

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Ambiental

Efecto de los incendios sobre las condiciones del suelo de páramo en el Ecuador: una revisión sistemática

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental

Autor:

Maricela Carolina Guerrero Barros

Director:

Pablo Patricio Jara Torres

ORCID :  0000-0001-5911-6348

Cuenca, Ecuador

2023 -10 -05

Resumen

El objetivo principal de este estudio fue conocer las investigaciones realizadas en Ecuador sobre los efectos de los incendios en las propiedades del suelo páramo y sus resultados. Para la elaboración de esta revisión sistemática se lograron identificar 83 publicaciones, incluyendo artículos científicos y tesis de grado y posgrado. Tras la lectura de los títulos, objetivos, resúmenes, resultados y año de publicación se redujo a 11 estudios. Se prosiguió a efectuar una segunda revisión en la que se excluyeron los documentos duplicados. Se seleccionaron 10 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos. Los resultados de la revisión sistemática indicaron que Pichincha y Azuay son las provincias con más investigaciones realizadas sobre el efecto del fuego en la propiedades físico químicas del suelo páramo. Los parámetros más estudiados en las investigaciones que han sido publicadas en Ecuador son el pH y la materia orgánica del suelo. La mayoría de las propiedades físicas y químicas analizadas en las investigaciones publicadas muestran diferencias significativas entre zonas quemadas y zonas no quemadas dependiendo del páramo estudiado y la intensidad del incendio. Después de realizar esta revisión sistemática se puede sugerir que existen muy pocos estudios publicados sobre el efecto de los incendios en suelos andinos de Ecuador y que estos estudios consisten en trabajos de investigación de grado y posgrado.

Palabras clave: fuego, pajonal, propiedades físicas y químicas



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

The main objective of this study was to learn about the research conducted in Ecuador on the effects of fires on páramo soil properties and its results. For the preparation of this systematic review, 83 publications were identified, including scientific articles and graduate and postgraduate theses. After reading the titles, objectives, abstracts, results and year of publication, the number of studies was reduced to 11. A second review continued with the exclusion of duplicate documents. Ten studies were selected that met the established inclusion criteria. The results of the systematic review indicated that Pichincha and Azuay are the provinces with the most research on the effect of fire on the physical and chemical properties of páramo soils. Most of the physical and chemical properties analyzed in published research show significant differences between burned and unburned areas depending on the páramo studied and the intensity of the fire. After carrying out this systematic review, it can also be suggested that there are very few published studies on the effect of fires on Andean soils in Ecuador and that these studies consist of undergraduate and graduate research.

Keywords : fire, grassland, physical and chemical properties



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Capitulo 1. Introducción	8
Capitulo 2. Objetivos.....	10
2.1 Objetivo general.....	10
2.2 Objetivos específicos	10
Capitulo 3. Fundamentos teóricos.....	11
3.1 La revisión sistemática.....	11
3.2 Incendios forestales	11
3.3 Importancia de los páramos.....	12
3.4 Impactos de los incendios forestales en el suelo del páramo.....	12
3.5 Propiedades físico químicas de los suelos.....	13
3.4.1 <i>Infiltración</i>	13
3.4.2 <i>Humedad</i>	13
3.4.3 <i>Textura</i>	14
3.4.4 <i>Conductividad eléctrica y pH</i>	14
3.4.5 <i>Materia orgánica del suelo (MOS)</i>	14
3.4.6 <i>Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio</i>	14
Capitulo 4. Metodología	15
4.1 Análisis de las investigaciones realizadas sobre los efectos de los incendios en las propiedades del suelo de páramo en Ecuador y sus principales características	15
4.1.1 Búsqueda en base de datos.....	15
4.1. 2 Selección de artículos	15
4.1.3 Extracción y análisis de información.....	17
4.2 Identificación de los principales parámetros del suelo que han sido evaluados para estudiar el impacto de los incendios del páramo en Ecuador.....	17

4.3 Revisión de los principales efectos significativos de los incendios sobre las propiedades del suelo de páramo en Ecuador	18
Capitulo 5. Resultados y discusión	19
5.1 Principales investigaciones realizadas sobre los efectos de los incendios en las propiedades del suelo de páramo en Ecuador.....	19
5.2 Parámetros del suelo que han sido evaluados para estudiar el impacto de los incendios del páramo en Ecuador	25
5.3 Efectos significativos de los incendios sobre las propiedades del suelo de páramo en Ecuador encontrados en las publicaciones.....	29
5.3.1 Efectos de los incendios sobre la textura del suelo de páramo en Ecuador.....	29
5.3.2 Efectos de los incendios sobre la humedad del suelo de páramo en Ecuador.....	34
5.3.3 Efectos de los incendios sobre el pH del suelo de páramo en Ecuador	37
5.3.4 Efectos de los incendios sobre la conductividad eléctrica del suelo de páramo en Ecuador	40
5.3.5 Efectos de los incendios sobre el contenido de materia orgánica del suelo de páramo en Ecuador	42
5.3.6 Efectos de los incendios sobre el contenido de nitrógeno del suelo de páramo en Ecuador	45
5.3.7 Efectos de los incendios sobre el contenido de fósforo del suelo de páramo en Ecuador	48
5.3.8 Efectos de los incendios sobre el contenido de potasio del suelo de páramo en Ecuador	50
Capitulo 6. Conclusiones y recomendaciones.....	53
6.1 Conclusiones	53
6.2 Recomendaciones	54
7. Referencias XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	55

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujos selección de estudios.....	16
Figura 2. Mapa de páramos y provincias estudiadas.....	21
Figura 3. Clasificación del tipo de suelos existentes en los páramos del Ecuador.....	22
Figura 4. Estudios realizados a nivel de carrera.....	24
Figura 5. Número de parámetros estudiados por autores.....	27
Figura 6. Parámetro con mayor número de estudios.....	28
Figura 7. Textura de suelo arenoso antes y después de un incendio en un suelo páramo.....	31
Figura 8. Textura de suelo limo antes y después de un incendio en un suelo páramos.....	32
Figura 9. Textura de suelo arcilloso antes y después de un incendio en un suelo páramo.....	33
Figura 10. Comparación de la humedad en suelos sin quema y suelo quemada a diferente intensidad.....	36
Figura 11. Comparación de los valores de pH en suelos sin quema y suelos con quema.....	39
Figura 12. Comparación de los valores de CE en suelos sin quema y suelos con quema.....	41
Figura 13. Comparación de los valores de MOS en suelos sin quema y suelos con quema.....	44
Figura 14. Comparación de los valores de nitrógeno en suelos sin quema y suelos con quema.....	47
Figura 15. Comparación de los valores de P en suelos sin quema y suelos con quema.....	49
Figura 16. Comparación de los valores de k en suelos sin quema y suelos con quema.....	52

Índice de tablas

Tabla 1. Investigaciones sobre el efecto de los incendios en suelos de páramo realizadas en Ecuador	20
Tabla 2. Universidad, revista científica y código de publicación de las investigaciones sobre el efecto de los incendios en suelos de páramo realizadas en Ecuador.....	23
Tabla 3. Principales parámetros del suelo evaluados en las investigaciones realizadas en Ecuador sobre el efecto de los incendios en el Páramo	26
Tabla 4. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad TEXTURA del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador	30
Tabla 5. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad HUMEDAD del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador	35
Tabla 6. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química pH del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador	38
Tabla 7. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química Conductividad eléctrica del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador.....	40
Tabla 8. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química MOS del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador	43
Tabla 9. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química Nitrógeno del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador.....	46
Tabla 10. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química fósforo suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador	48
Tabla 11. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química Potasio del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador.....	51

Capítulo 1. Introducción

El páramo es un ecosistema alpino neotropical de alta montaña (Boytaert et al., 2014). El territorio ecuatoriano está cubierto por un 7 % y tiene una altura promedio de 3.300 m s.n.m. (Chuncho, 2019). Está conformado por valles y llanuras, compuesto en su mayoría por glaciares, turberas, pastizales húmedos mezclados con bosques de baja estatura y matorrales, con una gran cantidad y variedad de lagos y lagunas (Buytaert et al., 2007). Es una zona lejana y desolada, con actividades humanas muy limitadas. El páramo tiene una gran biodiversidad y proporciona muchos servicios ecosistémicos como la protección del suelo, regulación hídrica, captura de carbono, entre otros (Pinos-Morocho et al., 2021).

Los incendios forestales pueden ser destructivos dependiendo del grado de severidad e intensidad con que se produce (González, 2011), este fenómeno es una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad en el Ecuador, lo que provoca múltiples impactos sobre los procesos ecológicos, debido a diferentes respuestas de la vegetación y la estructura de los ecosistemas (Sarango et al., 2019). Desafortunadamente, este tipo de catástrofe ambiental en muchas ocasiones son de naturaleza antropogénica. La quema de pajonas y bosque para la agricultura y ganadería son las principales causas de incendios forestales en el país (Pazmiño, 2019).

El páramo es considerada como un ecosistema frágil (Barragán & Alvarado, 2019), sensible al fuego debido a la composición y estructura de la vegetación que estos poseen, las áreas con gran cantidad de pajonal constituyen un factor importante para que se produzca el fuego el cual impacta no solo a la vegetación si no directamente a las comunidades edáficas (Armenteras et al., 2020). Los incendios de gran intensidad, son los que afectan de maneras más negativas a las propiedades físicas y químicas del suelo (Artemi et al., 2011).

En Ecuador entre los meses de julio y agosto de 2019 se registrados 464 incendios forestales causando una pérdida de 1.712,57 hectáreas de cobertura natural a nivel nacional (SNGRE, 2019). Los incendios suscitados para el año 2020, desde el mes de enero a hasta noviembre provocaron un daño de 27.692,03 hectáreas en la cobertura vegetal, documentado un total de

2.285 eventos, siendo las provincias más afectas; Azuay, Loja, Chimborazo, Pichincha y Guayas (SGNR, 2020). Para el 2021 en el transcurso de los meses de julio a octubre se registraron 498 eventos evidenciado la pérdida de 2.959,93 (SNGRE, 2021). El fuego también provocó una de pérdida de 6.556, 66 hectáreas de cobertura vegetal desde enero hasta octubre del año 2022 registrado 1.249 eventos (SNGRE, 2022).

En la presente investigación se realizó un análisis mediante una revisión sistemática sobre lo que se ha estudiado hasta el momento acerca de los impactos que producen los incendios en el suelo del páramo ecuatoriano. Para ello, se formuló una pregunta general de investigación: ¿Qué estudios se han realizado sobre los efectos de los incendios en el suelo de páramo en Ecuador y cuáles son los resultados?; mientras que las preguntas específicas de investigación formuladas fueron: ¿Cuáles son las principales investigaciones realizadas sobre los efectos de los incendios en las propiedades del suelo de páramo en Ecuador?, ¿Cuáles son las las principales características de esas investigaciones realizadas?, ¿Qué parámetros del suelo que han sido evaluados para estudiar el impacto de los incendios del páramo en Ecuador? y ¿Qué efectos significativos de los incendios sobre las propiedades del suelo de páramo en Ecuador se han encontrado?

Capítulo 2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Conocer las investigaciones realizadas en Ecuador sobre los efectos de los incendios en las propiedades del suelo de páramo

2.2 Objetivos específicos

- Analizar las principales características de las investigaciones realizadas sobre los efectos de los incendios en las propiedades del suelo de páramo en Ecuador
- Conocer los parámetros del suelo que han sido evaluados para estudiar el impacto de los incendios del páramo en Ecuador
- Conocer si se han encontrado efectos significativos de los incendios sobre las propiedades del suelo de páramo en Ecuador

Capítulo 3. Fundamentos teóricos

3.1 La revisión sistemática

Es un estudio orientado a evaluar de manera ordenada y explicativa la literatura necesaria para responder una pregunta de investigación (García, 2015). En la que se desarrolla resúmenes claros y explicativos de información secundaria a través de la búsqueda en bases de datos (Moreno et al., 2018).

3.2 Incendios forestales

Los incendios forestales desde hace millones de años son un factor muy importante que modifican y dan forma a la biodiversidad y ecosistemas del planeta (Villar et al., 2022). En varias regiones del mundo, estos eventos forman parte de procesos naturales, ya que el fuego hace posible el contacto de semillas con el suelo (Rodríguez, 2014). Siendo los rayos con la combinación de la vegetación de la zona la principal causa natural de los incidentos. Aunque la ocurrencias de los incidentos de origen humano supera a los eventos de manera natural, siendo provocados de manera intencionada o por algún descuido, de entre 75 % y 96 % de ellos (Hirschberger, 2016).

Los incendios forestales se producen de tres maneras; por expansión superficial donde el fuego quema el sotobosque afectando gravemente la calidad del suelo. Incendios en forma copas o aéreas se extiende por las copas de la vegetación al no perjudicar al sotobosque no es muy perjudicial y su recuperación es relativamente más rápida y el incendio subsuperficial se produce en el suelo, quema raíces y materia orgánica por su forma de expandirse es muy difícil detectarlo y provoca daños a las propiedades edafológicas del suelo (Rodas, 2015).

En países como Colombia, Ecuador y Perú los impactos de los incendios forestales son múltiples y dejan consigo grandes cambios en la estructura y composición de los ecosistemas (Armenteras

et al., 2020). En el Ecuador, según el informe del mes de octubre del año 2021 los incendios forestales provocaron una pérdida 2.959,93 hectáreas de cobertura vegetal, con 464 eventos documentados a nivel nacional , las provincias más afectadas fueron: Loja con 28 eventos, Guayas 97 eventos, Imbabura 41 eventos, Azuay 82 eventos, Carchi 13 eventos, El Oro 17 eventos , Cañar 54 eventos y Pichincha 100 eventos (SNGRE,2021).En el año 2022, el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias del Ecuador) -, informan que hasta el mes de octubre del mismo año se registraron un total de 1.129 eventos de tipo incendio forestal , los cuales ocasionaron una pérdida de 6.556,66 hectáreas de cobertura vegetal. Sin embargo, hasta la actualidad no existe cifras oficiales de incendios forestales producidos en los páramos del Ecuador (Cáceres, 2022).

3.3 Importancia de los páramos

Es un ecosistema de pastizales húmedos de alta montaña en el que predomina la vegetación arbustiva y herbácea (Tovar et al., 2013) . Se ubica sobre los 3.000 y 5.000 msnm (Lozano et al., 2016).El páramo cubre un 7% del territorio Ecuatoriano es decir aproximadamente 1.250,000 hectáreas (Cunalata et al., 2013). Su clima generalmente es frío y su precipitación promedio anual es de 500 y 2.000 mm. Su alto contenido de humedad da origen a una gran variedad de tuberías y lagunas y tiene efecto importante sobre el desarrollo de sus suelos (Patiño et al., 2021).

