

Efecto del calor en la retención de humedad de un suelo cubierto de pino (*Pinus radiata*) en Cajamarca

Effect of heat on moisture retention in a pine (*Pinus radiata*) covered soil in Cajamarca, Peru

Edin Alva Plasencia^{1*}, Luis Marín Quiroz¹, Tereza Terán Chuquilín¹, Silvia Quiroz Diéguez¹, Domitila Muñoz Arias¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1050, C.P. 06003, Cajamarca, Perú

*Autor de correspondencia: eealva@unc.edu.pe

Resumen

La investigación se realizó en el suelo cubierto por Pino (*Pinus radiata*) de las plantaciones de pino de la Granja Porcón, Cajamarca, el objetivo fue: Determinar el efecto del calor en las propiedades físico-químicas del suelo cubierto de pino en Cajamarca y determinar el efecto del calor en la retención de humedad de un suelo cubierto de pino en Cajamarca. Los resultados fueron los siguientes: Las fracciones granulométricas y clase textural del suelo afectado por el calor ha registrado fuertes variaciones; Las propiedades químicas que han registrado incremento al aumentar el calor son: pH, CE, P disponible, saturación de bases; Las propiedades químicas que han registrado disminución son: Al, MO, Nt, K disponible, acidez de cambio. En el suelo normal y sometido a 100 °C, el agua disponible es 10,738 % en cambio, a los 1000 °C, la cantidad de agua disponible es 4,537 %; es decir, ha disminuido en 57,75 %.

Palabras clave: incendio forestal, constantes hídricas, retención de agua

Abstract

The research was carried out on the soil covered by Pine (*Pinus radiata*) of the pine plantations of Granja Porcón, Cajamarca, the objective was: Determine the effect of heat on the physical-chemical properties of the soil covered by pine in Cajamarca and determine the effect of heat on the moisture retention of a soil covered with pine in Cajamarca. The results were the following: The granulometric fractions and textural class of the soil affected by heat have registered strong variations; The chemical properties that have registered an increase with increasing heat are: pH, EC, available P, base saturation; The chemical properties that have registered a decrease are: Al, MO, Nt, available K, change acidity. In normal soil subjected to 100 °C, the available water is 10.738 %, however, at 1000 °C, the amount of available water is 4.537 %; that is, it has decreased by 57.75 %.

Key words: forest fire, water constants, water retention

Introducción

En la sierra del Perú y específicamente en el departamento de Cajamarca, han ocurrido numerosos incendios forestales como resultado mayormente de descuido o actos intencionales, de diferentes perspectivas. El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) informa que, en el año 2021 se registraron un total de 7104 incendios forestales que afectaron 191 014 hectáreas.

Como justificación de los incendios forestales provocados, se manifiesta que deben realizarse para mejorar los pastos, para que rebrote mejor la vegetación, para que estimular la caída de lluvias, para eliminar animales peligrosos, etc. Sin embargo, se desconoce o no se toma en cuenta los daños ocasionados al suelo principalmente, a la flora y fauna, a los árboles mismos y al ambiente en general. Los incendios forestales producen efectos dependiendo de la intensidad de calor, tiempo, tipo de especies, etc.; por lo tanto, los efectos en el suelo pueden ser temporalmente buenos en algunas propiedades y en otras pueden ser muy perjudiciales. Existen distintas estrategias para el estudio de los cambios que se producen en las variables físicas y químicas del suelo como consecuencia del fuego; una es el estudio in situ y la otra el estudio ex situ, es decir someter al suelo a calentamiento controlado en laboratorio. El suelo después de un incendio es susceptible a sufrir de erosión, debido a lo expuesto que queda al viento y agua (Caon, 2014 y Shakesby, 2011). La erosión genera: pérdida del material, problemas con la infiltración del agua, aumento del flujo superficial del agua e hidrofobicidad (Caon, 2014 y Shakesby, 2011). Por otro lado, la cosecha post-incendios de la madera quemada, también puede aumentar la vulnerabilidad a la erosión y degradación del suelo, debido al uso maquinaria pesada y arrastre de los troncos (García-Oreñe, 2017). La literatura relacionada a los incendios forestales, nos dice que el calor puede afectar a la retención de agua en el suelo, lo que pretendió demostrar en esta investigación.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el suelo cubierto por *Pinus radiata* en el sector de la Laguna de la Granja Porcón, en el Departamento de Cajamarca. El estudio se centró en analizar las propiedades físicas y químicas del suelo, comenzando con una fase de campo en la que se realizó una visita para identificar el lugar y obtener los permisos necesarios para la toma de muestras, las cuales se recogieron a una profundidad de 0 a 10 cm. Posteriormente, en el laboratorio de Análisis de Suelos Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. SRL, se llevaron a cabo diversos análisis para determinar las características del suelo, incluyendo su textura, pH y niveles de nutrientes esenciales. Finalmente, en la fase de gabinete, se consolidó la información obtenida de las muestras y los reportes del laboratorio, lo que permitió redactar un informe final que no solo documenta los hallazgos, sino que también propone recomendaciones para la gestión y conservación del suelo en esta área ecológica.

