específica de los suelos.....	19
Tabla 2: Medidas de resumen de propiedades cuantitativas.....	25
Tabla 3: Resultados del análisis estadístico de los datos recolectados entre la zona afectada y la zona conservada.	26
Tabla 4: Comparación de medias de pH entre zonas estudiadas.....	37
Tabla 5: Comparación entre medias de materia orgánica entre zonas estudiadas.....	38
Tabla 6: Pruebas de esfericidad de Bartlett y Kaiser, Meyer y Olkin (KMO).....	39
Tabla 7: Medida de ajuste del muestreo (MAM) para los variables analizadas en relación al índice de erosión de acuerdo al KMO.....	40
Tabla 8: Análisis factorial. Factores y comunalidades para el modelo de tres factores basado en las variables analizadas.....	41

Índice de figuras

Figura 1. Triángulo textural (NRCS Soils USDA).....	18
Figura 2. Tabla de color de Munsell (Munsell.com).....	18
Figura 3. Scala de Srensen	8
Figura 4. Mapa de delimitación del área de estudio, en San Antonio de las Aradas, Quilanga.....	24
Figura 5. Probetas de laboratorio	26
Figura 6. Procedimiento en las probetas	16
Figura 7. Titulación de sal de Morh.....	7
Figura 8. Lecturas en el potenciómetro	18
Figura 9. Embudo Buchner	30
Figura 10. Conductímetro	19
Figura 11. Varilla de Erosión.....	20
Figura 12. Medidas de Varilla de Erosión	xi
Figura 13. Color del suelo en zona conservada	21
Figura 14. Color del suelo en zona afectada	21
Figura 15. Porcentaje de clases texturales en la zona conservada	22
Figura 16. Porcentaje de clases texturales en la zona afectada.....	23
Figura 17. Prueba T para el análisis de la erosión del suelo entre zonas de estudio	24
Figura 18. Prueba paralela de las variables para determinar número de factores a utilizar en el análisis factorial	24

Índice de anexos

Anexo 1. Procedimiento para la toma de muestras de suelo.	44
Anexo 2. Procedimiento de colocación y medición de varillas de erosión.	41
Anexo 3. Proceso de molido y tamizado de muestras de suelo.	41
Anexo 4. Proceso de determinación y registro de color del suelo.	42
Anexo 5. Proceso para determinación de conductividad eléctrica.	42
Anexo 6. Proceso de pesaje para la determinación de materia orgánica del suelo.	43
Anexo 7. Toma de lecturas para la determinación de clases texturales del suelo.	43
Anexo 8. Proceso de saturación de muestras para determinación de constantes hidro físicas.	44
Anexo 9. Etiquetado de muestras.	53
Anexo 10. Registro de toma de datos en hojas técnicas de laboratorio.	54
Anexo 11. Datos recolectados.	55
Anexo 12. Certificación de traducción del resumen (Abstract).	59

1. Título

“Incendios forestales y su incidencia en la modificación de las propiedades físico-químicas del suelo, en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja, Ecuador”

2. Resumen

En el cantón Quilanga de la provincia de Loja, en el año 2019, presentó un incendio forestal de gran magnitud, a consecuencia de ello se vieron afectadas considerables cantidades de territorio, consecuencia de ellos sus propiedades físicas, químicas y biológicas se vieron afectadas. El principal objetivo de esta investigación fue analizar las propiedades fisicoquímicas que modifican la erosionabilidad del suelo en una zona afectada por un incendio forestal y en una zona conservada en la parroquia San Antonio de las Aradas, Cantón Quilanga. Las variables analizadas fueron las propiedades físicas (color, textura, densidad aparente, porosidad), y químicas (erosión, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica) del suelo. Para la recolección de muestras se instalaron 10 puntos de muestreo por cada zona de estudio. Con respecto al contenido de materia orgánica de ambas zonas de estudio ($p < 0.005$), estos no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Los resultados generales muestran que existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.005$) entre las propiedades fisicoquímicas de ambas zonas de muestreo (afectada y conservada); a través de un análisis factorial se determinó que las propiedades más influyentes en relación a la erosión fueron: pH, porosidad y densidad aparente. La zona afectada por el incendio forestal resultó con un índice de erosión mayor que el de la zona conservada, esto debido a que el suelo quedó expuesto a la acción de la lluvia y el viento a causa de la pérdida de cobertura vegetal.

Palabras clave: Incendio forestal, propiedades del suelo, erosión.

Abstract

In Quilanga, a canton in the Loja province, in 2019, there was a forest fire of great magnitude. As a result of the fire, considerable amounts of territory were affected and as a consequence their physical, chemical and biological properties were affected. The main objective of this research was to analyze the physicochemical properties that modify soil erodibility in an area affected by a forest fire and in a preserved area in the San Antonio de las Aradas parish, Quilanga Canton. The variables analyzed were the physical properties (color, texture, bulk density, porosity), and chemical properties (erosion, pH, organic matter, electrical conductivity) of the soil. For the collection of samples, 10 sampling points were installed for each study area. Regarding the organic matter content of both study areas ($p < 0.005$), they did not present statistically significant differences. The general results show that there are statistically significant differences ($p > 0.005$) between the physicochemical properties of both sampling areas (affected and preserved); Through a factorial analysis, it was determined that the most influential properties in relation to erosion were: pH, porosity and bulk density. The area affected by the forest fire had a higher erosion rate than the conserved area, since the soil was exposed to the action of rain and wind due to the loss of vegetation cover.

Keywords: Forest fire, soil properties, erosion.

3. Introducción

Cuando los incendios ocurren en la naturaleza son llamados incendios forestales. Los incendios forestales son de fácil propagación debido a la presencia de vegetación como pastizales y áreas de cultivo. Según la Global Forest Watch Fires (GFW Fires), en el año 2019 estimó en más de 4.5 millones los incendios con áreas mayores a un kilómetro cuadrado en todo el mundo. Esta cantidad se incrementó en más de 400.00 incendios, en relación al año 2018. Los incendios han provocado la pérdida de la biodiversidad y daños en los ecosistemas, además de diversas alteraciones al suelo y modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas (Pausas, 2020).

Los incendios forestales son responsables de una gran pérdida de áreas verdes y vegetación, daños a la propiedad privada e incluso vidas humanas, convirtiéndose en una problemática ambiental para el Estado Ecuatoriano. Estos son, en su mayoría ocasionados por la influencia de las actividades antropogénicas (Oña, 2016). A nivel nacional, los incendios forestales son una problemática persistente, pues según datos proporcionados por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos, en el año 2020 se perdieron aproximadamente 27.000 hectáreas de bosque, que fueron afectadas por las elevadas temperaturas producidas por el fuego y casi siempre suponen alteraciones en las propiedades del suelo (Benito, Varela, Rodríguez-Alleres, 2014). Las modificaciones más drásticas que se producen en el suelo es la pérdida de la materia orgánica, variaciones en el pH del suelo, conductividad eléctrica, disminución de la capacidad de intercambio catiónico y modificaciones en la densidad y su estabilidad estructural. (Casas, 2019).

Otros perjuicios que provocan los incendios forestales en los suelos están ligados con su disminución de la capacidad de retención de agua. Además, las dinámicas como la repelencia al agua pueden ser el desencadenante de que los suelos expuestos a altas temperaturas tengan menos capacidad de infiltración, lo cual aumenta el nivel de escorrentía y favorece al aumento de la erosión hídrica (Francos et al, 2019) .

En el caso particular del cantón Quilanga ubicado en la provincia de Loja, durante el mes de septiembre del año 2019, se registró un incendio forestal que consumió alrededor de 3600 hectáreas de bosque, el cual provocó la pérdida de considerables cantidades de territorio, incluyendo pastizales nativos y suelos destinados para actividades tales como la agricultura y la ganadería; además, impactos negativos en la biodiversidad del sector y en general sobre su ecosistema (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2019), por esta razón

Francos (2018) afirma que: “se necesitan estudios corto mediano y largo plazo para comprender el papel ecológico que desempeña el fuego, especialmente en lo que respecta a su impacto en los suelos”; por esta razón, la investigación propuesta tiene como objeto analizar cómo las propiedades del suelo se han visto modificadas en las zonas que han sido perjudicadas por incendios forestales dentro en la parroquia San Antonio de las Aradas, Cantón Quilanga, Provincia de Loja.

4. Revisión de Literatura

El suelo se define como el componente esencial de los ecosistemas y el soporte de la vida en general, este se encuentra conformado por minerales, materia orgánica, microorganismos, agua y aire (Schlegel, 1996), además, el suelo cumple con funciones que se encargan de producción de alimentos, transferencia y almacenamiento de agua, fijación de carbono, hábitat biológico, soporte físico y de viviendas, también es una fuente de materias primas y recursos naturales; estas funciones varían acorde al tipo de suelos de cada región y se pueden ver modificadas a causa de diversos factores naturales o antropogénicos.

Los incendios forestales se producen como consecuencia de la existencia de agentes de ignición, de origen humano o natural, y su interacción con factores ambientales favorables a la combustión y propagación; su tamaño y frecuencia se relacionan directamente con factores tales como la temperatura, humedad, viento y el tipo y características de la vegetación, entre otros (GARRIDO et al, 2018). Estos eventos forman una serie de afectaciones en las propiedades físicas y químicas del suelo, el cual es el pilar de la estructura de la vida a nivel de coberturas vegetales y animales y de la conformación de los nichos necesarios para su sostenibilidad ambiental, por tal razón, es fundamental conocer los efectos generados por el fuego, para disminuir los impactos negativos al ambiente (Rosero & Osorio, 2013).

Después de los incendios se generan cambios en las propiedades del suelo cuya corrección resulta difícil, razón por la cual es importante conocer las características del suelo que resultan más afectadas luego de este tipo de eventos (Camargo-García et al, 2012); existen distintas estrategias para realizar el estudio de los cambios que se producen en las variables físicas y químicas del suelo, la primera es el estudio in situ que trata sobre someter al suelo a un calentamiento controlado en laboratorio; y, la segunda, es el estudio ex situ donde se puede determinar los valores iniciales de los distintos parámetros de un suelo sin calentamiento para compararlos con el mismo suelo afectado (Denegri et al, 2014).