Los páramos tienen una gran importancia nivel local, regional y mundial, debido a que brindan múltiples servicios ambientales y económicos. Son lugares con alta diversidad ecológica y endémica y presenta una alta gama de servicios ecosistémicos claves para el desarrollo y bienestar de la sociedad (Ross et al., 2017). Los ecosistemas de alta montaña conservan la biodiversidad , ofrecen hábitats para especies , capturan carbono , regulan el clima , proporcionan regulación hídrica , protegen el suelo, entre otros (Rojas, 2013).

3.4 Impactos de los incendios forestales en el suelo del páramo

El páramo contiene suelos de origen volcánico y se clasifican en Andosoles, Entisoles , Inceptisoles e Histosoles (Buytaert et al., 2007) , se caracteriza principalmente por ser húmedo

y ácido, su pH es de entre 3,9 y 5,4. El suelo paramo es rico en humos de color oscuro o negro. La descomposición de la materia orgánica es lenta, ya que la temperatura es baja y la humedad es relativamente alta (Díaz et al., 2005). La capacidad de infiltración es excelente a igual que la retención de agua (Navarro et al., 2013).

Los incendios forestales producen impactos severos sobre el recurso suelo (Ulibarry, 2017). Cuando el fuego es muy intenso el calor puede alcanzar de 1.200 °C a 1.400 °C dentro de la masa de ignición, en el suelo superficial puede alzar una temperatura de 500 a 700°C en matorrales y en pastizales hasta de 200°C, suelen ser temperatura alta como para modificar las condiciones del suelo (Navarro et al., 2013). Los efectos del fuego en el suelo son múltiples, pero depende de algunos factores como la intensidad del fuego, la humedad y la carga de combustible (Parsons et al., 2010).

Las propiedades fisicoquímicas del suelo como la textura, pH, la infiltración, entre otras son modificadas por la presencia del fuego en el recurso suelo. Estos impactos producen pérdida de nutrientes, alteración de la vegetación, disminución de la materia orgánica (Ulibarry, 2017), formación de compuestos orgánicos con propiedades hidrófobas (Verma & Jayakumar, 2012), por lo que aumenta la repelencia del agua debido a las altas temperaturas, reduciendo la disposición hídrica y provocando un descenso de la humectación y la infiltración, lo que puede aumentar la escorrentía y la erosión del suelo (Debano, 2000).

3.5 Propiedades físico químicas de los suelos

3.4.1 Infiltración

Es el proceso por el cual el agua de la superficie entra en el suelo, es una medida de la capacidad que tiene el suelo de absorber la precipitación y se mide en milímetros por hora o pulgadas por hora (Úbeda & Delgado, 2018).

3.4.2 Humedad

Se define como la cantidad de agua que contiene un líquido o sólido por medio de absorción o adsorción, existe algunos tipos de humedad dependiendo de las fuerzas que actúan sobre las moléculas del suelo, su composición y estructura; humedad gravitacional, humedad capilar y humedad hidroscofia (Caicedo et al., 2021).

3.4.3 Textura

Es el contenido de partículas con diferente tamaño como la arena, arcilla y limo que existen en los horizontes del suelo (Ibáñez & Moreno, 2014).

3.4.4 Conductividad eléctrica y pH

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la concentración de sales. Por otro lado, el pH indica que tan ácido o alcalino es un suelo, es un indicador del ambiente que mide la concentración de ion hidrógeno en el suelo (Cremona & Enríquez, 2020).

3.4.5 Materia orgánica del suelo (MOS)

Julca et al. (2006) define a la MOS como una sustancia orgánica de color oscuro pardo y negro resultado de la descomposición de la vegetación. Necesaria para la producción primaria, la regulación y purificación del agua, secuestro de carbono, el desarrollo de la biodiversidad y el ciclo de los nutrientes (Michel & Grand, 2020).

3.4.6 Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio

Los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio son muy importantes y cumplen numerosas funciones en el suelo (Zambrano et al., 2020). La productividad de los ecosistemas terrestres dependen de estos componentes ya que el crecimiento de la vegetación está estrechamente relacionada con la concentración de estos nutrientes (Cerón & Aristizábal, 2012). El nitrógeno es el principal motor de crecimiento de las plantas (Acevedo, 2011), el fósforo juega un papel importante en la transferencia de energía, esencial para la fotosíntesis (Tapia & García, 2013). El potasio es un constituyente primordial de proteínas (Kyrkby & Römheld, 2007).

Capítulo 4. Metodología

4.1 Análisis de las investigaciones realizadas sobre los efectos de los incendios en las propiedades del suelo de páramo en Ecuador y sus principales características

El presente caso de estudio es de tipo revisión sistemática con datos secundarios, señalando que una revisión sistemática es un conjunto de resúmenes y estructuras de la información disponible en distintas bases de datos la cual está orientada a responder una inquietud específica (Moreno et al., 2018). Esta investigación propone realizar una revisión sistemática de documentos actualizados disponibles en bases de datos con el fin de responder a la siguiente pregunta: ¿Qué estudios se han realizado sobre los efectos de los incendios en el suelo de páramo en Ecuador y cuáles son los resultados?

4.1.1 Búsqueda en base de datos

Para la búsqueda de la información se establecieron criterios de búsqueda como documentos publicados entre los años 2015 y 2023, estudios en inglés y español y se consideró las bases de datos correspondientes a Scielo, Google académico y Dialnet Sciencedirect. Se incluyeron las siguientes palabras claves: Incendio forestales, páramo del Ecuador, fuego, propiedades físico-químicas del suelo.

4.1. 2 Selección de artículos

En este apartado se seleccionó los estudios considerando criterios de inclusión tales como, haber sido publicado a partir del año 2015 , estudios en inglés y español, que describa la información necesaria para el caso de estudio en desarrollo e información con datos cuantitativos con acceso a texto completo , tesis de grado y posgrado ,calidad del documento e investigaciones realizadas en páramos ecuatorianos .Para los criterios de exclusión se consideró estudios publicados previo al 2015, estudios realizados en otro idioma que no sea inglés o español, publicaciones que no tengan acceso al texto completo , e investigaciones desarrolladas en ecosistemas que no sean páramos.

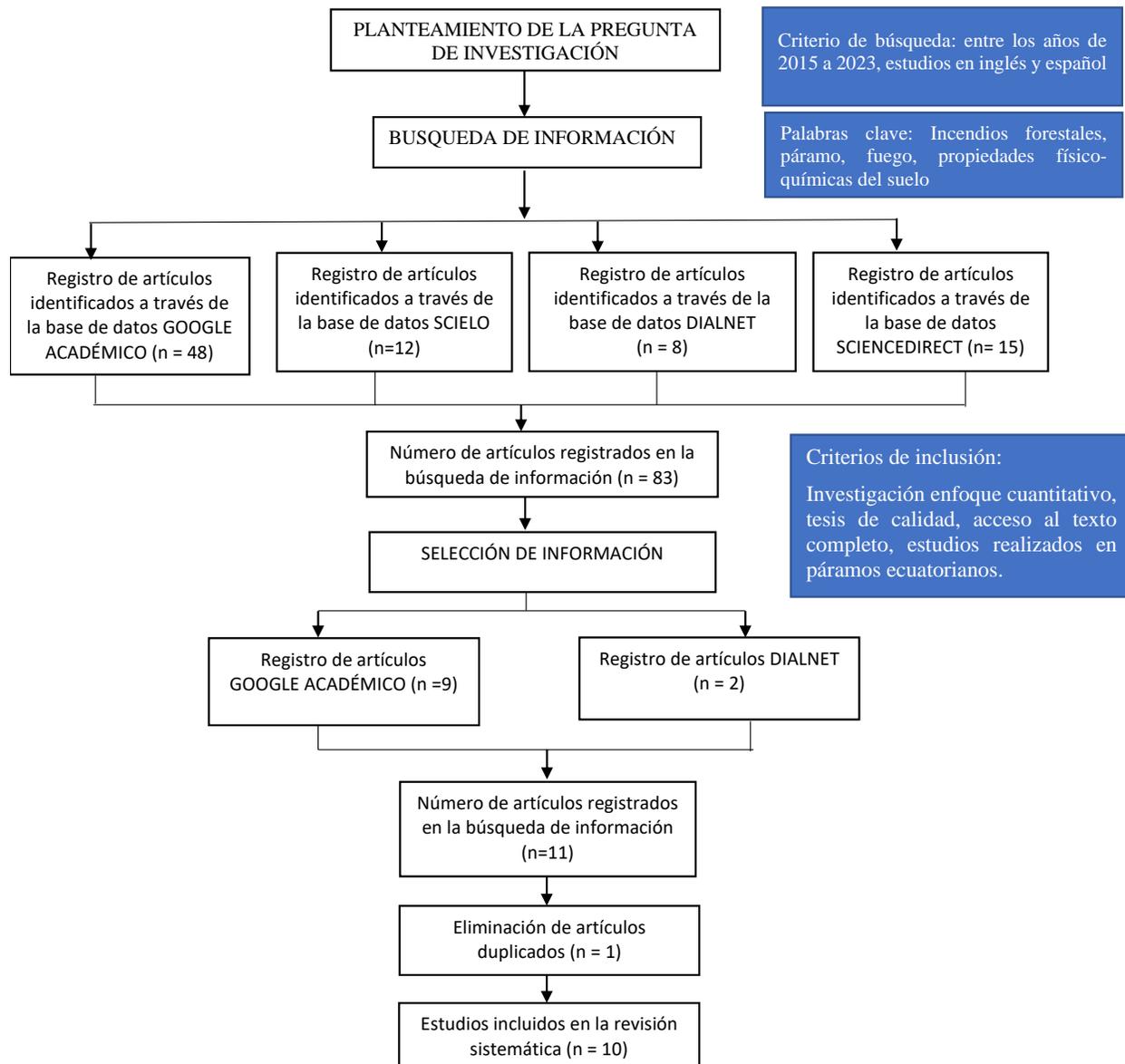
Procedimiento

Figura 1. Diagrama de flujos selección de estudios

4.1.3 Extracción y análisis de información

Para realizar el análisis de la información de forma sistemática y estandarizada se generó una matriz general en Excel en la que se incluyeron todas las investigaciones previamente seleccionadas (figura 1). Se recopiló la información de las 10 publicaciones con las variables principales establecidas: Autor, año, sitio de estudio, tipo de suelo, provincia, universidad, nombre de la revista o medio de publicación.

De igual manera se determinó las variables específicas: propiedades físicas (textura y humedad) propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio).

Tomando en cuenta la matriz que se generó se realizaron cálculos y se resumió datos para dar respuesta a la pregunta de investigación planteada.

4.2 Identificación de los principales parámetros del suelo que han sido evaluados para estudiar el impacto de los incendios del páramo en Ecuador

A partir de la matriz general de datos previamente generada, se realizó una nueva matriz enfocada en determinar los principales parámetros del suelo que fueron evaluados dentro de las publicaciones seleccionadas para la revisión sistemática.

Autor(es)	Año	Propiedades físicas			Propiedades químicas				
		Textura	Humedad	pH	Conductividad eléctrica	MOS	Nitrógeno	Fósforo	Potasio

En la matriz nueva se enlistó exclusivamente los campos de: autor, año, propiedades físicas (textura y humedad) y propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio). Posteriormente se contabilizó el número de parámetros estudiados por cada autor.

4.3 Revisión de los principales efectos significativos de los incendios sobre las propiedades del suelo de páramo en Ecuador

Se extrajo la información sobre los autores, año de publicación y sitio de estudio de la matriz general y se realizó nuevas matrices más pequeñas en la que se incluyó nuevos campos: intensidad del incendio y las propiedades físicas (textura y humedad) y químicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio).

Autor y Año	Sitio de estudio	Intensidad del incendio	Propiedad física y química

Para colocar en la matriz los datos de las propiedades físicas y químicas de los suelos con quema y suelos sin quema, se extrajo los valores de los distintos análisis realizados por los autores de cada publicación previamente seleccionada y se calculó el promedio a través de la siguiente fórmula aritmética.

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n}{N}$$

Capítulo 5. Resultados y discusión

5.1 Principales investigaciones realizadas sobre los efectos de los incendios en las propiedades del suelo de páramo en Ecuador

Se estudiaron un total de 10 publicaciones, 9 estudios fueron tesis de grado y una de posgrado (Tabla 1).

Los estudios fueron realizados en diferentes suelos paramos del Ecuador: en la Reserva ecológica del Antisana (2 investigaciones), Victoria del Portete, Granja Irquis, Páramo Pesillo, Páramo Paquiestancia, Parque Nacional Cajas, Parque Nacional Cayambe, Cochas y en la Microcuenca del Río La Chimba (Tabla 1, Figura 2).

Pichincha y Azuay fueron las provincias con más información acerca de los efectos que producen los incendios forestales en las propiedades físicas y químicas del suelo páramo. Los suelos en su mayoría fueron clasificados como andosoles e histosoles, esto debido a que los páramos son de origen volcánico, con humedales y con una gran cantidad de materia orgánica (Tabla 1: Figura 2 y 3).

Los resultados mostraron que la mayor parte de las investigaciones fueron realizados por Ingenieros Ambiental y seguido por Ingeniero Agrónomos. Las universidades con más publicaciones acerca del tema en estudio fueron la Universidad Politécnica Salesiana Sede de Quito con 5 investigaciones y la Universidad de Cuenca con dos investigaciones (Tabla 2: Figura 4).

