UEA Forestal
PrePrint UEA

Sección Forestal
Vol. FOR2424. ep04–341

| Recibido: 04/09/2024 |
| Aceptado: 02/10/2024 |
| Publicado: 26/11/2026 |

Impacto de los incendios forestales sobre la composición del suelo en su etapa de recuperación en diferentes periodos de tiempo en el cantón Patate.

Impact of forest fires on soil composition based on its recovery stage in different time periods in the Patate canton

Evelyn Tatiana Carranza Acostat[1], Kelly Dayana Chimbo Chimbo[1] Andrea Carolina Beltran Conlago[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vFOR2424ep04-341 Crossref

Resumen

Este estudio investiga el impacto de los incendios forestales sobre la composición del suelo en el cantón Patate, Ecuador. El objetivo principal es evaluar las alteraciones en las propiedades fisicoquímicas del suelo en áreas afectadas por incendios, hace 7 años y hace 10 meses, en comparación con un área de referencia no afectada. Se recolectaron muestras de suelo en las zonas afectadas y en la referencia, analizando parámetros como textura, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica y niveles de potasio. Los resultados indican que los incendios provocan cambios significativos en la textura del suelo, con una disminución en la proporción de arcilla y un aumento en la de arena. El pH en el área con el incendio más reciente fue de 7,03, mostrando una alcalinidad temporal, mientras que en el estrato A el pH fue 5,78, alcanzando un nivel ligeramente ácido. La CE fue mayor en el área con el incendio más reciente y menor en el área con el incendio más antiguo. El contenido de MO fue superior en el área con el incendio más antiguo, mientras que los niveles de K fueron más altos en las zonas con incendios recientes. Se concluye que los incendios forestales alteran profundamente la estructura, química y fertilidad del suelo, y que la recuperación de estas propiedades es un proceso gradual influenciado por la intensidad del fuego y las condiciones ambientales, destacando la importancia de considerar el tiempo desde el incendio para una evaluación y planificación efectiva de la recuperación del suelo.

Palabras clave

incendios forestales; propiedades fisicoquímicas; alteraciones posincendio; recuperación del suelo

Abstract

This study investigates the impact of forest fires on soil composition in Patate canton, Ecuador. The main objective is to evaluate the alterations in the physicochemical properties of the soil in areas affected by fires, 7 years ago and 10 months ago, in comparison with an unaffected reference area. Soil samples were collected in the affected areas and in the reference area, analyzing parameters such as texture, pH, electrical conductivity, organic matter content and potassium levels. The results indicate that the fires cause significant changes in soil texture, with a decrease in the proportion of clay and an increase in the proportion of sand. The pH in the area with the most recent fire was 7.03, showing a temporary alkalinity, while in stratum A the pH was 5.78, reaching a slightly acidic level. The EC was higher in the area with the most recent fire and lower in the area with the oldest fire. MO content was higher in the area with the oldest fire, while K levels were higher in the areas with recent fires. It is concluded that wildfires profoundly alter soil structure, chemistry and fertility, and that the recovery of these properties is a gradual process influenced by fire intensity and environmental conditions, highlighting the importance of considering the time since the fire for effective evaluation and planning of soil recovery.

Keywords

forest fires; physicochemical properties; post-fire disturbances; soil restoration

Direcciones

[1]Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador.. Pastaza, Ecuador. Email: et.carranzaa@uea.edu.ec, kd.chimboc@uea.edu.ec,

Autor para la correspondencia

Evelyn Tatiana Carranza Acostat. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador.. Pastaza, Ecuador. Email: et.carranzaa@uea.edu.ec

Cómo citar

CARRANZA ACOSTAT, Evelyn Tatiana, CHIMBO CHIMBO, Kelly Dayana and BELTRAN CONLAGO, Andrea Carolina 2026. **Impacto de los incendios forestales sobre la composición del suelo en su etapa de recuperación en diferentes periodos de tiempo en el cantón Patate.**. PrePrint UEA. Vol. FOR2424. p. ep04–341. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vFOR2424ep04-341

Editores Académicos Sucoshañay Villalba Darwin Javier

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright

Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

1. Introducción

La biodiversidad es el patrimonio natural de las naciones, comprende una amplia variedad de formas de vida y ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos. Esta diversidad, presente entre las especies y dentro de cada una, desempeña un papel fundamental en el equilibrio y la salud de los ecosistemas (Pereira M et al. 2011). Las interacciones que se generan entre las diversas especies a lo largo del planeta aseguran la continuidad de los ciclos naturales, contribuyendo al funcionamiento y sostenibilidad de los entornos naturales (Orellana Salas, Lalvay Portilla 2018). En particular, Ecuador, un país megadiverso, que se destaca por su rica biodiversidad gracias a su ubicación tropical, la cordillera de los Andes y las corrientes marinas que influyen en sus costas. Esta diversidad biológica es esencial para la conservación del equilibrio ecológico y la sostenibilidad ambiental en el país (Jumbo et al. 2021).

Sin embargo, la biodiversidad de Ecuador se ve amenazada por la deforestación, la contaminación ambiental, el cambio climático, la expansión agrícola y los incendios forestales, provocados en su mayoría por actividades antrópicas (Vasco

Lucio et al. 2022). Entre estos factores, los incendios forestales, que pueden ser provocados por una variedad de causas, tanto naturales como antropogénicas (Zhiminaicela Cabrera et al. 2021), son cada vez más recurrentes en Ecuador, causando graves daños a los ecosistemas, resultando en la pérdida de recursos naturales, contaminación ambiental y desertificación (Díaz Ochoa 2021).

Durante el año 2023, Ecuador ha enfrentado una grave crisis provocada por 1.570 incendios forestales que han afectado a 19 provincias, 95 cantones y 378 parroquias, resultando en la afectación de 12.223,16 hectáreas de cobertura vegetal. Las provincias más golpeadas por estas pérdidas son Loja, Imbabura, Azuay, Pichincha, Carchi, Chimborazo, Tungurahua, El Oro, Guayas y Cañar (Revelo Javier 2023).

De estas, la provincia de Tungurahua, debido a su variada vegetación de bosques tropicales húmedos, páramos de alta montaña, matorrales secos y áreas de pastizales, resulta especialmente susceptible a los incendios forestales (Estrella Velasco, Guaranga Guaranga 2022). En el año 2023, se registraron 99 incendios con una cobertura quemada de 370,0705 ha (Revelo Javier 2023), y en el año 2024 hasta el mes de junio, se han reportado 100 incendios con una cobertura quemada de 125,755 ha (Andrade 2024). Estos datos subrayan la urgente necesidad de implementar medidas efectivas para la prevención y gestión de incendios forestales en la región.

Bajo este contexto y dada la amenaza que representan los incendios forestales por los graves daños que causan a la biodiversidad, los recursos naturales y las comunidades locales (Ríos Hervas 2023), es fundamental estudiar cómo afectan la composición física y química del suelo. Las altas temperaturas de los incendios compactan el suelo, disminuyen su porosidad y alteran la infiltración del agua, además de limitar la capacidad de las raíces para penetrar y absorber nutrientes. Por otra parte, los incendios también modifican el pH del suelo, lo que puede reducir la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Úbeda et al. 2023).