4.1. El suelo en el contexto de los incendios forestales

El suelo es un componente básico dentro de los ecosistemas forestales, además, es el pilar de la estructura de la vida a nivel de coberturas vegetales, animales y de la conformación de los nichos necesarios para su sostenibilidad ambiental, por eso es de fundamental importancia conocer los impactos generados por el fuego, este elemento se puede ver modificado por eventos tales como los incendios forestales ya que las elevadas temperaturas producen el calentamiento del suelo y con ello modificaciones en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, tras el fuego, el suelo puede sufrir cambios directos producidos por el calentamiento y la combustión, e indirectos como consecuencia de la situación micro climática después de la pérdida de la cubierta vegetal y recubrimiento de las cenizas. Con respecto a la intensidad del incendio, en general se admite que los incendios prescritos de baja intensidad y, a corto plazo aumentan el rendimiento del bosque, mientras que los incendios incontrolados pueden destruir la productividad de la zona (Rodenés, 2016)

Los eventos de fuego se han incrementado en el mundo debido a diversos factores ambientales, sociales y culturales, lo que a su vez ha aumentado los efectos y presiones sobre el suelo. Estos eventos pueden ejercer diferentes impactos sobre las características químicas, físicas y biológicas de los suelos, en algunos casos es posible observar mejoramientos temporales en algunas propiedades y en otros efectos negativos sobre otras propiedades del suelo (Denegri et al, 2014)

4.2. Propiedades del suelo

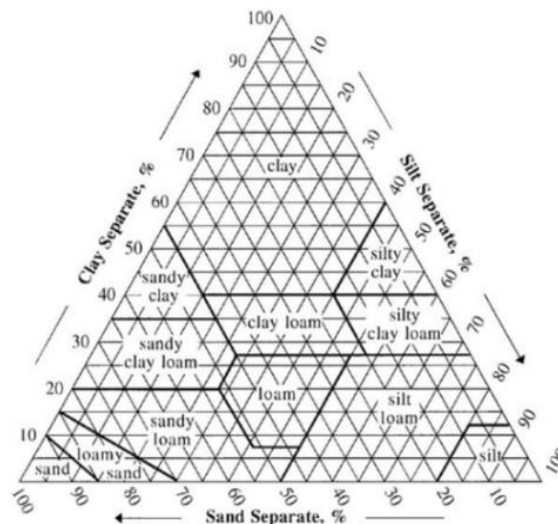
El suelo posee diversas propiedades físicas y químicas, las propiedades físicas de los suelos determinan sus condiciones físicas: resistencia, rigidez, fuerza de sostén, capacidad de almacenamiento de agua, retención de nutrientes, entre otras, mientras que las propiedades químicas determinan su composición.

4.2.1. Textura:

La textura del suelo se define como la proporción de cada elemento que lo conforma: arena, limo y arcillas. Los procedimientos para medir la composición del suelo en función de sus elementos granulométricos se basan principalmente en el hecho de que la velocidad de caída de las partículas del suelo a través del agua, aumenta con el diámetro de las mismas. Para determinar la clase textural de un suelo se utiliza el triángulo textural (Figura 1) el cual posee en cada uno de sus lados un eje graduado

de 10 en 10, de 0 a 100, sobre el cual se transporta la cantidad de elemento que se representará; en general un lado del triángulo corresponde a limo, el otro a arcilla y el tercero a arena (Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, & Hill, 2004).

Figura 1. Triángulo textural



Fuente: (Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, & Hill, 2004)

4.2.2. **Color:**

El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, también es la más sencilla de determinar. Esta propiedad está netamente ligada con los componentes sólidos del suelo (materia orgánica, textura, composición mineralógica), y se determina a través del Sistema de Notación de Munsell (Figura2) el cual incluye todos los matices del rango visible del espectro electromagnético: este sistema está conformado por una serie de hojas, cada hoja presenta una serie de placas coloreadas diferentemente y arregladas de forma sistemática, estas placas representan la claridad (value) que se dispone en sentido vertical y la pureza (chroma) que se presenta en sentido horizontal (Domínguez, Román, Prieto, & Acevedo Sandoval, 2012).

Figura 2. Tabla de color de Munsell



Fuente: Domínguez, Román, Prieto, & Acevedo Sandoval (2012)

4.2.3. Porosidad del suelo:

El porcentaje del volumen no ocupado por sólidos en el suelo se define como espacio poroso, generalmente el suelo está conformado por un 50% de minerales (45% de minerales y 5% materia orgánica), mientras que el otro 50% está conformado de espacio poroso. El espacio poroso se diferencia por los macro poros los cuales se encargan de la función de drenaje del suelo (no retienen agua) y de los micro poros los cuales se encargan de retener agua y nutrientes (Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, & Hill, 2004).

4.2.4. Materia orgánica:

La materia orgánica (residuos de plantas y materiales animales) está hecha de compuestos tales como los carbohidratos, ligninas y proteínas, por tal razón almacena muchos nutrientes. La materia orgánica contribuye con la estructura del suelo, ya que mejora su capacidad de retención de agua, aumenta la capacidad de retención de nutrientes y previene la erosión. Existen varias clasificaciones para la disposición de la materia orgánica de los suelos, sin embargo, Aguilar (2019) creó una clasificación específica para los suelos de la sierra ecuatoriana.

Tabla 1: Clasificación específica de los suelos.

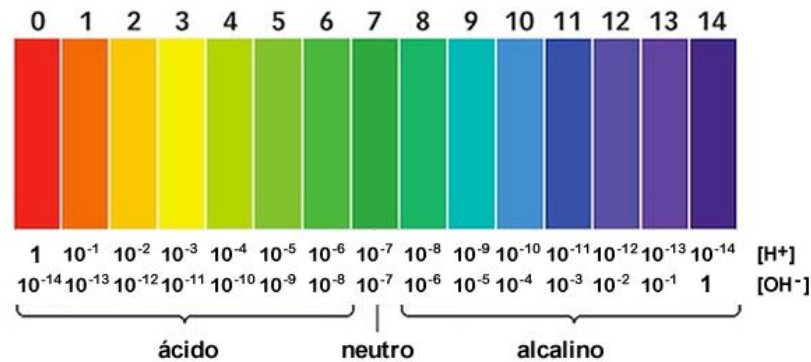
RANGO	DESCRIPCIÓN
< 1	Muy bajo
1 - 2	Bajo
> 2, < 4	Medio
4 - 10	Alto
> 10	Muy alto

Fuente: Aguilar (2019)

4.2.5. pH

El pH es una de las variables más importantes del suelo debido a que afecta directamente a la absorción de nutrientes, así como también a la resolución de muchos procesos químicos que se producen. El Ph óptimo de los suelos debe variar entre 6.5 y 7, estos valores son determinados por la escala de Sorensen, la cual tiene valores que oscilan desde 0 (ácido) a 14 (alcalino).

Figura 3: Escala de Sorensen



Fuente: Universidad Autónoma Metropolitana (2013)

4.2.6. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se define como capacidad de transmisión de corriente eléctrica en el agua, se expresa en miliSiemens / centímetro (mS/cm) y se relaciona con la concentración de sales disueltas, de esta manera se puede deducir que, si el agua presente en una muestra de suelo posee una baja conductividad eléctrica, el suelo se considera no salino (Maher Electrónica, 2020).

4.2.7. Erosión

La erosión del suelo es la degradación de la capa superficial del suelo, la más fértil del suelo. Los suelos degradados no pueden proporcionar los bienes y servicios normales en cuestión de su ecosistema, este proceso de degradación se da por factores naturales que con frecuencia se empeora mediante las malas prácticas de manejo (Portal de Suelos de la FAO, 2022). Existen varias metodologías para realizar el cálculo del índice de erosión del suelo, una de las empleadas es el método de las varillas de erosión (Vásquez & Tapia, 2011), el cual consiste tomar medidas iniciales de varillas de hierro y colocarlas en la zona de estudio, posteriormente se toman medidas nuevamente y se procede a retirar las varillas, el cálculo consiste en realizar un promedio de las mediciones recolectadas.

4.3. Modificación de las propiedades físico-químicas del suelo a causa del fuego.

El efecto del fuego sobre el suelo es variable, dependiendo de su severidad, de la calidad y grado de incorporación de las cenizas, y de la frecuencia del fuego. Los efectos de las elevadas

temperaturas sobre los compuestos de hierro pueden generar modificaciones en el color del suelo, lo cual puede servir como indicador de la intensidad del fuego (Minervini, 2018).

Entre las modificaciones químicas se mencionan cambios en los contenidos de nutrientes esenciales para la sustentabilidad a largo plazo de la producción forestal, además, el calentamiento del suelo produce variaciones en algunas de las propiedades físicas y químicas. El pH y la conductividad eléctrica normalmente aumentan, debido al aporte de carbonatos, cationes básicos y óxidos procedentes de las cenizas (L. Valdes, L.W. Martínez, M. Bonilla, 2016); la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo que se pierden depende de la profundidad se alcance de las temperaturas de volatilización: Carbono (C), Nitrógeno (N) y Azufre (S) poseen temperaturas de volatilización bajas, mientras que, el Potasio (K), las bases de intercambio catiónico, Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Sodio presentan temperaturas de volatilización superiores (La Manna & Barroetaveña, 2011).

A medida que los suelos se queman, el fuego acelera la descomposición de la materia orgánica disponible mediante la combustión parcial o mediante la producción de C negro altamente recalcitrante, por lo cual no solo tiene un rol perjudicial sobre esta, sino también sobre las comunidades biológicas del suelo; además, los cambios en la estructura del suelo también pueden influir en su descomposición e hidrofobicidad (Neff et al, 2005).

4.4. La erosión del suelo en el contexto de los incendios forestales

En general, se admite que las propiedades del suelo que más influyen en su erosión son la composición granulométrica y su estructura, es decir, su disposición y estabilidad de agregados, de ellas depende tanto la porosidad y la permeabilidad del suelo y, por tanto, su capacidad de aceptación de la lluvia, como las fuerzas de unión de las partículas del suelo, y como consecuente su resistencia a la liberación y transporte del agua (Benito et al, 2014).

Para una mayor erosión del suelo se estudia la relación directa que tiene el estado del agua, así como la circulación superficial y su capacidad de almacenamiento con el incremento de escorrentía. Los cambios físicos del suelo son atribuidos, procesos químicos y mineralógicos producidos por el incremento de la temperatura y la pérdida de materia orgánica (Úbeda, 2011), el estudio realizado por Benito et al, (2014) se señala que: “la erosionabilidad es la característica del suelo que define su resistencia a los procesos de desprendimiento y transporte; la susceptibilidad de los suelos a la erosión de sus características intrínsecas, de factores ambientales y de los distintos usos y perturbaciones a las que se ven sometidos”.

Los incendios forestales tienen un gran impacto en el suelo, provocan erosión; y, a largo plazo, no pueden absorber el agua, convirtiéndose luego en suelos infértiles y no productivos. La magnitud de los cambios en los procesos mencionados anteriormente, depende de varios factores, siendo la intensidad del fuego (velocidad en la liberación de energía durante la combustión), la severidad con la que afecte al suelo, el tipo de sustrato y sus propiedades físicas, principalmente la disposición de los agregados (Benito et al, 2014).

4.5. Recuperación del suelo luego de un incendio forestal

La génesis del recurso suelo es un proceso muy lento, no obstante, la degradación de éste puede ocurrir rápidamente y restaurarlo puede tomar mucho tiempo. Francos (2018) señala que: “a pesar de que los suelos expuestos a incendios forestales logren volver a recuperar algunas de sus condiciones iniciales, siempre existen modificaciones dentro las propiedades fisicoquímicas de suelo, principalmente en el contenido de materia orgánica, nitrógeno total, carbono total y la capacidad de intercambio catiónico”.