Tabla 1. Investigaciones sobre el efecto de los incendios en suelos de páramo realizadas en Ecuador

Autor(es)	Año	Sitio de estudio	Altitud	coordendas x	coordendas y	Tipo de suelo	Provincia
Cárdenas, D. y Zapata, E.	2015	Reserva ecológica del Antisana	3.100 msnm	798273	9950869	Andisol e Inceptisol	Pichincha
Mendieta, H.	2017	Microcuenca río Irquis, Victoria del Portete	3.300 msnm	703635	9659060	Andisol e Histosol	Azuay
Carrera, L.	2018	Reserva ecológica del Antisana	3.100 msnm	790335	9940815	Andisol e Inceptisol	Pichincha
Quito, S. y Serrano, J.	2018	Granja Irquis	3.000msnm	714648	9656762	Andisoles e Histosol	Azuay
Gualan, A. y Orbe, K.	2019	Pesillo- Cayambe	3.800 msnm	810973	10008019	Andisoles	Pichincha
Mena, L. y Ortega, A.	2020	Paramo del Paquiestacia-Cayambe	3.352 msnm	780810	9985794	Molisoles, Andisoles, Entisoles e Inceptisoles	Pichincha
Cáceres, L.	2022	Área de amortiguamiento del Parque Nacional Cajas	3.693 msnm	704231	9693491	Andisoles	Azuay
Farinango, J. y López, T.	2022	Parque Nacional Cayambe Coca	2.000 msnm	819650	9978905	Andisol e Histosol	Pichincha
Garrido, L.	2022	Cochas	3.400 msnm	799202	10044409	Entisol y Molisol	Imbabura
Suntaxi; J. y Toscano, J.	2022	Microcuenca río La Chimba, Olmedo, Cayambe	2.800msnm	788089	10000289	Andosol y Molisol	Pichincha

Nota: Elaboración propia

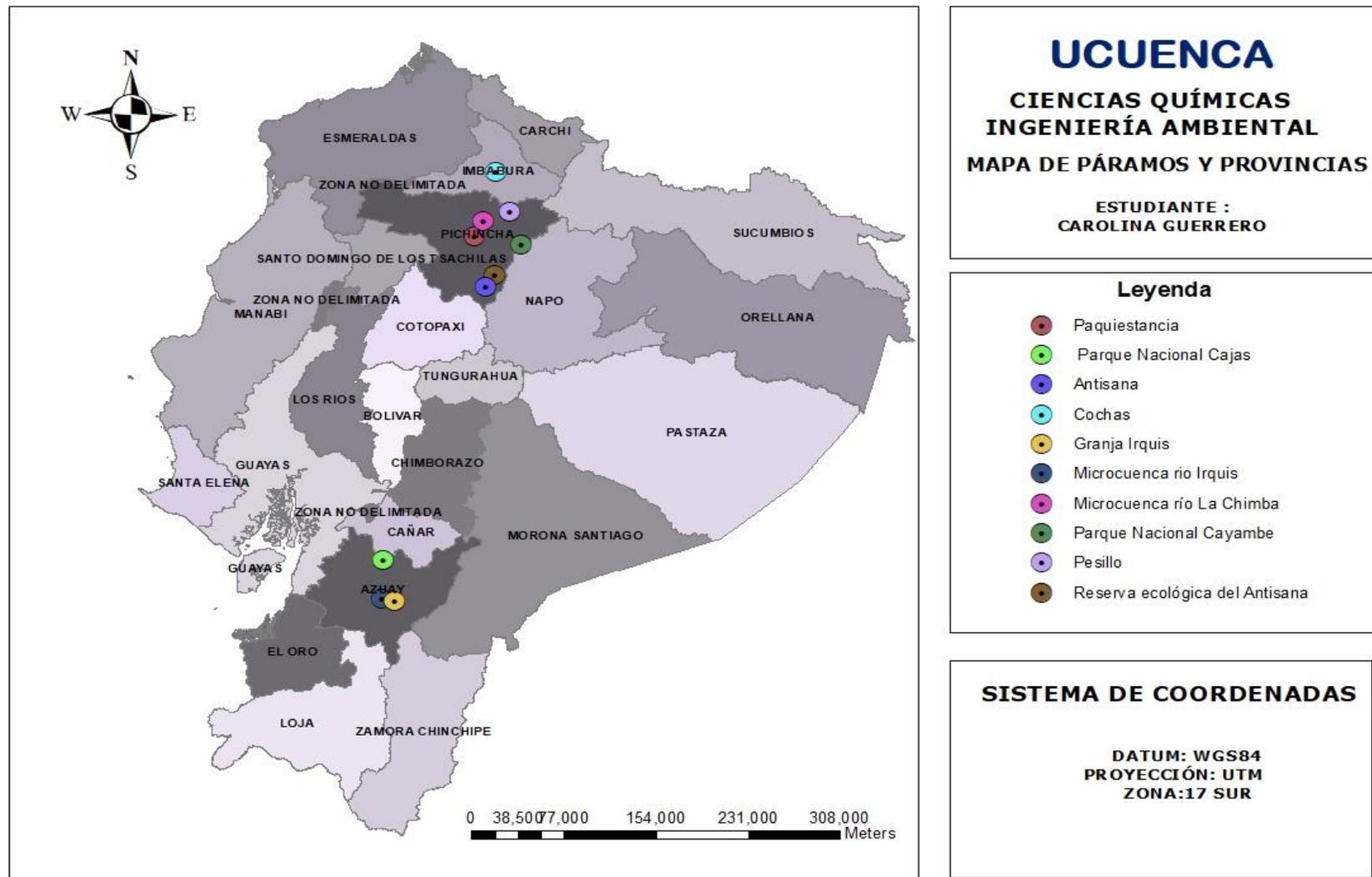


Figura 2. Mapa de páramos y provincias estudiadas

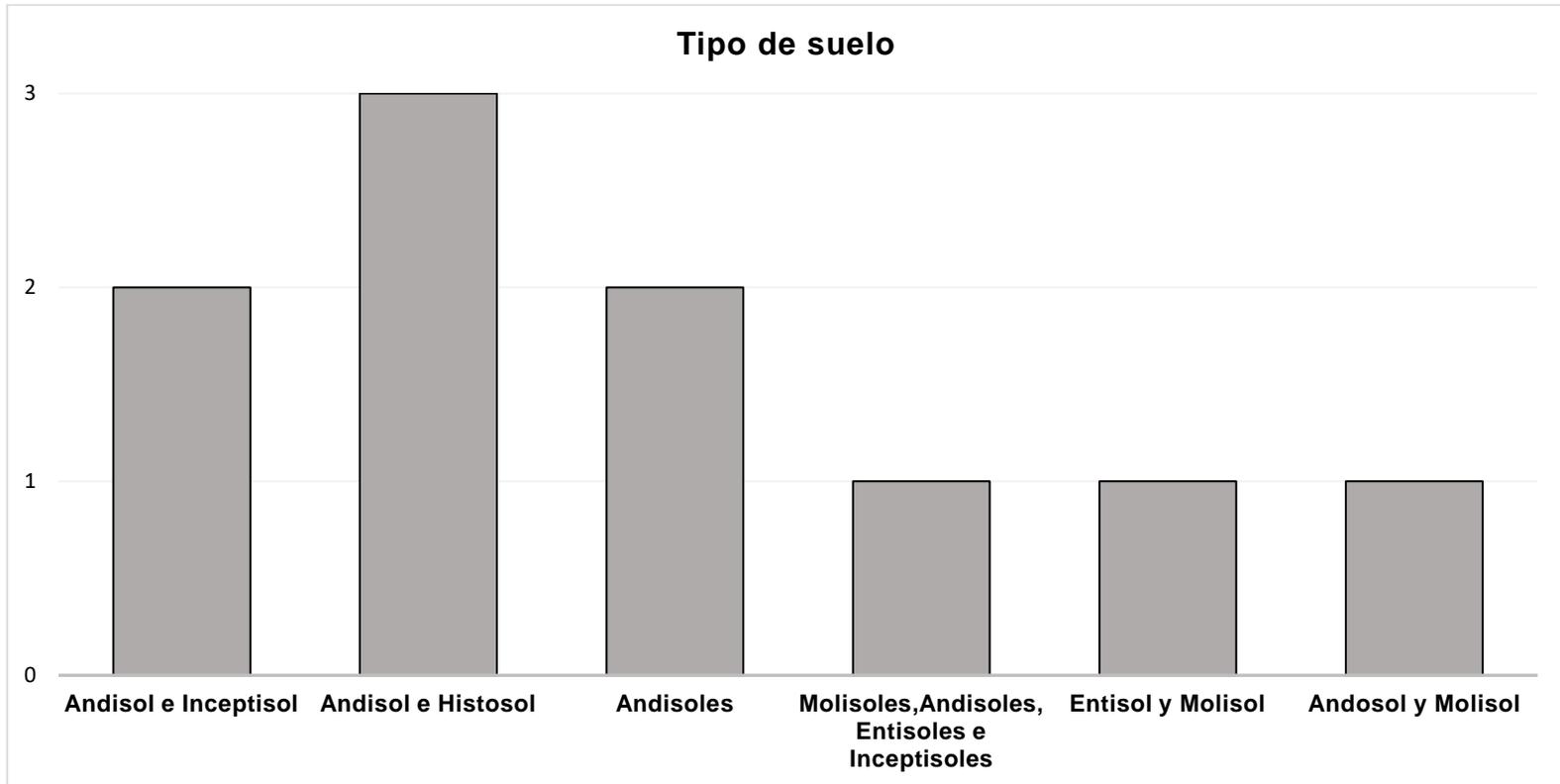


Figura 3. Clasificación del tipo de suelos existentes en los páramos del Ecuador

Tabla 2. Universidad, revista científica y código de publicación de las investigaciones sobre el efecto de los incendios en suelos de páramo realizadas en Ecuador

Autor(es)	Año	Universidad	Nombre de la revista o medio de publicación	DOI, HANDLE, o indenficator
Cárdenas, D. y Zapata	2015	Universidad Politécnica Salesiana sed	Tesis de Grado de Ingeniero Ambiental	https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10083
Mendieta, H.	2017	Universidad del Azuay	Tesis de Maestría en Gestión Ambiental	https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7040
Carrera, L.	2018	Universidad Politécnica Salesiana sed	Tesis de Grado de Ingeniero Ambiental	https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13734
Quito, S. y Serrano, J.	2018	Universidad de Cuenca	Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo	http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/38926
Gualan, A. y Orbe, K.	2019	Universidad Politécnica Salesiana sed	Tesis de Grado de Ingeniero Ambiental	http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17695
Mena, L. y Ortega, A.	2020	Universidad Politécnica Salesiana sed	Tesis de Grado de Ingeniero Ambiental	https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18607
Cáceres, L.	2022	Universidad de Cuenca	Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo	http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/40355
Farinango, J. y López	2022	Universidad Técnica del Norte	Tesis de Grado de Ingeniero en Biotecnología	http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13309
Garrido, L.	2022	Universidad Técnica del Norte	Tesis de Grado de Ingeniero Forestal	http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12796
Suntaxi, J. y Toscano,	2022	Universidad Politécnica Salesiana sed	Tesis de Grado de Ingeniero Ambiental	http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23364

Nota: Elaboración propia

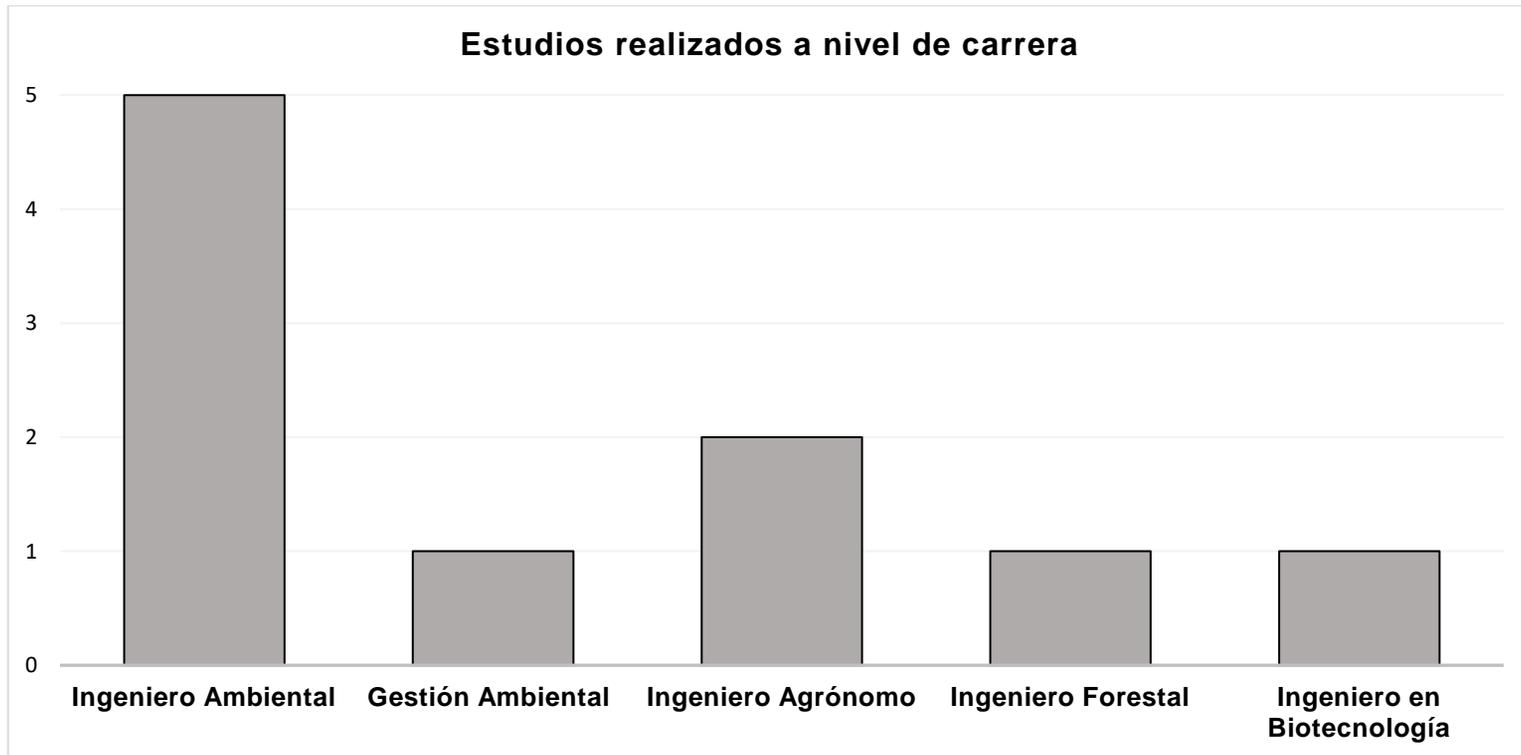


Figura 4. Estudios realizados a nivel de carrera

5.2 Parámetros del suelo que han sido evaluados para estudiar el impacto de los incendios del páramo en Ecuador

Se estudiaron un total de 8 parámetros, 2 propiedades físicas (textura y humedad) y 6 propiedades químicas (Materia orgánicas del suelo, pH, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo y potasio).

Los resultados indicaron que los autores Gualan y Orbe (2019) analizaron 7 parámetros, seguido Cárdenas y Zapata (2015), Mendieta (2017), Carrera (2018), Quito y Serrano (2018), Mena y Ortega (2020) y Garrido (2022) los cuales estudiaron 6 propiedades en los páramos ecuatorianos (Tabla 3: Figura 5).

Carrera, Cárdenas y Zapata estudiaron 2 propiedades físicas (textura y humedad) y 4 propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y nitrógeno). Mendieta, Quito y Serrano analizaron 6 parámetros químicos (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio). Gulan y Orbe estudiaron 1 propiedad física (textura) y 6 propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio) (Tabla 3: Figura 5).