Resultados y discusión

Características físicas y químicas del suelo no afectado y afectado por el calor.

Tabla 1. Valores de textura y propiedades químicas del suelo no afectado y afectado por el calor

Propiedad	unidad	Suelo no afectado por el calor	Suelo afectado por el calor (°C)	
			100	1000
Arena	%	60	60	90
Limo	%	13	13	5
Arcilla	%	27	27	5
Clase textural		FrArA	FrArA	A
pH actual		4,53	4,32	4,7
pH potencial		3,91	3,76	4,03
Al cambiabile	me/100g	4,13	5,07	3,43
Calcáreo total	%	0,00	0,00	0,00
C.E.	dS/m	66,0	444,0	868,5
MO	%	5,30	4,0	1,30
Nt	%	0,21	0,16	0,06
P disponible	ppm	4,80	6,33	7,37
K disponible	ppm	121,41	107,66	70,99
CCC	me/100g	22,75	20,80	4,95
Ca Cambiable	me/100g	6,16	4,89	1,48
Mg cambiabile	me/100g	0,62	0,49	0,15
K Cambiable	me/100g	0,31	0,24	0,07
Na cambiabile	me/100g	0,01	0,00	0,00
Saturación de bases	%	31,16	27,08	34,47
Acidez de cambio	me/100g	15,66	15,17	3,24

Fuente. Laboratorio análisis de suelos Tecnología y desarrollo agrícola J.D. SRL.

En la tabla 1, se aprecia que el contenido de arena, limo y arcilla en el suelo afectado por el calor fuego, ha tenido cambios en el contenido, por lo que el calor afectó a dichas partículas. Sin embargo, Pascual (2011) registró inmediatamente después del fuego, así como en el transcurso de tres años, un aumento del porcentaje de arena en el suelo, lo cual atribuye al arrastre selectivo de las partículas finas del suelo (arcilla), más que a la acción directa del fuego.

La reacción actual (pH) en el suelo al someterse al calor, observamos que se incrementa ligeramente. El aluminio cambiabile en el suelo ha disminuido y en general los valores de CE del suelo son muy bajos, pero, se han incrementado con el calor. Referente a los porcentajes de materia orgánica del suelo, se aprecia de manera general que someterse al calor, la MO del suelo ha disminuido fuertemente. Las investigaciones reportan que los incendios disminuyen el contenido de MO. Se han reportado reducciones del 34 % (Capulín et al., 2010), 45,9 % (La Manna & Barroetaveña, 2011), entre otros estudios. Los compuestos húmicos en la superficie del suelo, en un

incendio, comienzan a descomponerse a unos 100 °C y se destruyen totalmente a temperaturas próximas a 500 °C (Gil et al., 2010).

El nitrógeno en suelo, en ambas temperaturas, presenta la misma tendencia que la materia orgánica; es decir, disminuye los valores, en ambos suelos. Urretavizcaya (2010) indica que existe controversia en cuando a la cantidad de nitrógeno en el suelo luego de un incendio, pues se han reportado trabajos de incremento, disminución y de no modificación de la concentración.