Según un estudio realizado por Góngora (2017); los patrones de regeneración natural que se desarrollan tras un incendio forestal dependen de algunos factores como la intensidad y severidad de la perturbación creada. Además, se ha encontrado que, luego de la ocurrencia de un incendio, los niveles de recuperación de las áreas afectadas por el fuego estaban determinados principalmente por el rebrote de los brotes supervivientes (Kim, 2008)

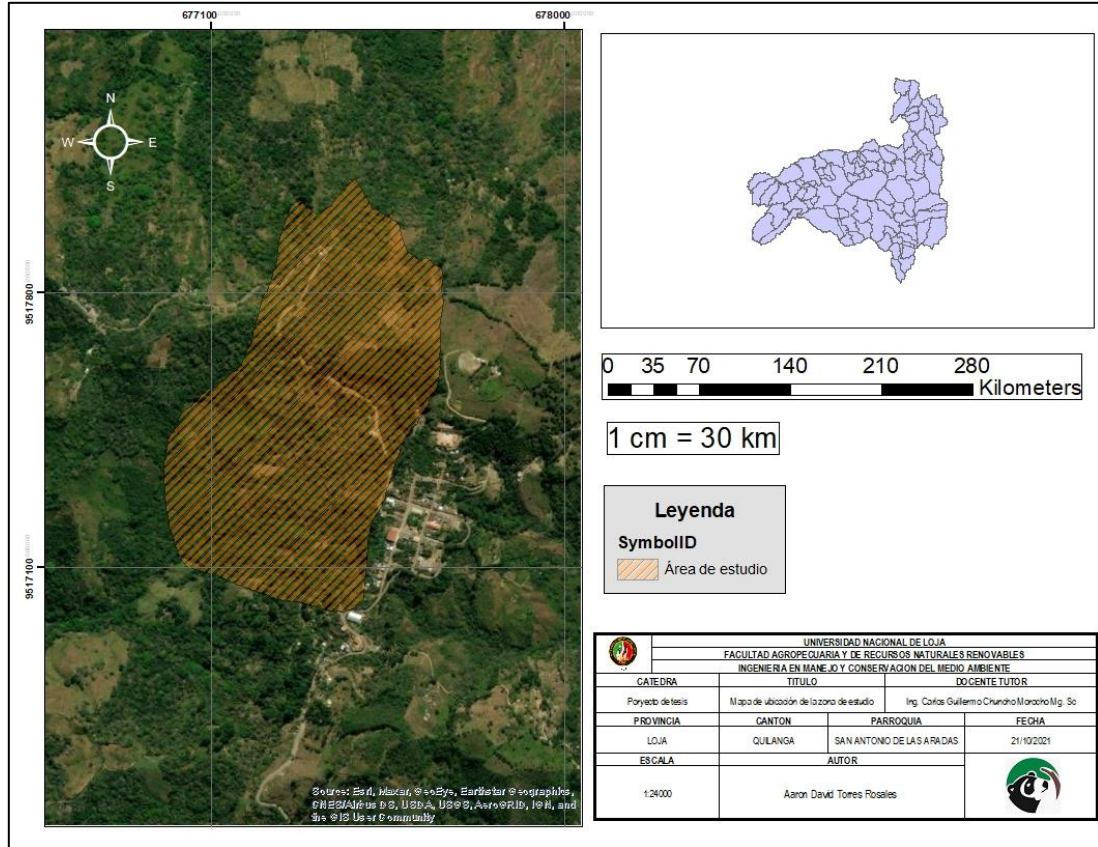
5. Metodología

5.1. Área de estudio:

El cantón Quilanga está ubicado a 99 km de la ciudad de Loja, posee un clima templado en la parte y alta y subtropical en los valles bajos, su principal actividad de desarrollo es la agricultura y su producto más importante y reconocido el café. Limita al norte con el cantón Gonzanamá, al sur con el cantón Espíndola, al este con el cantón Loja y al oeste con el cantón Calvas, consta de 3 parroquias, 1 urbana (Quilanga, cabecera cantonal) y 2 rurales (Fundochamba y San Antonio de las Aradas).

“La parroquia San Antonio de las Aradas está ubicada en el Cantón Quilanga Provincia de Loja, está en latitud $-4^{\circ}35'$ y longitud $-79^{\circ}4'$, es una población rural ubicada al Sur Oeste del Ecuador, al Sur Este de la Provincia de Loja o en la parte Sur del Cantón Quilanga a 24 kilómetros de la cabecera cantonal, tiene una extensión de 110.30 km², está conformada por los siguientes barrios: La Soledad, El Subo, Amanía, Tuburo, Valdivia, Santa Rosa, Las Cuadras, Jacapo, Las Choras, Limón Alto, Limón Bajo y San José; su población dedicada a la agricultura como también, a la ganadería con pastizales para ganado vacuno, porcino, caprino, aves de corral; existen otras labores pecuarias que representan sus propias formas de subsistencia alimenticia. El lugar posee varios campos de acción para fortalecer el turismo, está ubicada por el camino del inca, y posee espacios naturales como ríos, lagunas, cascadas, manantiales y muchas ruinas como la Plaza del Inca; se cree que estas ruinas arqueológicas denominadas torneados son pre-incaicas, relativas a la nación Palta, específicamente en el territorio donde se asentaron los Colombos; y, desde la conquista y parte de la vida republicana del Ecuador, fue la Hacienda de Tuburo” (GADP SAN ANTONIO DE LAS ARADAS. 2019).

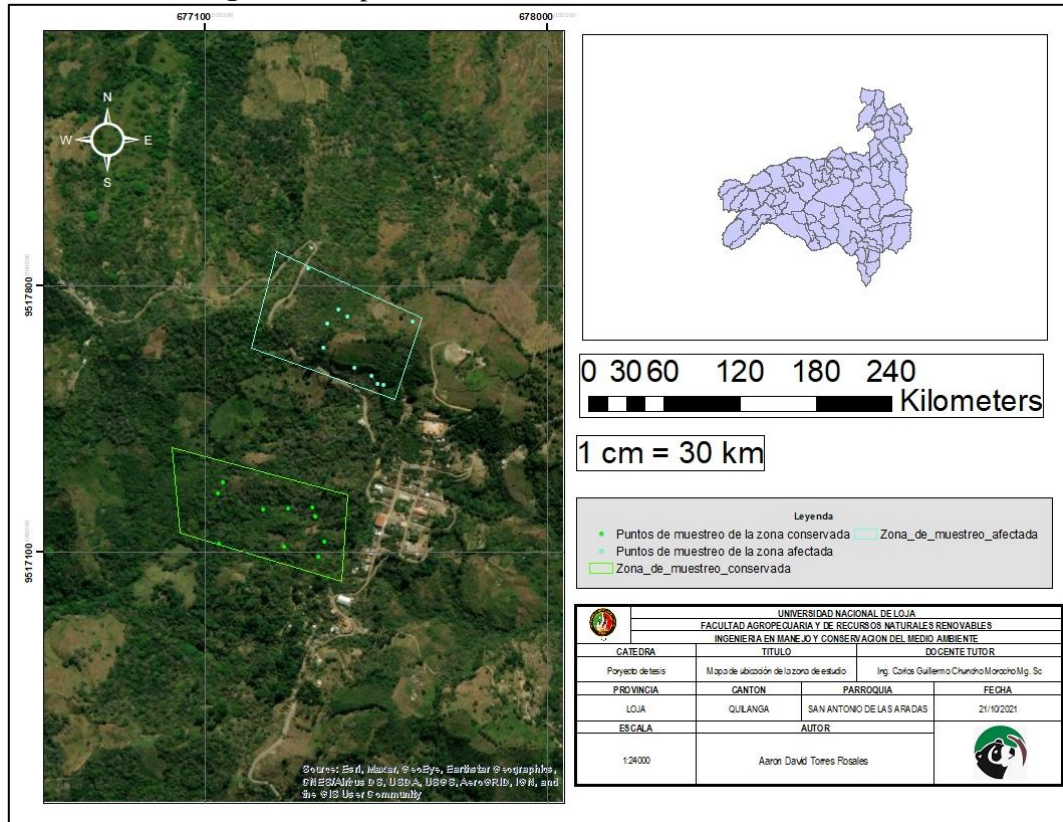
Figura 4. Mapa de delimitación del área de estudio, en San Antonio de las Aradas, Quilanga.



5.2. Tamaño de la muestra

Se utilizó imágenes satelitales, y con Google Earth se delimitó la zona de estudio, una afectada y otra conservada, cada una con 10 hectáreas. Se obtuvieron 20 puntos de muestreo, a través de la herramienta “créate random points” del software especializado en sistemas de información geográfica ArcGis. Los puntos se dividieron para efecto de este estudio en: 10 puntos dentro de la zona afectada por el incendio forestal y 10 puntos en una zona conservada en la parroquia San Antonia de las Aradas, Quilanga.

Figura 5. Mapa de zonas de muestreo del área de estudio.



5.3. Diseño de muestreo

Para la toma de muestras se realizó un muestreo sistemático para la delimitación de la zona de estudio; se recolectaron 20 muestras en cada zona (10 muestras disturbadas y 10 muestras no disturbadas), obteniendo como resultado 40 muestras para el análisis de laboratorio. Para los análisis de las propiedades químicas se tomaron muestras compuestas a 25 cm de profundidad, mientras que, para los análisis de las propiedades física se tomaron muestras no disturbadas hasta 15 cm de profundidad dentro de cilindros de volumen conocido.

5.4. Caracterización de propiedades físico-químicas del suelo

Para la realización del primer objetivo de caracterización de propiedades físicas y químicas del suelo se utilizó un tamiz de 250 um en las dos zonas investigadas.

5.4.1. Propiedades físicas

a) Color del suelo

El color del suelo se determinó mediante el sistema de notación y color de Munsell (Domínguez Soto, Román Gutiérrez, Pietro García & Acevedo Sandoval, 2012), el proceso para la determinación procedió en tomar una pizca de suelo tamizada a 250 μm y colocarla en un pocillo blanco de porcelana, con ayuda del Sistema de Notación de Munsell a través del método de observación se determinó el color de cada una de las muestras recolectadas.

b) Textura

La determinación de la clase textural de las muestras de suelo fue realizada por el método del Hidrómetro de Bouyoucos (Bouyoucos, 1962), consistió en pesar 50 gramos de cada muestra de suelo para colocarlas en un vaso plástico de 250 ml previamente etiquetado, en cada vaso se colocó 100 ml de agua destilada, 5 ml de hidróxido de Sodio 1N y 5 ml de oxalato de Sodio saturado. Se dejó reposar las muestras durante 30 minutos y posteriormente se agitó las mezclas con una vaqueta de vidrio, posteriormente se trasladó las muestras a vasos de dispersión y fueron colocadas en agitadores durante 5 minutos, las muestras agitadas fueron trasladadas a probetas graduadas con 1000 ml de agua destilada, se realizó nuevamente el proceso de agitación con la ayuda de un agitador manual hasta homogenizar las mezclas. Se procedió a colocar el hidrómetro dentro de la probeta y realizar la primera lectura a los 40 segundos, luego se retiró el hidrómetro y se procedió a tomar lecturas de temperatura en la suspensión, el proceso se realizó nuevamente una vez transcurridas 2 horas de la primera lectura.

Figura 6. Procedimiento en las probetas



Fuente: Elaboración propia

Cálculos:

El hidrómetro fue calibrado a 67 °C, el factor de corrección fue de (0.36 °C). Por cada grado de diferencia se sumó el factor de corrección cuando la temperatura resultó superior a 20 °C, y se restó cuando la temperatura fue inferior.