En respuesta a estas preocupaciones, esta investigación tiene por objetivo evaluar el impacto de los incendios forestales sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo en función de su etapa de recuperación, comparando áreas afectadas por incendios en diferentes periodos de tiempo con un área de referencia no afectada en el cantón Patate.

2. Metodología

2.1. Ubicación geográfica de las áreas de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el cantón Patate, provincia de Tungurahua, Ecuador, en la vía a Poatug, sector Gualatog, a una altitud que varía entre 2.070 y 3.900 m.s.n.m. Esta zona presenta un clima templado-seco, con una topografía montañosa con colinas y valles, caracterizada por densos matorrales, pajonales, árboles de eucalipto, laureles y arrayanes, que influyen en la dinámica del ecosistema y en la respuesta del suelo ante incendios (Curipallo 2022). El sector Gualatog, según (Manobanda 2020), se encuentra en una zona de transición entre la región interandina y la región amazónica ecuatoriana (RAE), lo que le confiere una rica biodiversidad y un paisaje montañoso característico **(Figura 1).**

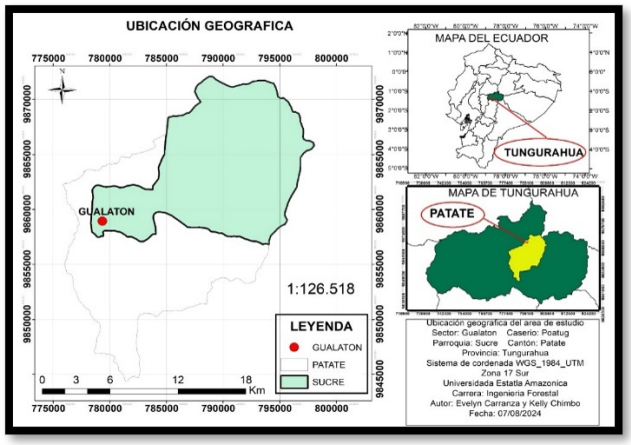


Figura 1 | Ubicación geográfica de Patate

2.2. Sitio de muestreo

Para establecer los sitios de muestreo, se realizó una revisión de los registros de incendios forestales ocurridos en el cantón Patate durante los últimos 7 años. Se seleccionaron dos registros de incendios: uno ocurrido el 14 de diciembre de 2017, que afectó alrededor de una hectárea (aproximadamente 7 años atrás) y otro el 13 de septiembre de 2023, con un daño estimado de 10 hectáreas (hace 10 meses). Además, se seleccionó un área no afectada por incendios de 600 m^2, considerada como ecosistema de referencia para evaluar las condiciones naturales del suelo en ausencia de incendios.

2.3. Delimitación del área de estudio

De acuerdo con las recomendaciones de Dane, Topp (2002), que sugieren que el tamaño de la parcela debe ser adecuado para capturar la variabilidad del suelo y al mismo tiempo, ser práctico para el análisis, se estableció un área de 600 m^2 para cada estrato en las zonas de estudio. Para garantizar una delimitación precisa, se emplearon herramientas de GPS y software de cartografía digital, como GPS Essentials y ArcMap 10.5.

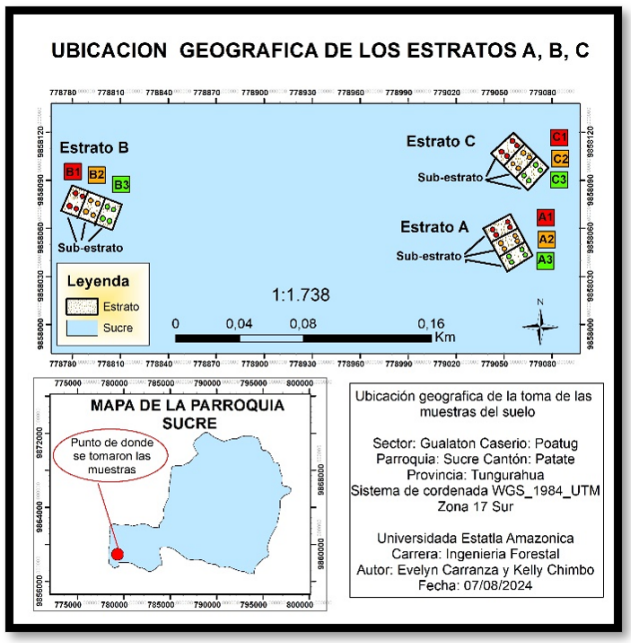


Figura 2 | Ubicación geográfica de los estratos A, B y C

El estrato A corresponde a la zona afectada por un incendio aproximadamente hace 7 años, el estrato B abarca el área impactada hace 10 meses, y el estrato C corresponde a una zona que no ha sido afectada por incendios y se seleccionó específicamente como ecosistema de referencia para el análisis comparativo. Los estratos fueron seleccionados considerando su topografía, vegetación, área de afectación y accesibilidad, asegurando que sean representativos del terreno general (Martínez Pastur et al. 2022) **(Figura 2).**

2.4. Recolección de muestras

Para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo se utilizó el método de muestreo estratificado, que consiste en distribuir las muestras de manera sistemática dentro de cada estrato, facilitando la identificación de las variaciones presentes (Otzen, Manterola 2017). Cada estrato de 600 m^2 se dividió en 3 subestratos de 200 m^2, en cada subestrato se crearon cuatro parcelas de 50 m^2, seleccionando el centro de cada una para tomar las muestras **(Tabla 1).**

Tabla 1 | Coordenadas UTM de las parcelas de muestreo, WGS 84, Zona 17 Sur

Estratos	Parcelas	Coordenadas		Altitud (m)
		Este (X)	Norte (Y)	
A (7 años posincendio)	P1	779054	9858069	2398
	P2	779068	9858043	2400
	P3	779052	9858033	2401
	P4	779037	9858060	2407
B (10 meses posincendio)	P1	778780	9858087	2397
	P2	778811	9858075	2400
	P3	778805	9858059	2405
	P4	778773	9858071	2407
C (Referencia)	P1	779042	9858107	2516
	P2	779056	9858120	2516
	P3	779078	9858098	2517
	P4	779065	9858084	2511

2.5. Preparación de las muestras

Para obtener muestras de suelo representativas, se recolectaron 500 g de suelo de cada subparcela a una profundidad de 0-10 cm, profundidad crucial para entender los efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo (Mataix-Solera 2007). Cada muestra fue etiquetada con información relevante, incluyendo el estrato, parcela, subparcela, número de muestra, fecha de muestreo, profundidad, coordenadas GPS y recolector (Ackerson 2018).