Cáceres estudió 2 parámetros químicos (pH y conductividad eléctrica). Farinango analizó 5 propiedades químicas (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio). Garrido estudió 1 parámetro físico (textura) y 5 parámetros químicos (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio). Sintaxis y Toscano estudiaron 1 parámetro físico (textura) y 2 propiedades químicas (pH, materia orgánica) (Tabla 3: Figura 5).

El pH fue el parámetro mayormente analizado, seguido de la materia orgánica y el nitrógeno (Tabla 3: figura 6).

Tabla 3. Principales parámetros del suelo evaluados en las investigaciones realizadas en Ecuador sobre el efecto de los incendios en el Páramo

Autor(es)	Año	Propiedades físicas			Propiedades químicas				
		Textura	Humedad	pH	Conductividad eléctrica	MOS	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Cárdenas, D. y Zapata, E.	2015	x	x	x	x	x	x		
Mendieta, H.	2017			x	x	x	x	x	x
Carrera, L.	2018	x	x	x	x	x	x		
Quito, S. y Serrano, J.	2018			x	x	x	x	x	x
Gualan, A. y Orbe, K.	2019	x		x	x	x	x	x	x
Mena, L. y Ortega, A.	2020	x		x		x	x	x	x
Cáceres, L.	2022			x	x				
Farinango, J. y López, T.	2022			x		x	x	x	x
Garrido, L.	2022	x		x		x	x	x	x
Suntaxi, J. y Toscano, J.	2022		x	x		x			

Nota: Elaboración propia

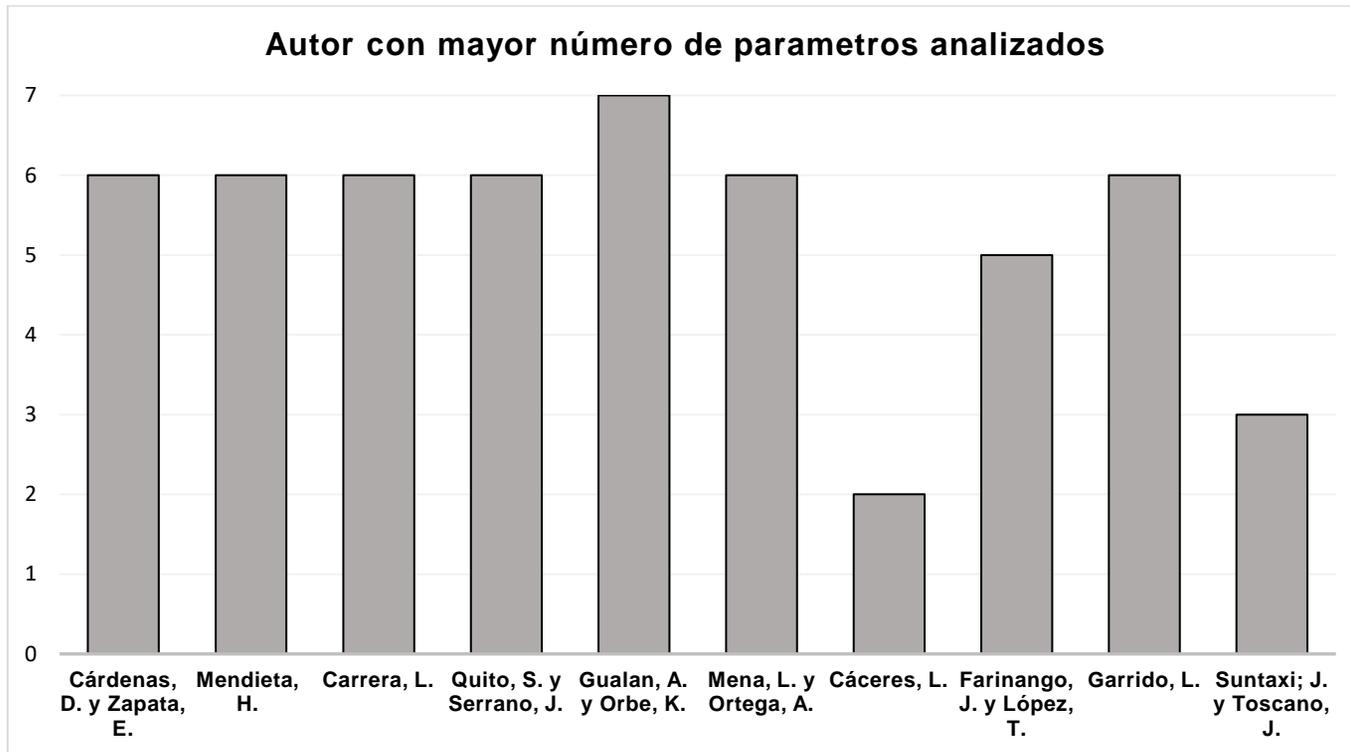


Figura 5. Número de parámetros estudiados por autores

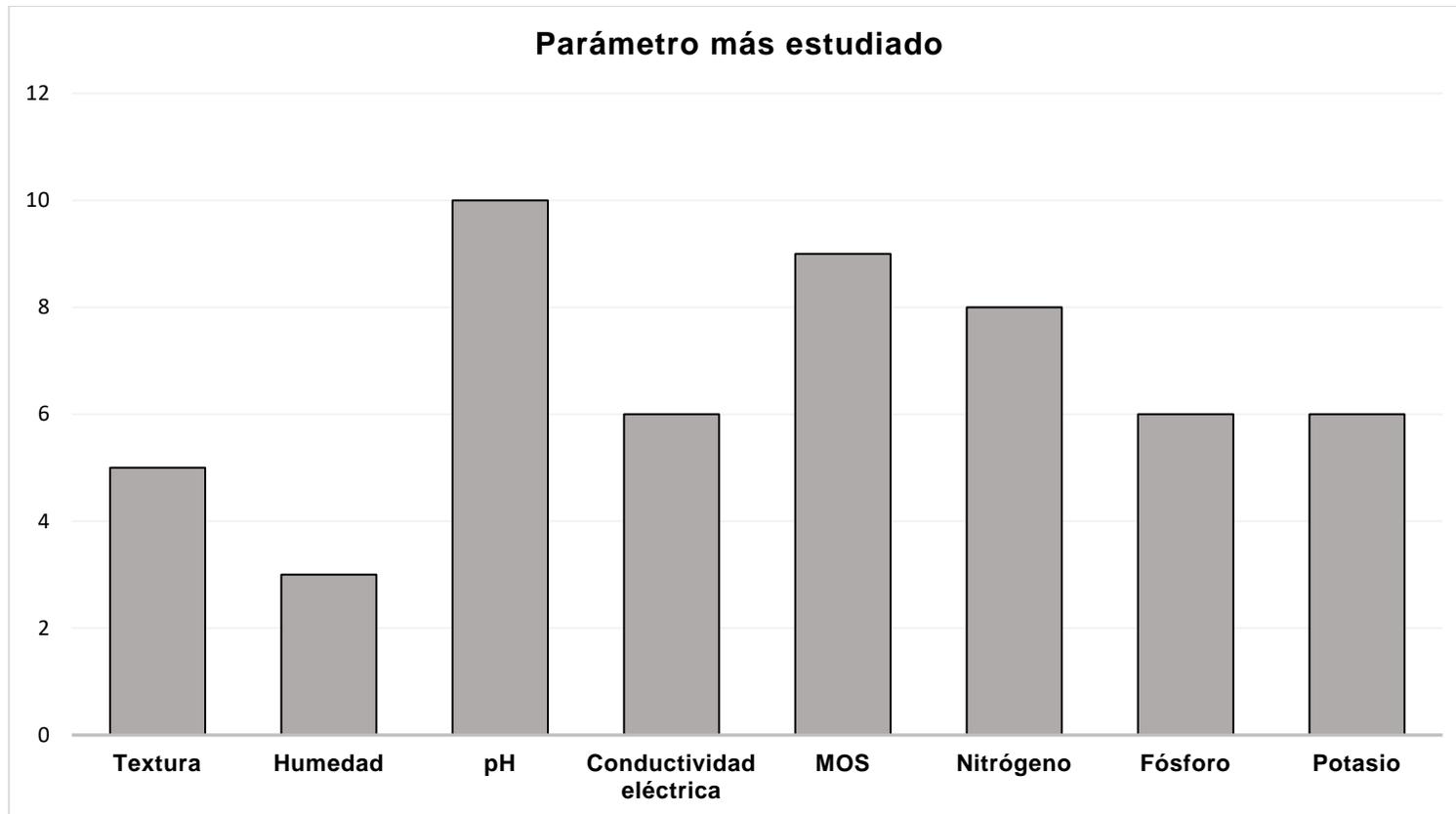


Figura 6. Parámetro con mayor número de estudios

5.3 Efectos significativos de los incendios sobre las propiedades del suelo de páramo en Ecuador encontrados en las publicaciones

5.3.1 Efectos de los incendios sobre la textura del suelo de páramo en Ecuador

Los resultados mostraron que en la textura del suelo páramo el porcentaje de arena en zonas sin quema y con quema hubo cambios, pero no muy significativos. En los dos estudios realizados en el Páramo del Antisana a una intensidad baja y mediana de quema los valores se mantuvieron iguales a los valores del páramo sin quema. En Cochas no se modificó el porcentaje de arena con la presencia del incendio. Sin embargo, en el Páramo de Pesillo el porcentaje de arena aumentó un 4 % (Tabla 4: figura 7).

En cuanto al porcentaje de limo en los páramos de Pesillo y Cochas con la presencia de la quema los valores disminuyeron, esto se debe a factores como la vegetación que existía en el área sin quema. Por lo contrario, en el páramo del Antisana a una quema de media intensidad el porcentaje de arena se mantuvo igual al valor sin quema, se observó que al realizar la quema a una alta intensidad el porcentaje de arena disminuyó un 2 %. En la Reserva Ecológica del Antisana la quema a mediana intensidad no modificó el porcentaje de limo del suelo, sin embargo, al incrementar la intensidad en este tipo de suelo el contenido de arena aumentó un 11 %. El Páramo de Paquiestancia el contenido de limo con una quema de baja intensidad disminuye con respecto al valor inicial de limo, pero al aumentar la intensidad a media y alta el contenido de limo aumentó (Tabla 4; figura 8).

Con respecto a la cantidad de arcilla los páramos del Antisana y Pesillo presentaron una disminución del nutriente con la presencia del fuego. En la Reserva Ecológica del Antisana y Paquiestancia los valores de arcilla mostraron ciertas variaciones a medida que se aumenta la intensidad de la quema. En Cochas el contenido de arcilla aumentó un 2 % en el suelo quemado (Tabla 4; figura 9).

Tabla 4. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad TEXTURA del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador

Autor y Año	Sitio de estudio	Intensidad del incendio	Textura del suelo		
			Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramos del Antisana	<i>Sin quema</i>	83.00 a	14.00 a	3.00 a
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramos del Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	83.00 a	14.00 a	2.00 b
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramos del Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	86.00 c	12.00 b	1.00 c
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Sin quema</i>	80.00 a	14.00 a	5.00 a
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de baja intensidad</i>	80.00 a	13.00 b	7.00 b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	76.00 c	14.00 a	10.00 c
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	69.00 d	25.00 c	6.00 d
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Pesillo- Cayambe	<i>Sin quema</i>	56.93 a	40.33 a	2.73 a
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Pesillo- Cayambe	<i>Quema(no indica intensidad)</i>	70.40 b	27.07 b	2.60 b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Sin quema</i>	55.08 a	34.04 a	23.40 a
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de baja intensidad</i>	61.85 b	28.05 b	9.45 b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de mediana intensidad</i>	59.65 c	29.06 c	10.55 c
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de alta intensidad</i>	58.62 d	30.30 d	10.55 c
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Sin quema</i>	53.00 a	31.00 a	16.00 a
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Quema(no indica intensidad)</i>	53.00 a	29.00 b	18.00 b

Nota: Elaboración propia

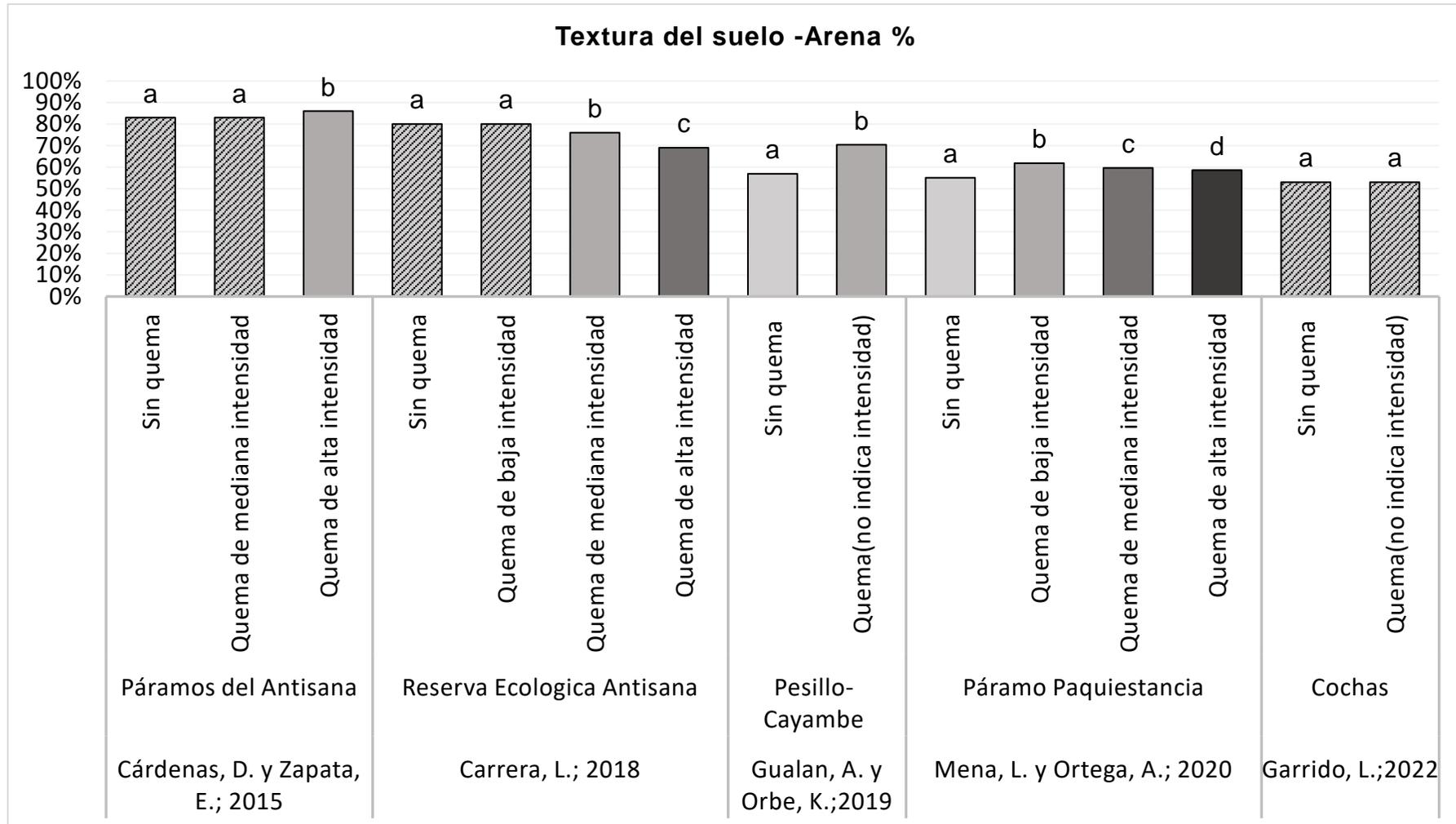


Figura 7. Textura de suelo arenoso antes y después de un incendio en un suelo páramo