Cálculo de % arena en suspensión

$$\% \text{ Arena (Ao)} = 100 - (\% \text{ Limo} + \% \text{ Arcilla})$$

$$\% \text{ Arena (Ao)} = 100 - (1\text{ra lectura corregida} \times 2)$$

Con la segunda lectura corregida se obtuvo el porcentaje de arcilla:

$$\% \text{ Arcilla (Ac)} = 2\text{da lectura corregida} \times 2$$

Para obtener el porcentaje de limo se aplicó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Limo (Lo)} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla})$$

Con los respectivos porcentajes obtenidos de las fracciones de arcilla, arena y limo, se utilizó el triángulo textural para la determinación de la clasificación de las muestras de suelo.

5.4.2. Propiedades químicas

a) Materia orgánica:

1. Para la obtención de los resultados de materia orgánica se aplicó el método de Walkley y Black (Walkley & Black, 1934), se procedió a pesar 0.5 g de suelo en la balanza de precisión por cada una de las muestras, luego se agregó 5 ml de dicromato de potasio 1N en cada una de las muestras y se añadió también 10 ml de ácido sulfúrico concentrado al 97%, posteriormente se agitó cada una de las muestras suavemente durante 1 minuto con el fin de homogenizar la mezcla, después de 30 minutos de reposo se agregaron 100 ml de agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico al 85% y 10 gotas de difenilamina en ese orden, luego se realizó la titulación del exceso de dicromato de potasio por medio de la solución de sal de Morh 0.5N y finalmente se observó el viraje de color azul hasta verde y se procedió a anotar el volumen consumido.

Figura 7. Titulación de sal de Morh



Fuente: Elaboración propia

Cálculos:

$$\% C = \frac{(V_0 - V) \times N \times 0.39}{PM}$$

$$MO (\%) = \frac{(V_0 - V) \times N \times 0.39 \times 1.72 \times 1.1}{PM}$$

Dónde:

V₀ = Volumen gastado en la titulación del blanco.

V = Volumen gastado en la titulación de la muestra.

N = Normalidad exacta del sulfato de hierro.

0.39 = Peso químico equivalente de carbón.

1.72 = Constante de conversión de carbono a materia orgánica sobre la hipótesis de que la materia orgánica contiene 58% de C en la generalidad de los suelos encontrados en el Ecuador.

1.1 = Error de conversión de carbono a materia orgánica (10%).

PM = Peso de la muestra de suelo.

F = Factor de corrección de sal de Morh.

0.39 $3 \times 100 \times 1.3/100$ (3 = peso equivalente del carbono).

b) pH

Para la determinación del pH de las muestras de suelo se utilizó el potenciómetro HI 9811-5 disponible en el laboratorio de suelos y bromatología de la Universidad Nacional de Loja. Para el proceso se tomaron 20 ml de suelo por cada muestra y se colocaron en vasos plásticos de 250 ml, luego se colocó 50 ml de agua destilada en cada uno de los vasos con las muestras y se agitaron las muestras con agua destilada en un agitador mecánico durante 5 minutos a 400 rpm, posteriormente se dejó reposar las muestras durante 30 minutos y finalmente se realizaron las lecturas en el potenciómetro previamente estandarizado.

Figura 8. Lecturas en el potenciómetro



Fuente: Elaboración propia

c) Conductividad eléctrica:

La conductividad eléctrica se midió con el conductímetro marca ORION STAR A215 disponible en el laboratorio de suelos y bromatología de la Universidad Nacional de Loja. Para este proceso se realizó una pasta saturada de suelo, la cual consistió en tomar 100 ml de suelo previamente pasados por un tamiz de 2 mm, se agregó agua destilada y se agitó con una varilla de vidrio, una vez saturada la mezcla, luego se dejó reposar durante 24 horas y luego fue filtrada en un embudo Buchner aplicando vacío, posteriormente se trasvasó los residuos de agua obtenidos de los embudos Buchner hacia los tubos de ensayo previamente etiquetados y finalmente se realizó las lecturas a través del conductímetro.

Figura 9. Embudo Buchner



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Conductímetro



Fuente: Elaboración propia

5.4.3. Erosión del suelo

Para la realización del segundo objetivo: determinación de la erosión del suelo se aplicó la metodología empleada por (Vásquez & Tapia, 2011), en la cual se utilizaron varillas de erosión con una longitud de 60 centímetros. Cada varilla fue colocada en diferentes puntos de muestreo 20 en total: (10 en la zona afectada y 10 en la zona conservada), enterrada a exactamente 30 cm desde la superficie. Al término de aproximadamente 2 meses se regresó a campo para realizar la medición de las varillas

Figura 11. Varilla de Erosión



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Medidas de Varilla de Erosión



Fuente: Elaboración propia

5.5. Análisis estadístico

En análisis de datos de las variables de la presente investigación se consideró el uso de los softwares R 3.6 (R Project for Statistical Computing, Viena, Austria) e InfoStat, utilizándose un $\alpha=0,05$. En el primer objetivo con las propiedades físicas y químicas del suelo se calcularon los estadísticos descriptivos.

En el segundo objetivo, para determinar las diferencias entre el pH y la materia orgánica en cada zona de estudio se utilizó un análisis de varianza (ANOVA, $\alpha=0,05$) y las diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey. Previo a los análisis de varianza se consideraron los supuestos: la normalidad, linealidad e independencia de cada una de las variables (Yu et

al., 2019). También se realizó un análisis de varianza multivariado (MANOVA) para identificar diferencias significativas entre las variables respuesta y zonas de estudio (Triana et al., 2019).

Finalmente, para identificar las variables que se relacionan con los procesos de erosión, se realizó un análisis factorial (AF) con el método de rotación oblicua varimax (Yu et al., 2020; Shukla et al., 2006). Previo al AF se realizó una prueba de Kaiser, Meyer y Olkin (KMO) para determinar la idoneidad del análisis factorial y que variables son más significativas; adicionalmente, se aplicó una prueba paralela para establecer el número de factores (Kaiser, 1974; Buja y Eyuboglu, 1992).

6. Resultados

Para presentar los resultados de la investigación se ha tomado en cuenta los objetivos planteados, los cuales son:

6.1. Primero Objetivo:

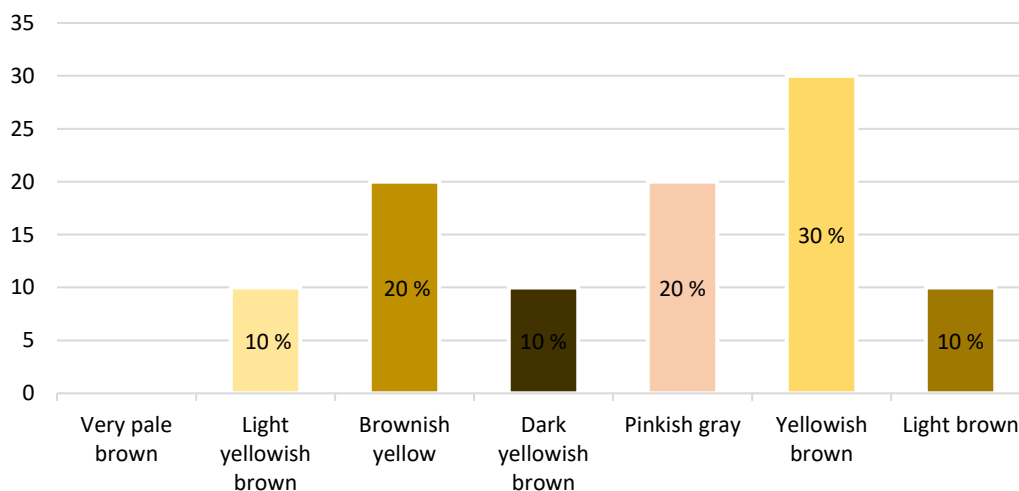
Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del suelo en la zona afectada por el incendio forestal y una zona conservada en la parroquia San Antonio de las Aradas.

6.1.1. Color

Color del suelo en la zona conservada:

Los resultados de la coloración en la zona conservada fueron los siguientes:

Figura 13. Color del suelo en zona conservada.



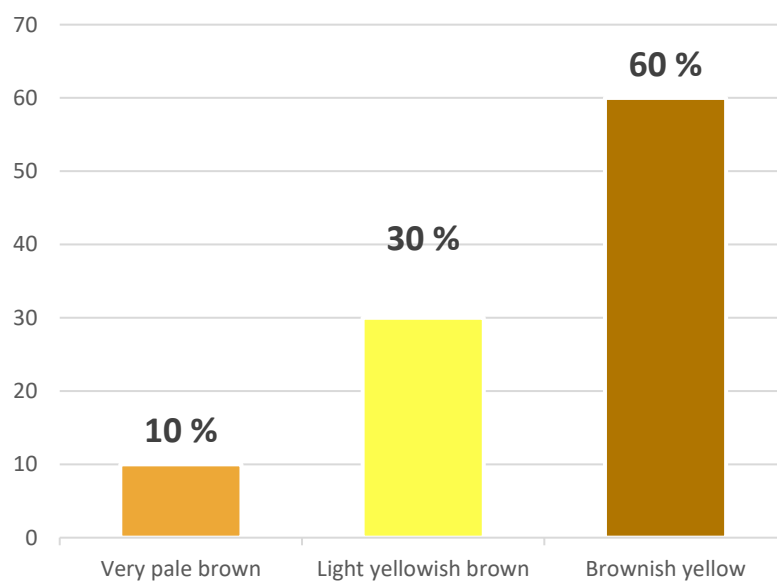
Fuente: Elaboración propia

El 30% de suelos pertenecen a la categoría de marrón amarillento, mientras que; el 10% de los suelos fueron categorizados como: amarillo parduzco claro, marrón amarillento oscuro y marrón claro lo cual nos indica que son suelo con elevado contenido de óxidos de hierro (FeOH_2).

Color del suelo en la zona afectada

Los resultados de los suelos en la zona afectada por el incendio forestal fueron los siguientes:

Figura 14. Color del suelo en zona afectada



Fuente: Elaboración propia

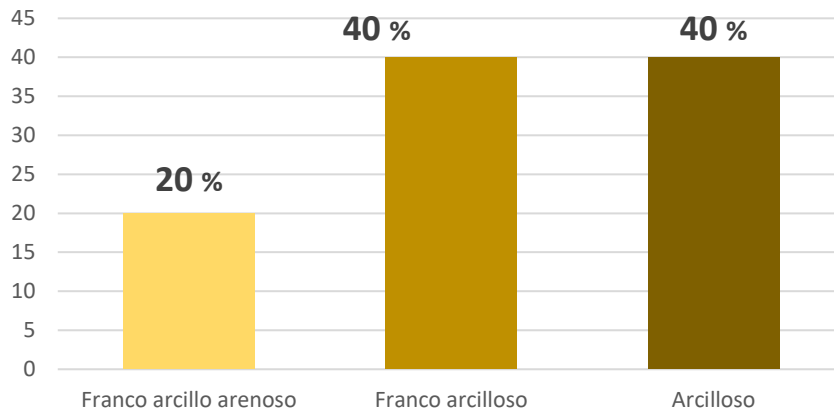
El 60% de suelos corresponde a la clasificación de amarillo parduzco, mientras que; el 10% corresponde a suelos marrón muy pálido lo cual nos indica que son suelos con altas concentraciones de óxidos de hierro (FeOH_2).