Las muestras etiquetadas fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en el kilómetro 2 1/2 vía al Tena, provincia de Pastaza (Tite 2018), bajo condiciones controladas para prevenir alteraciones en las propiedades del suelo (Beyers et al. 2005). En el laboratorio, las muestras de cada estrato fueron mezcladas y homogenizadas en una cubeta grande y limpia utilizando espátulas esterilizadas, garantizando que cualquier variabilidad en el estrato se distribuyera uniformemente en la muestra compuesta (Mataix-Solera 2007).

El secado de las muestras se realizó a una temperatura baja de 35-40°C en un horno, para evitar la descomposición de los componentes orgánicos. Las muestras se extendieron en bandejas de aluminio en una capa delgada de 1-2 cm y se etiquetaron adecuadamente. El secado duró entre 24 y 48 horas, con verificaciones regulares para prevenir sobrecalentamiento y remociones periódicas para asegurar una mezcla uniforme. Tras el secado, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente, se tamizaron a través de un tamiz de 2 mm para eliminar desechos, y se almacenaron en recipientes limpios y etiquetados, garantizando su trazabilidad y precisión en los análisis posteriores de sus propiedades fisicoquímicas (Tan 2005).

2.6. Propiedades físicas y químicas del suelo

2.6.1. Textura del suelo

Para determinar la textura del suelo, se empleó la técnica de sedimentación de Bouyoucos (1962). Este método se basa en la ley de Stokes, que relaciona el tamaño de las partículas con su velocidad de sedimentación (Beretta et al. 2014). Inicialmente se utilizaron 50 g de suelo, 5 g de hexametafosfato de sodio (dispersante) y 250 ml de agua destilada, los cuales fueron depositados en un vaso de precipitado y mezclados durante aproximadamente 10 minutos para homogeneizar la muestra. Luego, se transfirió la muestra a una probeta y se realizó el aforo hasta alcanzar exactamente 1000 ml, asegurando un volumen preciso (Mwendwa 2020).

Las velocidades de sedimentación se midieron utilizando un hidrómetro calibrado a 20 °C, en intervalos de tiempo específicos. A los 40 segundos, se registraron la temperatura y la lectura del hidrómetro. Posteriormente, a las 2 horas, se volvieron a tomar estas mismas mediciones. Con los datos obtenidos en las lecturas (Prisma Agropecuario TVU 2022) y utilizando la fórmula: se pudieron determinar las proporciones de arena, limo y arcilla presentes en las muestras de suelo (Perret 2020).

Una vez obtenidas las proporciones de arena, limo y arcilla, se utilizó el triángulo textural del suelo para clasificar la textura del suelo. En base a los porcentajes de estas tres fracciones minerales, se puedo determinar si el suelo es arenoso, franco, arcilloso, entre otras categorías (Prisma Agropecuario TVU 2022).

2.6.2. pH del suelo

El pH del suelo se determinó mediante potenciometría utilizando un potenciómetro digital marca Hanna Instruments, modelo HI2210, previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10. Se pesaron 30 g de suelo seco y tamizado (2 mm) y se colocaron en un vaso de precipitados de 100 ml. A continuación, se adicionaron 75 ml de agua destilada, obteniendo una relación suelo: agua de 1:2.5. La suspensión se agitó durante 5 minutos y se dejó reposar durante 30 minutos antes de realizar la medición. La temperatura de la suspensión se mantuvo a 25 °C durante la medición. El valor de pH se registró una vez que la lectura se estabilizó. Este método es ampliamente utilizado para determinar el pH del suelo y proporciona resultados precisos y reproducibles (Gómez-Sánchez et al. 2019).

2.6.3. Materia orgánica

Para determinar el contenido de MO del suelo, se siguió un

protocolo meticuloso basado en el método de calcinación, este método consiste en someter la muestra de suelo a elevadas temperaturas entre 450 °C y 550 °C, para que se produzca la combustión de los compuestos orgánicos, desprendiéndose en el proceso CO2, vapor de agua y otros gases y quedando en el crisol las cenizas.

Los crisoles con las cenizas son enfriados en un desecador y posteriormente pesados con precisión. La diferencia de peso entre el crisol con las cenizas y el crisol con la muestra de suelo antes de la calcinación proporcionó el peso de la MO. El calculó se realizó utilizando la ecuación (1) (Izquierdo Bautista, Arévalo Hernández 2021).

$$MO(\%) = \frac{P_i - P_c}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

Donde: MO: materia orgánica

2.6.4. Conductividad eléctrica

Para calcular la conductividad eléctrica (CE) del suelo, se utiliza un instrumento llamado conductímetro. Este dispositivo mide la CE directamente en unidades como decisiemens por metro (dS/m) o milisiemens por centímetro (mS/cm). El proceso implico sumergir un electrodo del conductímetro en una solución de suelo y agua destilada manteniendo una relación suelo-agua de 1:1. La lectura obtenida refleja la cantidad de sales disueltas en la solución, indicando indirectamente la salinidad del suelo (Laboratorio Química y Biología ECCI 2020).

2.6.5. Potasio (K)

El K se extrajo utilizando una solución de cloruro de amonio (NH4Cl) en ácido clorhídrico (HCl) como parte del método Mehlich-3. Esta solución ácida disuelve los potenciales iónicos de K, permitiendo su cuantificación mediante técnicas espectrofotométricas o de absorción atómica (Carrasco Espejel 2022).

2.7. Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando Microsoft Excel, una herramienta ampliamente utilizada y accesible, que permite un manejo eficiente y práctico de los datos.

3. Resultados y discusión

3.1. Propiedades fisicoquímicas del suelo

3.1.1. Textura

La composición textural del suelo, representada por los porcentajes de arena, limo y arcilla, varía significativamente entre las áreas (Lucas-Borja et al. 2024). La textura del suelo varió desde franco arenoso con alta proporción de arena, hasta franco arenoso con mayor proporción de arcilla, y franco con proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla.

Los resultados revelan que el fuego ha alterado significativamente la textura del suelo **(Tabla 2).**

Tabla 2 | Valores de textura en suelos afectados por incendios forestales

Estrato	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A (Incendio hace 7 años)	72,69	18,19	9,12	Franco arenoso
B (Incendio hace 10 meses)	65,87	16,73	17,40	Franco arenoso
C (Referencia)	56,64	16,91	26,45	Franco

3.1.2. pH del suelo

Los resultados de pH mostraron diferencias significativas entre las áreas estudiadas.