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

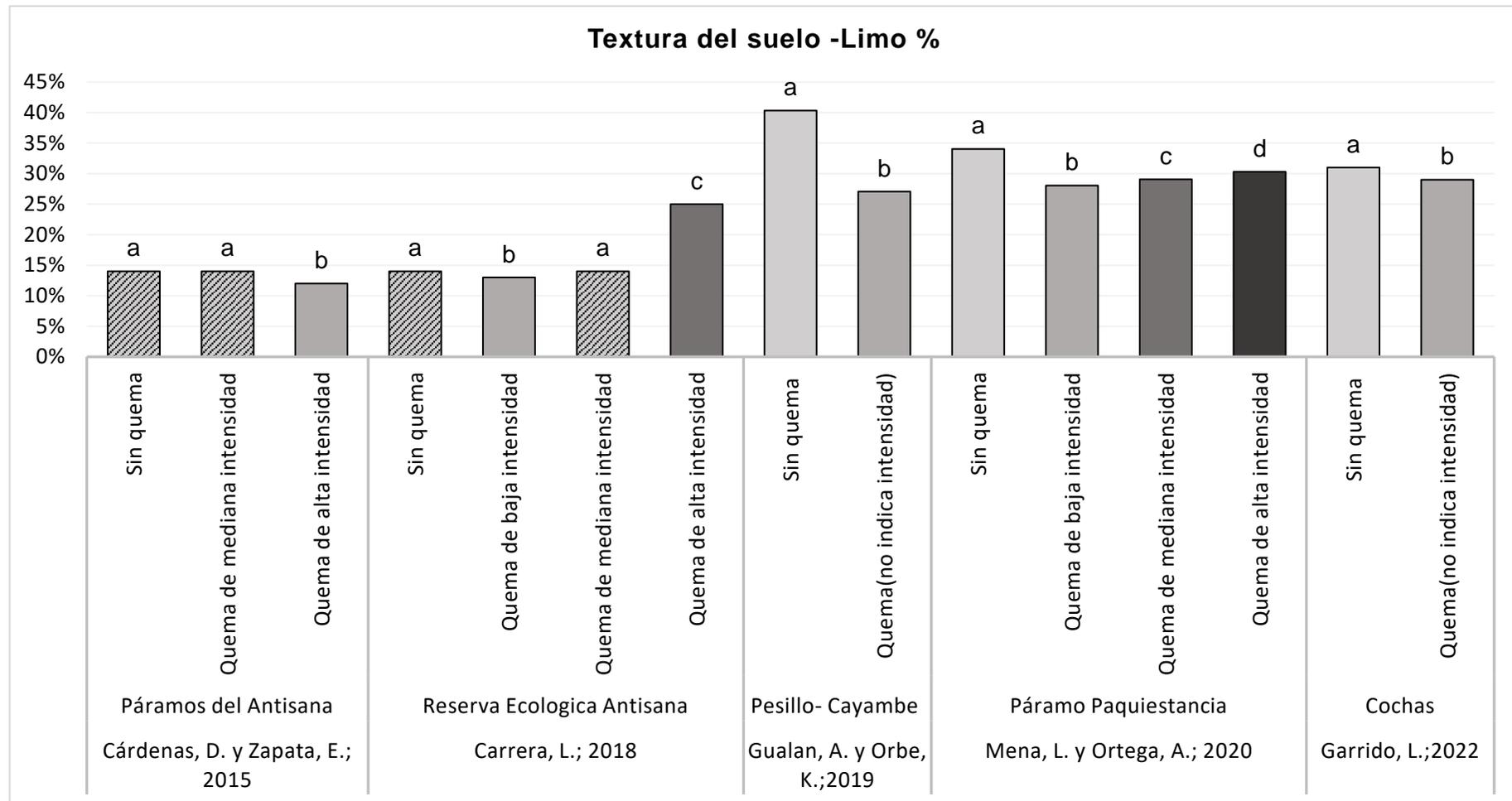


Figura 8. Textura de suelo limo antes y después de un incendio en un suelo páramos

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

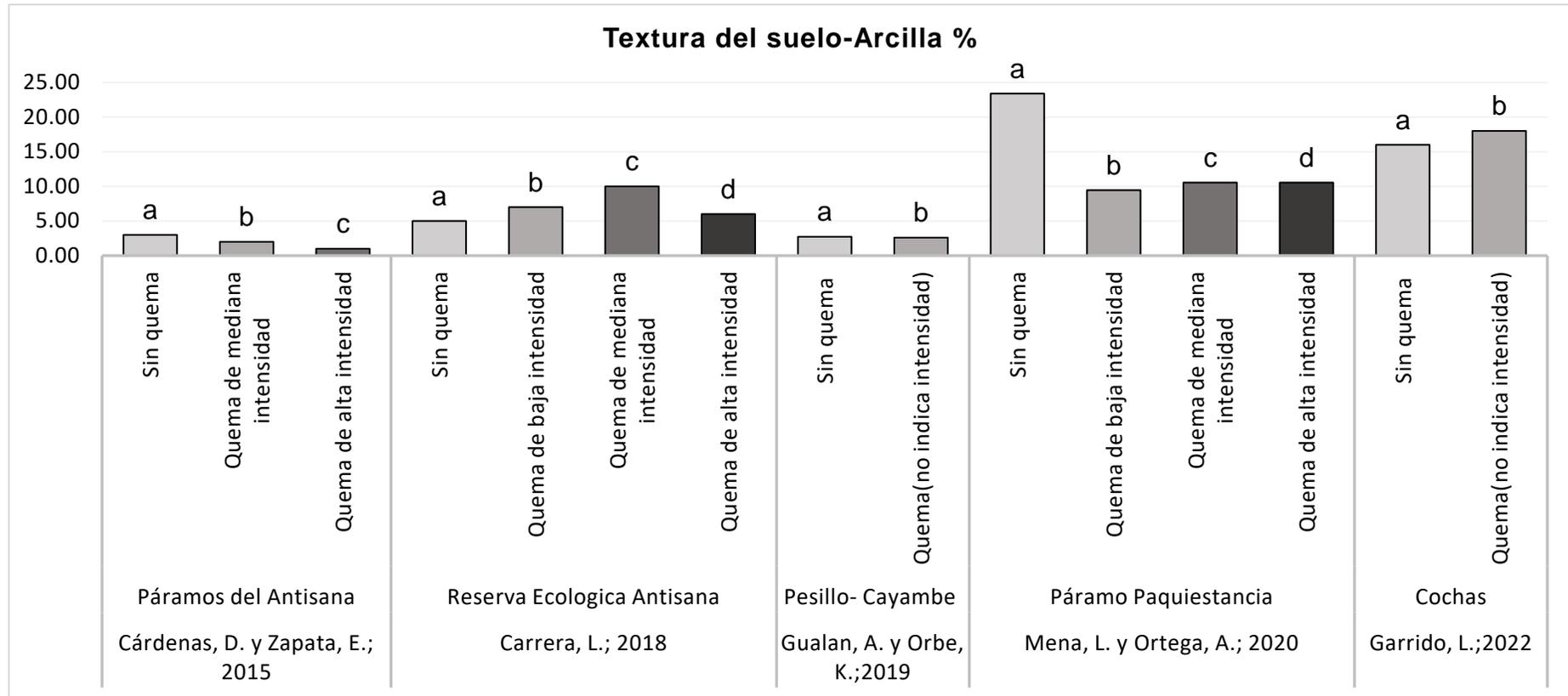


Figura 9. Textura de suelo arcilloso antes y después de un incendio en un suelo páramo

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

5.3.2 Efectos de los incendios sobre la humedad del suelo de páramo en Ecuador

En el páramo de la Microcuenca río La Chimba el contenido de humedad en los suelos sin quema fue relativamente alto (83.34%) en comparación con el páramo Antisana (28.01-35.60 %) (Tabla 5: Figura 10). El contenido de humedad de un suelo depende del tipo de vegetación existente en la zona, la precipitación, la temperatura, entre otros.

Los resultados mostraron una reducción del contenido de humedad en todos los páramos estudiados, se observó que al aumentar la intensidad de la quema el valor de la humedad disminuyó. En el estudio de Carrera (2018) el contenido de humedad disminuye un 92 % en suelos con quema; Suntaxi y Toscano (2022) un 38 %; Cárdenas y Zapata (2015) un 25 % (Tabla 5: Figura 10). La disminución de la humedad en los suelos provoca a largo plazo un descenso de la capacidad de almacenar agua en los suelos paramos debido a que el fuego provocado una tensión en el suelo.

Tabla 5. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad HUMEDAD del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador

Autor y Año	Sitio de estudio	Intensidad del incendio	Humedad (%)	
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramos del Antisana	<i>Sin quema</i>	35.60	a
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramos del Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	26.70	b
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramos del Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	19.82	c
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Sin quema</i>	28.01	a
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de baja intensidad</i>	2.01	b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	2.29	c
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	1.88	d
Suntaxi; J. y Toscano, J.; 2022	Microcuenca río La Chimba, Olmedo, Cayambe	<i>Sin quema</i>	83.34	a
Suntaxi; J. y Toscano, J.; 2022	Microcuenca río La Chimba, Olmedo, Cayambe	<i>Quema(no indica intensidad)</i>	51.31	b

Nota : Elaboración propia

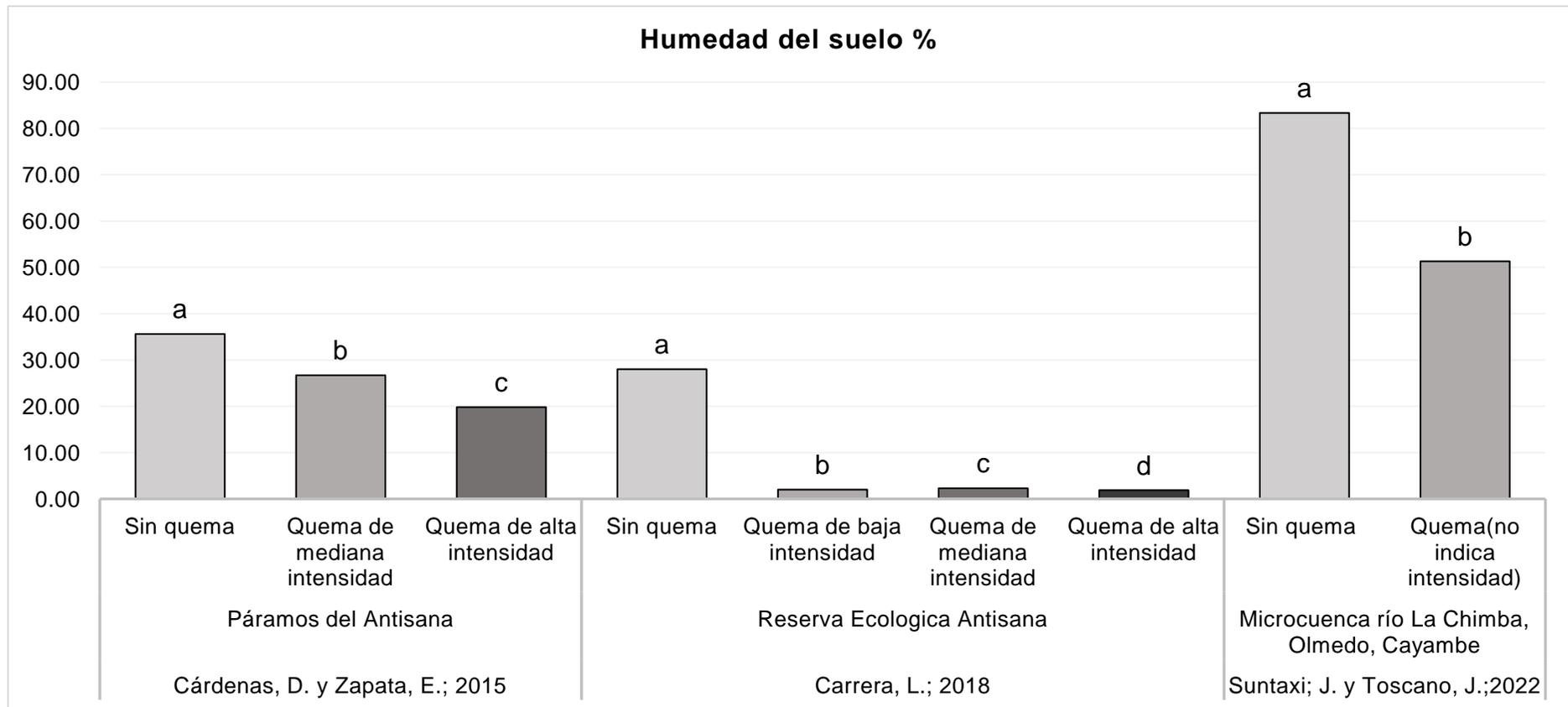


Figura 10. Comparación de la humedad en suelos sin quema y suelo quemada a diferente intensidad

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

5.3.3 Efectos de los incendios sobre el pH del suelo de páramo en Ecuador

Los resultados señalaron que existió variaciones significativas en los valores del pH en los suelos páramos en estudio.

En el caso del Páramo Paquiestancia, se evidenció que al aumentar la temperatura el valor del parámetro aumenta convirtiendo el suelo que originalmente fue ácido a un suelo muy alcalino (sin quema 6.15 – quema de alta intensidad 9.03).

En el Páramo del Antisana igualmente se mostró un aumento del pH (sin quema 5.59 – quema de alta intensidad 7.14), lo que provoca que suelo comience a ser alcalino.

Los páramos de Victoria de Portete, Reserva Ecológica Antisana, Granja Irquis, Pesillo, Parque Nacional Cajas, Parque Nacional Cayambe, Cochas y la Microcuenca Río La Chimba presentaron cambios en los valores del pH tras sufrir la quema del suelo, sin embargo, los cambios no fueron muy significativos (Tabla 6: Figura 11).

