

**Dinámica de las propiedades químicas del suelo de la plantación forestal de El Gavilán - Cajamarca,
después del incendio de octubre 2020**

**Dynamics of the chemical properties of the soil of the El Gavilán - Cajamarca Forest plantation, after
the fire of October 2020**

Edin Alva Plasencia^{1*}, Luis Marin Quiroz¹, Tereza Terán Chuquilin¹, 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 llevó a cabo en el suelo de la plantación forestal de El Gavilán, Cajamarca, con el propósito de analizar la evolución de las propiedades químicas del suelo después del incendio ocurrido en octubre de 2020. Las propiedades examinadas abarcaron textura, pH, aluminio intercambiable, contenido total de cal, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Na), saturación de bases y acidez de cambio. Los resultados revelaron que no hubo variaciones en las fracciones granulométricas y en la clase textural del suelo, ya sea afectado o no por el incendio. A los 4 meses después del incendio, se observó una disminución en algunas propiedades químicas del suelo afectado, incluyendo pH, conductividad eléctrica, fósforo disponible, potasio disponible, calcio, magnesio y potasio intercambiables, así como saturación de bases. Asimismo, propiedades como aluminio (que disminuyó a los 8 meses), materia orgánica, nitrógeno total y capacidad de intercambio catiónico mostraron un aumento constante después del incendio.

Palabras clave: fracciones granulométricas, incendio forestal, plantación forestal, propiedades químicas del suelo

Abstract

The research was conducted in the soil of the El Gavilán forest plantation in Cajamarca, with the objective of studying the dynamics of soil chemical properties in the El Gavilán forest plantation after the October 2020 fire. The properties under investigation included texture, pH, exchangeable Al, total lime, electrical conductivity, organic matter, total nitrogen, available phosphorus, available potassium, cation exchange capacity, and exchangeable cations (Ca, Mg, K, Na), base saturation, and exchange acidity. The results indicated that there were no variations in soil particle size fractions and texture between the fire-affected and unaffected soils. Among the chemical properties, those that decreased in the soil affected by the fire after 4 months included pH, electrical conductivity,

available phosphorus, available potassium, exchangeable calcium, magnesium, and potassium, as well as base saturation. Additionally, chemical properties that consistently increased after the fire included aluminum (which decreased at 8 months), organic matter, total nitrogen, and cation exchange capacity.

Keywords: granulometric fractions, forest fire, forest plantation, soil chemical properties

Introducción

En la sierra del Perú y específicamente en la región Cajamarca, han ocurrido numerosos incendios forestales como resultado mayormente del descuido o actos intencionales debido a diferentes creencias o ideologías. Como justificación de los incendios forestales provocados, se manifiesta que se deben realizar para mejorar los pastos y se logre un rebrote de mejor vegetación, para 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 a la vida ambiental en general.

Los incendios forestales producen efectos en el suelo, 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 de ellas es el estudio *in situ* y la otra el estudio *ex situ*; es decir, someter al suelo a calentamiento controlado en laboratorio. La ventaja que tienen los estudios *ex situ*, implica poder determinar los valores iniciales de los distintos parámetros de un suelo sin calentamiento para comparar con el mismo suelo afectado después del calentamiento (Knoepp et al., 2005).

La plantación forestal de El Gavilán, en el año 2020 sufrió un incendio de gran magnitud, afectando aproximadamente 1000 ha. Entre la vegetación arbórea se encontraba pino (*Pinus radiata*) y muchas otras de importancia forestal. Por lo que ameritó realizar el presente estudio con el objetivo de analizar la evolución de las propiedades químicas del suelo después del incendio ocurrido en octubre de 2020.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en la plantación forestal de El Gavilán – Cajamarca, ubicada en el distrito de San Juan, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.

El material de estudio utilizado fue en el suelo la plantación forestal de El Gavilán, correspondiente a la zona no afectada por el fuego y también de la zona afectada por el incendio ocurrido en octubre 2020.

El trabajo se realizó en tres fases. En la fase campo se realizó la visita e identificación del lugar, se

solicitaron los permisos de entrada al lugar para tomar las muestras correspondientes. La toma de muestras se ejecutó a la profundidad de 0 a 10 cm del área afectada como no afectada por el incendio. La fase de laboratorio consistió en la determinación de las propiedades físicas y químicas de las diferentes muestras de suelo en el laboratorio análisis de suelos Tecnología y desarrollo agrícola J.D. SRL. En la fase de gabinete se procedió a consolidar la información de campo y los reportes del laboratorio.

