



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL.

“ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA, MATERIA ORGÁNICA Y MICROFAUNA DE SUELOS IMPACTADOS POR INCENDIOS FORESTALES 2010 - 2020”: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autores:

Fiorella del Carmen Guido Correa
Flor de María Sangay Cabrera

Asesor:

Dra. Mariela Núñez Figueroa

Cajamarca – Perú

2020

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a nuestras familias, quiénes nos mostraron su apoyo constante e incondicional a lo largo de nuestra vida; se merecen todo.

AGRADECIMIENTO

Estoy totalmente agradecida con mi familia: con mi mamá, y en especial con mis abuelos, los cuales me han dado su cariño y apoyo desde el momento en que nací, nunca podré expresar las palabras suficientes para agradecer por todo lo que me han dado. Asimismo, agradezco a los docentes que me han brindado su apoyo y conocimientos a lo largo de la carrera.

-Flor Sangay Cabrera

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, dador y creador de todo lo que nos rodea, él es la razón de ser y existir. Así mismo, quiero agradecer a mi familia, por su soporte y apoyo incondicional; incluso cuando yo sentía que no podía, ellos estuvieron ahí para impulsarme. Finalmente, pero no menos importante quiero agradecer a mis apreciados docentes de la carrera, ustedes al mostrar su pasión por la carrera, fueron de gran motivación para poder seguir en la ardua labor de hacer ciencia.

-Fiorella Guido Correa

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	47
REFERENCIAS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de revisión de los artículos recolectados de acuerdo con el idioma, tipo de estudio, resumen, lugar y revista / editorial.	15
Tabla 2 . Investigaciones recolectadas según el buscador.....	35
Tabla 3. Investigaciones recolectadas según el año de publicación	37
Tabla 4. Investigaciones recolectadas según el idioma.....	38
Tabla 5. Investigaciones recolectadas según el tipo de documentos analizados	39
Tabla 6. Investigaciones recolectadas según el país de publicación	40
Tabla 7. Investigaciones recolectadas según el tipo de estudio	42
Tabla 8. Investigaciones recolectadas según los criterios de inclusión y exclusión	43
Tabla 9. Cantidad de investigaciones expresadas en porcentaje según la relación con el objeto de estudio ..	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de investigaciones recolectadas según el buscador.....	36
Gráfico 2. Porcentaje de investigaciones recolectadas según el año de publicación	37
Gráfico 3. Porcentaje de investigaciones recolectadas según el idioma.....	39
Gráfico 4. Porcentaje de investigaciones recolectadas según el tipo de documento.....	40
Gráfico 5. Porcentaje de investigaciones recolectadas según el país de publicación.....	41
Gráfico 6. Porcentaje de investigaciones recolectadas según el tipo de estudio	42
Gráfico 7. Porcentaje de investigaciones recolectadas según los criterios de inclusión y exclusión	43
Gráfico 8. Porcentaje de investigaciones según la relación con el objeto de estudio	44

RESUMEN

El efecto de los incendios forestales sobre los suelos es importante debido a que afecta directamente a sus propiedades, reduciendo su productividad y vida útil, esto a causa de las malas prácticas agrícolas, investigaciones insuficientes consumadas en el uso de técnicas tradicionales o idiosincrasia propias de la zona. El objetivo de este estudio es describir las características de la estructura, materia orgánica y microfauna en los suelos impactados por incendios forestales, a partir de la revisión de literatura científica de los últimos de 10 años. Los resultados evidencian que la cantidad de microfauna afectada por el fuego altera la calidad de la materia orgánica, y por tanto la estructura del suelo puede ser inestable en cuanto a la estabilidad de los agregados.

PALABRAS CLAVES: Incendios forestales, suelos, estructura, materia orgánica, microfauna.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo es causada por diversos factores, obteniendo como consecuencia la erosión y pérdida de fertilidad, desertificación, deforestación, degradación de pasturas, salinización y alcalinización de suelos bajo riego y subutilización de tierras agrícolas de buena calidad (Urzúa y Cáceres, 2011). El suelo al ser la parte más superficial de la corteza terrestre representa el medio en el que coexisten las esferas biológica, hidrológica, litológica y atmosférica del planeta tierra, lo que lo constituye como el soporte de la mayor parte de la vida sobre el planeta, brindando diversos bienes y servicios ecosistémicos y ambientales (Pennock, McKenzie, y Montanarella, 2016).

Uno de los causantes de la degradación del suelo, son los incendios forestales. De acuerdo con Pausas (2012), los incendios forestales se definen como el fuego que se amplifica incontroladamente sobre combustibles forestales situados en el campo, afectando a vegetación que no está predestinada a incendiarse; por lo tanto, estos representan la combustión de vegetación no agrícola que se origina debido a causas naturales o por acción antropogénica (Úbeda y Francos, 2018).

Los incendios forestales provocados por la acción negativa del hombre, principalmente se originan debido a diversas causas. Por un lado, se evidencia el deseo de ampliar la frontera agrícola, es decir, quemar la cubierta vegetal de los bosques para obtener terrenos disponibles para sembrar cultivos de panllevar y pastos (Urzúa y Cáceres, 2011). Por otro lado, las características culturales y humanas, tales como las malas prácticas agrícolas, investigaciones insuficientes consumadas en el uso de técnicas tradicionales o idiosincrasia propias de la zona, añadidas a la falta de servicios de extensión también son consideradas causales importantes (Pennock et al., 2016).

Estos acontecimientos, traen consigo impactos perjudiciales en los ecosistemas, alterando el orden natural de la biósfera; destruyendo la biodiversidad, aumentando la desertificación, afectando la calidad de las aguas y también de la atmósfera (González, 2017). En algunos casos no aparecen signos evidentes de modificaciones; mientras que en otros se desencadenan procesos de degradación intensos en las propiedades del suelo, tal como el empobrecimiento de N y S (Majder-Łopatka, Szulc, Rutkowska, Ptasinski, y Kazberuk, 2019), agua o aire, así como en los procesos erosivos, hidrológicos, biológicos y ecológicos (Pennock et al., 2016).

En la litósfera, el sistema edáfico se ve afectado considerablemente, sin embargo, cabe resaltar que, los efectos de estos siniestros se asocian con la intensidad, recurrencia y duración del incendio forestal (Mataix-Solera, Cerdà, Arcenegui, Jordán, y Zavala, 2011); de igual forma, el nivel de degradación del suelo está íntimamente relacionado con el relieve de la zona, magnitud del proceso de erosión y la escala de restauración de la cobertura vegetal después del incendio (Benito, Varela, y Rodríguez-Alleres, 2014; González, 2017).

Los principales impactos de los incendios forestales son a nivel de las propiedades químicas, físicas y biológicas (Smits, Kirby, Massman, y Baggett, 2016), como también en la productividad del suelo. Estos impactos se traducen en erosión, empobrecimiento de la materia orgánica, impacto en la vegetación, pérdida de nutrientes, entre otros (Benito et al., 2014). A nivel físico, la T° del suelo se modifica lo que ocasiona que aumente la compactación disminuyendo la capacidad filtrante y la repelencia al agua por formarse compuestos hidrofóbicos, además de que surgen cambios en la estructura, textura y porosidad del suelo; añadido a esto, la cubierta vegetal ejerce una acción protectora del suelo

(Díaz, 2011), por lo que su pérdida a causa del fuego fomenta la erosión (Úbeda y Francos, 2018).

A nivel químico, describe que, al destruirse la materia orgánica, disminuye la capacidad de intercambio catiónico, incremento del pH, aumento en la cantidad de cationes intercambiables (Ca^{2+} ; Mg^{2+}) y se modifica los contenidos de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo en los suelos (Fernández-García, Miesel, Baeza, Marcos, y Calvo, 2019), los cuales al transcurrir el tiempo disminuyen, ya que se produce la transformación de los nutrientes y volatilización (González, 2017).

En cuanto a nivel biológico, la pérdida de biodiversidad del suelo se ve impactada en diversos servicios ecológicos los cuales son la base para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres (González, 2017); ya que, como Pennock, et al. (2016) exponen, la interacción entre los organismos del suelo y las plantas, afectan a varios servicios ecosistémicos, permitiendo la producción de alimentos, la formación del suelo y el ciclo de nutrientes, regulación climática y el control de plagas; así mismo se añade a la infertilidad del suelo como uno de los principales impactos biológicos generados por la pérdida de biodiversidad.

Teniendo en cuenta que el suelo tiene diversas funciones tales como: la retención del carbono, purificación del agua, reducción de contaminantes, regulación del clima, ciclo de nutrientes, regulación de inundaciones y suministro de alimentos (González, 2017); asimismo, brinda diversos servicios ecosistémicos, que pueden ser menoscabados debido a la degradación del suelo referida por el impacto de los incendios forestales en sus propiedades físicas, químicas y biológicas; por tanto, debido a la importancia del recurso en los ecosistemas y su efecto en la población, se suscita esta revisión sistemática, de tal forma

que la información generada sirva de base para que se apliquen futuras técnicas de recuperación en suelos degradados por incendios forestales.

En base a lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente pregunta de investigación:
¿Cuáles son las características de la estructura, materia orgánica y microfauna en los suelos impactados por incendios forestales?

Teniendo como objetivo principal describir las características de la estructura, materia orgánica y microfauna en los suelos impactados por incendios forestales; y como objetivo específico, describir el comportamiento de la estructura del suelo con base al efecto del fuego en los sólidos agregados, analizar la reacción de la materia orgánica con respecto al nivel de daño causado por el fuego, y describir la reacción de la microfauna frente al fuego.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La presente revisión sistemática estudia la información de los estudios recolectados en cuanto a ¿Cuáles son las características de la estructura, materia orgánica y microfauna en los suelos impactados por incendios forestales?

Para el proceso de recolección de información a partir de la pregunta de investigación, se realizó mediante la búsqueda de las siguientes palabras clave: “*Forest fires on soils*”, “*Effects of forest fires on soils*”, “*Incendios forestales*”, “*Incendios forestales y suelos*”, “*Efectos de los incendios forestales en los suelos*”, “*suelos*”, “*fuego*”, “*propiedades*”, “*características físico-químicas*”; utilizando como buscadores: Mendeley, Dialnet, Elsevier, ResearchGate, Google Académico, Alicia-Concytec, Scielo, ProQuest.

- **Mendeley.** Artículos extraídos entre los años 2011-2020.

Palabras clave utilizadas: “*Forest fires on soils*”.

- **Elsevier.** Artículos extraídos los años 2013-2015.

Palabras clave utilizadas: “*Effects of forest fires on soils*”, “*Incendios forestales*”, “*Incendios forestales y suelos*”.