6.1.2. Textura

Textura de suelos en la zona conservada

Los resultados texturales obtenidos de la zona conservada fueron los siguientes:

Figura 15. Porcentaje de clases texturales en la zona conservada



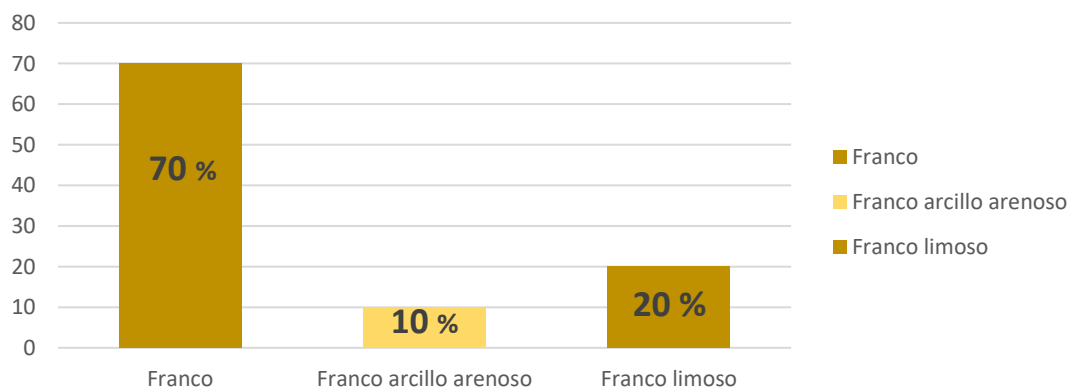
Fuente: Elaboración propia.

El 40 % de las muestras corresponde a suelos arcillosos y franco arcillosos, mientras que; el 20 % de las muestras corresponde a suelos franco-arcillo-arenosos lo cual nos indica que son suelos con baja capacidad de drenaje.

Textura de suelos en la zona afectada:

Los resultados de las clases texturales obtenidos de la zona afectada por el incendio forestal fueron las siguientes:

Figura 16. Porcentaje de clases texturales en la zona afectada.



Fuente: Elaboración propia

El 70% de las muestras obtenidas corresponden a suelos francos lo cual nos indica que son suelos con características óptimas para la producción, por otro lado, el 10% de muestras pertenece a suelos franco-arcillo-arenosos lo que nos indica una capacidad de drenaje deficiente.

6.1.3. Medidas de resumen de propiedades cuantitativas

Las medidas de resumen de las 10 muestras recolectadas en la zona afectada y de las 10 muestras en la zona conservada fueron los siguientes:

Tabla 2: Medidas de resumen de las propiedades físicas y químicas por zona de estudio.

Zona de muestreo	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.
Zona afectada	Materia orgánica (%)	10	1,27	0,71	55,44	0,31	2,57
	pH	10	4,89	0,18	3,60	4,60	5,20
	Conductividad eléctrica (mΩ)	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Erosión (mm)	10	11,10	3,54	31,91	7,00	20,0
	Porosidad	10	37,42	4,68	12,50	33,17	49,69
	Densidad aparente (g/cm ³)	10	1,30	0,11	8,75	1,10	1,47
	Zona conservada	Materia orgánica (%)	10	0,81	0,61	74,93	0,18
pH		10	6,00	0,65	10,89	5,10	6,60
Conductividad eléctrica (mΩ)		10	0,00	0,00	15,71	0,00	0,00
Erosión (mm)		10	2,4	1,43	59,58	1,00	5,00
Porosidad		10	47,54	6,57	13,81	40,32	60,65
Densidad aparente (g/cm ³)		10	1,25	0,11	8,7	1,06	1,48

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: el promedio de materia orgánica en la zona conservada fue de 0.81%, valor que se ubica dentro del rango bajo según (Walkley & Black, 1934), mientras que en la zona afectada la media fue 1.27%, rango similar a la de la zona conservada.

El resultado promedio de pH dentro de ambas zonas (conservada y afectada), fueron los siguientes: dentro de la zona conservada, el valor promedio de las muestras tomadas fue de 6, el cual ingresó en la clasificación de suelos ligeramente ácidos, mientras que en la zona afectada el valor promedio fue de 4.9, el cual se clasifica como suelo muy ácido.

Por otro lado, en los resultados promedio de la conductividad eléctrica tanto en la zona afectada como en la zona de conservación se obtuvo valores similares (0-0), los cuales ingresaron en la categoría de suelos no salinos.

En cuanto a los resultados promedio de Porosidad en la zona afectada su media es de 37,42% y en la zona conservada es de 47.54%, estos valores según la clasificación de la porosidad del suelo de Kaurichev (1984) se ubican dentro de las categorías de porosidad baja y porosidad media respectivamente.

En la densidad aparente (g/cm^3) los valores que reflejan el estudio realizado son similares, en la zona afectada el resultado es de 1.30g/cm^3 y en la zona conservada fue de 1.25g/cm^3 .

6.1.4. Análisis de variables entre zona afectada y conservada

Se aplicó un MANOVA (análisis multivariado de varianza), que se utilizó para relacionar dos o más variables de estudio; los resultados fueron los siguientes:

Tabla 3: Análisis de varianza multivariado con la prueba de Hotelling y un $\alpha=0,05$ en función de las variables respuesta y zona de estudio.

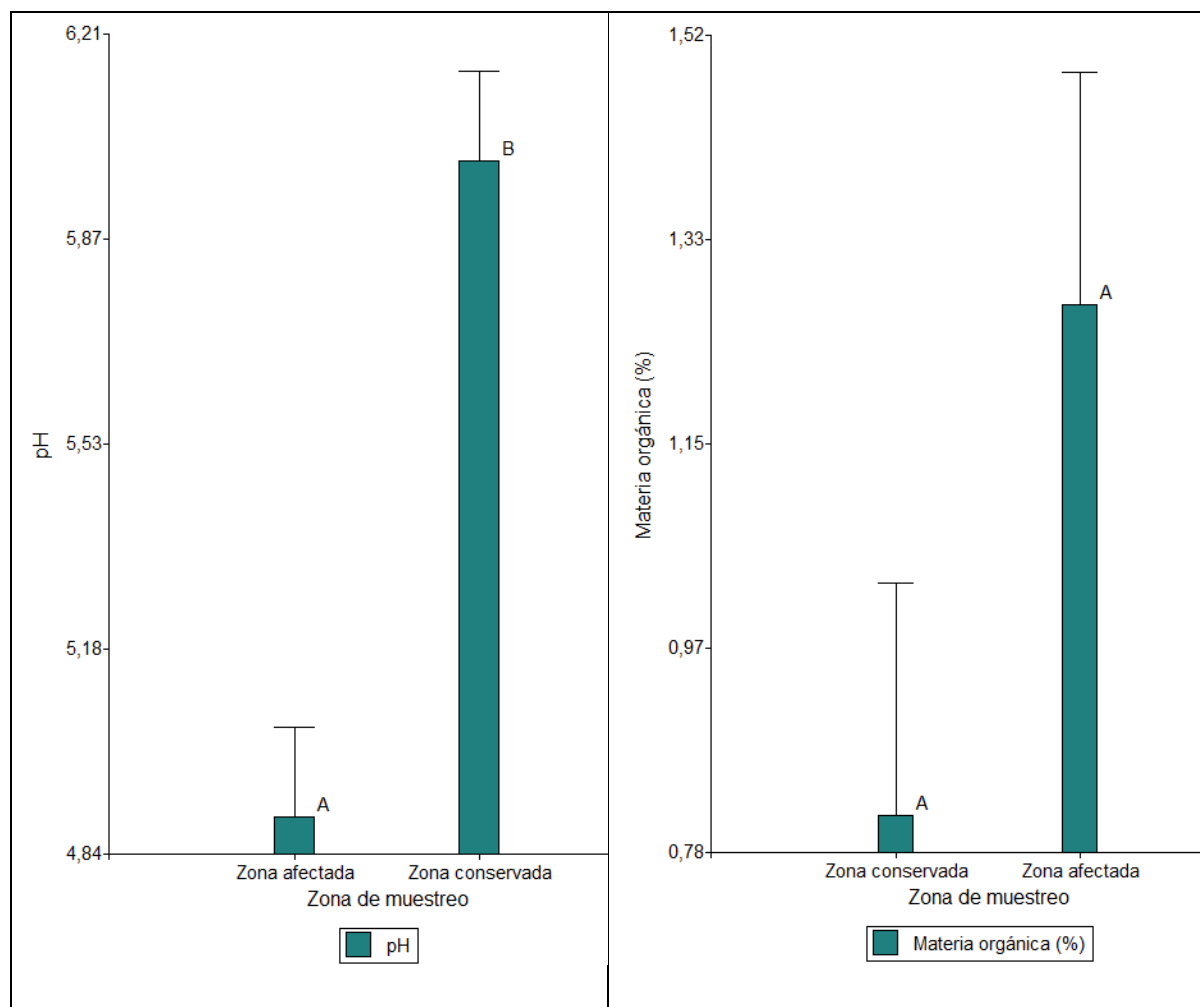
Zona de muestreo	Materia orgánica (%)	pH	Conductividad eléctrica ($\text{m}\Omega$)	Erosión (mm)	Porosidad	Densidad aparente (g/cm^3)	
Zona afectada	1,27	4,89	0,005	11,1	37,42	1,31	A
Zona conservada	0,81	6	0,006	2,4	47,54	1,25	B

Existe una diferencia significativa dentro de los resultados analizados entre la materia orgánica, el pH, conductividad eléctrica, erosión, porosidad y densidad aparente entre la zona afecta y la zona conservada.

6.1.5. Análisis de pH y Materia Orgánica entre la zona afectada y conservada

Se realizó ANOVA, con $\alpha=0,05$ y una prueba Tukey para determinar si diferencias entre la materia orgánica y pH del suelo entre las diferentes zonas es estadísticamente significativa. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Figura 2. Análisis de varianza con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) en función de las variables respuesta pH y Materia Orgánica y zonas de estudio.



El análisis de pH de las muestras de suelo entre la zona afectada por el incendio forestal y la zona conservada dio como resultado que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las zonas estudiadas. Por su parte, en la zona conservada y afectada el contenido de materia orgánica no presentó diferencias estadísticamente significativas ($\alpha=0,05$).

Tabla 4: Comparación de medias de pH entre zonas estudiadas.

Zona de muestreo	Medias de pH	n	E.E.	
Zona afectada	4,90	10	0,15	A
Zona conservada	6,00	10	0,15	B

El análisis de pH de las muestras de suelo entre la zona afectada por el incendio forestal y la zona conservada dio como resultado que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los pH obtenidos de cada zona. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 5: Comparación entre medias de materia orgánica entre zonas estudiadas.

Zona de muestreo	Medias de materia orgánica			E.E.	A
	orgánica	n	E.E.		
Zona afectada	0,82	10	0,21		A
Zona conservada	1,28	10	0,21		A

El resultado del análisis de la materia orgánica fue que no existe una diferencia estadísticamente significativa ($\alpha=0,05$) entre la materia orgánica de ambas zonas a pesar de que las medias sean distintas.

