

Impacto de la quema de pastizales sobre la degradación de suelos en las zonas altoandinas de la región Huánuco

Impact of Grassland Burning on Soil Degradation in the High-Andean Areas of the Huánuco Region

Raúl Antonio Nolberto Coz¹ 

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

Autor de correspondencia:

Raúl Antonio Nolberto Coz 

Historial del artículo:

Recibido el 1 de abril de 2025 | Aceptado el 30 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

DOI: <https://doi.org/10.54943/recialcia.685>

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el impacto de la quema de pastizales en la degradación del suelo, analizando cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Se llevó a cabo en la localidad de Calanca, distrito de Jesús, provincia de Lauricocha, región Huánuco, en el año 2024. Se realizaron muestreos de suelos en parcelas con quema de pastizales y en parcelas sin quema, para evaluar las propiedades físicas, químicas; biológicas del suelo. Los muestreos se realizaron después de 5 días de la quema del pastizal a profundidad de 20 cm. Los resultados mostraron cambios en la textura, densidad aparente y porosidad del suelo. Los valores de pH y CIC, el contenido de materia orgánica, fósforo, potasio, cationes cambiabiles, y la población de la macrofauna disminuyeron por efecto de la quema de los pastizales. Los valores de las propiedades físicas, químicas y biológicas se encuentran en niveles bajos. Estos cambios indican una degradación del suelo que puede afectar la productividad agrícola y ganadera en la región. La quema de pastizales tiene un impacto negativo en la calidad del suelo. Se recomienda implementar prácticas de manejo sostenible para mitigar estos cambios negativos.

Palabras clave: quema de pastizales; propiedades del suelo; degradación de suelos; sostenibilidad agrícola

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the impact of grassland burning on soil degradation, analyzing changes in their physical, chemical, and biological properties. It was carried out in the town of Calanca, district of Jesús, province of Lauricocha, Huánuco region, in the year 2024. Soil sampling was carried out in plots with grassland burning and in plots without burning, to evaluate the physical and chemical properties; biological of the soil. Sampling was carried out after 5 days of burning the grassland at a depth of 20 cm. The results showed changes in soil texture, bulk density, and porosity. The values of pH and CEC, the content of organic matter, phosphorus, potassium, changeable cations, and the population of macrofauna decreased due to the of macrofauna decreased due to the effect of the burning of the

grasslands. The values of physical, chemical and biological properties are at low levels. These changes indicate soil degradation that can affect agricultural and livestock productivity in the region. Grassland burning has a negative impact on soil quality. It is recommended to implement sustainable management practices to mitigate these negative changes.

Keywords: grassland burning; soil properties; soil degradation; agricultural sustainability

INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos en la sierra peruana es un problema grave que afecta tanto la agricultura como los ecosistemas locales. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi, 2023) ha reportado que el 90 % de las tierras presenta una erosión de moderada a severa, el cual es la última etapa de la degradación con superficies sin vegetación, infértiles, improductivas. Entre los factores de la degradación de los suelos, destaca la quema de la cobertura vegetal. La degradación de suelos por la quema de pastizales en la sierra del Perú es un problema ambiental significativo. Según el Ministerio del Ambiente (Minam, 2024), esta práctica, utilizada para la renovación de pastos para el ganado, tiene impactos negativos tanto en la fertilidad del suelo como en su capacidad de retención de agua. La quema de pastizales destruye las materias orgánicas y nutrientes esenciales del suelo, como el nitrógeno y el fósforo, lo que disminuye su capacidad para sostener la vegetación. Sin la cubierta vegetal, el suelo queda expuesto a la acción del viento y la lluvia, lo que acelera los procesos de erosión, perdiéndose las capas más fértiles.