El pH del suelo en el estrato A refleja una ligera acidificación en comparación con el estrato C. Este descenso en el pH podría estar relacionado con el tiempo transcurrido desde el incendio, donde la acumulación y descomposición de MO han producido ácidos orgánicos que disminuyen la acidez del suelo. Por otro lado, el estrato B, presentó un pH más elevado, esta alcalinidad temporal sugiere la influencia reciente de las cenizas producidas por el incendio, que neutralizan la acidez del suelo (Agbeshie et al. 2022) **(Tabla 3).**

Tabla 3 | Valores de pH en suelos afectados por incendios forestales

Estrato	Rango pH	pH Prom	Desv. Est.	Interpretación
A (7 años posincendio)	5,6 – 5,89	5,78	0,16	Ligeramente ácido
B (10 meses posincendio)	6,19 – 7,73	7,03	0,78	Ligeramente alcalino (mayor variabilidad)
C (Referencia)	6,38 – 6,46	6,41	0,04	Ligeramente ácido, cercano a neutro

3.1.3. Materia orgánica (MO)

El contenido de MO en el estrato A fue ligeramente superior al del estrato C. Este incremento se debe a una acumulación continua de MO en los años posteriores al incendio, impulsada por la regeneración de la vegetación. En el estrato B, el contenido de MO fue menor, lo que podría reflejar una pérdida inicial debido al incendio reciente, con el proceso de recuperación aún en etapa temprana (González-Pérez et al. 2004) **(Tabla 4).**

Tabla 4 | Valores de MO en suelos afectados por incendios forestales

Estrato	Rango MO (%)	Prom. MO (%)	Desv. Est. (%)	Interpretación
A (7 años posincendio)	90,44 – 92,45	91,57	1,03	Alto contenido, sugiere un suelo rico en MO.
B (10 meses posincendio)	84,7 – 90,84	87,86	3,07	Ligeramente menor, posible pérdida por combustión reciente.
C (Referencia)	89,13 – 92,82	90,48	2,03	Suelo naturalmente rico en MO.

3.1.4. Conductividad eléctrica (CE)

La CE mostró variaciones notables entre los estratos. El estrato A presentó una CE significativamente menor en comparación con el estrato C **(Tabla 5).** Esta reducción podría estar relacionada con la lixiviación de sales y la absorción de nutrientes por la vegetación en recuperación durante el tiempo transcurrido desde el incendio. Por otro lado, el estrato B registró una mayor CE, lo que sugiere que el incendio reciente ha dejado un mayor contenido de sales y minerales solubles en el suelo (Certini 2005).

Tabla 5. Valores de CE en suelos afectados por incendios forestales

Estrato	Rango CE (µS/cm)	Prom. CE (µS/cm)	Desv. Est. (µS/cm)	Interpretación
A (7 años posincendio)	13,45 – 24,7	20,42	6,09	Baja salinidad
B (10 meses posincendio)	61,7 - 163	126,27	56,09	Alta salinidad
C (Referencia)	17,91 – 26,3	32,57	18,61	Baja salinidad

3.1.5. Potasio (K)

En cuanto a los niveles de K, el estrato A presentó un promedio mayor que el valor observado en el estrato C **(Tabla 6).** Este aumento puede deberse a la absorción de K por la vegetación en recuperación. En el estrato B, los niveles de K fueron aún más altos, alcanzando un promedio de 1.051,6 mg/kg, lo que podría estar asociado a la liberación reciente de este nutriente en el suelo tras el incendio, acumulándose antes de ser absorbido o lixiviado.

Debido a que el K es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y juega un papel crucial en diversos procesos fisiológicos, como la regulación del equilibrio hídrico y la síntesis de proteínas, su concentración en el suelo es fundamental para asegurar la salud y el desarrollo óptimo de las (Saa et al. 1993).

Tabla 6 | Valores de K en suelos afectados por incendios forestales

Estrato	Rango k (mg/kg)	Promedio de k (mg/kg)	Desv. Est. K (mg/k)	Interpretación
A (7 años posincendio)	383,07 - 2811,33	528.5	69.3	Alta variabilidad, niveles moderados
B (10 meses posincendio)	1544,40 - 3030,53	1051.6	29.7	Muy altos niveles, poco variable.
C (Referencia)	381,60 - 1356,87	341	28.3	Niveles bajos a moderados, estable.

3.2. Discusión

Al comparar los estratos (A y B) con el estrato de referencia (C), se observa un aumento en la proporción de arena y una disminución en la cantidad de arcilla respectivamente, demostrando que los incendios contribuyen a la pérdida de partículas finas como limo y arcilla, transformando suelos francos en franco arenoso (Gonzáles et al. 2024). Resultado que según Chávarro, Ochoa M, Torrente T (2024) en base a su investigación menciona que los suelos franco-arenosos favorecen el desarrollo de las plantas debido a su alta capacidad para retener agua y nutrientes. Sin embargo, en el caso del estrato A, que presenta más del 70% de arena y un bajo contenido de limo y arcilla, esta capacidad es significativamente reducida, lo que indica que la pérdida de partículas finas puede continuar durante años después del incendio, reduciendo la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes (Minervini, Morrás, Taboada 2018).

En relación con esto, la intensidad del incendio juega un papel crítico en la alteración de la textura del suelo. La investigación de (Beyers et al. 2005) muestra que las temperaturas extremas durante los incendios afectan las fracciones de la textura del suelo, siendo la arcilla la fracción más sensible y la primera en alterarse a los 400°C, llegando a una destrucción completa entre 700 y 800°C, mientras que el limo y la arena empiezan a cambiar su fraccionamiento a temperaturas superiores a 1.414 °C.

Además, según Dong, Williams (2023), la intensidad del incendio puede depender de factores como la cantidad y tipo de combustible, la humedad, la topografía y las condiciones meteorológicas. En áreas extensas, el fuego tiende a disiparse, evitando temperaturas extremadamente altas que podrían causar una pérdida más severa de partículas finas en el suelo. En apoyo a esta idea, Fernández-García et al. (2023) señalan también, que los incendios más grandes suelen experimentar una menor intensidad por unidad de área en comparación con incendios más pequeños, lo que resulta en alteraciones menos severas en las propiedades del suelo y una recuperación más efectiva con el tiempo.

Por consiguiente, la mayor susceptibilidad de la arcilla a las altas temperaturas explica en gran medida las diferencias observadas en la textura del suelo entre los estratos A y B, y subraya la importancia de considerar la intensidad del fuego como un factor clave en la evaluación de los impactos a largo plazo de los incendios forestales.

Los cambios observados en el pH de los estratos A, B y C reflejan dinámicas complejas asociadas a los incendios forestales y sus efectos a largo plazo en el suelo. Tras un incendio, el pH del suelo tiende a aumentar debido a la presencia de cenizas ricas en carbonato potásico (CO3K2), como señala Domínguez Céspedes (2016). Este fenómeno es evidente en el estrato B, que ha experimentado un incendio reciente y muestra un pH ligeramente alcalino, acompañado de una alta variabilidad, lo que sugiere un proceso de estabilización en curso.

Sin embargo, con el tiempo, el arrastre de cationes básicos por la acción de las lluvias provoca una disminución significativa del pH, como describe Bodí et al. (2012). Esto es claramente observable en el estrato A, donde, después de siete años desde el incendio, el pH ha disminuido a valores ligeramente ácidos, en contraste con el estrato C, que presenta un pH cercano a neutro y no ha sido afectado por incendios.