Tabla 6. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química pH del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador

Autor y Año	Sitio de estudio	Intensidad del incendio	pH
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Sin quema</i>	5.59 a
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	5.96 b
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	7.14 c
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Sin quema</i>	4.40 a
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	4.10 b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Sin quema</i>	5.46 a
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de baja intensidad</i>	5.51 b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	5.65 c
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	5.88 d
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Sin quema</i>	6.67 a
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	6.04 b
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Sin quema</i>	5.50 a
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	5.01 b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Sin quema</i>	6.15 a
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de baja intensidad</i>	6.17 b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de mediana intensidad</i>	7.96 c
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de alta intensidad</i>	9.03 d
Cáceres, L.; 2022	PNC	<i>Sin quema</i>	6.53 a
Cáceres, L.; 2022	PNC	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	6.00 b
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe Coca	<i>Sin quema</i>	5.20 a
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe Coca	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	4.90 b
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Sin quema</i>	6.15 a
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	6.59 b
Suntaxi, J. y Toscano, J.; 2022	Microcuenca río La Chimba, Olmedo, Cayambe	<i>Sin quema</i>	5.10 a
Suntaxi, J. y Toscano, J.; 2022	Microcuenca río La Chimba, Olmedo, Cayambe	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	5.32 b

Nota: Elaboración propia

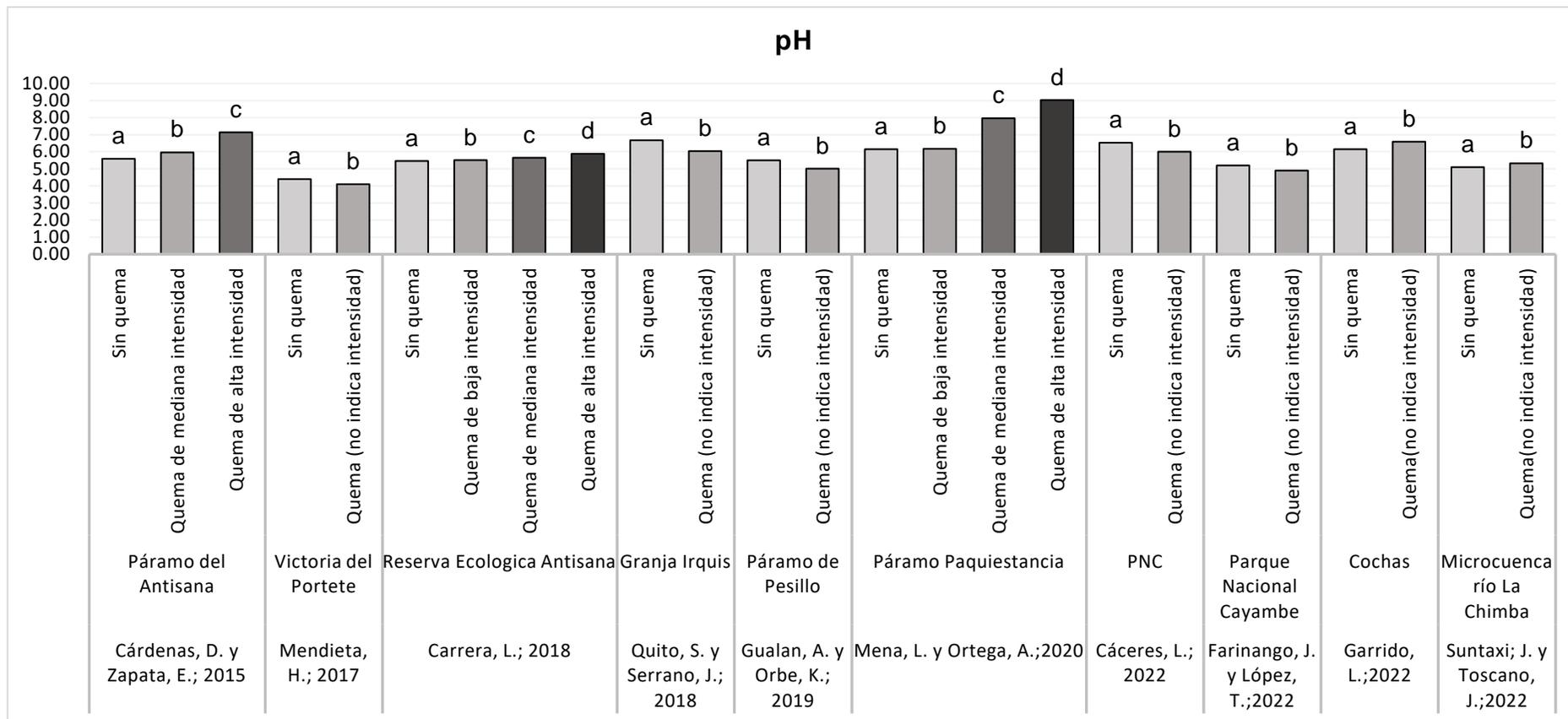


Figura 11. Comparación de los valores de pH en suelos sin quema y suelos con quema

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

5.3.4 Efectos de los incendios sobre la conductividad eléctrica del suelo de páramo en Ecuador

Con relación a los resultados de la conductividad eléctrica se observó un aumento no significativo del parámetro en los páramos del Antisana, Pasillo y Victoria de Portete. La variación de la CE depende del contenido de ceniza presente en el suelo restos del incendio forestal.

El valor de CE en los suelos de la Granja Irquis no hubo modificación alguna.

En la Reserva Ecológica Antisana, el Parque Nacional de Cayambe Coca y en el Parque Nacional Cajas la CE existió una disminución mínima (Tabla 7: Figura 12).

Tabla 7. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química Conductividad eléctrica del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador

Autor y Año	Sitio de estudio	Intensidad del incendio	Conductividad eléctrica ds/m	
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Sin quema</i>	0.56	a
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	0.76	b
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	1.04	c
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Sin quema</i>	0.20	a
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	0.30	b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecológica Antisana	<i>Sin quema</i>	0.35	a
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecológica Antisana	<i>Quema de baja intensidad</i>	0.19	b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecológica Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	0.13	c
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecológica Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	0.10	d
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Sin quema</i>	0.08	a
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	0.08	a
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Sin quema</i>	0.26	a
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	0.36	b
Cáceres, L.; 2022	PNC	<i>Sin quema</i>	0.07	a
Cáceres, L.; 2022	PNC	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	0.05	b

Nota : Elaboración propia

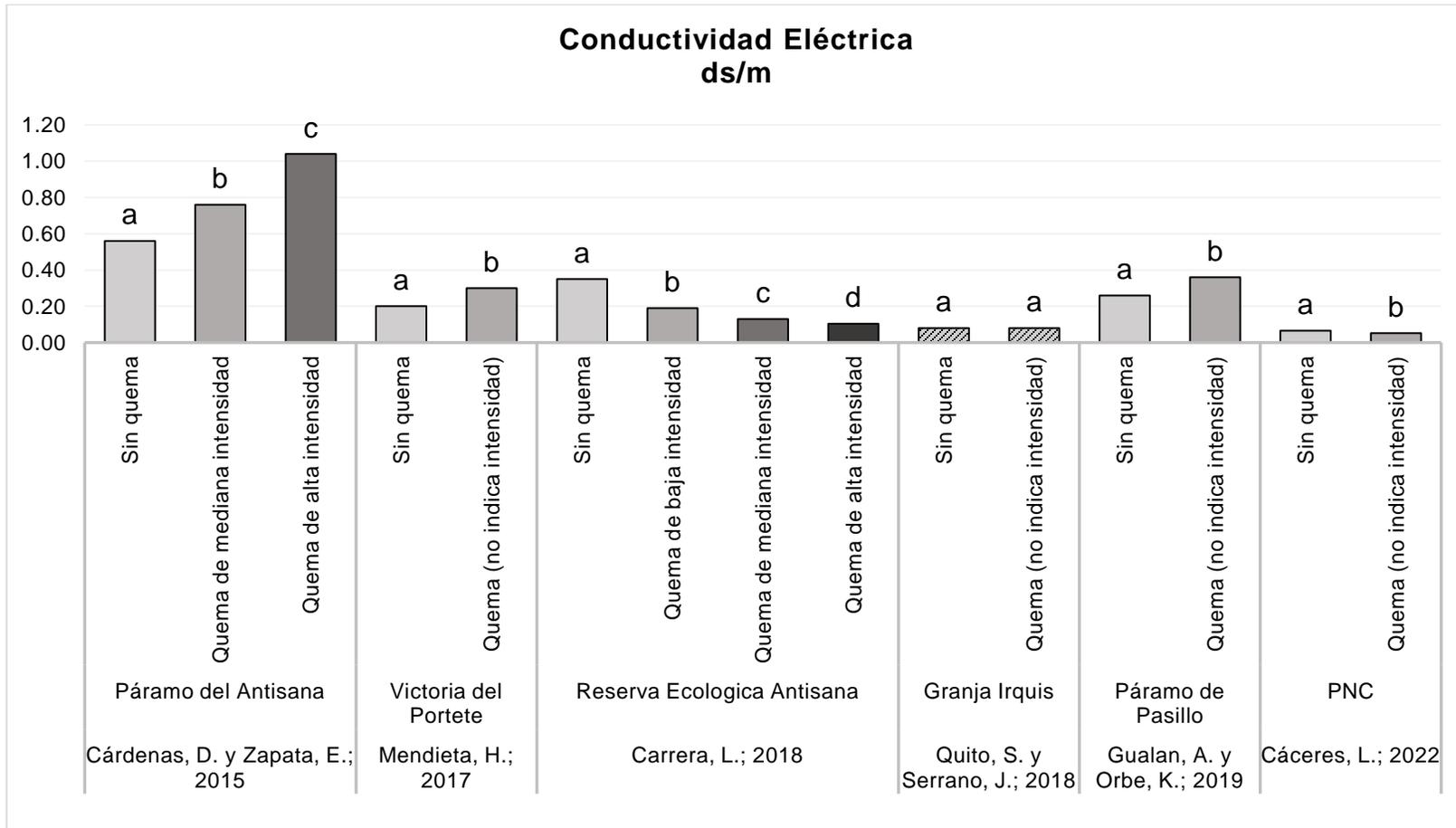


Figura 12. Comparación de los valores de CE en suelos sin quema y suelos con quema

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

5.3.5 Efectos de los incendios sobre el contenido de materia orgánica del suelo de páramo en Ecuador

El Parque Nacional Cayambe fue el páramo que más contenido de materia orgánica del suelo presentó (32 %), seguido del páramo Victoria del Portete (27 %). Por lo contrario, La Reserva Ecológica del Antisana fue el páramo con menor cantidad de materia orgánica (8 %) (Tabla 8).

Los resultados indicaron que el contenido de materia orgánica en el páramo del Antisana a una quema de mediana intensidad disminuyó notoriamente con respecto al valor sin quema, sin embargo, al aumentar la quema a una alta intensidad el porcentaje de MOS volvió a tener el valor inicial del suelo sin quema (Tabla 8: Figura 13).

En los páramos de la reserva de Ecológica Antisana, la Granja de Irquis, el Parque Nacional Cayambe Coca, Cocha y la Microcuenca río La Chimba la materia orgánica se redujo significativamente (Tabla 8: Figura 13).

Tabla 8. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química MOS del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador

Autor y Año	Sitio de estudio	Intensidad del incendio	MOS (%)	
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Sin quema</i>	12.23	a
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	2.43	b
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	12.23	a
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Sin quema</i>	27.80	a
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	25.50	b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecológica Antisana	<i>Sin quema</i>	8.95	a
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecológica Antisana	<i>Quema de baja intensidad</i>	4.67	b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecológica Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	2.60	c
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecológica Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	2.40	d
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Sin quema</i>	9.81	a
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	10.81	b
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Sin quema</i>	18.20	a
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pasillo	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	28.14	b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Sin quema</i>	12.58	a
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de baja intensidad</i>	9.35	b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de mediana intensidad</i>	5.57	c
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de alta intensidad</i>	9.35	b
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe Coca	<i>Sin quema</i>	32.40	a
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe Coca	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	18.00	b
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Sin quema</i>	14.50	a
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	10.80	b
Suntaxi; J. y Toscano, J.; 2022	Microcuenca río La Chimba, Olmedo, Cayambe	<i>Sin quema</i>	12.37	a
Suntaxi; J. y Toscano, J.; 2022	Microcuenca río La Chimba, Olmedo,	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	8.91	b

Nota: Elaboración propia

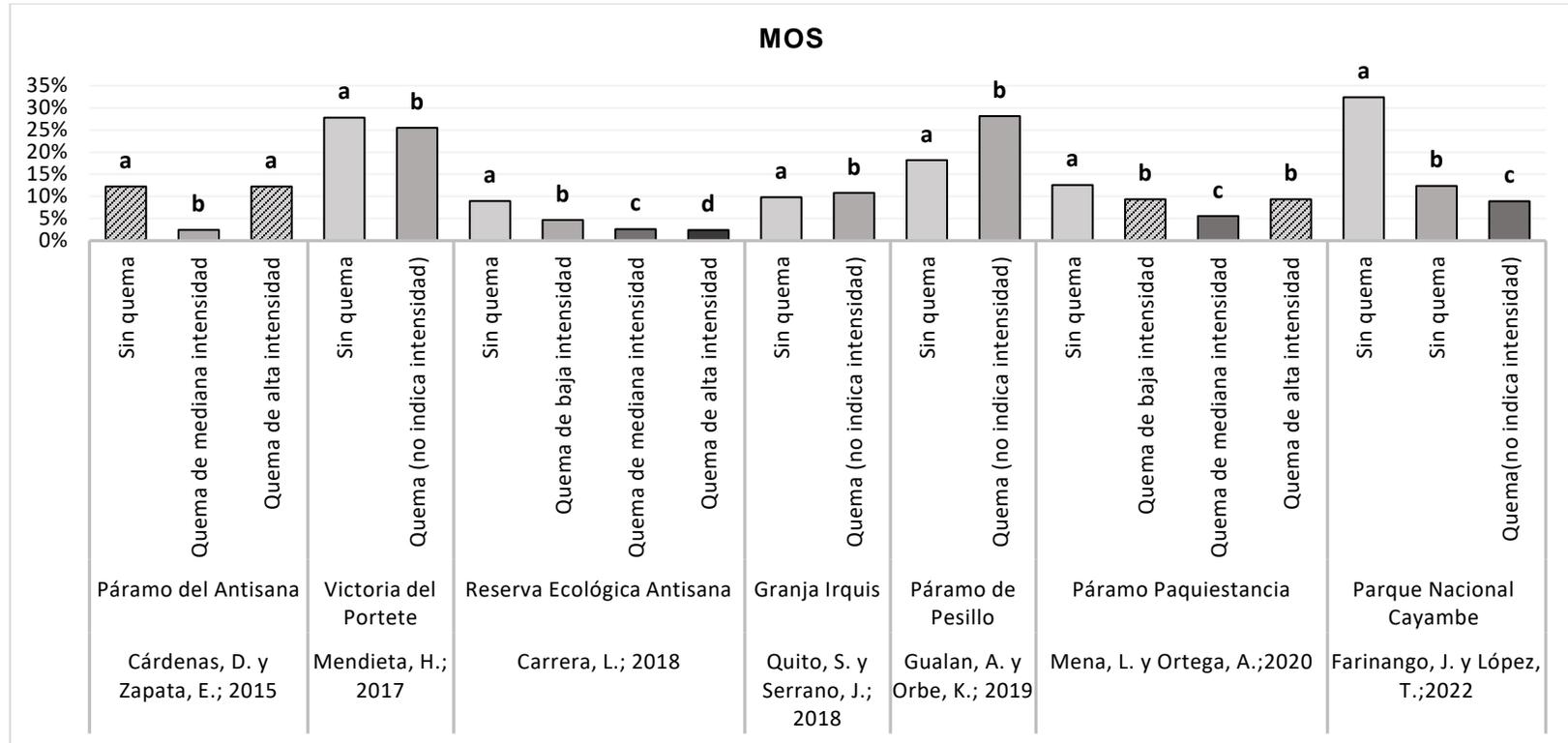


Figura 13. Comparación de los valores de MOS en suelos sin quema y suelos con quema

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

5.3.6 Efectos de los incendios sobre el contenido de nitrógeno del suelo de páramo en Ecuador

El suelo sin quema que más contenido de nitrógeno presentó fue el Páramo de Paquiestancia, seguido Cochas. Esto se debe a que por lo general el ecosistema páramo tiene un alto contenido de materia orgánica (Tabla 9).