La evaluación de la degradación de suelos debido a la quema de pastizales en las zonas altoandinas de Huánuco es crucial para comprender el impacto ambiental y socioeconómico en estas áreas vulnerables. La quema de pastizales, una práctica común para renovar la vegetación puede tener efectos negativos en la fertilidad del suelo, el equilibrio hídrico y la biodiversidad. Estos efectos pueden causar la pérdida de capacidad productiva del suelo y aumentar la susceptibilidad a la erosión y desertificación (Caballero, 2017). Según Román (2023), una

evaluación adecuada puede facilitar la recuperación natural y la sostenibilidad de los ecosistemas de pastizales en zonas altoandinas afectadas por incendios. Estos estudios son relevantes, que permiten conocer las condiciones de regeneración del suelo, contribuyendo a políticas de conservación y uso racional de los recursos naturales.

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de la quema de pastizales en la degradación de los suelos en las zonas altoandinas de la región Huánuco, mediante la identificación de cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y analizar las implicaciones socioeconómicas de estos cambios en la agricultura y la ganadería local.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de investigación estuvo ubicada en la localidad de Calanca, caserío de Corian, distrito De Jesús, provincia de Lauricocha, región Huánuco, a 15 km de la ciudad de Jesús. El estudio se llevó a cabo en el mes de octubre año 2024. La zona de estudio se caracterizó por presentar un clima frío debido a su altitud de 3678 m s. n. m. Las temperaturas promedio oscilan entre 2°C y 14°C, con una temperatura media alrededor de los 7°C. Los meses de lluvias son frecuentes, con un promedio de 15 días de lluvia y una precipitación acumulada de 56 mm mensuales. La velocidad del viento promedio en esta región es de aproximadamente 10 km/h, lo que contribuye a la sensación de frío en la zona. Se ubica entre las coordenadas Latitud -10.098732, longitud -76.64036 (Senamhi, 2024). El uso actual del suelo es de pastizal, cuya cobertura

es pastura natural. Esta investigación es de tipo aplicada y nivel explicativo.

Muestreo de suelos

Para la obtención de la muestra de suelo, se tuvo en cuenta las siguientes etapas:

1. Definición del área de estudio: se delimitó la zona afectada por el incendio mediante un croquis del terreno.
2. Selección del método de muestreo: el método de muestreo elegido es el sistemático o por cuadrícula, dividiendo el área en secciones iguales para tomar muestras en puntos específicos.
3. Preparación del muestreo: se retiraron los restos superficiales como cenizas y vegetación quemada que puedan alterar los resultados. Se emplearon herramientas desinfectadas para evitar contaminación.
4. Extracción de muestras: se tomaron las muestras a profundidades de 5-20 cm.
5. Número y composición de muestras: en cada punto, se combinan varias submuestras para formar una muestra compuesta representativa del área. Esto permite analizar la variabilidad del suelo.
6. Almacenamiento y transporte: las muestras se colocaron en bolsas herméticas etiquetadas con la fecha, profundidad y ubicación exacta. Se almacenaron en condiciones frescas para evitar degradación antes del análisis.



Figura 1. Muestreo de suelos en la parte quemada

Para determinar los cambios físicos, químicos y biológicos que impactan su capacidad productiva y ecológica, se empleó la siguiente metodología:

1. Determinación de propiedades físicas:
 - Textura: la proporción de arena, limo y arcilla.
 - Densidad aparente: la compactación que puede haberse incrementado por el calor.
 - Porosidad: depende de la textura y estructura del suelo.
2. Análisis químico:
 - pH: El fuego puede alterar la acidez del suelo.
 - Conductividad eléctrica: detección de la acumulación de sales.
 - Materia orgánica (MO): determinación de la pérdida de MO debido a la combustión.
 - Cenizas y nutrientes: medición del contenido de calcio, potasio, y fósforos liberados durante el incendio.
3. Evaluación biológica:
 - Microbiología del suelo: cuantificación de los organismos en el suelo.
4. Interpretación: comparación de los resultados entre áreas sin y con quema; propuesta de estrategias de recuperación

RESULTADOS

Propiedades físicas del suelo

Textura

La parcela sin quema (Tabla 1) presenta suelos de textura franco arcillo limoso, mientras que la parcela quemada tiene textura franca; esto indica que ha sufrido cambios en las fracciones texturales, el porcentaje de arena aumento y hubo una ligera disminución de la fracción limo y arcilla.