El estudio de Sacchi et al. (2015) respalda esta tendencia al observar que, a temperaturas superiores a 300°C, el pH del

suelo incrementa debido a la liberación de bases a partir de cenizas, pero que posteriormente tiende a disminuir. Esto se refleja en nuestros resultados, donde el estrato A, a pesar de haber sido inicialmente alcalino, ahora muestra una acidificación progresiva. Esta acidificación puede mejorar la disponibilidad de ciertos micronutrientes, pero también puede limitar otros como el fósforo, tal como lo discute DeBano (2000).

Finalmente, el estrato B, al estar en una etapa temprana de recuperación, aún mantiene un pH alcalino, pero con una variabilidad significativa, lo que podría afectar la disponibilidad de micronutrientes como el hierro, tal como lo mencionó Raison (1979). Este proceso de cambio en el pH es coherente con lo señalado por Mataix-Solera (2007), quien destaca que la química del suelo y su dinámica de recuperación se ven influenciadas no solo inmediatamente después del fuego, sino a lo largo del tiempo. En conjunto, estos resultados destacan la complejidad y la temporalidad de los cambios en el pH del suelo posincendio, mostrando cómo los diferentes estratos responden de manera distinta según su historia de incendios y el tiempo transcurrido desde los mismos.

La materia orgánica (MO) desempeña un papel fundamental en la salud del suelo, ya que mejora su estructura, fertilidad y capacidad de retención de agua, lo cual es esencial para el crecimiento vegetal y la actividad microbiana (Guardiola Tormos 2020). Los resultados obtenidos en este estudio reflejan altos niveles de MO en los tres estratos analizados, lo que indica condiciones favorables para la estructura del suelo y la promoción de una dinámica biológica.(Six et al. 2002)

El estrato A muestra un contenido de MO ligeramente superior al del estrato C, no afectado por incendios. Este aumento sugiere una recuperación progresiva de la MO, lo que está en línea con las observaciones de Certini (2005), quien señala que la regeneración de la vegetación contribuye a la reposición de MO en suelos afectados por incendios. La acumulación continua de MO en el estrato A refleja una recuperación positiva posincendio, donde la regeneración vegetal ha comenzado a estabilizar las condiciones del suelo.

En contraste, el estrato B, afectado por un incendio más reciente, presenta una menor cantidad de MO, lo que puede atribuirse a la pérdida inicial de MO debido a la combustión de biomasa y la erosión posterior, como se describe en los estudios de Rivera Gárate (2015). Estos autores destacan que los incendios provocan una reducción significativa en el contenido de MO, aunque señalan que, con condiciones adecuadas, el suelo puede empezar a recuperar la MO con el tiempo.

La variabilidad observada en la recuperación de la MO entre los diferentes estratos podría estar influenciada por factores como la severidad del incendio y las propiedades intrínsecas del suelo, aspectos que según Boerner, Huang, Hart (2009), tienen un impacto directo en la cantidad de MO perdida y en la velocidad de su recuperación. Esto subraya la complejidad de los procesos de restauración posincendio y la importancia de considerar múltiples factores al evaluar la recuperación de los suelos afectados por incendios.

Los resultados de la conductividad eléctrica (CE) en los tres estratos reflejan la influencia diferenciada de los incendios en la salinidad del suelo. En el estrato C, que no ha sido afectado por incendios, la CE promedio de 18,61 μS/cm indica un ambiente estable con una adecuada disponibilidad de nutrientes para la vegetación, como se ha descrito en estudios similares (Agbeshie et al. 2022). Este comportamiento es característico de suelos no perturbados, donde la salinidad se mantiene en niveles bajos.

Por otro lado, el estrato A muestra una CE significativamente más baja de 6,09 μS/cm. Esta reducción en la concentración de sales coincide con lo reportado por Certini (2005), quien sugiere que la lixiviación de sales y otros elementos a través del perfil del suelo reduce la CE a lo largo del tiempo tras un incendio. Este fenómeno puede explicarse por el arrastre de cationes y la disminución de la cantidad de minerales solubles en el horizonte superior del suelo.

En contraste, el estrato B, afectado por un incendio reciente, presenta una CE más elevada. Este comportamiento puede atribuirse a la liberación de iones de las cenizas, un proceso descrito por Acosta et al. (2021), que resulta en un aumento temporal de la salinidad del suelo. No obstante, como sugieren Bodí et al. (2012), la magnitud de estos cambios puede estar influenciada por factores como la textura del suelo y la formación de complejos organominerales, los cuales pueden alterar la estructura del suelo y la dinámica de los nutrientes, afectando de manera directa la CE.

Estos resultados muestran cómo los incendios, dependiendo del tiempo transcurrido desde el evento y la interacción con otros factores edáficos, pueden alterar significativamente la salinidad del suelo, reflejada en las variaciones observadas en la CE a lo largo de los diferentes estratos.

Los resultados obtenidos en este estudio revelan una notable variabilidad en los niveles de potasio (K) en suelos afectados por incendios forestales, lo que sugiere que estos eventos pueden tener un impacto considerable en la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, afectando potencialmente la recuperación de los ecosistemas posincendio (Ubeda 2001)

En el estrato A se registró un promedio de 528,5 mg/kg de K, un valor superior al observado en el estrato C (341 mg/kg). Esta diferencia podría atribuirse a la absorción de K por la vegetación en recuperación, respaldando lo señalado por Cadena et al. (2020), quienes indican que la regeneración vegetal puede mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo. La vegetación en crecimiento, al restablecerse, utiliza el K disponible, lo que podría explicar los niveles relativamente altos en el estrato A comparados con el estrato C, que no ha sido recientemente afectado por incendios y muestra una estabilización en los niveles de K.

Por otro lado, en el estrato B, se observaron los niveles más altos de K, alcanzando un promedio de 1.051,6 mg/kg. Este aumento significativo podría estar relacionado con la liberación reciente de K debido al incendio, un proceso ampliamente documentado por Certini (2005), quien señala que los incendios pueden liberar grandes cantidades de K a través de la combustión de biomasa, provocando un incremento temporal de este nutriente en el suelo. Además, DeBano (2000) enfatiza que la intensidad del fuego influye directa-

mente en la cantidad de K liberado, lo que puede explicar la alta concentración observada en el estrato B, posiblemente debido a un fuego de mayor intensidad.

La marcada variabilidad en los niveles de K entre los estratos A, B, y C resalta la complejidad de los procesos de recuperación del suelo posincendio. Tal como sugieren Gómez-Rey et al. (2013), estos resultados reflejan que la dinámica del K en suelos afectados por incendios está fuertemente condicionada tanto por la severidad del evento como por el estado de recuperación de la vegetación. En este contexto, el monitoreo continuo de estos cambios es crucial para comprender mejor cómo los incendios influyen en la fertilidad del suelo y en la resiliencia de los ecosistemas forestales en áreas como el Cantón Patate.