- **ResearchGate.** Artículo extraído del año 2014.

Palabras clave utilizadas: “*Efectos de los incendios forestales en los suelos*”.

- **Google Académico.** Investigaciones extraídas entre los años 1993-2020.

Palabras clave utilizadas: “*Incendios forestales*”, “*suelos*”, “*fuego*”.

- **Alicia-Concytec.** Tesis extraídas del año 2019.

Palabras clave utilizadas: “*Incendios forestales*”, “*suelos*”, “*características físico-químicas*”.

- **Scielo.** Artículos extraídos entre los años 2011-2019.

Palabras clave utilizadas: “*Efectos de los incendios forestales en los suelos*”, “*fuego*”, “*suelos*”.

- **ProQuest.** Libro y 1 artículo entre los años 2011-2016

Palabras clave utilizadas: “*Incendios forestales*”, “*suelos*”.

- **EBSCO.** Artículos extraídos entre los años 2018-2020

Palabras clave utilizadas: “*Incendios forestales*”, “*suelos*”, “*propiedades*”.

De un total de 1660 documentos de investigación, comprendidos entre artículos de revista, tesis (pregrado y doctoral) y libros; con un periodo de elaboración que abarca los últimos 27 años; sin embargo, se escogen en base a un período comprendido entre los 10 últimos años, por lo que se seleccionaron 37 investigaciones para el desarrollo del presente trabajo; encontrando búsquedas registradas según el idioma (inglés y español), el tipo de estudio (experimentales y no experimentales), país (Estados Unidos, México, Colombia, Perú, España, Argentina, Italia, Chile, Polonia, Australia, Canadá, Cuba), así como por diversas revistas científicas.

Dentro de los criterios de inclusión y exclusión para cada investigación recolectada se consideran las siguientes; para los criterios de exclusión: insuficiente grado de relación con el objeto de estudio, menor a 30% (investigaciones que no se relacionen con los parámetros que se estudian), año de publicación mayor a 10 años, y fuentes no veraces); así como, para los criterios de inclusión: mediano y/o alto grado de relación con el objeto de estudio (igual o mayor al 30%), año de publicación no mayor a 10 años, y fuentes fidedignas.

Los artículos de investigación y libros recolectados corresponden a las siguientes fuentes: Forest Ecology and Management, Revista Mexicana de Biodiversidad, Colombia

Forestal, Cuadernos de Investigación Geográfica, Ecología Austral, Oecologia, Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Earth-Science Reviews, Ecology, Fire Effects on Soils and Restoration Strategies, Ecología Aplicada, Cuadernos de geografía, Grupo de Edafología Ambiental, Grupo de Edafología Ambiental, Environment International, Soil Science Annual, Science of the Total Environment, Applied Soil Ecology, Oikos, Pedosphere, Pirineos, Ecological Indicators, Cuaderno activa, etc.; las tesis (pregrado – doctorales) a las fuentes: Repositorio de la Universidad Privada del Norte, Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, Repositorio de la Universidad Agraria la Molina, Repositorio Universidad Nacional de Jaén.

Tabla 1.

Proceso de revisión de los artículos recolectados de acuerdo con el idioma, tipo de estudio, resumen, lugar y revista / editorial.

Título	Fuente	Idioma	Tipo de estudio	Resumen	Lugar	Revista
Caracterización morfológica y genética de las ectomicorrizas formadas entre <i>Pinus montezumae</i> y los hongos presentes en los bancos de esporas en la Faja Volcánica Transmexicana	(Garibay-Orijel, Morales-Marañón, Domínguez-Gutiérrez, y Flores-García, 2013)	Español	Experimental	Caracterización morfológica y genéticamente las ectomicorrizas formadas entre <i>Pinus montezumae</i> y los hongos presentes en los bancos de esporas de la Faja Volcánica Transmexicana. Las micorrizas se obtuvieron por medio de un bioensayo del suelo de 8 de los volcanes más representativos, con plántulas de <i>P. montezumae</i> cultivadas durante 7 meses. La identidad taxonómica de los hongos se obtuvo por la similitud genética de la región de los ITS (Garibay-Orijel et al., 2013).	Ciudad de México, México	Revista Mexicana de Biodiversidad
Efecto de temperaturas que simulan incendios sobre la germinación de semillas de un bosque seco tropical.	(Cárdenas y Pizano, 2019)	Español	Experimental	Determinación de la tasa germinativa de semillas de ocho árboles del bosque seco colombiano expuestas a temperaturas elevadas que simulan fuegos de baja (100°C) y alta incidencia (200°C) con diferentes tiempos de exposición (5 y 15 minutos). La temperatura fue el factor que mejor explica la germinación de las semillas, mientras que el tiempo no tiene un efecto significativo. Siete especies tienen niveles de germinación similares bajo el tratamiento de 100°C y en el control, mientras que la germinación para el tratamiento de 200°C es casi nula. Los resultados sugieren que las semillas de algunas especies de bosque seco presentan tolerancia a los incendios moderados, sin	Cali, Colombia	Colombia Forestal

				embargo, la mayoría de las semillas perecen bajo fuegos de alta incidencia. (Cárdenas y Pizano, 2019).		
Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el Cañón de Sangal, Cajamarca	(Alva y Manosalva, 2019)	Español	Experimental	Evaluación de seis condiciones de estudio generadas por la combinación de parcelas sin quemar, parcialmente quemadas y completamente quemadas y con profundidades de muestreo de 0 - 10 cm y de 10 - 20 cm. Se observa un mayor efecto del fuego en los 10 cm superiores del suelo, registrándose una alta significación estadística en la conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, magnesio cambiante; significación estadística en el potasio disponible y capacidad de intercambio catiónico, concentraciones que se incrementan en las parcelas quemadas (Alva y Manosalva, 2019).	Cajamarca, Perú	Repositorio de la Universidad Privada del Norte
Efectos de los incendios forestales en la erosionabilidad de los suelos en Galicia	(Benito, Varela, y Rodríguez-Alleres, 2014)	Español	No experimental	Se muestran los resultados de diferentes prácticas llevadas a cabo en los suelos del noroeste de España, con el objeto de estudiar las principales propiedades del suelo que condicionan su susceptibilidad a la erosión, asimismo los efectos que tienen los incendios forestales en esta propiedad, y sobre las consecuencias que estos cambios ocasionan en la respuesta hidrológica y erosiva de los suelos (Benito et al., 2014).	Galicia, España	Cuadernos de Investigación Geográfica

<p>Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógica.</p>	<p>(Minervini, Morrás, y Taboada, 2018)</p>	<p>Español</p>	<p>No experimental</p>	<p>Revisión del estado del arte en la literatura sobre estos últimos efectos, que han sido menos explorado, teniendo en cuenta que la profundidad de suelo afectada, así como la magnitud de los cambios, dependen de la intensidad del fuego y de los umbrales de temperatura de sus componentes orgánicos y minerales (Minervini et al., 2018).</p> <p>La característica física del suelo más afectada por el fuego es la estructura u organización de agregados. Asimismo, en los suelos quemados se verifican incrementos de la hidrofobicidad. Ambos efectos modifican, a su vez, las propiedades hídricas de los suelos, disminuyendo la infiltración e incrementando los riesgos de erosión.</p> <p>Asimismo, los efectos en los compuestos de hierro pueden generar modificaciones del color del suelo, las que pueden ser indicativas de la intensidad del fuego.</p>	<p>Argentina</p>	<p>Ecología Astral</p>
<p>Efectos del incendio forestal en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huacraruco – Cajamarca</p>	<p>(Casas, 2019)</p>	<p>Español</p>	<p>Experimental</p>	<p>Las variables en estudio son el suelo quemado y sin quemar. La muestra está compuesta por 15 submuestras tomadas al azar en dos profundidades (0 – 10 y 10 – 20 cm).</p> <p>Con respecto a las propiedades físicas del suelo, la densidad aparente se incrementa en un 0.125 g cm⁻³ en el suelo quemado y respecto al color y textura el efecto ha sido nulo. En relación con las propiedades químicas del suelo quemado, se</p>	<p>Cajamarca, Perú</p>	<p>Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca</p>

				incrementan los valores de materia orgánica (1.055 %), Nitrógeno (0.080 %), fósforo y potasio disponible (0.250 ppm y 61 ppm) y capacidad de intercambio catiónico (4.225 meq/100 g); por el contrario, el pH del suelo quemado llega a decrecer en 0.460 unidades (Casas, 2019).		
El efecto del fuego en la riqueza de especies de hongos micorrizógenos arbusculares asociada a plantas de matorral xerófilo en el Parque Ecológico “Cubitos”	(Chimal-Sánchez, Araiza-Jacinto, y Román-Cárdenas, 2015)	Español	Experimental	Recolección de muestras de suelo (1 kg) para la extracción de esporas y determinar la riqueza taxonómica de HMA por género y especie, así como la humedad y pH del suelo. Con un análisis de varianza, similitud y correspondencia se analizaron estas variables. La riqueza de HMA consiste de once morfoespecies distribuidas en seis familias; siendo <i>M. biuncifera</i> (en el sitio conservado) la que mayor riqueza de HMA presenta a nivel de género (6) y especie (6) y en el sitio impactado es <i>C. imbricata</i> con cuatro géneros y seis especies. El fuego reduce la riqueza de especies de HMA en un 50, 25 y 50% en <i>M. biuncifera</i> , <i>Z. augusta</i> y en las AA, respectivamente; mientras que, en <i>C. imbricata</i> se incrementa en un 34% (Chimal-Sánchez et al., 2015).	Ciudad de México, México	Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas
El efecto del fuego y las características topográficas sobre la vegetación y las propiedades del suelo en la zona de transición entre bosques y pastizales de las sierras de Córdoba, Argentina	(Giorgis, Cingolani, y Cabido, 2013)	Español	Experimental	Selección de cuatro áreas con diferentes edades post-fuego. En cada sector se hicieron todas las combinaciones posibles de exposición y posición topográfica; se realizó y analizó un relevamiento florístico completo y una muestra compuesta de suelo. El tiempo transcurrido después del último incendio fue el principal factor determinante de las distintas características analizadas (fisonomía, composición florística, riqueza	Córdoba, Argentina	Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica

				<p>y propiedades del suelo), diferenciando sitios quemados recientemente de los no quemados. La exposición de ladera también tuvo un rol importante condicionando la fisonomía, la composición florística y las propiedades de los suelos (Giorgis et al., 2013).</p>		
<p>Emission impact of wildfires: El Tepozteco 2016</p>	<p>(Cruz y Bulnes, 2019)</p>	<p>Inglés</p>	<p>Experimental</p>	<p>Elaboración de simulaciones con el modelo HYSPLIT para estimar las trayectorias de los contaminantes y realización de una simulación para determinar la concentración de los contaminantes como función de la distancia a los centros de población. Los resultados muestran que los habitantes de las poblaciones adyacentes no estuvieron expuestos a niveles de riesgo de acuerdo con las regulaciones nacional e internacional debido a que la trayectoria de dispersión de los contaminantes no impacta dichas poblaciones (Cruz y Bulnes, 2019).</p>	<p>Ciudad de México, México</p>	<p>Centro de Ciencias de la Atmósfera</p>
<p>Fire effects on soil aggregation: A review</p>	<p>(Mataix-Solera, Cerdà, Arcenegui, Jordán, y Zavala, 2011)</p>	<p>Inglés</p>	<p>No experimental</p>	<p>La estabilidad de agregados se refiere a la resistencia de la estructura del suelo en respuesta a fuerzas mecánicas externas. La respuesta de estos a los incendios forestales es compleja, ya que depende de cómo el fuego haya afectado otras propiedades relacionadas como el contenido de materia orgánica, la microbiología del suelo, la repelencia al agua y la mineralogía del suelo. En general, los incendios de baja gravedad no producen cambios notables en la estabilidad de agregados, aunque en algunos casos se observa un aumento y se atribuye al aumento de la repelencia al agua. En contraste, los incendios de alta gravedad</p>	<p>Alicante, España</p>	<p>Earth-Science Reviews</p>

				<p>pueden inducir cambios importantes en esta propiedad, pero con diferentes efectos dependiendo del tipo de suelo afectado (Mataix-Solera et al., 2011).</p>		
<p>Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna</p>	<p>(González, 2017)</p>	<p>Español</p>	<p>No experimental</p>	<p>Investigación acerca de los incendios forestales, y cómo tienen impactos complejos sobre los procesos ecológicos, debido a la variabilidad de las estructuras del paisaje como a las diferentes respuestas de la vegetación; dependiendo de la intensidad, recurrencia y duración del incendio forestal. Estos efectos pueden ser directos tales como pérdida de animales, pérdida de la vegetación y degradación del suelo. Los efectos indirectos, por su parte, van desde la erosión del suelo y la contaminación del agua hasta el ensuciamiento de represas y deslizamientos de tierra (González, 2017).</p>	<p>Chile</p>	<p>Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN</p>
<p>Modelo descriptivo de restauración ecológica en zonas afectadas por incendios forestales e invasión de Retamo Espinoso en los cerros orientales de Bogotá</p>	<p>(Ocampo, 2018)</p>	<p>Español</p>	<p>No experimental</p>	<p>Revisión de información sobre variables meteorológicas, vegetales, sociales e institucionales, que permiten caracterizar los disturbios y su influencia sobre este ecosistema. En el primer modelo, se describe la afectación total de los Bosques Altoandinos bajo un escenario de incendio forestal y retamo espinoso, donde el componente de vegetación es el principal combustible para la generación y propagación del fuego; las consecuencias del evento van desde la alteración en la generación de servicios ecosistémicos, hasta los cambios en la sucesión ecológica. En el segundo modelo es el de transición, donde</p>	<p>Bogotá Colombia</p>	<p>Revista de la Universidad Nacional de Colombia</p>

				se presentan las acciones que deben incluirse para el restablecimiento del ecosistema. El tercer modelo, hace referencia a un escenario ideal de un ecosistema restaurado, donde todos los componentes han sido restablecidos, hay una sucesión ecológica apropiada y se genera una apropiación de los Cerros Orientales como generadores de bienes y servicios (Ocampo, 2018).		
Influence of fire on selected physico-chemical properties of forest soil	(Majder-Lopatka, Szulc, Rutkowska, Ptasiński, y Kazberuk, 2019)	Inglés	Experimental	El objetivo de la investigación es comprobar si un incendio superficial de áreas forestales determina cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo. El material de estudio consiste en muestras de suelo tomadas de perfiles de suelo expuestos en un área quemada y en un área no afectada por el fuego. Las muestras analizadas determinaron el contenido de carbono orgánico total y nitrógeno total, y también se seleccionaron indicadores de acidificación del suelo. El resultado es que hay una disminución en los niveles de carbono orgánico (en más del 75%) y nitrógeno (en un 50%). Un efecto negativo de los cambios es el estrechamiento de la relación C / N, uno positivo: un aumento en el pH del suelo (de 3.14 a 4.67) y una reducción de varias veces en la acidez hidrolítica e intercambiable (Majder-Lopatka et al., 2019).	Varsovia, Polonia	Soil Science Annual

<p>Long-term impact of wildfire on soils exposed to different fire severities. A case study in Cadiretes Massif (NE Iberian Peninsula)</p>	<p>(Francos, Úbeda, Pereira, y Alcañiz, 2018)</p>	<p>Inglés</p>	<p>Experimental</p>	<p>Las propiedades estudiadas son nitrógeno total (TN), carbono total (TC), relación C / N, materia orgánica del suelo (MO) y calcio extraíble (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K). El estudio se llevó a cabo en tres fases: corta (prontamente después del incendio forestal), media (siete años después del incendio forestal) y a largo plazo (18 años después del incendio forestal). Los resultados muestran que en ambos regímenes de fuego el TN disminuyó con el tiempo, TC y MO son significativamente más bajos en las parcelas quemadas que en el control a mediano y largo plazo (Francos et al., 2018).</p>	<p>Barcelona, España</p>	<p>Science of the Total Environment</p>
<p>Wildfire effects on soil properties in fire-prone pine ecosystems: Indicators of burn severity legacy over the medium term after fire</p>	<p>(Fernández-García, Miesel, Baeza, Marcos, y Calvo, 2019)</p>	<p>Inglés</p>	<p>Experimental</p>	<p>Análisis de las propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo disponible) bioquímicas (actividades enzimáticas de β-glucosidasa, ureasa y fosfatasa ácida) y microbiológicas (carbono de biomasa microbiana) en cada muestra de suelo. La relación entre la severidad de la quemadura y las propiedades del suelo se analiza mediante un análisis de varianza multivariado per mutacional y modelos lineales generalizados. Los resultados muestran una influencia significativa del ecosistema original y de la gravedad del incendio en el estado del suelo a mediano plazo después del incendio. El contenido de P disponible aumenta con la gravedad de la quemadura en los suelos ácidos del ecosistema de <i>P. pinaster</i>; pero, las tres</p>	<p>Valencia, España</p>	<p>Applied Soil Ecology</p>

				<p>actividades enzimáticas y el carbono de la biomasa microbiana disminuyen en ambos tipos de ecosistemas de pino (Fernández-García et al., 2019).</p>		
<p>Belowground community responses to fire: meta-analysis reveals contrasting responses of soil microorganisms and mesofauna</p>	<p>(Pressler, Moore, y Cotrufo, 2019)</p>	<p>Inglés</p>	<p>No experimental</p>	<p>Metanálisis completo de 1634 observaciones de 131 estudios empíricos para investigar el efecto del fuego en los microorganismos del suelo y la mesofauna. El fuego tiene un fuerte efecto negativo en la biomasa, abundancia, riqueza, uniformidad y diversidad de la biota del suelo; ya que reduce la biomasa y la abundancia de microorganismos hasta en un 96%, sin embargo, las bacterias son más resistentes al fuego que los hongos. El fuego reduce la abundancia de nemátodos en un 88%, pero no tiene un efecto significativo sobre los artrópodos del suelo (Pressler et al., 2019).</p>	<p>Colorado, Estados Unidos</p>	<p>Oikos</p>
<p>Temporal dynamics of carbon and nitrogen in the surface soil and forest floor under different prescribed burning regimes</p>	<p>(Muqaddas, Chen, Lewis, y Wild, 2016)</p>	<p>Inglés</p>	<p>Experimental</p>	<p>El sitio experimental es un ensayo de quema prescrita en el bosque húmedo de Scherophyll de 39 años en Peachester, sureste de Queensland, Australia, con tratamientos de no quema desde 1969, 2 quemaduras anuales y 4 quemaduras anuales desde 1972. Se toman muestras mensuales de suelos del suelo (0-10 cm) y del bosque durante 6 meses antes de la siguiente quema programada para ambos tratamientos de quema para minimizar los efectos de la recurrencia del fuego. La quema prescrita significativamente afecta a la mayoría de las variables C y N en suelos y suelos forestales (Muqaddas et al., 2016).</p>	<p>Sippy Downs, Australia</p>	<p>Forest Ecology and Management</p>

<p>Experimental and Modeling Study of Forest Fire Effect on Soil Thermal Conductivity</p>	<p>(Smits, Kirby, Massman, y Baggett, 2016)</p>	<p>Inglés</p>	<p>Experimental</p>	<p>La conductividad térmica se mide para diez muestras de suelo de dos sitios dentro del Bosque Experimental Manitou, Colorado, EE. UU.; para un rango de contenido de agua desde la saturación hasta el grado residual de saturación. La conductividad térmica medida se compara con estimaciones independientes realizadas utilizando tres modelos empíricos. Los resultados demuestran que, para los suelos de prueba estudiados, la conductividad térmica de los suelos expuestos al fuego fue ligeramente menor que la de los suelos de control para todos los contenidos de agua observados (Smits et al., 2016).</p>	<p>Colorado, Estados Unidos</p>	<p>Pedosphere</p>
<p>Soil bacterial and fungal response to wildfires in the Canadian boreal forest across a burn severity gradient</p>	<p>(Whitman et al., 2019)</p>	<p>Inglés</p>	<p>Experimental</p>	<p>El estudio se realiza en una crono-secuencia de incendios forestales que abarca sitios quemados recientemente (tres meses) hasta 14 años después del incendio en un ecosistema de pastizales semiáridos de montículos del norte de Australia Occidental. Los efectos inmediatos del fuego en el sistema del suelo son evidentes con aumentos en el pH, la conductividad eléctrica y los nutrientes disponibles. Estos indicadores químicos muestran una fuerte correlación con la edad del incendio y fueron consistentes en la dirección del cambio. Las variaciones en la composición microbiana son visibles a un año después del incendio, con una mayor abundancia proporcional de comunidades bacterianas (Whitman et al., 2019).</p>	<p>Edmonton, Canadá</p>	<p>Soil Biology and Biochemistry</p>