Tabla 1. Cambios de los valores de las propiedades físicas del suelo

Propiedad	Sin quema	Con quema	Degradación
Textura	Franco arcillo limoso	Franco	Baja
Arena	32 %	46 %	
Arcilla	27 %	17 %	
Limo	41 %	37 %	
Densidad aparente	1.45 g/m ³	1.51 g/cm ³	Media
Porosidad	43.15 %	45.05 %	Baja

Densidad aparente

La Tabla 1 muestra la densidad aparente del suelo evaluada en las parcelas sin quema de pastizal y con quema de pastizal; se observa que existe una variación de 1.45 a 1.51 g/cm³, y que se incrementa la densidad aparente por efecto de la quema.

Porosidad

La porosidad aumenta después de la quema de los pastizales en 1,9 por ciento. Se observa que existe la tendencia de cambio en sus valores, aunque este no es significativo.

Propiedades químicas del suelo

pH

En la Tabla 2, se observa que el pH del suelo disminuye numéricamente de 4.39 a 4.34, después de la quema y son considerados suelos fuertemente ácidos.

Nitrógeno

La Tabla 2 muestra que el contenido de N en el suelo muestreado (sin quema, y después de la quema) no sufrió ningún cambio y los valores encontrados de 0.06 % son considerados de nivel bajo y altamente degradados.

Fósforo

El fósforo (Tabla 2) disminuye por efecto de la quema de 12.85 a 12.75 ppm, manteniéndose en contenidos medios. Estos datos indican la tendencia de degradación del suelo en el contenido de fósforo por efecto de la quema.

Tabla 2. Degradación de las propiedades químicas del suelo

Propiedad	Sin quema	Con quema	Degradación
pH	4.39	4.34	Alta
N (%)	0.06	0.06	Alta
P (ppm)	12.85	12.75	Media
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	79.96	65.48	Alta

Potasio

En los resultados del estudio (Tabla 2), se observa que contenido de K₂O fue de 79,96 kg ha⁻¹ en los suelos sin quema y en los suelos quemados fue de 64,97 kg ha⁻¹, estos valores son considerados como niveles bajos consecuentemente son suelos con alta degradación en potasio.

Capacidad de intercambio catiónico efectiva

La Tabla 3 muestra el análisis químico del suelo en cuanto a la CIC, el cual disminuye de 7 a 6.36 Cmol(+)/kg después de la quema. En la CIC efectiva (cationes del suelo Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Al⁺⁺⁺ y H⁺), existe una ligera disminución del Ca⁺⁺ después de la quema al igual que el Mg⁺⁺; asimismo, se observa una

disminución del Al^{+++} pasando de 2.8 a 2.50 Cmol (+)/kg, el H^+ tiene un comportamiento similar al Al^{+++} . En general, la concentración de los cationes en el suelo disminuye por efecto de la quema.

Porcentaje de bases cambiables

El incremento del porcentaje de bases cambiables de 47.11 % en un suelo sin quema a 51.26 % después de la quema, es debido a la concentración de aluminio e hidrogeno. Al disminuir la saturación de aluminio e hidrógeno, aumenta la saturación de bases cambiables. Estos valores son considerados como niveles bajos de bases cambiables en el suelo.

Tabla 3. Capacidad de intercambio catiónico

Propiedad	Sin quema	Con quema
CIC	7 Cmol(+)/kg	6.36 Cmol(+)/kg
Ca	2.28 Cmol/kg	2.27 Cmol/kg
Mg	1.02 Cmol/kg	0.99 Cmol/kg
Al	2.80 Cmol/kg	2.50 Cmol/kg
H	0.90 Cmol/kg	0.60 Cmol/kg
Bases cambiables	47.11 %	51.26 %
Ácidos cambiables	52.89 %	48.74 %
Saturación de aluminio	40.03 %	39.31 %

Porcentaje de acidez cambiabile

En la Tabla 6, se observa la disminución de acidez cambiabile del suelo varia de 52.89 % a 48.74 %. Se debe a la disminución de la concentración de aluminio e hidrógeno.