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que los estratos A y B, afectados por incendios, revela diferencias significativas en sus propiedades fisicoquímicas. En el estrato A, a 7 años mayor tiempo trascurrido desde el incendio, se observa una textura del suelo con alta proporción de arena lo que limita la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes. A pesar de esto, el alto contenido de materia orgánica (90,44 %) sugiere buena fertilidad y una recuperación progresiva. El pH de 5,78 indica acidez moderada, lo que puede afectar la disponibilidad de ciertos nutrientes. La conductividad eléctrica (CE) de 20,42 μS/cm indica una baja acumulación de sales, lo cual es favorable para la salud del suelo. Además, el contenido de potasio (K) de 528,5 mg/kg es adecuado, lo que sugiere que el suelo puede sustentar un desarrollo vegetal razonable. Sin embargo, la capacidad de retención hídrica es un desafío debido al aumento en la proporción de arena, lo que puede limitar la disponibilidad de agua para las plantas y afectar la salud del ecosistema.

A medida que el incendio es más reciente como el estrato B (10 meses posincendio), las condiciones son más críticas. La textura del suelo es predominantemente arenosa (65,87 %), con menores proporciones de limo (16,73 %) y arcilla (17,40 %), lo que afecta significativamente la retención de agua y nutrientes. El pH de 7,03 indica una ligera alcalinidad, lo que puede facilitar la disponibilidad de ciertos nutrientes. Sin embargo, el contenido de MO es de 87,86 %, señalando una recuperación inicial positiva tras el incendio. Sin embargo, la CE es alta, alcanzando 126,27 μS/cm, lo que refleja una acumulación de sales que puede comprometer la fertilidad del suelo. Además, los niveles de K son elevados con 1051,6 mg/kg, lo que sugiere una buena disponibilidad, pero también el riesgo de desequilibrios nutricionales. Estos factores indican que, aunque el suelo se está recuperando, enfrenta retos significativos relacionados con la salinidad y la baja capacidad para retener agua y nutrientes, que van variando dependiendo del tiempo transcurrido desde el incendio.

El análisis del área C, no afectada por incendios, muestra un estado estable de las propiedades fisicoquímicas del suelo. La textura del suelo presenta un 56,64 % de arena, 16,91 % de limo y 26,45 % de arcilla, lo que sugiere buena capacidad de retención de agua y nutrientes. El pH de 6,41 indica un ambiente ligeramente alcalino, favorable para la actividad microbiana. Con un 90,48 % de MO, el suelo tiene alta fertilidad y capacidad de regeneración. La CE es de 32,57 μS/cm, lo que sugiere baja acumulación de sales. Finalmente, el contenido de potasio es de 341 mg/kg, proporcionando nutrientes esenciales sin riesgos de toxicidad. Lo que permitió analizar los niveles de recuperación que se necesitarían alcanzar para alcanzar la recuperación completa del suelo puede variar años.

La aplicación de estudios como este es crucial para comprender los efectos a largo plazo de los incendios forestales sobre los suelos y para guiar decisiones efectivas de restauración. Dado el aumento en la frecuencia de incendios forestales, evaluar cómo varían las propiedades fisicoquímicas del suelo en diferentes etapas de recuperación permite identificar las necesidades específicas de intervención y manejo.

Conflicto de intereses de los autores

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento

Esta área es para ser llenada por PrePrint UEA

Contribuciones de los autores:

Evelyn Tatiana Carranza Acostat: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Kelly Dayana Chimbo Chimbo: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Andrea Carolina Beltran Conlago: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

ACKERSON, Jason, 2018. Soil Sampling Guidelines. Online. Available from: https://4rcertified.org/wp-content/uploads/2020/01/Purdue-Extension-Soil-Sampling.pdf [Accessed 1 September 2024].

ACOSTA, Anavelli, GUERRA, Angie, SALAZAR, Alexis, MEJÍA, Christian, AGUDELO, Deiferson, MELENDEZ, Gisela and ROJAS, Karol, 2021. Afectación de los parámetros fisicoquímicos de un suelo incendiado en relación con un suelo control. Boletí¬n Informativo CEI. 2021. Vol. 8, no. 3, p. 225–227.

AGBESHIE, Alex Amerh, ABUGRE, Simon, ATTA-DARKWA, Thomas and AWUAH, Richard, 2022. A review of the effects of forest fire on soil properties. Journal of Forestry Research. Online. 28 October 2022. Vol. 33, no. 5, p. 1419–1441. DOI 10.1007/s11676-022-01475-4. [Accessed 2 September 2024].

ANDRADE, Mauricio, 2024. SitRep No. 08– Incendios Forestales, del 01 de enero de 2024 a la fech. Online. Samborondon. Available from: https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2024/06/

SitRep-No.-08-Incendios-Forestales-0101204-al-14062024.pdf [Accessed 14 September 2024].

BERETTA, Andrés N., SILBERMANN, Ana V., PALADINO, Leonardo, TORRES, Deborah, BASSAHUN, Daniel, MUSSELLI, Raquel and GARCÍA-LAMOHTE, Adriana, 2014. Soil texture analyses using a hydrometer: modification of the Bouyoucos method. Ciencia e investigación agraria. Online. 2014. Vol. 41, no. 2, p. 25–26. DOI 10.4067/S0718-16202014000200013. [Accessed 1 September 2024].

BEYERS, J, BROWN, J, BUSSE, M, DEBANO, L, ELLIOT, W, FOLLIOTT, P, JACOBY, G, KNOEPP, J, LANDSBERG, J, RYAN, K, NEARY, D, REARDON, J, RINNE, J, ROBICHAUD, P, TIEDEMANN, A and ZWOLINSKI, M, 2005. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. Online. Ogden: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. [Accessed 1 September 2024].

BODÍ, Merche, CERDÀ, Artemi, MATAIX-SOLERA, Jorge and DOERR, Stefan, 2012. A review of fire effects on vegetation and soil in the mediterranean basin. 2012. Municipio de Valencia.

BOERNER, Ralph E, HUANG, Jianjun and HART, Stephen, 2009. Impacts of Fire and Fire Surrogate treatments on forest soil properties: a meta-analytical approach. Ecological Applications. March 2009. Vol. 19, no. 2, p. 338–358. DOI 10.1890/07-1767.1.

BOUYOUCOS, G, 1962. Método de hidrómetro mejorado para realizar análisis de tamaño de partícula de suelos. Agronomy Journal. 1962. Vol. 54, p. 464–465.

CADENA, Daniel, FLORES-GARNICA, José, FLORES-RODRÍGUEZ, Ana and LOMELÍ-ZAVALA, Mónica, 2020. Efecto de incendios en la vegetación de sotobosque y propiedades químicas de suelo de bosques templados. Agro Productividad. Online. 4 May 2020. Vol. 13, no. 4. DOI 10.32854/agrop.vi.1684. [Accessed 3 September 2024].

CARRASCO ESPEJEL, A, 2022. Efectos de los incendios forestales en el suelo. Online. Tesis de maestría. Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo. Available from: https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/b9cb1982-1246-4fc8-8734-20182fee5983 [Accessed 1 September 2024].