Resultados y discusiones

Las características físicas y químicas del suelo no afectado y afectado por el incendio en el suelo de la plantación forestal de El Gavilán – Cajamarca, ubicada en el distrito de San Juan, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de las propiedades físicas y químicas del suelo no afectado y afectado por el incendio en diferentes épocas post incendio de la plantación forestal El Gavilán - Cajamarca

Característica	Unidad de medida	Suelo no afectado por incendio			Suelo afectado por incendio		
		Octubre 2020	Febrero 2021	Julio 2021	Octubre 2020	Febrero 2021	Julio 2021
Arena	%	60	60	60	60	60	60
Limo	%	13	13	13	13	13	13
Arcilla	%	27	27	27	27	27	27
Clase textural		FrArA	FrArA	FrArA	FrArA	FrArA	FrArA
pH actual		5,34	4,51	5,25	5,12	4,91	5,48
pH potencial		4,5	3,9	4,44	4,34	4,19	4,61
Al cambiabile	me/100g	1,31	4,22	1,56	1,95	2,65	0,95
Calcáreo total	%	0	0	0	0	0	0
C.E.	dS/m	115,5	46,5	58,5	54	30	73,5
MO	%	2,8	3,3	3,8	2,8	3,3	4
Nt	%	0,14	0,16	0,19	0,14	0,16	0,2
P disponible	ppm	6,35	4,45	5,81	5,39	4,84	6,43
K disponible	ppm	136,0	11,32	140,19	129,28	125,15	149,88
CIC	me/100g	19	19,75	20,5	19	19,75	20,8
Ca Cambiable	me/100g	7,74	5,28	8,04	7,04	6,61	8,97
Mg cambiabile	me/100g	0,77	0,53	0,8	0,7	0,66	0,9
K Cambiable	me/100g	0,38	0,26	0,4	0,35	0,33	0,44
Na cambiabile	me/100g	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Saturación de bases	%	46,91	30,77	45,16	42,63	38,55	49,63

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

Se puede apreciar que el contenido de arena, limo y arcilla en el suelo afectado y no afectado por el fuego, no presentó cambios en el contenido, por lo que se plantea que el fuego no afectó a dichas partículas. Sin embargo,

Pascual (2011) registró que inmediatamente después del fuego, así como en el transcurso de tres años, un aumento del porcentaje de arena en el suelo, lo cual se atribuye al arrastre selectivo de las partículas finas del suelo (arcilla), más que a la acción directa del fuego.

Se observó que la reacción del pH en el suelo cambió a un estado de acidez inicial, disminuyendo en 0.22 unidades. Luego de 4 meses el pH disminuyó en ambos casos. Sin embargo, a los 8 meses de ocurrido el incendio el pH comenzó nuevamente a aumentar, especialmente en el suelo afectado donde el incremento fue más notorio. Posiblemente esto se deba al efecto de la ceniza que se incorpora al suelo, tal como menciona un estudio que la incorporación de las cenizas producidas por la quema de la vegetación aumenta el pH debido a que estas contienen óxidos, hidróxidos y carbonatos (Montorio et al., 2015).

El aluminio cambiable en el suelo fue consecuencia de la acidez y se comporta como un elemento tóxico para las plantas. En el suelo afectado por el fuego, el contenido de aluminio cambiable aumentó hasta los 4 meses y luego a los 8 meses se registró una disminución, dado que el pH se incrementó. En general los valores de CE del suelo son muy bajos dada la acidez del mismo. Sin embargo, en el suelo quemado, especialmente en los primeros 4 meses disminuyó tanto en el suelo afectado como no afectado por el fuego.

Referente a los porcentajes de materia orgánica (MO) del suelo, se aprecia de manera general que, al producirse el incendio, la MO del suelo no fue afectada. A partir de los 4 y 8 meses, se incrementó en ambos casos, siendo mayor en el suelo afectado. Los resultados, son coincidentes a los encontrados por Casas y Alva (2019) quienes encontraron que en suelo quemado del bosque de Huacraruco, el contenido de MO fue mayor que en el no afectado por el fuego. En otros casos, los incendios disminuyeron el contenido de MO. Se han reportado reducciones del 34% (Capulín et al., 2010), 45,9% (La Manna y Barroetaveña, 2011). En un incendio los compuestos húmicos en la superficie del suelo, comienzan a descomponerse a unos 100 °C y se destruyen totalmente a temperaturas próximas a 500 °C (Gil et al., 2010).

El nitrógeno en ambos tipos de suelo presentó la misma tendencia que la materia orgánica; es decir, al pasar el tiempo se incrementó, siendo mayor el cambio en el suelo afectado por el fuego. Estos valores coinciden con Casas (2019) que encontraron que en el suelo quemado del bosque de Huacraruco, el nitrógeno fue mayor a diferencia del suelo no afectado. 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, se observó una disminución en 0,96 ppm en el suelo afectado. Se evidenció que a los 4 meses en el suelo no afectado disminuyó; en cambio, en el suelo afectado el P disponible fue mayor. A los 8 meses, en el suelo afectado por el incendio la recuperación fue más notoria, alcanzando un valor de 6,43 ppm, inclusive mayor que al producirse en incendio. Amiotti et al., (2005) registraron un mayor incremento en el contenido de fósforo extraíble a temperaturas de 200 °C y 300 °C, lo que atribuyó al cambio del fósforo orgánico

a fósforo disponible; asimismo, 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. De manera similar, el potasio disponible disminuyó hasta los 4 meses en el suelo afectado por el incendio, sin embargo, al término de los 8 meses los valores en ambos suelos alcanzaron cantidades superiores al momento de registrarse el incendio.