<p>Soil physicochemical and microbiological indicators of short, medium and long term post-fire recovery in semi-arid ecosystems</p>	<p>(Muñoz-Rojas, Erickson, Martini, Dixon, y Merritt, 2016)</p>	<p>Inglés</p>	<p>Experimental</p>	<p>Investigación de los efectos de los incendios forestales en las comunidades microbianas del suelo (bacterias y hongos) en una temporada de incendios extremos en el bosque boreal del noroeste de Canadá, utilizando estudios de campo, detección remota y secuenciación de amplicones de alto rendimiento en sitios de tierras altas y humedales. La comunidad de vegetación y el pH del suelo pueden ser los determinantes más importantes de la composición de la comunidad microbiana, mientras que el efecto del fuego puede no ser significativo, ya que la ocurrencia del fuego, junto con la comunidad de vegetación, el régimen de humedad, el pH, el carbono total, y la textura del suelo son predictores significativos de la composición de la comunidad microbiana del suelo (Muñoz-Rojas et al., 2016).</p>	<p>Crawley, Australia</p>	<p>Ecological Indicators</p>
<p>Más leña al fuego: El tratamiento informativo de los incendios forestales</p>	<p>(Domínguez, González, y Pineda, 2014)</p>	<p>Español</p>	<p>No experimental</p>	<p>El estudio se centra en la caracterización de los recursos léxicos, con la presencia de un alto registro de metáforas y figuras retóricas. Los resultados apuntan a un predominio de las informaciones de tinte social y económico por encima del ecológico y a una alta politización en la cobertura del suceso, con un significativo sesgo en función de la tendencia política del medio de comunicación. Esta parcialidad impidió en muchas ocasiones a los periodistas la realización de un análisis más profundo que pudiese tener en cuenta otros elementos, de diverso carácter, que necesariamente entran</p>	<p>Valencia, España</p>	<p>Cuadernos de investigación geográfica - Geographical Research Letters</p>

				en juego durante los incendios (Domínguez et al.,2014).		
Incendios Forestales: Una visión desde la ecología	(Pausas, 2012)	Español	No experimental	Este libro explica que hay otra visión menos negativa si tenemos en cuenta que los incendios forman parte de la naturaleza y han moldeado la diversidad de nuestros ecosistemas durante millones de años. Para poder realizar una gestión sostenible de los recursos es necesario tener una base sólida sobre los procesos implicados y esta obra aporta algunos de esos conocimientos básicos al público general y, en especial, a los estudiantes, profesores, gestores e investigadores interesados en la ecología, así como a todas las personas aficionadas a la naturaleza (Pausas, 2012).	Madrid, España	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Efectos del fuego en algunas características de suelos de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba	(Valdés, Martínez, Bonilla, y Castillo, 2016)	Español	Experimental	Se tomaron muestras de suelos de las diferentes parcelas a profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm, respectivamente un año después de ocurrido el incendio. Las muestras fueron analizadas para determinar: pH, materia orgánica, pentóxido de difósforo y óxido de potasio entre las características químicas y densidad aparente, densidad real y porosidad como propiedades físicas (Valdés et al., 2016). Se observan diferencias significativas del área quemada y no quemada y con respecto a la profundidad para los valores de materia orgánica, fósforo y potasio, mientras el pH no mostró diferencia significativa en las profundidades analizadas, pero sí entre el	Cuba	Revista Latinoamericana de Recursos Naturales

				<p>área quemada y la no quemada. Las características físicas evidenciaron diferencias significativas entre las áreas quemadas y las no quemadas.</p>		
<p>Estado Mundial del Recurso del Suelo: Resumen Técnico</p>	<p>(Pennock, McKenzie, y Montanarella, 2016)</p>	<p>Español</p>	<p>No experimental</p>	<p>El informe sintetiza el trabajo de unos 200 artículos científicos del suelo procedentes de 60 países. Esto proporciona una perspectiva global sobre el estado actual del suelo, su función de proporcionar servicios de ecosistemas, y las amenazas a la continua contribución a estos servicios. Las amenazas específicas consideradas en el informe son la erosión del suelo, compactación, acidificación, contaminación, sellado, salinización, anegamiento, desequilibrio de nutrientes, y las pérdidas de carbono orgánico del suelo (COS) y de la biodiversidad (Pennock et al., 2016).</p>	<p>Roma, Italia</p>	<p>Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura</p>
<p>Resiliencia de la Cubierta Vegetal en un Área de Montaña Mediterránea Afectada por el Fuego: El Caso del Incendio de Río Verde (Provincia de Málaga, Sur de España)</p>	<p>(Martínez, 2016)</p>	<p>Español</p>	<p>Experimental</p>	<p>El propósito de este estudio es comparar el tipo de cubierta vegetal antes de un incendio y varios años después para evaluar su resiliencia post-incendio, así como la influencia de ciertos atributos topográficos. El área de estudio es el área afectada por el incendio de río Verde, en 1991 (Sierra de las Nieves), con una orografía muy abrupta. Mediante el tratamiento y análisis de imágenes de satélite y posterior procesamiento cartográfico en un SIG, se obtuvieron los tipos de cubierta vegetal en 1991, justo antes del incendio, y en 2013. De la comparación de ambos años, puede</p>	<p>Málaga, España</p>	<p>Pirineos</p>

				decirse que, tras 22 años desde el incendio, la mitad del área quemada ha recuperado la cubierta vegetal previo y 1/3 de la misma presenta actualmente una cubierta vegetal superior, con un tipo de cubierta que evidencia un estado evolutivo más avanzado respecto al determinado antes del incendio. En general, los atributos topográficos que más influyeron en la evolución post-incendio de la cubierta vegetal fueron, en este orden, pendiente, altitud y radiación (Martínez, 2016).		
La degradación de los bosques de altura del centro de Argentina reduce su capacidad de almacenamiento de agua.	(Poca, 2018)	Español	Experimental	Se indaga si las variaciones en la estructura de la vegetación, debidas en su mayoría al pastoreo y al fuego se asocian a variaciones en las propiedades del suelo en general y, en particular, a aquellas que regulan la capacidad de almacenar agua. Para abarcar la variabilidad completa de estructura de la vegetación seleccionamos 28 sitios distribuidos en tres establecimientos con distintos manejos, y restringió las variaciones topográficas. No se detecta asociaciones entre la estructura de la vegetación y la topografía; es decir, en general, se logró reducir el efecto topográfico. Por otro lado, aquellos sitios con vegetación más estructurada presentaron suelos con menor densidad aparente y mayor contenido de materia orgánica y capacidad de campo. En relación con la capacidad de almacenamiento de agua, los suelos más profundos y con mayor	Córdoba, Argentina	Ecología Austral

				<p>tasa de infiltración fueron los menos densos, con mayor contenido de materia orgánica y mayor capacidad de campo, asociados a una vegetación más estructurada. Es decir, mientras más conservado se encuentra el sistema vegetación-suelo de los bosques de P. australis, mayor cantidad de agua puede ingresar al suelo y ser almacenada (Poca, 2018).</p>		
<p>La mineralogía en la estimación de las temperaturas de los incendios forestales y sus efectos inmediatos en Andosoles, Estado de México</p>	<p>(Hernández et.al, 2020)</p>	<p>Español</p>	<p>Experimental</p>	<p>En 2017 se realizaron recorridos de campo en Texcoco, Estado de México, dos días después de que ocurrió un incendio forestal. Muestras de suelo compuestas e inalteradas se colectaron en los primeros 5 cm de suelo para el análisis de sus propiedades edáficas y micro-morfológicas. La estimación de la temperatura se realizó a través de un experimento térmico y análisis mineralógico. Materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, P, K+ y Na+ y textura muestran tendencias directas e indirectas de acuerdo con el tipo de cenizas y temperatura y no con la severidad y tipo de vegetación. Los incendios superficiales y de copa modificaron de inmediato las propiedades de los Andosoles y mejoraron su calidad, mientras que, en aquellos puntos donde se alcanzaron temperaturas más altas, el suelo se vio afectado, pero esta perturbación se considera de menor impacto por presentarse en áreas reducidas (Hernández et.al, 2020).</p>	<p>Texcoco, México</p>	<p>Madera y Bosque</p>

<p>Efecto de incendios en la vegetación de sotobosque y propiedades químicas de suelo de bosques templados</p>	<p>(Cadena, 2020)</p>	<p>Español</p>	<p>Experimental</p>	<p>Se evalúa la severidad de un incendio forestal y su impacto en la vegetación de sotobosque (arbustos, hierbas, pastos) y en las propiedades químicas del suelo. Se recolectó suelo en cuadros de 60 x 60 cm en todos los sitios de muestreo en tres regiones de un bosque templado considerando la severidad del incendio como intacto, intermedio y severo. Se encontró que la abundancia relativa de las diferentes formas de vida varió en relación con la severidad, solo las herbáceas se beneficiaron en severidades intermedias, los arbustos y pastos disminuyeron. El pH del suelo y los cationes intercambiables Mg, Ni, K y Ca, aumentaron conforme aumentó la severidad del incendio. Los nutrientes N, P, K aumentaron principalmente en las severidades intermedias, contrario a lo esperado. De igual manera, los cationes intercambiables, el nitrógeno, fósforo y potasio aumentaron en la misma en severidad (Cadena, 2020).</p>	<p>Jalisco, México</p>	<p>Agroproductividad</p>
<p>Evaluación del Impacto Ambiental sobre la Biodiversidad del Suelo Causado por un Incendio Forestal en la Provincia de Jaén, 2019.</p>	<p>(Calderón, 2019)</p>	<p>Español</p>	<p>Experimental</p>	<p>La finalidad de la investigación fue determinar el impacto ambiental sobre la biodiversidad del suelo productivo que fue rozado y posteriormente incendiado para utilizar el suelo en cultivos nuevos como los pastizales. La metodología que se utilizó para cuantificar el daño ambiental fue elaborar las matrices de Leopold, de cuya matriz original se tomaron en la primera matriz las siguientes variables: tierra, agua, atmósfera, procesos, flora y fauna, y en la</p>	<p>Jaén, Perú</p>	<p>Repositorio de la Universidad Nacional de Jaén</p>

				<p>segunda matriz se consideraron los factores estéticos y de interés humano, nivel cultural y relaciones ecológicas. Se determinó la variación del pH del suelo, inicialmente fue 6.1 y 24 horas después del incendio, el pH varió a 7.70. Los recursos naturales evidenciaron el impacto ambiental cuando se alteró el aire atmosférico por emisión de sustancias gaseosas y material particulado en suspensión; el agua se vio afectada en la disponibilidad para las quebradas y puntos acuíferos. El suelo mostró un incremento del peligro de su erosión y cambios en la eficacia y eficiencia de la capacidad productiva debido a altas temperaturas. La vegetación evidenció la pérdida inmediata de cobertura vegetal. Finalmente, se realizaron recomendaciones de restauración para el suelo impactado como el aporte de nueva materia orgánica para promover el desarrollo de microorganismos (Calderón, 2019).</p>	
<p>Efecto del fuego sobre las comunidades vegetales de pastizales y matorrales en el Anexo de Totorani, Distrito de Polobaya, Arequipa, Octubre-Diciembre, 2018</p>	<p>(Pacheco, 2019)</p>	<p>Español</p>	<p>Experimental</p>	<p>Para el estudio se establecieron las zonas perjudicadas, determinándose la superficie de matorrales y pastizales que fueron afectados. Seguidamente, se hizo una búsqueda intensiva de todas las especies de plantas, tanto dentro como fuera del área afectada, recolectando un ejemplar de cada especie para su identificación. Las observaciones in situ de las raíces mostraron una posibilidad de recuperación en el estrato arbustivo, ya que de un total de 80 raíces el 43% presentaron rebrotes en matorrales y un</p>	<p>Arequipa, Perú</p> <p>Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa</p>