Porcentaje de saturación de aluminio

El porcentaje de saturación de aluminio en el suelo sin quema es de 40.03 %, por efecto de la quema disminuye a 39.31 %.

Propiedades biológicas del suelo

Materia orgánica

Los datos sobre la materia orgánica (Tabla 4) indican que existe una disminución por efecto de la quema. Estos valores se encuentran en niveles bajos y se consideran suelos con alta degradación.

Tabla 4. Contenido de materia orgánica en el suelo

Propiedad	Sin quema	Con quema	Degradación
M.O. (%)	1.40	1.35	Alta

Macrofauna

Durante la investigación, se identificaron un total de 18 individuos de macrofauna en suelos sin quema y 7 individuos en los suelos después de la quema (Tabla 5). Las lombrices de tierra son las más importantes, seguidas de las larvas de *Phillophaga*, lo cual indica que la degradación biológica es alta.

Tabla 5. Efecto de la quema en la macrofauna del suelo

Fauna	Sin quema ind/m ²	Con quema ind/m ²	Degradación
Larvas de <i>Phillophaga</i> sp	5	2	Alta
Milpiés	4	1	
Lombrices de tierra	6	3	
Arañas	3	1	
Total	18	7	

DISCUSIÓN

Propiedades físicas

Los cambios en el porcentaje de las fracciones texturales es debido a la erosión hídrica que se dio después de la quema. Al respecto, Valdés et al. (2016) notaron que las características físicas de la tierra cambian después de los incendios, lo que lleva a cambios en su composición textural.

El cambio de la densidad aparente del suelo por efecto de la quema está relacionado al cambio de la textura y la cantidad de materia orgánica son suelo suelto y poroso; encontrándose en los rangos de las partículas minerales de un suelo Franco Arcilloso propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA, 1999) y Acevedo y Martínez (2003), quienes manifiestan que para típicas densidades aparentes de la tierra oscilan entre 1.0 y 1.7 g/cm³ coincide con lo que manifiesta Sánchez (2007), que la densidad aparente varía con la porosidad del suelo, la textura, el contenido de materia orgánica y la estructura. Por otro lado, Prichett (1990) afirma que la densidad, porosidad y circulación de agua, así como el aire en el suelo son propiedades estrechamente relacionadas.

Prácticas y técnicas para recuperar la degradación física del suelo: incorporación de materia orgánica como abono orgánico para incrementar la porosidad, reducir la densidad aparente y mejorar la textura del suelo. Estos materiales favorecen la retención de agua y nutrientes, promoviendo una estructura de suelo más estable. Instalar especies de cobertura, ya que estos ayudan a proteger el suelo de la erosión, mejoran la estructura del suelo y aumentan la porosidad. Estas plantas, también, contribuyen a la retención de humedad y a la introducción de materia orgánica en el suelo al descomponerse. Labranza mínima o nula con la finalidad de minimizar la perturbación del suelo, reducir la compactación y permitir que la estructura y los poros del suelo se regeneren. Esta técnica mantiene la densidad aparente en niveles adecuados y evita el daño a la microfauna del suelo. Técnicas de bioingeniería y terrazas: En áreas con pendiente, las terrazas y barreras vegetales ayudan a controlar la erosión y mejoran la infiltración de agua, promoviendo la porosidad y manteniendo una densidad aparente favorable.

Propiedades químicas

La disminución del pH de los suelos, donde se realizó la investigación, se debe a la disminución del Ca⁺⁺ y el Mg⁺⁺ por efecto de la quema, esta tendencia afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana, tal como lo señala Sánchez (2007) que el pH es una característica con influencia indirecta en la disponibilidad nutrientes y actividad microbiana.