En el suelo afectado y no afectado por el incendio, la CIC fue similar hasta los 4 meses de ocurrido; a los 8 meses hubo un cambio, incrementándose en ambos casos. Esta tendencia posiblemente se deba al comportamiento similar de la materia orgánica. Celis et al. (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 et al., 2010). El porcentaje de saturación de bases, viene a ser la proporción de la CIC que está compuesta por las bases del suelo. Los resultados mostraron que la saturación de bases fue superior a partir de los 4 meses y continuó con la misma tendencia hasta los 8 meses.

En relación al catión Ca^{++} cambiante en el suelo, en ambos suelos disminuyó hasta los 4 meses y a los 8 meses se registró un notorio incremento, lo que guarda relación con el comportamiento del pH y la acidez de estos suelos. Estos valores coinciden con lo encontrado por Casas (2019) quienes reportaron que en el suelo quemado el Ca^{+2} es mayor que en el suelo no quemado, superándolo en 0,69 meq/100 g y a partir de dicha profundidad sucede lo contrario. En cuanto al catión Mg^{++} cambiante en el suelo sigue la misma tendencia, tanto en el suelo afectado como no afectado por el incendio, a los 4 meses disminuyó en ambos casos y a los 8 meses se incrementó superando los valores registrados al momento del incendio. Knoepp et al. (2005) 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, fue mayor en el suelo que no había sido afectado por el incendio, a los 4 meses disminuyó aún más; pero, a los 8 meses se incrementó, superando los valores iniciales en ambos suelos. Por su parte, el catión Na^{+} cambiante en el suelo, no sufrió cambio alguno tanto en el suelo afectado como no afectado por el incendio.

Conclusiones

Los resultados revelaron que no hubo variaciones en las fracciones granulométricas y en la clase textural del suelo, ya sea afectado o no por el incendio. A los 4 meses después del incendio, se observó una disminución en algunas propiedades químicas del suelo afectado, incluyendo pH, conductividad eléctrica, fósforo disponible, potasio disponible, calcio, magnesio y potasio intercambiables, así como saturación de bases. Asimismo, propiedades como aluminio (que disminuyó a los 8 meses), materia orgánica, nitrógeno total y capacidad de intercambio catiónico mostraron un aumento constante después del incendio.

Referencias

- Amiotti, N., Bravo, O., Giorgetti, H., Montenegro, O., Rodriguez, G. 2005. Efectos del fuego controlado sobre propiedades del suelo en pastizales naturales del sur bonaerense. *Rev. Arg. Prod. An.* 25:403-404.
- Capulín, J., Mohedano, L., Razo, R. 2010. Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio. *Terra Latinoamericana*. 28:79-87.
- Casas, M., Alva, E. 2019. Efectos del incendio forestal en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huacraruco- Cajamarca. Tesis. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3086>
- Celis, R., Jordán, A., Martínez, L. 2013. Efectos del fuego en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. Editores Gonçalves, A., Vieira, A. Guimaraes: Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento (NIGP). Portugal. Pág. 145-160.
- Gil, J., Zavala, L.M., Bellinfante, N., Jordán, A. 2010. Acidez y capacidad de intercambio catiónico en los suelos afectados por incendios. Métodos de determinación e interpretación de resultados. Editores Cerdá, A., Jordán, A. Universitat de València, FUEGORED. España.
- Knoepp, J.D., DeBano, L.F., Neary, D.G. 2005. Soil Chemistry. Editors Neary, D.G., Ryan, K.C., DeBano L.F. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.4. USDA. Pag. 53-71.
- La Manna, L., Barroetaveña, C. 2011. Propiedades químicas del suelo en bosques de *Nothofagus antarctica* y *Austrocedrus chilensis* afectados por fuego. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo*. 43: 41-55.
- Montorio, R., Pérez-Cabello, F., García-Martín, A., Vlassova, L., de la Riba, J. La severidad del fuego: Revisión de conceptos, métodos y efectos ambientales. Editores Arnáez, J., Gonzáles-Sampériz, P., Lasanta, T., Veloro-Garcés, B.L. España. Pág. 427-440.
- Pascual, G. A. (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. Universidad de Sevilla. España. 2011. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/72763>
- Urretavizcaya, M.F. 2010. Propiedades del suelo en bosques quemados de *Austrocedrus chilensis* en Patagonia, Argentina. *Bosque (Valdivia)*. 31:140-149.