				<p>54% en pastizales; además se tomó como dato adicional el contenido hídrico y flexibilidad, presentando un 68% de ellas un contenido hídrico mayor al 60% en matorrales y un 77% en pastizales; en cuanto a la flexibilidad, las raíces presentes en los matorrales presentaron un 67.5% de flexibilidad alta, y un 77.5% en pastizales. El análisis fisicoquímico de las muestras de suelo en pastizales y matorrales muestran que tanto el pH y K disminuyen con respecto al área no quemada, no obstante, la conductividad, N total, P y materia orgánica aumentan, siendo el aumento del N el más resaltante. En el análisis físico se observa un cambio en la estructura del suelo dentro del área incendiada con respecto a la no afectada (Pacheco, 2019).</p>		
<p>Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte</p>	<p>(Cuesta, 2013)</p>	<p>Español</p>	<p>No experimental</p>	<p>El estado del arte expone los efectos ocasionados por los incendios forestales, haciendo un estudio de la literatura a nivel mundial en cuanto a las modificaciones en la porosidad, estructura y textura del suelo, cambios químicos, en la materia orgánica y en el aspecto biológico. El análisis demuestra que los incendios generan efectos significativos en el pH, estabilidad estructural, ciclo de nutrientes, porosidad y actividad biológica (Cuesta, 2013).</p>	<p>Antioquia, Colombia</p>	<p>Cuaderno Activa</p>
<p>Efecto del fuego en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo</p>	<p>(De Celis, Jordán, y Zavala, 2013)</p>	<p>Español</p>	<p>No experimental</p>	<p>La magnitud los cambios inducidos por los incendios forestales a corto plazo y a largo plazo en los suelos se traducen en cambios en la estructura y componentes del suelo, reducción de la cubierta vegetal,</p>	<p>Sevilla, España</p>	<p>Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de</p>

				combustión de la materia orgánica y la biomasa, entre otros. Asimismo, los efectos en el componente biológico pueden ocurrir rápidamente y producir una respuesta a gran escala (De Celis et al., 2013).		recuperação dos solos
The myth of the biological threshold: A review of biological responses to soil heating associated with wildland fire	(Pingree y Kobziar, 2019)	Inglés	No experimental	En esta revisión se sintetiza y compara investigaciones que relacionan directamente la temperatura y la duración del calentamiento del suelo con las respuestas biológicas, proporcionando modelos relevantes para la respuesta de temperatura y duración de los organismos del suelo (Pingree y Kobziar, 2019).	Idaho, Estados Unidos	Forest Ecology and Management
Fire affects the taxonomic and functional composition of soil microbial communities, with cascading effects on grassland ecosystem functioning	(Yang et al., 2020)	Inglés	Experimental	Se analiza los efectos del fuego en la diversidad taxonómica y funcional de las comunidades microbianas del suelo en un ecosistema de pastizales 9 meses después de un incendio experimental. Los resultados muestran que el fuego disminuyó la abundancia relativa de la mayoría de los procesos funcionales asociados a la degradación de carbono y el ciclo del nitrógeno, implicando una desaceleración de los procesos microbianos de la dinámica del suelo (Yang et al., 2020).	California, Estados Unidos	Global Change Biology
Immediate fire-induced changes in soil microbial community composition in an outdoor experimental controlled system	(Lucas-Borja et al., 2019)	Inglés	Experimental	Se hizo una evaluación a los 7 días después del incendio, en un sistema experimental controlado al aire libre por 6 monolitos de suelo forestal, el impacto de la severidad del fuego (alta y baja) en las propiedades básicas del suelo, así como las comunidades microbianas. Los resultados demuestran que la magnitud del cambio en la comunidad	Albacete, España	Science of the Total Environment

				microbiana llega a ser mucho mayor que en las propiedades físicas y químicas del suelo (Lucas-Borja et al., 2019).		
Fire severity influences the response of soil microbes to a boreal forest fire	(Holden, Rogers, Treseder, y Randerson, 2016)	Inglés	Experimental	En esta investigación se combina la detección remota de la gravedad del fuego y el muestreo de campo para caracterizar la respuesta de la biomasa microbiana por gramo de suelo, la respiración microbiana de CO ₂ /g suelo y los grupos de hongos, en un ecosistema de bosque boreal. Los resultados demuestran que, en comparación con los rodales no quemados, los que sí estuvieron quemados sufrieron un descenso del 52% y 56% en la biomasa del suelo y la respiración basal, respectivamente (Holden et al., 2016).	California, Estados Unidos	Environmental Research Letters
Post-fire soil functionality and microbial community structure in a Mediterranean shrubland subjected to experimental drought	(Hinojosa, Parra, Laudicina, y Moreno, 2016)	Inglés	Experimental	Esta investigación evalúa los efectos de la sequía experimental después del incendio en la dinámica del suelo de un arbusto Cistus-Erica (centro de España). Se hizo un experimento de campo replicado en el que la lluvia total y sus patrones fueron manejados por medio de un sistema de riego. Los tratamientos fueron: precipitación natural, precipitación promedio, sequía moderada y sequía severa. El fuego redujo la biomasa microbiana y la proporción de hongos del suelo, mientras que la de los actinomicetos aumentó. La sequía posterior al incendio disminuyó la biomasa microbiana total del suelo y los hongos, y las bacterias se volvieron más cuantiosas (Hinojosa et al., 2016).	Toledo, España	Science of the Total Environment

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proceso de búsqueda de información, se encuentra un total de 1660 documentos de investigación, en su mayoría artículos de revista, lo que representa el 75.7% del total de documentos analizados, seguidos de tesis de pregrado con 13.5%, de libros con 8.1%, y tesis doctoral con 2.7%. Simplificando y aplicando los criterios de selección se tiene un total de 37 documentos de investigación, de los cuales 15 investigaciones pertenecen al buscador Mendeley, 02 investigaciones a EBSCO, 02 a Elsevier, 01 a ResearchGate, 10 a Google Académico, 03 a Alicia –Concytec, 03 a Scielo y 01 al metabuscador ProQuest; los cuales proceden de diferentes países alrededor del mundo, contando así con 03 investigaciones que se desarrollan en el país de Argentina, 04 investigaciones en Perú, 03 investigaciones en Colombia, 01 en Cuba, 05 en Estados Unidos, 10 en España, 01 en Italia, 01 en Chile, 01 en Polonia, 02 en Australia y 01 en Canadá; las búsquedas se registraron en 2 idiomas: 15 en el idioma de inglés y 22 en español.

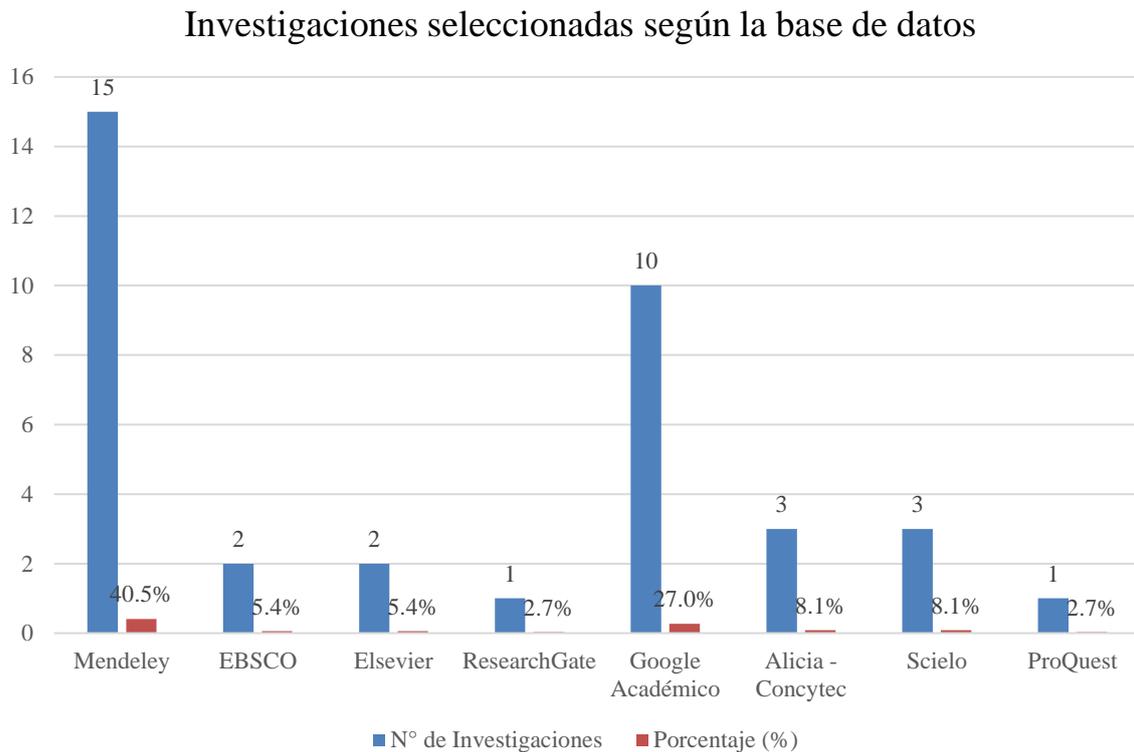
Tabla 2

Investigaciones recolectadas según el buscador

Base de datos	N° de Investigaciones	Porcentaje (%)
Mendeley	15	40.5%
EBSCO	2	5.4%
Elsevier	2	5.4%
ResearchGate	1	2.7%
Google Académico	10	27.0%
Alicia - Concytec	3	8.1%
Scielo	3	8.1%
ProQuest	1	2.7%
TOTAL	37	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. *Porcentaje de investigaciones recolectadas según el buscador*



Fuente: Tabla 3. *Investigaciones recolectadas según el buscador*

En la tabla N° 02 y gráfico N° 01, describen que Mendeley es la base de datos en la que se encuentra mayor número de investigaciones científicas, obteniendo 15 investigaciones que representan el 40.5% del total, seguido de 10 investigaciones de Google Académico que representan el 27.0%, Scielo con 03 investigaciones con el 8.1%, Alicia-Concytec con 03 investigaciones con el 8.1%, Elsevier con 02 investigaciones con el 5.4%, EBSCO con 02 investigaciones con el 5.4% y finalmente ProQuest como ResearchGate con 01 artículo cada uno representando un 2.7%.