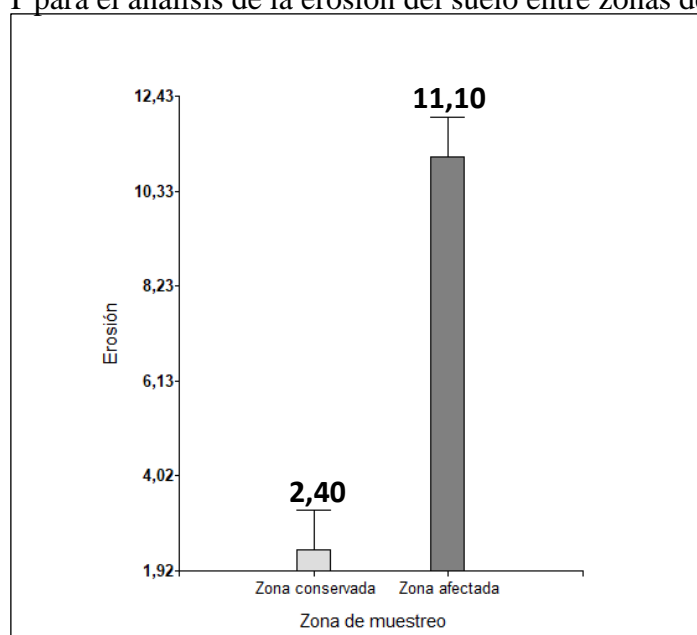
6.2. Resultados del Segundo Objetivo:

Determinar la erosionabilidad del suelo afectado por el incendio forestal.

6.2.1. Análisis de erosión del suelo entre la zona afectada y conservada

Prueba T para el análisis de la erosión del suelo:

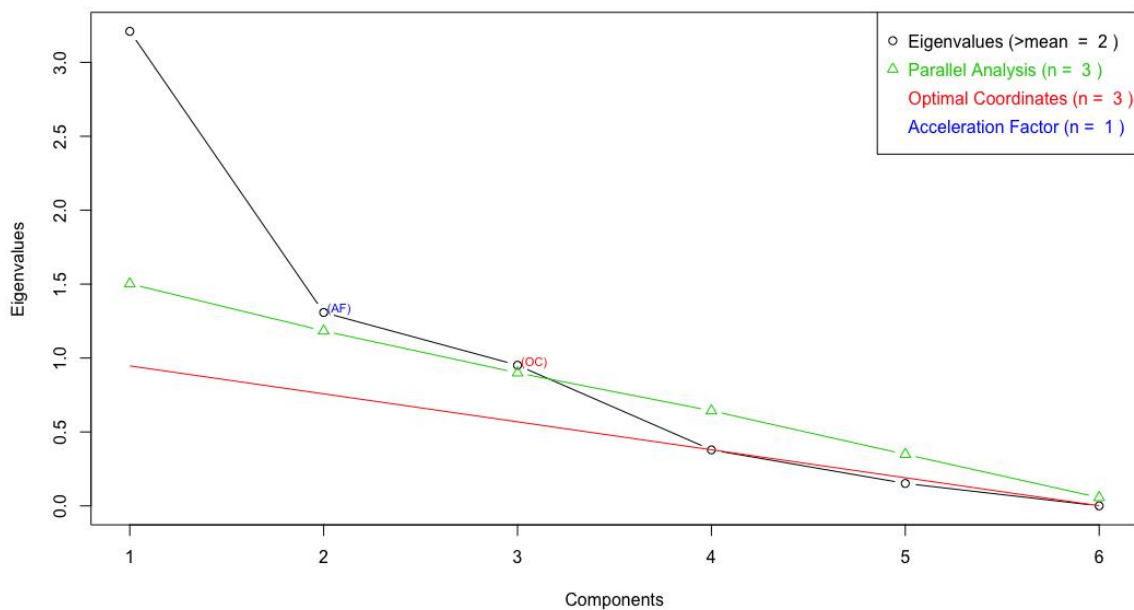
Figura 17. Prueba T para el análisis de la erosión del suelo entre zonas de estudio



De los resultados observados (figura 20), con un alfa < 0.05, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el índice de erosión del suelo de la zona afectada y el incendio forestal.

Previo a desarrollar el análisis factorial, se realizó la prueba de esfericidad de Bartlett y KMO y la prueba paralela.

Figura 18. Prueba paralela de las variables para determinar número de factores a utilizar en el análisis factorial.



La prueba paralela se realizó basados en la simulación aleatoria de datos lo que determinó que existen 3 variables que se relacionan en mayor grado con la erosión del suelo en ambas zonas de estudio.

Tabla 6. Pruebas de esfericidad de Bartlett y Kaiser, Meyer y Olkin (KMO).

Prueba	P
KMO	0.81
Bartlett (p)	<0.001

En la tabla 5, se muestran los valores de la prueba de esfericidad de Bartlett y KMO. En cuanto a la prueba de Bartlett ($p < 0,001$), señala que todas las correlaciones son estadísticamente diferentes a cero. El valor de la prueba KMO es de 0.81, es decir; se aproxima a la unidad y el valor $p < 0.01$ correspondiente a la prueba de esfericidad de Bartlett. Estos resultados, confirman que las muestras recolectadas fueron adecuadas, se puede realizar un análisis factorial para la síntesis de variables y hay una correlación parcial entre los datos estudiados (Kaiser 1974).

Tabla 7. Medida de ajuste del muestreo (MAM) para los variables analizadas en relación al índice de erosión de acuerdo al KMO.

Variable	MAM
Erosión	0.83
Materia orgánica	0.81
pH	0.78
Conductividad eléctrica	0.85
Porosidad	0.83
Densidad aparente	0.68

Las medidas de ajuste de muestreo indicaron que deben de tomarse en cuenta las variables con valores > 0.55 , es decir, la erosión, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, porosidad y densidad aparente.

Tabla 8. Análisis factorial. Factores y comunalidades para el modelo de tres factores basado en las variables analizadas.

Variables	Factor1	Factor 2	Factor 3	Weighted communality	Peso final
Erosión	-0,71	-0,43	0,15	0,13	0,09
Materia orgánica	-0,21	-0,18	0,96	0,49	0,04
pH	0,65	0,66		0,19	0,09
Conductividad eléctrica	0,65	0,47	-0,15	0,14	0,08
Porosidad	0,90		-0,23	0,14	0,14
Densidad aparente		-0,44	0,11	0,06	0,01
SS loadings	2,21	1,07	1,03	1,54	

Proportion Var	0,37	0,18	0,17	0,72
Weighted proportion	0,37	0,55	0,72	

Con base a los resultados expuestos del análisis factorial, las variables que poseen un mayor grado de correlación con la erosión del suelo son: la porosidad con el 90%, la materia orgánica con el 96%, y en menor cantidad el pH con el 66%.

7. Discusión de resultados:

Los estudios de Camargo, et al., (2012) determinan que los incendios forestales causan daños difíciles de reparar. Los resultados obtenidos en esta investigación: luego del incendio en la zona de Quilanga, la composición del suelo fue de 60% en la clasificación amarillo parduzco y la coloración de suelo en estado natural fue del 30% en la categoría marrón amarillento. Lo que coincide con los resultados expuestos anteriormente: que ambas zonas estudiadas poseen suelos de tipo arcillosos y francos arcillosos, lo cual se puede constatar según la guía para la descripción de suelos de Vargas, Fao-Swalim, Nairobi, Mayor, & Simón (2009) que indica que este tipo de coloración en el suelo determina la presencia de altas concentraciones de hierro y presencia de arcillas lo cual es indicador de un suelo con capacidad de drenaje deficiente.

El mayor porcentaje de textura en la zona conservada corresponde a 40% de tipos de suelo franco arcilloso y franco arcillo arenoso, mientras que en la zona afectada el mayor porcentaje (70%) fueron suelos francos. Las muestras de suelo recolectadas fueron de zonas con características y usos de suelo similares, por lo cual se podría asumir que existen modificaciones en las clases texturales del suelo. Esta afirmación se puede constatar con el estudio de Úbeda (2001), el cual sostiene que efectivamente el fuego produce modificaciones en la agregación de partículas del suelo. Por otro lado, Rosero & Osorio (2013) manifiestan que la textura del suelo influye en el comportamiento del suelo para retener agua y nutrientes; esto se evidencia en el presente estudio, el suelo luego de un incendio forestal queda desprotegido a causa de la pérdida de cobertura vegetal provocando que los procesos de erosión hídrica y eólica aumenten, modificando de esta manera la estabilidad de sus agregados

El análisis de la densidad aparente (ρ_a) arrojó los siguientes resultados: 1.25 g/cm³ en la zona conservada y 1.31 g/cm³ en la zona quemada, el estudio realizado por Wieting et al. (2017) sostienen que efectivamente existe un aumento de la ρ_a en el suelo luego de un incendio forestal, esto debido a que existe un aumento en el proceso de compactación debido al colapso

en la estabilidad de los agregados del suelo, otros estudios como Course (2013) y Jordán et al. (2010) presentan resultados similares. Los resultados expuestos en este estudio se relacionan con los realizados por Beyers (2008), el cual sostiene que la acción del fuego sobre el suelo puede afectar a su estructura y principalmente a los macroporos, los cuales son catalogados como las vías de infiltración de agua hacia horizontes más profundos, estos macroporos al verse afectados dan como resultado procesos de erosión hídrica. Del mismo modo Úbeda (1996) señala que la estabilidad estructural del suelo se debe al cambio de textura provocado por la pérdida de cobertura vegetal.

El análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo, que fue separado por zonas (afectada y conservada), permite clarificar lo siguiente: el promedio de las 10 muestras de la zona conservada dio como resultado 0.81% que constituye un valor que está dentro del rango bajo en relación a la materia orgánica, según lo estipulado por Black (1934). Por otra parte, el promedio de materia orgánica obtenido dentro de la zona afectada fue de 1.27%, que se encuentra en la clasificación de rango bajo, determinado por Neff et al. (2005) el cuál señala que: “cuando los suelos se queman se altera, la estructura química de la materia orgánica disponible, debido a la combustión parcial o mediante la producción de C negro altamente recalcitrante”, así mismo Wieting et al. (2017) sostiene que el efecto del fuego no determina la destrucción de los constituyentes orgánicos del suelo, y que la composición de humus experimenta una evolución en sentido de enriquecimiento en sus constituyentes.

El valor arrojado por el análisis de pH en la zona conservada fue de 6 que significa que los suelos son ligeramente ácidos, mientras que, en la zona afectada por el incendio forestal se obtuvo un valor promedio de 4.9, el cual se clasifica como suelo muy ácido, es decir el efecto del fuego sobre el suelo resulta ser variable. Estos resultados están relacionados con lo planteado por Valdes et al. (2016) y Benito et al. (2014) que mencionan que el pH y la conductividad eléctrica normalmente aumentan, debido al aporte de carbonatos, cationes básicos y óxidos procedentes de las cenizas; del mismo modo, Urretavizcaya (2010) sostiene que al quemarse la materia orgánica presente en el suelo, se da la liberación de sustancias minerales en forma de óxidos y carbonatos, que usualmente tienen reacción alcalina, las cuales provocan un aumento de sales en el suelo, sin embargo con el transcurrir del tiempo, estos valores en zonas afectadas por el fuego tienden a disminuir.