El nivel de nitrógeno en el suelo no sufrió cambios por efecto de la quema. Al respecto, Sánchez (1981) cree que el nitrógeno puede ingresar al suelo a través de la fijación atmosférica de materia orgánica (abono orgánico (estiércol) y residuos de cultivos) y bacterias, mientras que Navarro (2003) argumenta que las condiciones climáticas pueden hacerlo. El contenido tiene un efecto significativo, ya que la cantidad de nitrógeno reduce con la maximización de la temperatura y la cantidad de nitrógeno incrementa con la maximización de la humedad. Las principales pérdidas de nitrógeno son cosecha, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amonio.

La disminución numérica del fósforo es debido a la disminución de la materia orgánica por efecto de la quema. Al respecto, Sánchez (1981) menciona que el contenido del P está relacionado con el contenido de materia orgánica. También, Capulín et al. (2010), en México, mostraron que las variaciones de fósforo en la tierra inducidos por incendios fueron más pronunciadas en la capa superficial (0–5 cm) debido a la disminución de materia orgánica.

La disminución de potasio se debe al cambio de la textura. Los suelos sin quema tienen textura franco arcillo limoso y los que fueron quemados tienen textura franca; el contenido de potasio en el suelo es influenciada por la textura, tal como indica Navarro (2003), que el contenido en K₂O, en el suelo, depende de su textura. Los suelos arcillosos tienen mayor contenido que los suelos limosos y arenosos.

En general, la concentración de los cationes en el suelo disminuye por efecto de la quema. Al respecto, Valdés et al. (2016)

indicaron que los efectos del fuego causaron variación en la química del suelo en el área de estudio que estaban relacionados con la profundidad y el momento del incendio. La concentración de cationes Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ , pH y materia orgánica aumentó con el tiempo después del incendio. Fernández (2006) indicó que la CIC necesita de la textura del suelo y del contenido de materia orgánica. Cuanto más arcilla y materia orgánica hay en el suelo, mayor es la capacidad de intercambio catiónico. El contenido de arcilla es primordial porque estas pequeñas partículas tienen carga negativa.

Para recuperar la degradación química del suelo, se propone las siguientes prácticas y técnicas: Incorporación de estiércol a fin de incrementar la materia orgánica y mejorar la disponibilidad de nutrientes clave (N, P, K) para restaurar el equilibrio. Esto facilita la regeneración de la microfauna y la retención de nutrientes. Plantar especies leguminosas como el cetio para aumentar el contenido de N en el suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno, además de proteger contra la erosión. Rotación y diversificación de cultivos para mejorar el balance de nutrientes (especialmente P y K) y fomentar la regeneración integral del suelo.

Propiedades biológicas

En la investigación, los niveles de materia orgánica fueron bajo debido a factores externos que se presentaron después de la quema de la parcela como temperatura, humedad entre otros que afectan al proceso de mineralización de la materia orgánica, encontrándose dentro de niveles bajos que afectan la productividad de los suelos (Brady, 1984).

La degradación biológica es alta en la población de la macrofauna de los suelos por efecto de la quema, porque disminuye la actividad microbiana e interrumpe el ciclo de la materia orgánica y los nutrientes. Además, Zerbino (2005) mencionó que la macrofauna es un grupo de animales con un ancho corporal mayor a 2 mm pertenecientes a

diferentes filos, clases y órdenes que operan en una escala temporal y espacial más grande que los individuos. La mayoría tiene un ciclo biológico largo, baja tasa de reproducción, movimiento lento y poca difusión y son importantes en la descomposición de la materia orgánica, disponibilidad de nutrientes y estructuración del suelo.

Se menciona algunas prácticas y técnicas para recuperar la degradación biológica del suelo: Implementación de plantas de cobertura, como leguminosas que favorecen la retención de humedad y la fijación de nitrógeno, elementos clave para la recuperación de la vida microbiana y de la microfauna beneficiosa. Incorporar microorganismos como hongos micorrízicos y bacterias fijadoras de nitrógeno mejora la diversidad microbiana del suelo, acelerando la recuperación de su función y su capacidad para albergar microfauna.