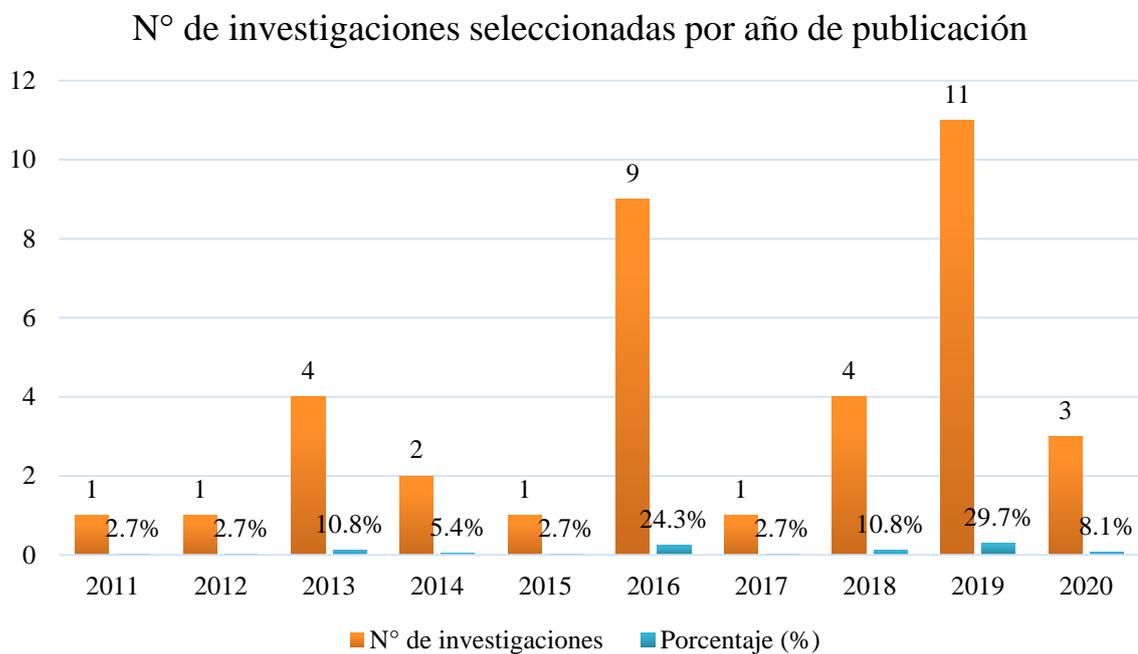
Tabla 4

Investigaciones recolectadas según el año de publicación

Año de publicación	N° de investigaciones	Porcentaje (%)
2011	1	2.7%
2012	1	2.7%
2013	4	10.8%
2014	2	5.4%
2015	1	2.7%
2016	9	24.3%
2017	1	2.7%
2018	4	10.8%
2019	11	29.7%
2020	3	8.1%
Total	37	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. *Porcentaje de investigaciones recolectadas según el año de publicación*



Fuente: *Tabla 5*. Investigaciones recolectadas según el año de publicación

Uno de los criterios de inclusión que se considera para la presente investigación es el año de publicación, puesto que se requiere conocer información actualizada; sin embargo, se considera pertinente incluir artículos de mayor antigüedad, siempre y cuando sea para el uso de la descripción teórica de ciertos conceptos, ya que la información encontrada es considerada relevante, así, en la búsqueda general se cuenta con investigaciones con un máximo de 27 años de antigüedad; no obstante, se consideran, las investigaciones desarrolladas en los últimos 10 años; por tanto, se observa en la tabla N° 03 y gráfico N°02, que el 29.7% de las investigaciones seleccionadas corresponden al año 2019, seguido del 24.3% que representa a investigaciones publicadas en el año 2016, el 10.8% que representa a investigaciones publicadas en el 2013 y las investigaciones publicadas en el 2018 respectivamente, el 8.1% que representa investigaciones publicadas en el año 2020, el 5.4% que representa a las publicaciones de los años 2014, y el 2.7% que representa a las publicaciones de los años 2011,2012,2015 y 2017 respectivamente.

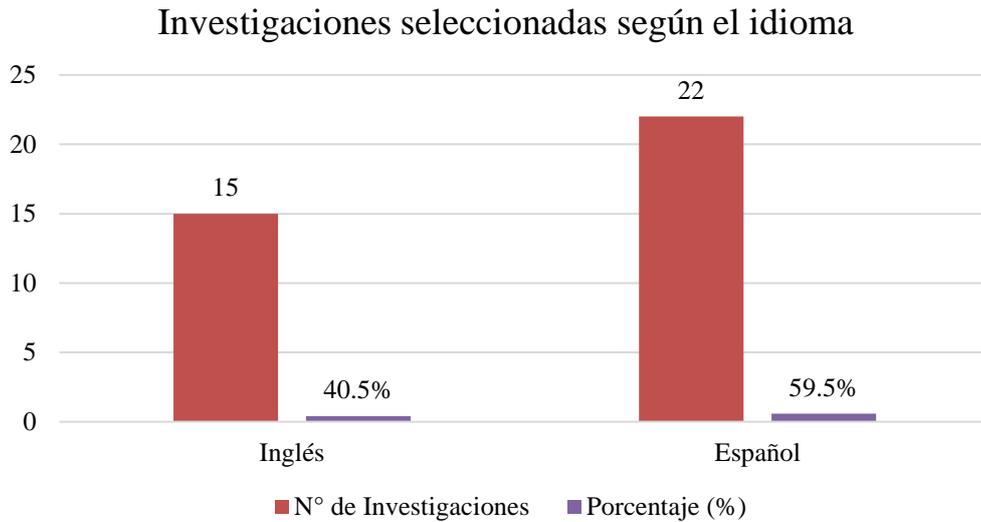
Tabla 6

Investigaciones recolectadas según el idioma

Idioma	N° de Investigaciones	Porcentaje (%)
Inglés	15	40.5%
Español	22	59.5%
TOTAL	37	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. *Porcentaje de investigaciones recolectadas según el idioma*



Fuente: Tabla 4. Investigaciones recolectadas según el idioma

La tabla N°04 y gráfico N°03, describen el número de investigaciones seleccionadas de acuerdo al idioma; las investigaciones están en 02 idiomas, así, se encuentra que 22 revisiones científicas están redactadas en el idioma español, lo que corresponde un 59.5% del total y 15 revisiones científicas están en idioma inglés con un 40.5 %.

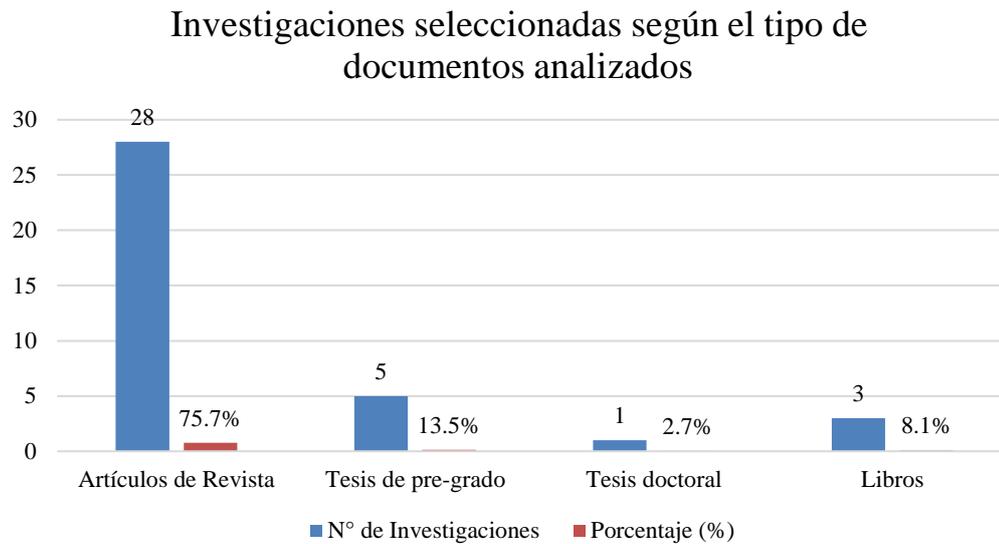
Tabla 7

Investigaciones recolectadas según el tipo de documentos analizados

Tipo de documentos analizados	N° de Investigaciones	Porcentaje (%)
Artículos de Revista	28	75.7%
Tesis de pre-grado	5	13.5%
Tesis doctoral	1	2.7%
Libros	3	8.1%
TOTAL	37	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. *Porcentaje de investigaciones recolectadas según el tipo de documento*



Fuente: Tabla 5. Investigaciones recolectadas según el tipo de documentos analizados

Se describe en la tabla N°05 y gráfico N° 04, el número de investigaciones seleccionadas en relación con el tipo de documentos analizados, y se encuentran 4 tipos: Artículos de revista, tesis de pregrado como doctoral y libros; de los cuales se halla que 28 investigaciones científicas son artículos de revista lo que representa el 75.7% del total, 5 son tesis de pregrado equivalentes al 13.5%, 3 investigaciones son libros lo que representa el 8.1%, y finalmente, 01 investigación que pertenece al tipo de documento tesis doctoral, representando el 2.7%.