Dentro de las medidas de erosión, los resultados promedio obtenidos en la zona conservada es de 2.4 milímetros de erosión, mientras que en la zona afectada por el incendio forestal se

obtuvo un valor promedio de 11.1 milímetros de erosión. Estos cambios generados por la acción del fuego se atribuyen a cambios químicos y mineralógicos producidos por el incremento de la temperatura y la pérdida de materia orgánica, que es respaldado por el estudio de Úbeda (2011), el mismo autor durante otro estudio que realizó junto a Sala (1996) menciona que el aumento sustancial del material erosionado se debe principalmente a los procesos de erosión hídrica, adicionalmente Grandal, Valcarlos, Reixac, Barcelona. (1996) sostiene que en zonas donde se existió una intensidad alta de fuego tuvieron mayor escorrentía que otras zonas en donde no han ocurrido este tipo de eventos, el motivo de una mayor escorrentía está relacionado con la hidrofobicidad del suelo de igual manera Minervini, Morrás, & Taboada (2018) manifiesta que el aumento de la hidrofobicidad provocado por las modificaciones en la infiltración y el movimiento de agua en el suelo a causa del fuego se considera como uno de los cambios más influyentes en el suelo.

8. Conclusiones

- El color con mayor frecuencia dentro de la zona conservada fue marrón amarillento (30%) lo cual indica una capacidad de drenaje deficiente, mientras que, en la zona afectada fue amarillo parduzco (60%), lo cual indica una buena capacidad de drenaje. En cuanto a la clase textural con más frecuencia en la zona conservada fueron los suelos franco arcillosos y arcillosos (40%), lo cual indica baja capacidad de retención de agua, mientras que, en la zona afectada fue el suelo franco (70%), lo cual indica una buena capacidad de retención y apto para la agricultura.
- La zona afectada posee un mayor contenido promedio de materia orgánica (1,27) que la zona conservada (0,81), debido a la cantidad de residuos que se quemaron, los que contribuyen al aumento de MO en la zona del incendio forestal. En cuanto al valor promedio de pH en la zona de conservación es prácticamente neutro (6), mientras que, en la zona de afectación es muy ácido (4,8). Este descenso puede ser debido a las intensas lluvias de temporada.
- El promedio de erosión es mayor en la zona afectada (11,1 mm) que en la zona conservada (2,4 mm). El fuego provocó modificaciones en la estabilidad de los agregados al dejar al descubierto la capa vegetal del suelo, disminuyendo así la capacidad de retención de agua creando una superficie hidrófoba. En cuanto a la erosión, las variables con mayor relación luego de un incendio forestal son: la materia orgánica, pH y la porosidad del suelo.

9. Recomendaciones:

- Realizar un análisis de laboratorio más a profundidad incluyendo variantes como: capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno disponible, fósforo, calcio para obtener resultados más completos.
- Establecer un diseño de muestreo que permita abarcar áreas de estudio más extensas para reducir el error y obtener resultados más eficientes.

10. Referencias Bibliográficas

- A, D., L, T., Rubenacker, A., P, C., & M, M. (2014). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. *Cuaderno Activa*, January 2007, 59–67. https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Karlin/publication/284267776_Efecto_de_los_incendios_forestales_sobre_las_propiedades_del_suelo/links/56504f0208aeafc2aab6da17/Efecto-de-los-incendios-forestales-sobre-las-propiedades-del-suelo.pdf
- Aguilar Silva S, (2019) Validación del método de calcinación en la determinación del contenido de la materia orgánica del suelo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Perú. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4154/aguiar-silva-sumiry-yuleysi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benito, E., Varela, M. E., & Rodríguez-Alleres, M. (2014). Efectos de los incendios forestales en la erosionabilidad de los suelos en Galicia. *Cuadernos de Investigacion Geografica*, 40(2), 353–370. <https://doi.org/10.18172/cig.2502>
- Beyers, J., Brown, J., Busse, M., Debano, L., & Elliot, W. (n.d.). *Wildland Fire in Ecosystems Effects of Fire on Soil and Water*. Retrieved July 29, 2022, from <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=jfspsynthesis>
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils 1. *Agronomy Journal*, 54(5), 464–465. <https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x>
- Camargo-García, J. C., Dossman, M. Á., Rodríguez, J. A., Arias, L. M., & Galvis-Quintero, J. H. (2012). Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el parque nacional natural de Los Nevados, Colombia. *Acta Agronomica*, 61(2), 151–165.
- Casas, M. (2019). *Efectos Del Incendio Forestal En Las Propiedades Físicas Y Químicas Del Suelo En Huacraruco – Cajamarca*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.

Portal de Suelos de la FAO (2022) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fao.org. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>

Domínguez Soto, J. M., Román Gutiérrez, A. D., Prieto García, F., & Acevedo Sandoval, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 141-155. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n1/v3n1a10.pdf>

Francos, M, Velasco, A., & Ubeda, X. (2019). *Hidrofobicidad en suelos quemados a diferente intensidad . Efectos a largo plazo y ensayos de laboratorio . October 2014.* https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Francos/publication/336440895_Hidrofobicidad_en_suelos_quemados_a_diferente_intensidad_Efectos_a_largo_plazo_y_ensayos_de_laboratorio/links/5da084c7299bf116fe9d8e31/Hidrofobicidad-en-suelos-quemados-a-diferente-

Francos, Marcos, Ubeda, X., Pereira, P., & Alcañiz, M. (2018). Long-term impact of wildfire on soils exposed to different fire severities. A case study in Cadiretes Massif (NE Iberian Peninsula). *Science of the Total Environment*, 615, 664–671. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.311>

García, L. (2017). Metodologías de campo para determinar profundidad, densidad aparente, materia orgánica, infiltración del agua, textura y pH en el suelo. Grupo SEVEN Nicaragua, 1(1), 9-10. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/documentos/NP33G216m.pdf>.

Gestorca,+Art-06_59_67 (2).pdf - Cuaderno Activa, ISSN 2027-8101. N°5, Enero-Diciembre de 2013, pp. 59-67. Cuaderno Activa / Enero - Diciembre de 2013 | Course Hero. (2013). Coursehero.com. <https://www.coursehero.com/file/122980737/gestorcaArt-06-59-67-2pdf/>

GADP SAN ANTONIO DE LAS ARADAS. (2019).Las Aradas. Recuperado el: 30 de junio de 2022 de: <https://lasaradas.gob.ec/la-parroquia/>

Góngora, R., Castro, A., Castell, M. Á., Laverdeza, B., Acosta, J. C., Cardona, M. F., Ojeda, J. B., Góngora, Y. R., Castro, A. A., Castell, M. Á., María, R., Laverdeza, B., Acosta, J. C., Cardona, M. F., & Ojeda, J. B. (2017). Los ecosistemas costeros del suroriente de Cuba y

su capacidad de recuperación tras un incendio The coastal ecosystems of the south-east of Cuba and their resilience after a fire. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 5(2), 194–206. <file:///C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-LosEcosistemasCosterosDelSurorientedeCubaySuCapaci-6090126.pdf>

Grandal D'anglade, A., Valcarlos, P., Reixac, B., (1996). *IV Reunión de Geomorfología*.

Retrieved July 29, 2022, from

<https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/6212/CA-21-43.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Jordán, A., Zavala, L. M., Gonzalez, F. A., & Mataix-Solera, J. (2010). *Repelencia al agua en suelos afectados por incendios: métodos sencillos de determinación e interpretación*. ResearchGate; unknown.

https://www.researchgate.net/publication/229389202_Repelencia_al_agua_en_suelos_afectados_por_incendios_metodos_sencillos_de_determinacion_e_interpretacion

Kim, C., Shin, K., Joo, K. Y., Lee, K. S., Shin, S. S., & Choung, Y. (2008). Effects of soil conservation measures in a partially vegetated area after forest fires. *Science of The Total Environment*, 399(1–3), 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.034>

L. Valdes, L.W. Martínez, M. Bonilla, y I. C. (2016). *Efectos del fuego en algunas caracterpísticas de suelos de pinares,Macurije,Pinar del Río,Cuba*. 12(2), 60–65. <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v12-n2-2-efectos-del-fuego-en-algunas-características-de-suelos-de-pinares-Macurije-Pinar-del-Río-Cuba.pdf>

La Manna, L., & Barroetaveña, C. (2011). Propiedades químicas del suelo en bosques de *Nothofagus antarctica* y *Austrocedrus chilensis* afectados por fuego. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 9200, 41–55. <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v43n1/v43n1a03.pdf>

Maher Electrónica. (2020). *Conductividad Eléctrica del Suelo y su Influencia en la Agricultura*. Maher Electrónica. Disponible en: <https://www.maherelectronica.com/conductividad-electrica-agricultura/#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20la%20Conductividad%20El%C3%A9ctrica%20del%20Suelo,del%20riego%20como%20el%20suelo>

- Minervini, M. G., Morrás, H. J. M., & Taboada, M. Á. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Ecología Austral*, 28(1), 012–027. <https://doi.org/10.25260/ea.18.28.1.0.127>
- Neff, J. C., Harden, J. W., & Gleixner, G. (2005). Fire effects on soil organic matter content, composition, and nutrients in boreal interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(9), 2178–2187. <https://doi.org/10.1139/x05-154>
- Rodenas, G. (2016). *ESTUDIO DE PELIGRO DE INCENDIO FORESTAL EN EL PARQUE NATURAL DE ELS PORTS (TARRAGONA)*. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76135/Memoria_TFG.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Rosero, J., & Osorio, I. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. In *Tecnológico de Antioquia* (Vol. 5, Issue 5, pp. 59–67).
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República: Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay. Disponible en: <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>.
- Schlegel Sachs, F. (1996). Ecología y enseñanza rural: nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>
- Úbeda, X. (2001). Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal. *Revista de la sociedad española de la ciencia del suelo*, 8, 41-49. Disponible en: <https://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/partes%20volumen%208-1/paginas%2041-49.pdf>
- Ubeda, X., & Sala, M. (1996). Cambios en la física del suelo e incrementos de la escorrentía y la erosión tras un incendio forestal. Barcelona. Disponible en: <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/6212/CA2143.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Urretavizcaya, M. F. (2010). Propiedades del suelo en bosques quemados de *Austrocedrus chilensis* en Patagonia, Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 31(2).
<https://doi.org/10.4067/s0717-92002010000200007>
- Universidad Autónoma Metropolitana. (2013). *Concepto de pH, expresión matemática, escala de Sorensen, definiciones de ácido-base*. Blogspot.com.
<http://energiayconsumo16in.blogspot.com/2016/03/concepto-de-ph-expresion-matematica.html>
- Vásquez, A., & Tapia, M. (2011). Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la Sierra Peruana. *Revista de Ingeniería UC*, 18, 42–50.
<https://www.redalyc.org/pdf/707/70723269005.pdf>
- Vargas, R., Fao-Swalim, P., Nairobi, K.-U., Mayor, & Simón, S. (n.d.). *Guía para la descripción de suelos*. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. In *Soil Science* (Vol. 37, Issue 1, pp. 29–38). <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Wieting, C., Ebel, B. A., & Singha, K. (2017). *Quantifying the effects of wildfire on changes in soil properties by surface burning of soils from the Boulder Creek Critical Zone Observatory*. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 13, 43–57.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.07.006>

11. Anexos

Anexo 1. Procedimiento para la toma de muestras de suelo.