CERTINI, Giacomo, 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia. Online. 2 March 2005. Vol. 143, no. 1, p. 1–10. DOI 10.1007/s00442-004-1788-8. [Accessed 2 September 2024].

CHÁVARRO, Diego Leonardo, OCHOA M, William Alexis and TORRENTE T, Armando, 2024. Análisis de compactación en suelo franco arenoso usando herramientas de sistemas de información geográfica en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura - Campoalegre, Huila. Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura. 9 May 2024. Vol. 4, no. 1. DOI 10.23850/raaa.v4i4.4701.

CURIPALLO, Emelin Estefania, 2022. Historia y experiencia turística en el Cantón Patate. Tesis de licenciatura. Ambato: Universidad técnica de Ambato.

DANE, Jacob H and TOPP, Clarke G, 2002. Methods of soil analysis, Part 4: Physical methods. Reino Unido.

DEBANO, Leonard F, 2000. he role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: A review.. journal of Hydrology. Online. 2000. Available from: https://forest.eecs.wsu.edu/smp/solo/documents/GTRs/INT_280/DeBano_INT-280.php [Accessed 2 September 2024].

DÍAZ OCHOA, Bella Belén, 2021. Propuesta de acciones para gestionar los riesgos de incendios. Online. Tesis de licenciatura. Guayaquil: Universidad metropolitana del Ecuador. Available from: http://repositorio.umet.edu.ec:8080/handle/67000/301 [Accessed 30 August 2024].

DOMÍNGUEZ CÉSPEDES, Heber Danilo, 2016. Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el municipio de Cumaribo, departamento del Vichada. Online. tesis de maestría. Municipio de Cumaribo: Universidad de Caldas. Available from: https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/2974 [Accessed 2 September 2024].

DONG, Ziyu and WILLIAMS, Roger A., 2023. Effects of Wildland Fuel Composition on Fire Intensity. Fire. 13 August 2023. Vol. 6, no. 8, p. 312. DOI 10.3390/fire6080312.

ESTRELLA VELASCO, Ronald Alberto and GUARANGA GUARANGA, Norma Beatriz, 2020. Determinación de la susceptibilidad a incendios forestales del cantón san pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua.. Online. Tesis de ingeniería. Guaranda: Universidad Estatal de Bolívar. Available from: https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/03f87a84-0f27-43ea-ae9c-ab395ac96627/content [Accessed 30 August 2024].

FERNÁNDEZ-GARCÍA, Víctor, MARCOS, Elena, FRANCOS, Marcos, JIMENEZ-MORILLO, Nicasio Tomás and CALVO, Leonor, 2023. Editorial: Wildfire severity and forest soils: impacts and post-fire restoration strategies to mitigate climate change. Frontiers in Forests and Global Change. Online. 28 April 2023. Vol. 6. DOI 10.3389/ffgc.2023.1203411. [Accessed 2 September 2024].

GÓMEZ-REY, M, COUTO-VÁZQUEZ, A, GARCÍA-MARCO, S and GONZÁLEZ-PRIETO, S, 2013. Impact of fire and post-fire management techniques on soil chemical properties. Geoderma. March 2013. Vol. 195–196, p. 155–164. DOI 10.1016/j.geoderma.2012.12.005.

GÓMEZ-SÁNCHEZ, E, LUCAS-BORJA, M, PLAZA-ÁLVAREZ, P, GONZÁLEZ-ROMERO, J, SAGRA, J, MOYA, D and DE LAS HERAS, J, 2019. Effects of post-fire hillslope stabilisation techniques on chemical, physico-chemical and microbiological soil properties in mediterranean forest ecosystems. Journal of Environmental Management. Online. September 2019. Vol. 246, p. 229–238. DOI 10.1016/j.jenvman.2019.05.150. [Accessed 1 September 2024].

GONZÁLES, Heinz, OCAÑA, Candy, CUBAS, Jefferson, VEGA-NIEVA, Daniel José, RUÍZ, Mario, SANTOS, Almites and BARBOZA, Elgar, 2024. Impact of forest fire severity on soil physical and chemical properties in pine and scrub forests in high Andean zones of Peru. Trees, Forests and People. Online. December 2024. Vol. 18, p. 100659. DOI 10.1016/j.tfp.2024.100659. [Accessed 2 September 2024].

GONZÁLEZ-PÉREZ, José A, GONZÁLEZ-VILA, Francisco J, ALMENDROS, Gonzalo and KNICKER, Heike, 2004. The effect of fire on soil organic matter—a review. Environment International. Online. August 2004. Vol. 30, no. 6, p. 855–870. DOI 10.1016/j.envint.2004.02.003. [Accessed 2 September 2024].

GUARDIOLA TORMOS, José, 2020. Estudio del estado del suelo de las zonas afectadas por el incendio forestal de 2011 en el Parque Nacional de las Torres del Paine (Patagonia, Chile). Online. Tesis de ingeniería. Patagonia, Chile: Universidad Miguel Hernández de Elche. Available from: https://dspace.umh.es/handle/11000/27206 [Accessed 19 September 2024].

IZQUIERDO BAUTISTA, Jaime and ARÉVALO HERNÁNDEZ, John Jairo, 2021. Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. Ingeniería y Región. Online. 30 December 2021. Vol. 26, p. 20–28. DOI 10.25054/22161325.2527. [Accessed 1 September 2024].

JUMBO, Erika, HERRERA-FEIJOO, Robinson J, ÁVILA-ANDRADE, Andrés, CHICAIZA-ORTIZ, Ángel, MOROCHO-CUENCA, María and CHICAIZA-ORTIZ, Cristhian, 2021. Evaluación de la biodiversidad, amenazas y estatus de conservación de la flora y fauna del Bosque Petrificado Puyango. Green World Journal. Online. 1 May 2021. Vol. 4, no. 2, p. 18. DOI 10.53313/gwj42018. [Accessed 30 August 2024].

LABORATORIO QUÍMICA Y BIOLOGÍA ECCI, 2020. Determinación de pH, conductividad, acidez, aluminio e hidrogeno intercambiable.. Online. 2020. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=-lBFU-OXIqs [Accessed 1 September 2024].

LUCAS-BORJA, Manuel Esteban, PLAZA-ÁLVAREZ, Pedro Antonio, YÁÑEZ CARMONA, María Dolores, MIRALLES, Isabel, ORTEGA, Raúl, SORIA, Rocío, CANDEL-PÉREZ, David and ZEMA, Demetrio Antonio, 2024. Long-term evaluation of soil functionality in Mediterranean forests after a wildfire and post-fire hillslope stabilisation. Forest Ecology and Management. Online. March 2024. Vol. 555, p. 121715. DOI 10.1016/j.foreco.2024.121715. [Accessed 2 September 2024].

MANOBANDA, Alex, 2020. Patate. Online. Tesis de ingeniería. Ambato: Universidad técnica de Ambato. Available from: https://es.scribd.com/document/468812665/patate-1 [Accessed 1 September 2024].