Tabla 8

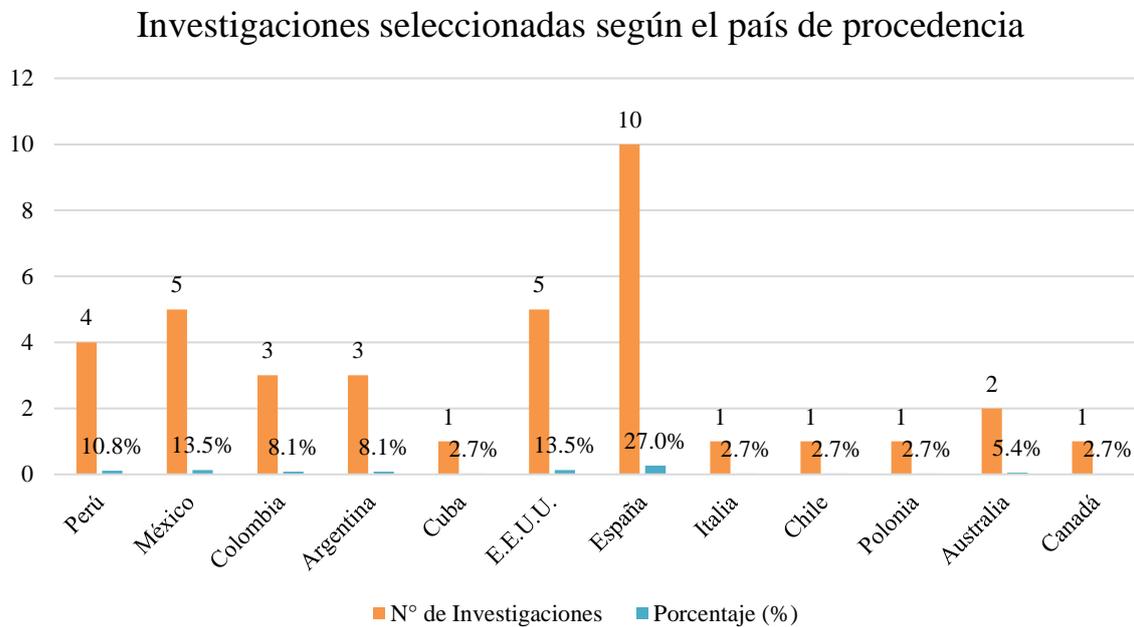
Investigaciones recolectadas según el país de publicación

País	N° de Investigaciones	Porcentaje (%)
Perú	4	10.8%
México	5	13.5%
Colombia	3	8.1%
Argentina	3	8.1%

Cuba	1	2.7%
E.E.U.U.	5	13.5%
España	10	27.0%
Italia	1	2.7%
Chile	1	2.7%
Polonia	1	2.7%
Australia	2	5.4%
Canadá	1	2.7%
TOTAL	37	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Porcentaje de investigaciones recolectadas según el país de publicación



Fuente: Tabla 6. Investigaciones recolectadas según el país de publicación

En la tabla N° 06 y gráfico N° 05, se describe que España cuenta con la mayoría de los estudios relacionados a la presente revisión, con un total de 10 estudios, lo que representa el 27.0%, seguido de México y Estados Unidos con 05 estudios respectivamente, equivalentes al 13.5%, Perú con 04 investigaciones que equivalen al 10.8%, Colombia y

Argentina con 03 estudios cada uno, equivalentes al 8.1% respectivamente, Australia con 02 estudios equivalentes al 5.4% y, finalmente, Cuba, Italia, Chile, Polonia y Canadá cada uno con 01 estudio, lo que representa el 2.7% respectivamente.

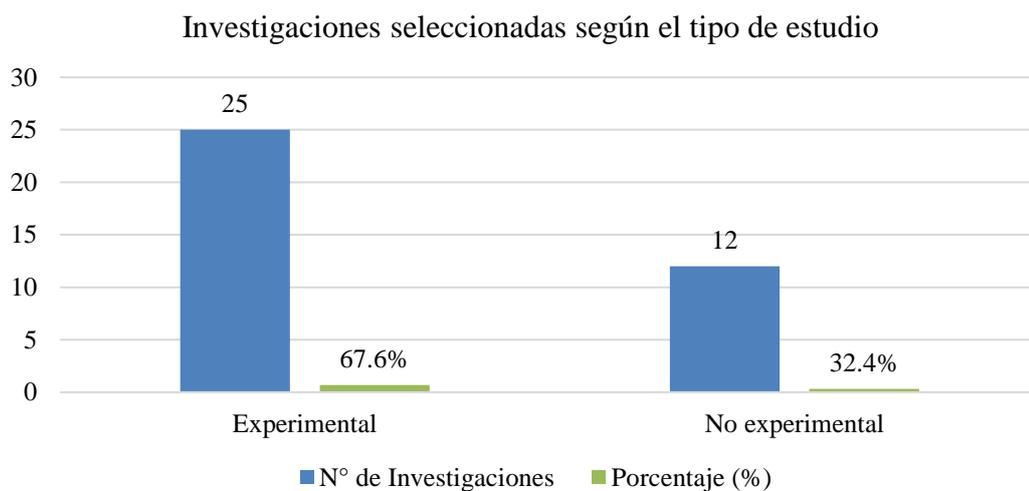
Tabla 9

Investigaciones recolectadas según el tipo de estudio

Tipo de estudio	N° de Investigaciones	Porcentaje (%)
Experimental	25	67.6%
No experimental	12	32.4%
TOTAL	37	100.0%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. *Porcentaje de investigaciones recolectadas según el tipo de estudio*



Fuente: Tabla 7. Investigaciones recolectadas según el tipo de estudio

Se concluye de la tabla N°07 y gráfico N°06, que la mayoría de los estudios relacionados con la presente revisión sistemática corresponden al tipo experimental, así, se encuentra que 25 investigaciones son de tipo experimental, lo que equivale al 67.6% del total y 12 investigaciones son de tipo no experimental, representando el 32.4% del total.

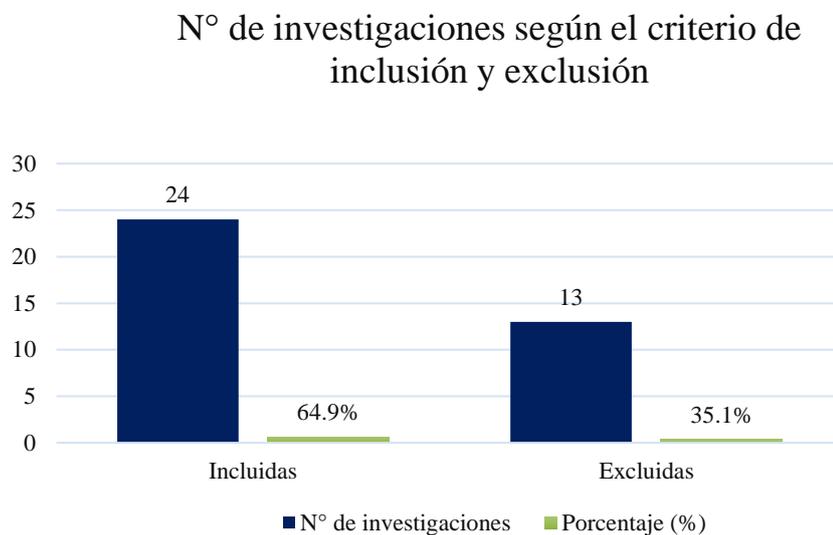
Tabla 10

Investigaciones recolectadas según los criterios de inclusión y exclusión

	N° de investigaciones	Porcentaje (%)
Incluidas	24	64.9%
Excluidas	13	35.1%
TOTAL	37	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7. *Porcentaje de investigaciones recolectadas según los criterios de inclusión y exclusión*



Fuente: Tabla 8. Investigaciones recolectadas según los criterios de inclusión y exclusión.

La tabla N°08 y gráfico N° 07 describen el número de investigaciones según los criterios de inclusión y exclusión, teniendo como resultado que, de las 37 investigaciones, 24 estudios cumplen con los criterios de inclusión, lo que equivale al 64.9% del total; así como, 13 investigaciones se excluyen debido a que no cumplen con los criterios antes mencionados, esto representa el 35.1 % del porcentaje total.

Tabla 11.

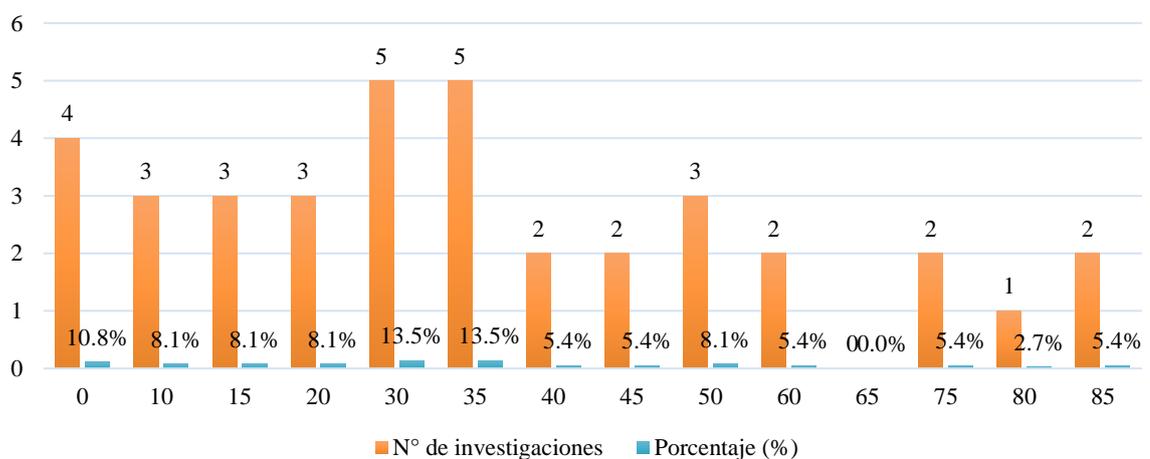
Cantidad de investigaciones expresadas en porcentaje según la relación con el objeto de estudio

Relación con el objeto de estudio (%)	N° de investigaciones	Porcentaje (%)
0	4	10.8%
10	3	8.1%
15	3	8.1%
20	3	8.1%
30	5	13.5%
35	5	13.5%
40	2	5.4%
45	2	5.4%
50	3	8.1%
60	2	5.4%
65	0	0.0%
75	2	5.4%
80	1	2.7%
85	2	5.4%
TOTAL	37	100.0%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8. *Porcentaje de investigaciones según la relación con el objeto de estudio*

N° de investigaciones según la relación con el objeto de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Del 100% de los documentos seleccionados el 10.8% del total no tienen ninguna relación directa con el objeto de estudio, mientras que las que oscilan entre el 10% y 20% de relación abarcan un 8.1% del total de las investigaciones consideradas. Del 64.9% de las investigaciones restantes, también consideradas como incluidas; el 51.4% comprende una mediana relación con el objeto de estudio (30%-65%), mientras que los valores más altos (75%-85%) oscilan entre el 8.1% y el 5.4% lo que corresponde a 5 investigaciones del total.