CONCLUSIONES

Los análisis realizados revelaron cambios en la textura, densidad aparente y porosidad del suelo. Estos cambios en las propiedades físicas afectan la fertilidad física de los suelos. La quema de pastizales en las zonas altoandinas de la región Huánuco ha demostrado tener un efecto adverso significativo en la calidad química del suelo, evidenciado por la disminución de la materia orgánica, fósforo y potasio que compromete la fertilidad y la capacidad productiva del suelo.

La quema disminuye la población de la macrofauna que pueden afectar negativamente la salud del ecosistema y la sostenibilidad de las prácticas agrícolas.

La quema de pastizales expone el suelo a la erosión, aumentando su vulnerabilidad a procesos de desertificación. Sin la cobertura vegetal adecuada, el suelo queda desprotegido ante la acción del viento y la lluvia, lo que puede llevar a la pérdida de las capas más fértiles.

La degradación del suelo tiene repercusiones directas en la agricultura y la

ganadería local, afectando la seguridad alimentaria y los medios de vida de las comunidades que dependen de estos recursos. Es crucial considerar estas implicaciones en la formulación de políticas de manejo sostenible.

Se sugiere implementar prácticas de manejo sostenible y alternativas a la quema de pastizales, como labranza mínima, la restauración de la vegetación nativa, para mitigar los efectos negativos de la quema y promover la recuperación del suelo.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Acevedo, J., Martínez, E. (2003). *Sistema de labranza y productividad de los suelos*. (pp. 13-27). Serie Ciencias Agronómicas.
- Aliaga Quispe, D.A. y Garzón (2016). *Efecto de la quema de purmas sobre la calidad del suelo en el distrito de Pichanaki, Chanchamayo* (Tesis de licenciatura. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú). Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/>
- Alva Mendoza, D.M. y Manosalva Salazar, M.E. (2016). *Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el cañón de Sangal, Cajamarca* (Tesis de licenciatura. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú). Repositorio institucional UPN <https://repositorio.upn.edu.pe/>
- Brady (1984). *Materia orgánica en el suelo*. <https://tinyurl.com/5n9y8fnx>
- Caballero, J. (2017). Efectos de la quema de pastizales en la fertilidad del suelo y la biodiversidad. *Revista de Ciencias Ambientales*, 12(3), 45-58.
- Cáceres, J. (2018). *Efecto de la quema de vegetación en las propiedades físicas y químicas del suelo. Huancayo, 2016*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, Perú). Repositorio Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/>
- Casas Terrones, M. G. (2019). *Efectos del incendio forestal en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huacraruco-Cajamarca* (Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú). Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/>
- Capulín Grande, J., Hernández, G., & Pérez, C. (2010). Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2 (10), 45-58. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v2i10.215>
- Jiménez Pinilla, P. (2016). *Avances en el estudio de suelos mediterráneos afectados por incendios forestales* (Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández, España). Repositorio RediUMH. <https://dspace.umh.es/>
- Navarro, G. (2003). *Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal*. Mundi Prensa, España.
- Román, L. (2023). Evaluación de la recuperación natural de ecosistemas de pastizales en zonas altoandinas. *Revista de Ecología y Conservación*, 15(2), 123-135.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2023). *Reporte sobre erosión del suelo en la sierra peruana*. Senamhi. <https://www.gob.pe/senamhi>
- Samaniego Minaya, C.A. (2013). *Efecto de un incendio forestal en una plantación de Eucalyptus globulus Labill. subsp. globulus en Huaraz* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú). Repositorio Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/home>
- Sánchez, J. (2007). *Fertilidad de suelos y nutrición mineral de plantas*. FERTITEC S.A. 19 p.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Departamento de agricultura de los Estados Unidos.

Valdés, L., Martínez, L., Bonilla, M., Castillo I. (2016). Efectos del fuego en algunas características de suelo de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(2), 60-65.
<https://tinyurl.com/msuhrrhs>

Zerbino, M. (2005). *Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción*. Universidad de la República. <https://tinyurl.com/mr32u7p4>