En cuanto al fósforo disponible (ppm) tanto en el suelo sometido a 100 y a 1000 °C, el P disponible se incrementa moderadamente, estos valores coinciden con Amiotti, Bravo, Giorgetti, Montenegro, & Rodriguez (2005) quienes registraron un mayor incremento en el contenido de fósforo extraíble a temperaturas de 200 °C y 300 °C, lo que atribuyeron al cambio del fósforo orgánico a fósforo disponible; así mismo, registró una ligera disminución por encima de los 400 °C de temperatura, probablemente debido a su inmovilización temporal por la formación de fosfatos de calcio y/o magnesio. Los valores de potasio disponible (ppm) en el suelo afectado por el calor han disminuido gradualmente.

Los valores de CIC del suelo afectado por el calor han disminuido drásticamente. Se muestra que en el suelo no afectado por el calor tiene 22,75 me/100 g, mientras que, a los 1000 °C, registra 4,95 me/100 g. Esta tendencia posiblemente se deba al comportamiento similar de la materia orgánica. Celis, Jordán, & Martínez (2013) indican que después de un incendio forestal, generalmente se registra una disminución en la CIC, principalmente en los primeros centímetros del suelo. Al reducir la CIC en el suelo, los nutrientes que están contenidos en las cenizas, pueden lixiviarse con facilidad (Gil, Zavala, Bellinfante, & Jordán, 2010).

En relación al catión Ca^{++} cambiante, en el suelo afectado por el calor, disminuye, de igual manera, sucede con el catión Mg^{++} cambiante en el suelo sigue la misma tendencia. Knoepp et al. (2005), citados por Urretavizcaya (2010) indican que en general, la disponibilidad del magnesio aumenta inmediatamente luego de un incendio, sin embargo, a menos de tres meses ese incremento puede desaparecer.

En relación al catión K^{+} cambiante en el suelo, igualmente disminuye aún más. En relación al catión Na^{+} cambiante en el suelo, ha sufrido cambio insignificante tanto en el suelo afectado como no afectado por el calor.

El porcentaje de saturación de bases, viene a ser la proporción de la CIC que está compuesta por las bases del suelo. Se observa en la Tabla 1 que, en el suelo afectado por el calor, la saturación de bases es superior y por consiguiente la acidez de cambio disminuye con el calor.

Retención de agua en el suelo

Para el cálculo de las constantes hídricas del suelo no afectado como afectado por el calor se ha tomado como base las fórmulas propuestas por Bodman y Mahmud (2012):

$$CC (\%) = 0,023 (\%A) + 0,25 (\%L) + 0,61 (\%Ar)$$

$$MP (\%) = 0,302 (\%Ar) + 0,12 (\%L) + 0,0147 (\%A)$$

Por lo tanto, al reemplazar los datos, tenemos los siguientes resultados:

Suelo sin quemar:

CC= 21,1 %

PMP= 10,362 %

AD= 10,738 %

Suelo sometido a 100 °C:

CC= 21,1 %

PMP= 10,362 %

AD= 10, 738 %

Suelo sometido a 1000 °C:

CC= 6,37 %

PMP= 1,833 %

AD= 4,537 %

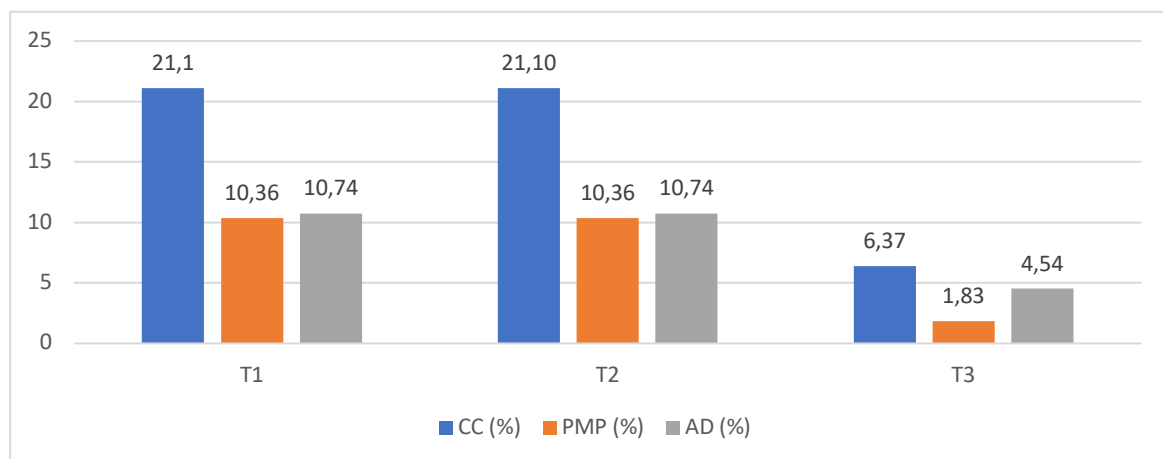


Figura 1. Constantes hídricas (CC, PMP, AD) del suelo normal, suelo sometido a 100°C y suelo sometido a 1000 °C

Las constantes hídricas, capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y agua disponible (AD), en el suelo normal y el suelo sometido a 100 °C, no ha habido alteración en ninguna de las constantes; sin embargo, en el suelo sometido a 1000 °C ha ocurrido un cambio desde la proporción de las fracciones granulométricas, donde el contenido de arena ha aumentado drásticamente y arcilla ha disminuido de 27 % a 5 %, lo que influye fuertemente en la cantidad de agua retenida por el suelo.

En el suelo normal y sometido a 100 °C, al agua disponible es 10,738 % en cambio, a los 1000 °C, la cantidad de agua disponible es 4,537 %; es decir, ha disminuido en 57,75 %.

Conclusiones

Las fracciones granulométricas y la clase textural del suelo afectado por el calor han mostrado variaciones significativas. Entre las propiedades químicas que han aumentado con el incremento de temperatura se encuentran: pH, conductividad eléctrica (CE), fósforo disponible y saturación de bases. Por otro lado, las propiedades químicas que han disminuido incluyen: aluminio (Al), materia orgánica (MO), nitrógeno total (Nt), potasio disponible y acidez de cambio. En condiciones normales, a una temperatura de 10 °C, la disponibilidad de agua en el suelo es del 10,74 %. Sin embargo, a 1000 °C, esta disponibilidad se reduce al 4,54 %, lo que representa una disminución del 57,75 %.

Referencias

- Afif, E., & Oliveira, J. A. (2006). Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo. *Revista Invest Agrar: Sist Recur For*, 15(3), 262-270. <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/download/2230/1638>
- Alva, D., & Manosalva, H. (2019). Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el cañón de Sangal, Cajamarca. Tesis de ingeniería, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21088/Alva%20Mendoza%20Denisse%20Milagros%20-%20Manosalva%20Caruajulca%20H%c3%a9ctor%20Iv%c3%a1n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bernardis, R., et al. (2004). Impacto ambiental de la quema prescrita de un pastizal sobre la materia orgánica y el nitrógeno del suelo. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/5-Agrarias/A-044.pdf>
- Cáceres, J. A. (2018). Efectos de la quema de vegetación en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huancayo. Tesis de ingeniería, Universidad Continental, Huancayo, Perú. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/continental/4645/4/IV_FIN_107_TE_Caceres_Lopez_2018.pdf
- Camargo, J., et al. (2012). Cambios en las propiedades del suelo posteriores a un incendio en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia. *Acta Agronómica*, 61(2), 151-165. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169925874010>
- Casas, M., & Alva, E. (2019). Efectos del incendio forestal en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huacraruco, Cajamarca. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Farmer, V. (1978). Water on particle surfaces. En D. Greenland & M. Hayes (Eds.), *The chemistry of soil constituents* (pp. 405-448). John Wiley and Sons.
- Flores, J. G. (2009). *Impacto ambiental de los incendios forestales*. Mundi Prensa México, S.A. de C.V.