Referente a los resultados del nitrógeno se observó que, en el Páramo del Antisana a mediana intensidad, la propiedad química disminuyó al comparar con el valor del suelo sin quema, sin embargo, a medida que la intensidad de quema aumentó el valor del nitrógeno nuevamente ascendió (Tabla 9: Figura 14).

En el suelo de la Granja Irquis, el Páramo de Pesillo y Cochas el contenido de nitrógeno aumentó notoriamente. Por lo contrario, el contenido de N en los páramos de la Reserva Ecológica de Antisana y Páramo de Paquiestancia se redujo significativamente (Tabla 9: Figura 14).

Tabla 9. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química Nitrógeno del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador

Autor y Año	Sitio de estudio	Intensidad del incendio	Nitrógeno mg/kg	
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Sin quema</i>	61.00	a
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	12.00	b
Cárdenas, D. y Zapata, E.; 2015	Páramo del Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	31.00	c
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Sin quema</i>	103.70	a
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	121.00	b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Sin quema</i>	42.00	a
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de baja intensidad</i>	24.00	b
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de mediana intensidad</i>	13.00	c
Carrera, L.; 2018	Reserva Ecologica Antisana	<i>Quema de alta intensidad</i>	12.00	d
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Sin quema</i>	34.00	a
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	39.00	b
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Sin quema</i>	91.00	a
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	141.00	b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Sin quema</i>	63.00	a
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de baja intensidad</i>	48.00	b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de mediana intensidad</i>	16.00	c
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de alta intensidad</i>	8.00	d
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe	<i>Sin quema</i>	390.00	a
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	140.00	b
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Sin quema</i>	250.00	a
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	258.00	b

Nota: Elaboración propia

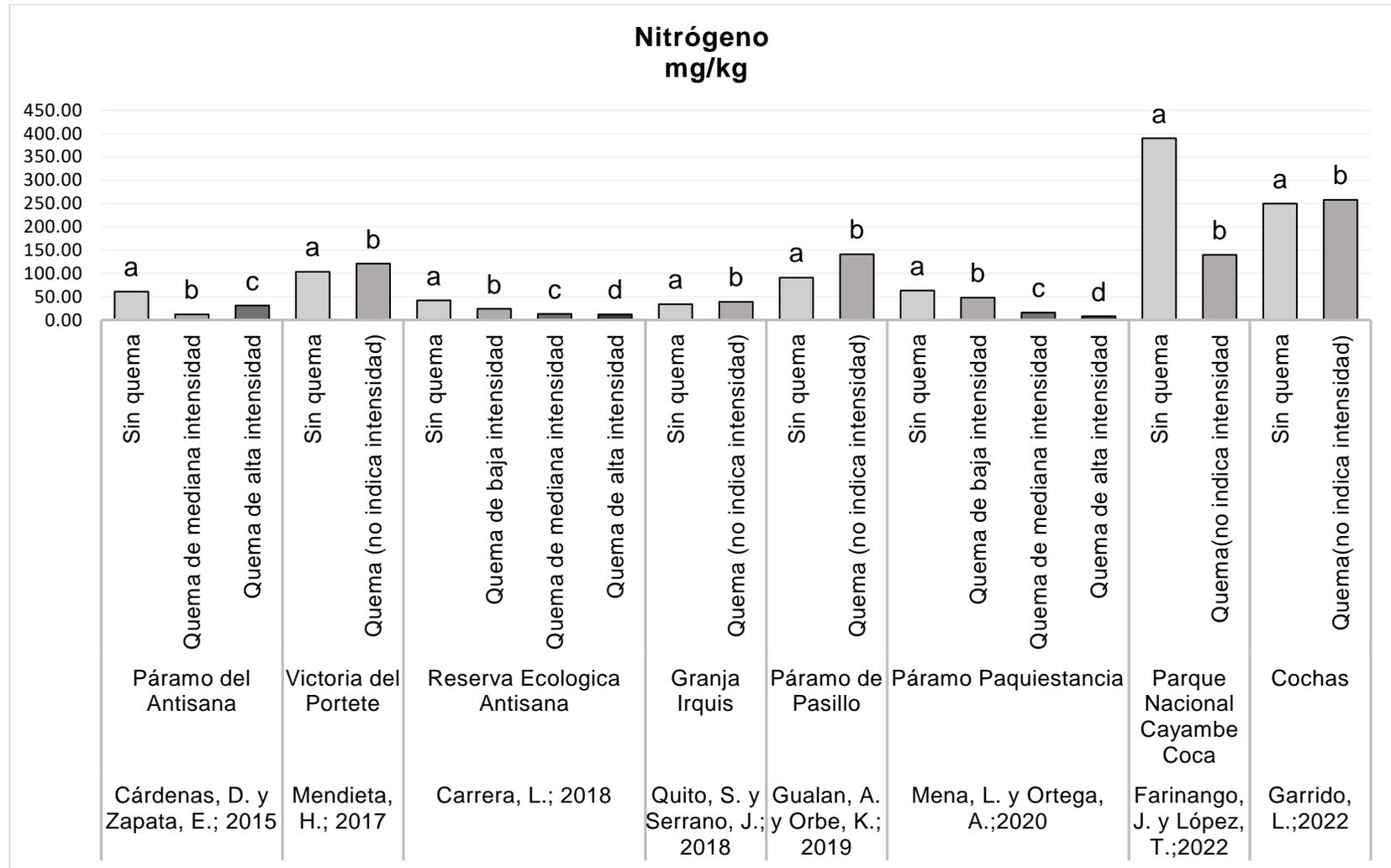


Figura 14. Comparación de los valores de nitrógeno en suelos sin quema y suelos con quema

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

5.3.7 Efectos de los incendios sobre el contenido de fósforo del suelo de páramo en Ecuador

Los páramos en estudio presentaron un aumento significativo en los valores de fósforo en suelos incendiados con respecto a suelos no quemados.

Los resultados indicaron que el Páramo Paquiestancia fue el que mayores cambios en el contenido de fósforo presentó, ya que a medida que la intensidad de fuego aumentó la concentración del P se elevó significativamente (Tabla 10: Figura 15). Estos incrementos se dan principalmente por la gran cantidad de cenizas que deja el incendio en los suelos.

Tabla 10. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química fósforo suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador

Autor y Año	Sitio de estudio	Intensidad del incendio	Fósforo mg/kg	
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Sin quema</i>	57.40	a
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	66.20	b
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Sin quema</i>	7.38	a
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	11.80	b
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Sin quema</i>	2.86	a
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pasillo	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	7.48	b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Sin quema</i>	12.60	a
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de baja intensidad</i>	41.27	b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de mediana intensidad</i>	128.30	c
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de alta intensidad</i>	167.27	d
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe Coca	<i>Sin quema</i>	6.60	a
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe Coca	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	13.00	b
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Sin quema</i>	20.00	a
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	31.00	b

Nota: Elaboración propia

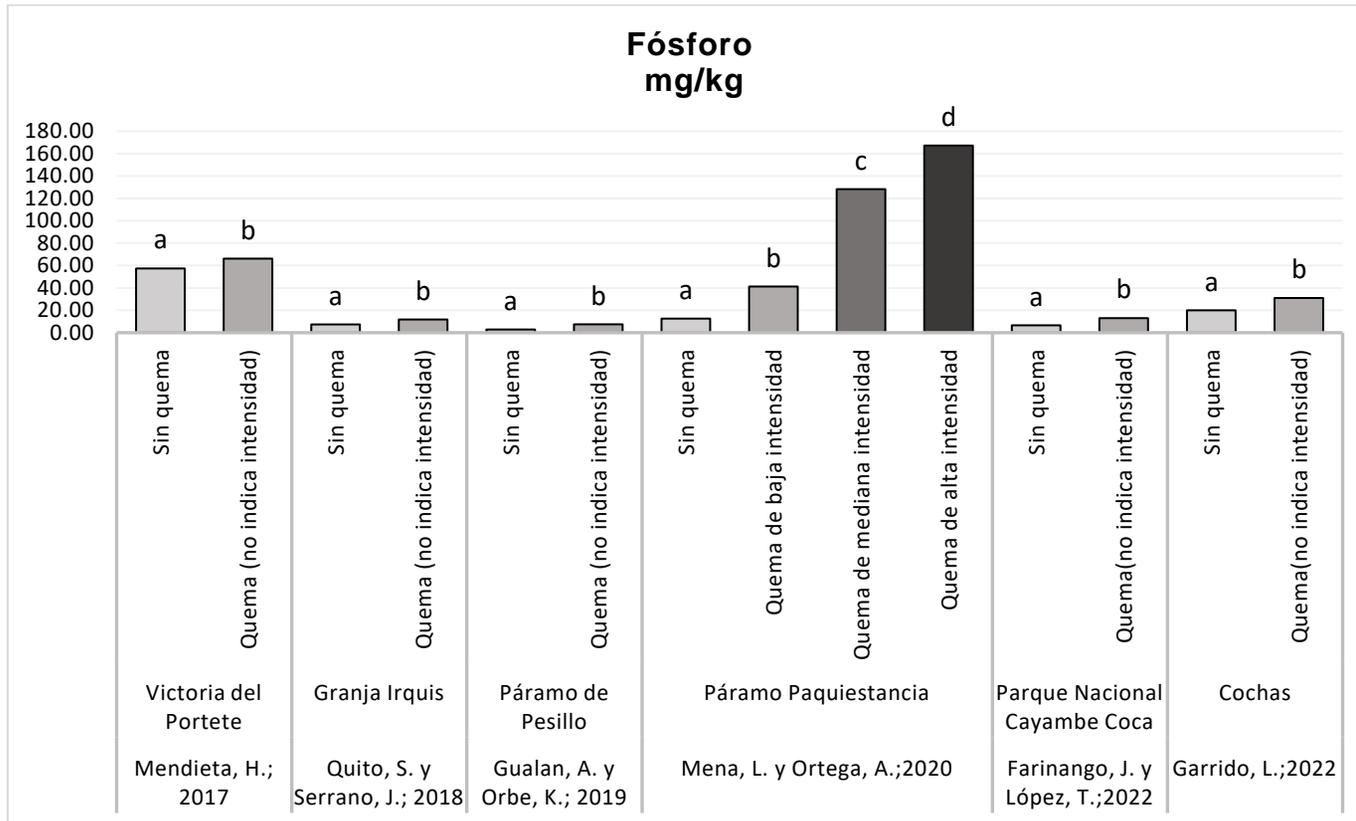


Figura 15. Comparación de los valores de P en suelos sin quema y suelos con quema

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

5.3.8 Efectos de los incendios sobre el contenido de potasio del suelo de páramo en Ecuador

Los resultados indicaron que el contenido de potasio en los suelos paramos sufrieron cambios con la presencia del incendio, sin embargo, en el páramo de Victoria de Portete no existieron cambios en los valores de K con la quema.

En la Granja Irquis y en el Parque Nacional Cayambe la concentración de potasio disminuyó con la presencia del fuego. Por lo contrario, en los páramos de Paquiestancia, Pesillo y Cochas el contenido del nutriente K aumentó considerablemente (Tabla 11: Figura 16).

El páramo de Paquiestancia fue el que más cambios presentó en cuanto al contenido de fósforo ya que conforme al aumento de la intensidad la concentración fue incrementando significativamente (Tabla 11: Figura 16).