Anexo 2. Procedimiento de colocación y medición de varillas de erosión.



Anexo 3. Proceso de molido y tamizado de muestras de suelo.



Anexo 4. Proceso de determinación y registro de color del suelo.



Anexo 5. Proceso para determinación de conductividad eléctrica.



Anexo 6. Proceso de pesaje para la determinación de materia orgánica del suelo.



Anexo 7. Toma de lecturas para la determinación de clases texturales del suelo.



Anexo 8. Proceso de saturación de muestras para determinación de constantes hidro físicas.



Anexo 9. Etiquetado de muestras.



Anexo 10. Registro de tomas de datos en hojas técnicas de laboratorio.

REG. PH ADMITS

LABORATORIO DE ANÁLISIS AGUA Y SUELOS
DETERMINACIÓN DE COCIENTE

Área: Torres (km²)

Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor
2880	2798 92	2880	201	6.6
2881	2798 92	2881	201	5.3
2882	2798 92	2882	201	6.4
2883	2798 92	2883	201	5.1
2884	2798 92	2884	201	5.2
2885	2798 92	2885	201	6.4
2886	2798 92	2886	201	6.5
2887	2798 92	2887	201	6.6
2888	2798 92	2888	201	6.5
2889	2798 92	2889	201	5.4
2890	2798 92	2890	201	4.8
2891	2798 92	2891	201	5.0
2892	2798 92	2892	201	4.9
2893	2798 92	2893	201	4.5
2894	2798 92	2894	201	4.8
2895	2798 92	2895	201	5.7
2896	2798 92	2896	201	4.8
2897	2798 92	2897	201	4.6
2898	2798 92	2898	201	5.1
2899	2798 92	2899	201	5.2

2.02	01	2.01	02	8582
2.02	02	02	02	8583
2.02	03	03	03	0622
2.02	04	04	04	0622
2.02	05	05	05	1898
2.02	06	06	06	1898
2.02	07	07	07	1898
2.02	08	08	08	1898
2.02	09	09	09	1898
2.02	10	10	10	1898
2.02	11	11	11	1898
2.02	12	12	12	1898
2.02	13	13	13	1898
2.02	14	14	14	1898
2.02	15	15	15	1898
2.02	16	16	16	1898
2.02	17	17	17	1898
2.02	18	18	18	1898
2.02	19	19	19	1898
2.02	20	20	20	1898
2.02	21	21	21	1898
2.02	22	22	22	1898
2.02	23	23	23	1898
2.02	24	24	24	1898
2.02	25	25	25	1898
2.02	26	26	26	1898
2.02	27	27	27	1898
2.02	28	28	28	1898
2.02	29	29	29	1898
2.02	30	30	30	1898
2.02	31	31	31	1898
2.02	32	32	32	1898
2.02	33	33	33	1898
2.02	34	34	34	1898
2.02	35	35	35	1898
2.02	36	36	36	1898
2.02	37	37	37	1898
2.02	38	38	38	1898
2.02	39	39	39	1898
2.02	40	40	40	1898
2.02	41	41	41	1898
2.02	42	42	42	1898
2.02	43	43	43	1898
2.02	44	44	44	1898
2.02	45	45	45	1898
2.02	46	46	46	1898
2.02	47	47	47	1898
2.02	48	48	48	1898
2.02	49	49	49	1898
2.02	50	50	50	1898
2.02	51	51	51	1898
2.02	52	52	52	1898
2.02	53	53	53	1898
2.02	54	54	54	1898
2.02	55	55	55	1898
2.02	56	56	56	1898
2.02	57	57	57	1898
2.02	58	58	58	1898
2.02	59	59	59	1898
2.02	60	60	60	1898
2.02	61	61	61	1898
2.02	62	62	62	1898
2.02	63	63	63	1898
2.02	64	64	64	1898
2.02	65	65	65	1898
2.02	66	66	66	1898
2.02	67	67	67	1898
2.02	68	68	68	1898
2.02	69	69	69	1898
2.02	70	70	70	1898
2.02	71	71	71	1898
2.02	72	72	72	1898
2.02	73	73	73	1898
2.02	74	74	74	1898
2.02	75	75	75	1898
2.02	76	76	76	1898
2.02	77	77	77	1898
2.02	78	78	78	1898
2.02	79	79	79	1898
2.02	80	80	80	1898
2.02	81	81	81	1898
2.02	82	82	82	1898
2.02	83	83	83	1898
2.02	84	84	84	1898
2.02	85	85	85	1898
2.02	86	86	86	1898
2.02	87	87	87	1898
2.02	88	88	88	1898
2.02	89	89	89	1898
2.02	90	90	90	1898
2.02	91	91	91	1898
2.02	92	92	92	1898
2.02	93	93	93	1898
2.02	94	94	94	1898
2.02	95	95	95	1898
2.02	96	96	96	1898
2.02	97	97	97	1898
2.02	98	98	98	1898
2.02	99	99	99	1898
2.02	100	100	100	1898

MUESTRA	HORA	SELECT	TIC	SELECT	TIC	SELECT	TIC	SELECT	TIC	SELECT	TIC
2822	32	19.5	12	20.5							
2823	32	19.5	12	20.5							
2824	34	20	10	20.5							
2825	19	19.5	15	20.5							
2826	37	20	15	20.5							
2827	35	20	13	20.5							
2828	38	20.5	16	20.5							
2829	37	20	10	20.5							
2830	43	20	24	20.5							
2831	42	20	23	20.5							
2832	37	20	22	20.5							
2833	37	20	22	20.5							
2834	37	20	22	20.5							
2835	37	20	22	20.5							
2836	37	20	22	20.5							
2837	37	20	22	20.5							
2838	37	20	22	20.5							
2839	37	20	22	20.5							
2840	37	20	22	20.5							
2841	37	20	22	20.5							
2842	37	20	22	20.5							
2843	37	20	22	20.5							
2844	37	20	22	20.5							
2845	37	20	22	20.5							
2846	37	20	22	20.5							
2847	37	20	22	20.5							
2848	37	20	22	20.5							
2849	37	20	22	20.5							
2850	37	20	22	20.5							
2851	37	20	22	20.5							
2852	37	20	22	20.5							
2853	37	20	22	20.5							
2854	37	20	22	20.5							
2855	37	20	22	20.5							
2856	37	20	22	20.5							
2857	37	20	22	20.5							
2858	37	20	22	20.5							
2859	37	20	22	20.5							
2860	37	20	22	20.5							
2861	37	20	22	20.5							
2862	37	20	22	20.5							
2863	37	20	22	20.5							
2864	37	20	22	20.5							
2865	37	20	22	20.5							
2866	37	20	22	20.5							
2867	37	20	22	20.5							
2868	37	20	22	20.5							
2869	37	20	22	20.5							
2870	37	20	22	20.5							
2871	37	20	22	20.5							
2872	37	20	22	20.5							
2873	37	20	22	20.5							
2874	37	20	22	20.5							
2875	37	20	22	20.5							
2876	37	20	22	20.5							
2877	37	20	22	20.5							
2878	37	20	22	20.5							
2879	37	20	22	20.5							
2880	37	20	22	20.5							

Anexo 11. Datos recolectados:

Número de muestra	Zona de muestreo	Código de campo	Código de laboratorio	Color	Textura	Materia orgánica (%)	pH	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	Erosión (mm)	Porosidad	Densidad aparente (g/cm ³)
1	Zona conservada	ZC1	2850	Dark yellowish brown	Franco arcilloso	1,36	6,6	0,01	3	60,65	1,2
2	Zona conservada	ZC2	2851	Pinkish gray	Arcilloso	0,22	5,3	0,01	4	56,04	1,06
3	Zona conservada	ZC3	2852	Brownish yellow	Franco arcilo arenoso	0,81	6,4	0,01	1	46,67	1,2
4	Zona conservada	ZC4	2853	Pinkish gray	Arcilloso	0,18	5,1	0,01	2	40,32	1,3
5	Zona conservada	ZC5	2854	Brownish yellow	Franco arcilloso	0,23	5,2	0,01	3	45,7	1,2
6	Zona conservada	ZC6	2855	Yellowish brown	Franco arcilloso	1,63	6,4	0,01	1	43,78	1,25
7	Zona conservada	ZC7	2856	Light yellowish brown	Franco arcilloso	0,72	6,5	0,01	1		
8	Zona conservada	ZC8	2857	Yellowish brown	Franco arcilo arenoso	0,94	6,6	0,01	1	45,79	1,21
9	Zona conservada	ZC9	2858	Yellowish brown	Arcilloso	1,81	6,5	0,01	5	40,71	1,28

10	Zona conservada	ZC10	2859	Light brown	Arcilloso	0,27	5,4	0,01	3	51,31	
11	Zona afectada	ZA1	2860	Very pale brown	Franco	0,86	4,9	0,00	8	37,27	1,1
12	Zona afectada	ZA2	2861	Light yellowish brown	Franco	0,67	5	0,01	7	49,69	1,29
13	Zona afectada	ZA3	2862	Brownish yellow	Franco arcillo arenoso	1,71	4,9	0,00	20	33,17	1,14
14	Zona afectada	ZA4	2863	Light yellowish brown	Franco	2,09	4,9	0,00	11	37,91	1,47
15	Zona afectada	ZA5	2864	Brownish yellow	Franco	2,57	4,8	0,00	12		1,31
16	Zona afectada	ZA6	2865	Brownish yellow	Franco limoso	0,31	4,7	0,00	10	36,52	
17	Zona afectada	ZA7	2866	Brownish yellow	Franco	1,29	4,89	0,00	11	34,82	1,27
18	Zona afectada	ZA8	2867	Brownish yellow	Franco	0,80	4,6	0,00	9		1,35
19	Zona afectada	ZA9	2868	Brownish yellow	Franco	1,60	5,1	0,01	12		
20	Zona afectada	ZA10	2869	Light yellowish brown	Franco limoso	0,86	5,2	0,01	11		

Anexo 12. Certificación de traducción del resumen (Abstract)

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN DEL RESUMEN (ABSTRACT)

Lic. Mirna Carola Romero Coloma,

**MAGISTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO IDIOMA EXTRANJERO
DOCTORA EN EDUCACIÓN**

Certifico:

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado: “Incendios forestales y su incidencia en la modificación de las propiedades físico-químicas del suelo, en la parroquia San Antonio de las Aradas, cantón Quilanga, provincia de Loja, Ecuador” de autoría **de AARON DAVID TORRES ROSALES**, egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previa a la obtención del título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Durán, 4 de noviembre del 2022



Firmado electrónicamente por:
**MIRNA CAROLA
ROMERO COLOMA**

Lic. Mirna Carola Romero Coloma

**MAGISTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO IDIOMA EXTRANJERO
DOCTORA EN EDUCACIÓN**

CI: 0919164426

Celular: 0997366437