MARTÍNEZ PASTUR, Guillermo, ARAVENA ACUÑA, Marie-Claire, SILVEIRA, Eduarda, VON MÜLLER, Axel, LA MANNA, Ludmila, GONZÁLEZ-POLO, Marina, CHAVES, Jimena E, CELLINI, Juan M, LENCINAS, María V, RADELOFF, Volker C, PIDGEON, Anna M and PERI, Pablo L, 2022. Mapping Soil Organic Carbon Content in Patagonian Forests Based on Climate, Topography and Vegetation Metrics from Satellite Imagery. Remote Sensing. Online. 11 November 2022. Vol. 14, no. 22, p. 5702. DOI 10.3390/rs14225702. [Accessed 14 September 2024].

MATAIX-SOLERA, Jorge, 2007. Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. In: Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica. p. 5–40.

MINERVINI, Mariana, MORRÁS, Héctor J and TABOADA, Miguel, 2018.

Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. Ecología Austral. Online. April 2018. Vol. 28, no. 1, p. 012–027. DOI 10.25260/EA.18.28.1.0.127. [Accessed 2 September 2024].

MWENDWA, Samuel, 2020. El protocolo Mwendwa: una modificación del método Bouyoucos de análisis de la textura del suelo. ResearchSquare. Online. 2020. Available from: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-65389/v1 [Accessed 1 September 2024].

ORELLANA SALAS, Jordy Alexander and LALVAY PORTILLA, Tatiana Del Cisne, 2018. Uso e importancia de los recursos naturales y su incidencia en el desarrollo turístico. Caso Cantón Chilla, El Oro, Ecuador. Revista interamericana de ambiente y turismo. Online. June 2018. Vol. 14, no. 1, p. 65–79. DOI 10.4067/S0718-235X2018000100065. [Accessed 30 August 2024].

OTZEN, Tamara and MANTEROLA, Carlos, 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. International Journal of Morphology. Online. March 2017. Vol. 35, no. 1, p. 227–232. DOI 10.4067/S0717-95022017000100037. [Accessed 14 September 2024].

PEREIRA M, Cesar A, MAYCOTTE M, Carlos C, RESTREPO, Beatriz E, FRANCESCO M, CALLE MONTES, Abel, VELARDE, María José E, MARÍN S, Guillermo L, ÁLVAREZ M, María L and PORTELA G, Henry, 2011. Biodiversidad. Online. Colombia. Available from: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4770/biodiversidad.pdf [Accessed 16 September 2024].

PERRET, Johan, 2020. Ecuación de Stokes y determinación de textura por el método de bouyucos.. Online. 2020. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=hGpPUAZP_QE [Accessed 1 September 2024].

PRISMA AGROPECUARIO TVU, 2022. Determinación de textura del suelo por el método de Bouyoucos.. Online. 2022. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=Fy2Stj2lc5U&t=113s [Accessed 1 September 2024].

RAISON, R. J, 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: A review. Plant and Soil. February 1979. Vol. 51, no. 1, p. 73–108. DOI 10.1007/BF02205929.

REVELO JAVIER, 2023. SitRep No. 24 – Incendios Forestales. Online. Samborondón. Available from: https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2023/09/SITREP_Nro._24_Incendios_Forestales_01012023_al_08092023.pdf [Accessed 30 August 2024].

RÍOS HERVAS, Jimmy Gerardo, 2023. Causas y origen de los incendios forestales en el Ecuador. InnDev. 16 December 2023. Vol. 2, no. 4, p. 11–21. DOI 10.69583/inndev.v2n4.2023.79.

RIVERA GÁRATE, Carmen Amanda, 2015. Alteraciones de la materia orgánica y la repelencia del suelo al agua en una zona afectada por incendios forestales en parte de la microcuenca del Saloya.. Online. Tesis de licenciatura. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Available from: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9134 [Accessed 2 September 2024].

SAA, A, TRASAR-CEPEDA, M, GIL-SOTRES, F and CARBALLAS, T, 1993. Changes in soil phosphorus and acid phosphatase activity immediately following forest fires. Soil Biology and Biochemistry. Online. September 1993. Vol. 25, no. 9, p. 1223–1230. DOI 10.1016/0038-0717(93)90218-Z. [Accessed 2 September 2024].

SACCHI, Gabriela, CAMPITELLI, Paola, SORIA, Patricia and CEPPI, Silvia, 2015. The influence of heating temperature on the physical and chemical properties of soils with different parent materials and anthropogenic uses. Spanish Journal of Soil Science. 9 November 2015. Vol. 5. DOI 10.3232/SJSS.2015.V5.N3.03.

SIX, J, CONANT, R, PAUL, E and PAUSTIAN, K, 2002. Mecanismos de estabilización de la materia orgánica del suelo: implicaciones para la saturación de C de los suelos. Plant and Soil. 2002. Vol. 241, no. 2, p. 155–176. DOI 10.1023/A:1016125726789.

TAN, Kim H., 2005. Soil Sampling, Preparation, and Analysis. Online. 2nd. CRC Press. ISBN 9780429178993. [Accessed 1 September 2024].

TITE, Ruth Margarita, 2018. Determinación de la huella de carbono en el Campus Central de la Universidad Estatal Amazónica. Online. Tesis de ingeniería. Puyo: Universidad Estatal Amazónica. Available from: https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/473/1/T.AMB.B.UEA.3157.pdf [Accessed 13 September 2024].

ÚBEDA, X, FARGUELL, J, FRANCOS, M and MATAIX, J, 2023. Los grandes incendios forestales y sus consecuencias en el suelo. In: Geografía:cambios,retosyadaptacion. Online. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE GEOGRAFÍA. p. 87–96. ISBN 9788409539253. [Accessed 14 September 2024].

UBEDA, X, 2001. Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal. In: Edafologia. Online. Revista de la sociedad española de la ciencia del suelo. p. 41–49. Available from: https://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/partes%20volumen%208-1/paginas%2041-49.pdf [Accessed 3 September 2024].

VASCO LUCIO, Martha Marisol, ORNA PUENTE, Luz María, ATI CUTIUPALA, Guicela Margoth and LARA VÁSCONEZ, Norma Ximena, 2022. Detección de la severidad de los incendios que afectan la biodiversidad de los ecosistemas del área protegida “Ichubamba Yasepan” mediante análisis geoestadístico. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional. Online. 2022. Vol. 7(12), p. 209–228. Available from: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9227657 [Accessed 19 September 2024].

ZHIMINAICELA CABRERA, Jonathan Bladimir, LIMA MORALES, Kevin Andres, QUEVEDO GUERRERO, José Nicasio, GARCÍA BATISTA, Rigoberto Miguel and ROGEL JARRÍN, Bolívar Andres, 2021. Incendios forestales un factor influyente en la degradación de la biodiversidad del cantón Chilla, Ecuador. Revista Científica del Amazonas. Online. 7 May 2021. Vol. 4, no. 7, p. 5–12. DOI 10.34069/RA/2021.7.01. [Accessed 30 August 2024].