Tabla 11. Efectos de los incendios del Páramo sobre la propiedad química Potasio del suelo, en las investigaciones realizadas en Ecuador

Autor y Año	Sitio de estudio	Intensidad del incendio	Potasio cmol/kg	
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Sin quema</i>	0.3	a
Mendieta, H.; 2017	Victoria del Portete	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	0.3	a
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Sin quema</i>	0.99	a
Quito, S. y Serrano, J.; 2018	Granja Irquis	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	0.82	b
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Sin quema</i>	0.25	a
Gualan, A. y Orbe, K.; 2019	Páramo de Pesillo	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	0.32	b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Sin quema</i>	1	a
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de baja intensidad</i>	1.58	b
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de mediana intensidad</i>	1.95	c
Mena, L. y Ortega, A.; 2020	Páramo Paquiestancia	<i>Quema de alta intensidad</i>	3.76	d
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe Coca	<i>Sin quema</i>	0.7	a
Farinango, J. y López, T.; 2022	Parque Nacional Cayambe Coca	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	0.44	b
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Sin quema</i>	0.95	a
Garrido, L.; 2022	Cochas	<i>Quema (no indica intensidad)</i>	1.24	b

Nota: Elaboración propia

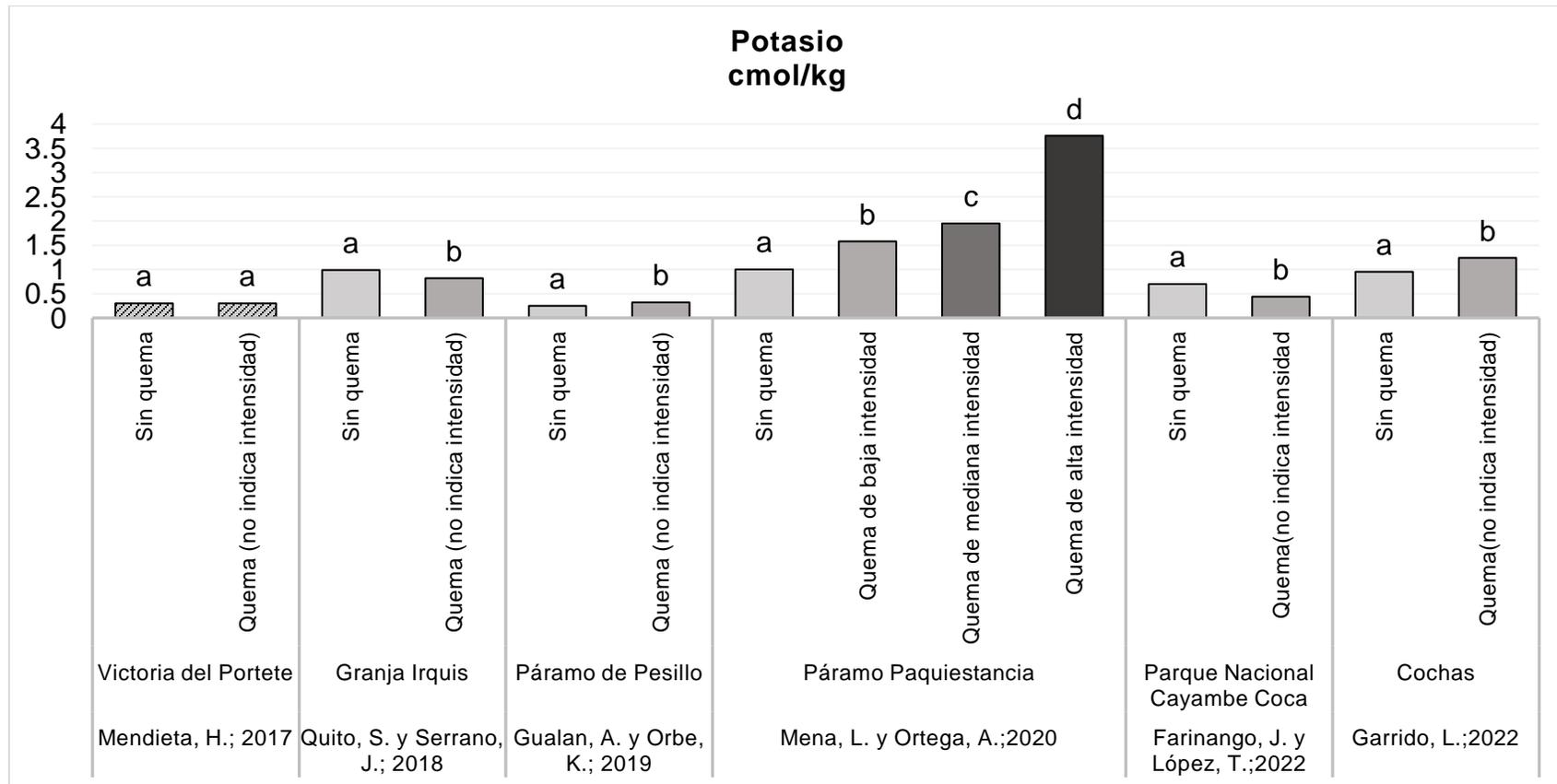


Figura 16. Comparación de los valores de k en suelos sin quema y suelos con quema

Nota: Las letras minúsculas indican diferencias significativas dentro de cada estudio

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Los incendios en los páramos ecuatorianos cada vez son más recurrentes, pero poco se ha investigado sobre los cambios que producen en los suelos del páramo, a pesar de que este tipo de ecosistema es el más vulnerable frente a este tipo de catástrofes la información es escasa.

El aporte de esta revisión sistemática fue dar a conocer las investigaciones realizadas en el Ecuador sobre los efectos de los incendios en algunas propiedades del suelo páramo y así como explicar las alteraciones que producen los incendios en las propiedades físico químicas de los suelos de páramo.

Según los datos analizados en los diferentes estudios se determinó que la textura del suelo sufre cambios no significativos en comparación con el contenido de humedad que se ve afectado notoriamente.

En cuanto a los valores de pH se observó que en los páramos del Antisana y Paquiestancia, el parámetro aumentó significativamente convirtiendo los suelos ácidos en suelos alcalinos, sin embargo, en los demás estudios el pH no se vio afectado de manera drástica.

Con respecto a la conductividad eléctrica se conoció que existen variaciones de la propiedad química en los suelos con quema, aunque depende de la intensidad con que se presente el incendio.

El porcentaje de materia orgánica en suelos quemados presentó cambios significativos en la gran mayoría de los estudios revisados.

En cuanto a los macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio el efecto del fuego produjo cambios visibles en su concentración.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda continuar con investigaciones sobre los efectos que producen los incendios en las propiedades físicas y químicas del suelo en diferentes páramos del Ecuador, ya que el país no cuenta con suficiente información sobre esta problemática.

7. Referencias

- Acevedo, C. (2011). Concentración de Nitrógeno en Suelo por Efecto de Manejo Orgánico y Convencional. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 325–332.
- Armenteras, D., González, T. M., Vargas, J. O., Meza Elizalde, M. C., & Oliveras, I. (2020). Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. *Caldasia*, 42(1), 1–16. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77353>
- Artemi, C., Jorge, M., & València, V. U. De. (2011). *Efectos de los incendios forestales*. 2011(2009), 71–72.
- Barragán, K. M., & Alvarado, H. B. (2019). Subsistema de áreas naturales protegidas para enfrentar delitos ambientales contra la fauna del cantón Quevedo. *Recimundo*, 3(3), 1005–1060. [https://doi.org/10.26820/recimundo/3.\(3\).septiembre.2019.1005-1060](https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(3).septiembre.2019.1005-1060)
- Buytaert, W., Célleri, R., Bievre, B. De, & Cisneros, F. (2014). Hidrología del páramo andino: propiedades, importancia y vulnerabilidad. *Mayo*, 26.
- Buytaert, W., Iñiguez, V., & Bièvre, B. De. (2007). The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *Forest Ecology and Management*, 251(1–2), 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.035>
- Cáceres, J. C. (2022). *Evaluación de los efectos de un incendio en las propiedades hidrofísicoquímicas del suelo y biomasa vegetal en una zona de páramo en el área de amortiguamiento del Parque Nacional Cajas*.
- Caicedo, L. C., Méndez Ávila, F. J., Gutiérrez, E., & Flores, J. J. . (2021). Medición de humedad en suelos : Revisión de métodos y características Soil Moisture Measurement : Review of Methods and Characteristics. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 9, 1–18.
- Cárdenas, D., & Zapata, E. (2015). DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS EN DOS DIFERENTES TIPOS DE SUELOS EXPUESTOS A DISTINTAS TEMPERATURAS SIMULANDO INCENDIOS FORESTALES. In *Tesis*. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39079>

- Carrera, L. (2018). *Efecto del calentamiento del suelo en la capacidad de sorción de las sustancias húmicas sobre metales y cambios en la repelencia al agua simulando incendios de baja, mediana y alta intensidad en la Reserva Ecológica del Antisana*.
- Cerón, L. E., & Aristizábal, F. A. (2012). Nitrogen and phosphorus cycles dynamics in soils. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIV(1), 285–295.
- Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero*, 2(September), 13.
- Cremona, M. V., & Enríquez, A. S. (2020). Algunas Propiedades Del Suelo Que Condicionan Su Comportamiento. *Presencia Cremona*, M. V., & Enríquez, A. S. (2020). *Algunas Propiedades Del Suelo Que Condicionan Su Comportamiento. Presencia*, 73, 5–8. <https://core.ac.uk/download/pdf/335290789.pdf>, 73, 5–8.
- Cunalata, C., Inga, C., Recalde, C., & Echeverría, M. (2013). Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades del chimborazo y shobol llinllin en Ecuador. *Boletín Del Grupo Español Del Carbon*, 27, 10–13.
- Debano, L. F. (2000). The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: A review. *Journal of Hydrology*, 231–232, 195–206. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00194-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00194-3)
- Díaz, M. A., Navarrete, J. D., & Suárez, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingeniería*, 22, 64–75. <https://doi.org/10.16924/revinge.22.8>
- Farinango, J., & López, T. (2022). *Evaluación de una estrategia de biorremediación de suelos de páramo afectados por incendio mediante consorcios de microorganismos nativos del Parque Nacional Cayambe Coca*.
- García, H. A. (2015). Conceptos fundamentales de las revisiones sistemáticas/metaanálisis. *Urología Colombiana*, 24(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.uroco.2015.03.005>
- Garrido, L. (2022). EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE IGNICIÓN EN RESIDUOS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL EN COCHAS, PROVINCIA IMBABURA. In *Braz Dent J.* (Vol. 33, Issue 1).

- González, O. (2011). *Dinámica de la humedad del suelo, propiedades físicas y escorrentía en laderas mediterráneas afectadas por incendios forestales*.
- Gualan, A., & Orbe, K. (2019). PLAN DE REFORESTACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES NIVEL 2 EN LA COMUNIDAD PESILLO - CANTÓN CAYAMBE. In *Tesis* (Vol. 04).
- Hirschberger, P. (2016). *Forests ablaze causes and effects of global forest fires* (WWF Deutsc).
- Ibáñez, S., & Moreno, H. (2014). *La textura del suelo*. January 2010.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La Materia Orgánica, Importancia Y Experiencia De Su Uso En La Agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>
- Kyrkby, E., & Römheld, V. (2007). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronomicas*, 1–21.
- Lozano, P., Armas, A., & Machado, V. (2016). Estrategias para la conservación del ecosistema páramo en Pulinguí San Pablo y Chorrera Mirador, Ecuador. *Enfoque UTE*, 7(4), 55–70. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.114>
- Mena, L. F., & Ortega, A. A. (2020). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. In *Tesis*.
- Mendieta, H. (2017). *Influencia de la quema sobre el suelo y la vegetación en un ecosistema de pajonal de la microcuenca del río Irquis, Victoria del Portete*. 75.
- Michel, V., & Grand, A. (2020). Materia orgánica del suelo. *Best4Soil*, 3–5.
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisiones sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 11(3), 184–186. <https://doi.org/10.4067/s0719-01072018000300184>
- Navarro, A., Morales, M., & Abadía, I. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. *Ingenium*, 7(16), 11. <https://doi.org/10.21774/ing.v7i16.264>

- Parsons, A., Robichaud, P. R., Lewis, S. A., Napper, C., & Clark, J. T. (2010). Field guide for mapping post-fire soil burn severity. *USDA Forest Service - General Technical Report RMRS-GTR, 243*, 1–49. <https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-243>
- Patiño, S., Hernández, Y., Plata, C., Domínguez, I., Daza, M., Oviedo-Ocaña, R., Buytaert, W., & Ochoa-Tocachi, B. F. (2021). Influence of land use on hydro-physical soil properties of Andean páramos and its effect on streamflow buffering. *Catena, 202*(January). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105227>
- Pazmiño, D. (2019). Peligro de incendios forestales asociado a factores climáticos en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 1*(1), 10–18. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.1800>
- Pinos, D., Morales, O., & Durán, M. E. (2021). Suelos de páramo: Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales, 55*(2), 157–179. <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.8>
- Quito, S., & Serrano, J. (2018). *Evaluación de la regeneración natural y suelos afectados por un incendio en plantaciones de Pinus patula en la granja Irquis, Azuay-Ecuador*. Universidad de Cuenca.
- Rodas, M. C. (2015). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE INCENDIOS FORESTALES EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTE MEDIANTE SENSORES REMOTOS* (Vol. 1).
- Rodríguez, D. A. (2014). Incendios de Vegetación su Ecología Manejo e Historia. *Noviembre, 1*(November), 891.
- Rojas, J. (2013). El Pago Por Servicios Ambientales Como Alternativa Para El Uso Sostenible De Los Servicios Ecosistémicos De Los Páramos. *Ambiente y Sostenibilidad, 1*(1), 57. <https://doi.org/10.25100/ayS.v1i1.4339>
- Ross, C., Fildes, S., & Millington, A. C. (2017). Land-use and land-cover change in the páramo of South-Central Ecuador, 1979-2014. *Land, 6*(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/land6030046>
- Sarango, J., Muñoz, J., Muñoz, L., & Zhofre, A. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero, 9*(2), julio-diciembre.
- SNGRE. (2019). Informe de situación -Incendios forestales a nivel nacional 2019. *Agosto, 111*, 1–6.

- SNGRE. (2021). Informe de situación No.23 de Incendios Forestales a nivel Nacional-Cierre. *Octubre, 14(1)*, 1–13.
- SNGRE. (2022). Informe de Situación No. 10 de Incendios Forestales a nivel Nacional 2022. *SNGRE, 10*, 1–4.
- Suntaxi, J., & Toscano, J. (2022). Evaluación del carbono orgánico e identificación de los factores antrópicos que han influenciado en el suelo de páramo en La Microcuenca del Río la Chimba, parroquia Olmedo, cantón Cayambe. In *Tesis*.
- Tapia, Y., & Garcia, F. (2013). La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos : una revisión crítica Phosphorus Availability is a Product of Soil Bacterial Activity in Oligotrophic Ecosystems : *TERRA, Latinoamericana*, 231–242.
- Tovar, C., Arnillas, C. A., Cuesta, F., & Buytaert, W. (2013). Diverging Responses of Tropical Andean Biomes under Future Climate Conditions. *PLoS ONE, 8(5)*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063634>
- Úbeda, J. S., & Delgado, Y. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 4(7), 889–896. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6299>
- Ulibarry, P. G. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. *Biblioteca Del Congreso Nacional De Chile*, 32(1), 3–18.
- Verma, S., & Jayakumar, S. (2012). Impact of forest fire on physical, chemical and biological properties of soil: A. *Proceedings of the International Academy of ...*, 2(3), 168–176.
- Villar, B., Pérez, S., Rodríguez, D. A., & Pérez, P. (2022). Análisis espacio temporal de la ocurrencia de incendios forestales en el estado mexicano de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(74), 120–144. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i74.1274>
- Zambrano, J., Herrera, W., & Motta, P. A. (2020). Concentration of soil macronutrients in grazing areas of the department of caquetá, colombian amazon. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–12. https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL21_NUM3_ART:1673