Hernández, I., & López, D. (2002). Pérdida de nutrientes por la quema de la vegetación en una sábana de *Trachypogon*. *Revista de Biología Tropical*, 50(3-4). http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442002000300019

INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura). (2017). *Fijación de potasio en el suelo*. Serie Suelos (Núm. 31). Artículos Técnicos de INTAGRI. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>

Jordán, M., et al. (2013). Efectos del fuego en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. En *Grandes Incêndios Florestais, Erosão, Degradação E Medidas De Recuperação Dos Solos* (pp. 145-160). Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento, Universidade do Minho. https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/pub/outros_livros/viiegfa/Artigo_12_Reyes_de_Celis.pdf

Konstantin, O. B., Gongalsky, K. B., Korobushkin, D. I., Ekschmitt, K., & Zaitsev, A. S. (2017). Forest fires alter the trophic structure of soil nematode communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 109, 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.02.004>

La Manna, L., & Barroetaveña, C. (2011). Propiedades químicas del suelo en bosques de *Nothofagus antarctica* y *Austrocedrus chilensis* afectados por fuego. *Revista FCA UNCUYO*, 43, 41-55. <https://core.ac.uk/download/pdf/61885326.pdf>

López, D., Laguna, E., Acevedo, T., & Flores, J. (2022). Riesgos de degradación hídrica del suelo posterior al fuego en el trópico húmedo. *Wani*, 38(76), 54–69. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i76.14402>

Mataix-Solera, J., et al. (2007). Water repellency under different plant species in a calcareous forest soil in a semiarid Mediterranean environment. *Hydrological Processes*, 21, 2300-2309.

Martínez, J., De las Heras, J., & Herranz, J. (1991). *Impacto ecológico de los incendios forestales*. La Mancha.

Mataix-Solera, J., & Guerrero, C. (2009). *Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas*. Ed. Alicante, España: Caja Mediterráneo, CEMACAM Font Roja.

Mataix-Solera, J., et al. (2007). Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Mataixsolera/publication/229187257_Efectos_de_los_incendios_forestales_en_las_propiedades_edaficas/links/0fcfd500835635e07c000000.pdf

Minermini, M., Morrás, H., & Taboada, M. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Instituto de Suelos-CNIA –INTA*. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v028_n01_p012.pdf

- Pascual, A. J. (2011). Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo, incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, Sevilla, España. https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/72763/file_1.pdf?sequence=1
- Ramírez-Luna, J., Yáñez, M., Cantú-Silva, I., Pérez, R., Rodríguez, P., & Garza, D. (2023). Parámetros hídricos en suelos incendiados del municipio de Iturbide, Nuevo León. *Naturalis*, 1(2).
- Rosero Cuesta, J., & Osorio Giraldo, I. (2014). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo: Estado del arte. *Cuaderno Activa*, 5(1), 59–67. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/130>
- Sacchi, G., Campitelli, P., Soria, P., & Ceppi, S. (2015). Influencia de temperaturas de calentamiento sobre propiedades físicas y químicas de suelos con distinto material parental y uso antrópico. *Spanish Journal of Soil Science*, 5(3), 82-97.
- Samaniego, C. A. (2013). Efecto de un incendio forestal en una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill. subsp. *globulus* en Huaraz. Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1762/K70-S187-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soto Contreras, Y. L. (2009). Determinación de parámetros químicos y poblaciones bacterianas del suelo relacionadas con el ciclo del carbono y nitrógeno, antes y después de la quema de residuos de cosecha de trigo. Tesis de ingeniería, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fas718d/doc/fas718d.pdf>
- Urreta, M. F. (2010). Propiedades del suelo en bosques quemados de *Austrocedrus chilensis* en Patagonia, Argentina. *Bosque*, 31(2), 140-149. <http://www.redalyc.org/pdf/1731/173116383007.pdf>
- Ubeda, X., & Sala, M. (1996). Cambios en la física del suelo e incremento de la escorrentía y la erosión tras un incendio forestal. En *IV reunión de geomorfología* (p. XXX). Sociedad Española de Geomorfología.
- Viviana, V. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo, antes y después de la quema en dos tipos de uso del suelo en el Distrito de Campo Verde. Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3259/000001673T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>