En base a las investigaciones con mayor relación con el objeto de estudio, muchos autores, como Mataix-Solera et al., (2011) exponen que la estabilidad de sólidos agregados del suelo, los que son parte de su estructura, reflejan la salud del suelo; por lo que la respuesta de los sólidos agregados a los incendios forestales es compleja y diversa: debido a que esta se ve perjudicada en relación a la intensidad de los incendios. Los fuegos superficiales de baja intensidad pueden incrementar tenuemente la cantidad de materia orgánica del suelo, como consecuencia de la adición de materia vegetal que no ha sostenido una combustión completa, produciendo un aumento en la agregación de partículas; asimismo, hay casos en los que las variaciones de calor pueden producir un incremento de la estabilidad de agregados, por ejemplo, si las temperaturas son suficientes para incitar la fusión térmica de partículas y la recristalización de minerales en la fracción de arcilla que como consecuencia forman agregados más resistentes. Por otra parte, González (2017) concluye que, en los incendios de alta intensidad se origina una degradación considerablemente significativa de materia orgánica de los suelos, logrando alterar directamente la estructura de los horizontes superficiales del suelo.

Casas (2019), en su tesis de pregrado, concluye que, tanto la materia orgánica como nitrógeno orgánico total aumentan debido a la incorporación de materiales semi- pirolizados en el suelo impactado; sin embargo, como Pacheco (2019) indica si bien el fuego beneficia el proceso normal de mineralización de la materia orgánica, permitiendo la pérdida de agua por evaporación, algunos organismos que favorecen la producción de materia orgánica como los micelios, esporas de hongos, organismos invertebrados y vertebrados, se ven afectados. Además, si el siniestro presenta altas temperaturas los nutrientes minerales no disponibles que se hallan en la materia orgánica, se transforman en una forma soluble aprovechable para las plantas. Asimismo, se expone que se disponen tres niveles de efectos sobre el suelo: bajo, en el que la capa de materia orgánica se quema superficialmente; moderado, cuando la capa de materia orgánica se quema, pero la estructura del suelo no se altera visiblemente; y finalmente, alto, en este nivel de impacto, la materia orgánica se reduce a cenizas.

La pérdida de la fertilidad del suelo originada por la disminución o supresión de microorganismos incluyendo microflora y microfauna, en el sustrato de suelo, es considerada otro de los impactos relevantes de los incendios forestales; esto se ve confirmado en el estudio de Whitman (2019), en el cual se asocia la intensidad del fuego con la disminución de las comunidades microbiológicas, exponiendo que, a mayor intensidad del fuego, menor presencia de comunidades microbiológicas. Al respecto, Calderón (2019) en los resultados expuestos en su tesis de pregrado, determina que existe una pérdida inmediata de todo vestigio microscópico sobre el suelo afectado; a pesar que no son visibles, existe una comunidad amplia de microorganismos en el suelo, responsables de la producción de metabolitos biológicamente activos como las bacterias (actinomicetos), y hongos (basidiomicetos), por lo que la pérdida de microfauna, está directamente relacionada con la pérdida de fertilidad del suelo.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

- El comportamiento de la estructura del suelo frente al fuego es variado y complejo ya que los agregados se debilitan o bien se vuelvan más resistentes, esto en muchos casos no es un impacto directo del fuego, debido a que esta variable se relaciona con otras tales como la cantidad de materia orgánica y microfauna afectada.

Se requieren más estudios experimentales para poder determinar un proceso de degradación de la estructura del suelo en concreto.

- El impacto del fuego sobre la materia orgánica suscita de acuerdo con la presencia de microorganismos resistentes al impacto del fuego, debido a que las cantidades de comunidades microbiológicas existentes van a precisar la condición de la misma.
- La microfauna se perjudica directamente con la intensidad del fuego a la que es expuesta, debido a que existe una disminución de las comunidades microbiológicas presentes en el suelo.

Se concluye que el suelo es un sistema completo que interrelaciona todas sus propiedades, tanto físicas, químicas y biológicas ya que algunas dependen de otras para su buen funcionamiento; tal es el caso de las tres variables descritas en este estudio: estructura, materia orgánica y microfauna, ya que la cantidad de microfauna perjudicada por el siniestro va a alterar la calidad de la materia orgánica, y por tanto la estructura del suelo puede ser inestable en cuanto a la estabilidad de los agregados.

REFERENCIAS

- Alva, D. M., & Manosalva, H. I. (2019). *Efecto del Fuego en las Propiedades Químicas del Suelo en el Cañón de Sangal, Cajamarca*. Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21088>
- Benito, E., Varela, M. E., & Rodríguez-Alleres, M. (2014). Efectos de los incendios forestales en la erosionabilidad de los suelos en Galicia. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 40(2), 353-370. doi:10.18172/cig.2502
- Cadena Zamudio, D. A. (2020). Efecto de incendios en la vegetación de sotobosque y propiedades químicas de suelo de bosques templados. *Agroproductividad*, 65-72. doi:<https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1684>
- Calderón, W. R. (2019). *Evaluación del Impacto Ambiental sobre la Biodiversidad del Suelo Causado por un Incendio Forestal en la Provincia de Jaén, 2019*. Jaén: Universidad Nacional de Jaén. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/229>
- Cárdenas, J., & Pizano, C. (2019). Efecto de temperaturas que simulan incendios sobre la germinación de semillas de un bosque seco tropical. *Colombia Forestal*, 22(2), 55-66. doi:10.14483/2256201X.14702
- Casas, M. G. (2019). *Efectos del incendio forestal en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huacraruco - Cajamarca*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de

Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3086>

- Chimal-Sánchez, E., Araiza-Jacinto, M. L., & Román-Cárdenas, V. J. (2015). El efecto del fuego en la riqueza de especies de hongos micorrizógenos arbusculares asociada a plantas de matorral xerófilo en el Parque Ecológico “Cubitos”. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 18(2), 107-115. doi:10.1016/j.recqb.2015.09.002
- Cruz, X., & Bulnes, E. (2019). Emission impact of wildfires: El Tepozteco 2016. *Atmósfera*, 32(2), 85-93. doi:10.20937/ATM.2019.32.02.01
- Cuesta, J. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. *Cuaderno activa*(5), 59-67. doi:10.2307/j.ctvfc53kh.5
- De Celis, R., Jordán, A., & Zavala, L. (2013). Efecto del fuego en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. *Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos*, 145-160. Obtenido de https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/pub/outros_livros/viiegfa/Artigo_12_Reyes_de_Celis.pdf
- Díaz, C. (2011). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación*, 31(3), 80-90. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v31n3/v31n3a09.pdf>
- Domínguez, M., González, C., & Pineda, F. (2014). Más leña al fuego: El tratamiento informativo de los incendios forestales. *Cuadernos de investigación geográfica - Geographical Research Letters*, 429-447. doi:10.18172/cig.2535

- Fernández-García, V., Miesel, J., Baeza, M., Marcos, E., & Calvo, L. (2019). Wildfire effects on soil properties in fire-prone pine ecosystems: Indicators of burn severity legacy over the medium term after fire. *Applied Soil Ecology*, 135, 147-156. doi:10.1016/j.apsoil.2018.12.002
- Francos, M., Úbeda, X., Pereira, P., & Alcañiz, M. (2018). Long-term impact of wildfire on soils exposed to different fire severities. A case study in Cadiretes Massif (NE Iberian Peninsula). *Science of the Total Environment*, 615, 664-671. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.09.311
- Garibay-Orijel, R., Morales-Marañón, E., Domínguez-Gutiérrez, M., & Flores-García, A. (2013). Caracterización morfológica y genética de las ectomicorizas formadas entre *Pinus montezumae* y los hongos presentes en los bancos de esporas en la Faja Volcánica Transmexicana. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1), 153-169. doi:10.7550/rmb.29839
- Giorgis, M. A., Cingolani, A. M., & Cabido, M. R. (2013). El Efecto del fuego y las características topográficas sobre la vegetación y las propiedades del suelo en la zona de transición entre bosques y pastizales de las sierras de Córdoba, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48(3-4), 493-513. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11336/9419>
- González, P. (2017). *Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna*. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile / BCN. Obtenido de <https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmTIPO=DOCUMENTOCOMUNICACIONCUENTA&prmID=39186>

- Hernández Vallecillo, G. A. (2020). La mineralogía en la estimación de las temperaturas de los incendios. *Madera y Bosque*, 1-30. doi:<http://dx.doi.org/10.21829/myb.2020.2611932>
- Hinojosa, M., Parra, A., Laudicina, V., & Moreno, J. (2016). Post-fire soil functionality and microbial community structure in a Mediterranean shrubland subjected to experimental drought. *Science of the Total Environment*, 573, 1178-1189. doi:[10.1016/j.scitotenv.2016.03.117](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.117)
- Holden, S., Rogers, B., Treseder, K., & Randerson, J. (2016). Fire severity influences the response of soil microbes to a boreal forest fire. *Environmental Research Letters*, 11(3), 1-10. doi:[10.1088/1748-9326/11/3/035004](https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/035004)
- Lucas-Borja, M., Miralles, I., Ortega, R., Plaza-Álvarez, P., Gonzalez-Romero, J., Sagra, J., . . . Heras, J. (2019). Immediate fire-induced changes in soil microbial community composition in an outdoor experimental controlled system. *Science of the Total Environment*, 696, 1-11. doi:[10.1016/j.scitotenv.2019.134033](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134033)
- Majder-Lopatka, M., Szulc, W., Rutkowska, B., Ptasíński, D., & Kazberuk, W. (2019). Influence of fire on selected physico-chemical properties of forest soil. *Soil Science Annual*, 70(1), 39-43. doi:[10.2478/ssa-2019-0005](https://doi.org/10.2478/ssa-2019-0005)
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149-155. doi:[10.1016/j.ciresp.2011.07.009](https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009)
- Martínez-Murillo, J. F.-G.-S. (2016). Resiliencia de la cubierta vegetal en un área de montaña mediterránea afectada por el fuego: el caso del incendio de Río Verde

(Provincia de Málaga, Sur de España). *Prineo*, 1-15.

doi:<http://dx.doi.org/10.3989/pirineos.2016.171008>

Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A., & Zavala, L. M. (2011). Fire effects on soil aggregation: A review. *Earth-Science Reviews*, 109(1-2), 44-60. doi:10.1016/j.earscirev.2011.08.002

Minervini, M., Morrás, H., & Taboada, M. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógica. *Ecología Austral*, 28(1), 12-27. doi:10.25260/EA.18.28.1.0.127

Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 11(3), 184-186. doi:10.4067/S0719-01072018000300184

Muñoz-Rojas, M., Erickson, T., Martini, D., Dixon, K., & Merritt, D. (2016). Soil physicochemical and microbiological indicators of short, medium and long term post-fire recovery in semi-arid ecosystems. *Ecological Indicators*, 63, 14-22. doi:10.1016/j.ecolind.2015.11.038

Muqaddas, B., Chen, C., Lewis, T., & Wild, C. (2016). Temporal dynamics of carbon and nitrogen in the surface soil and forest floor under different prescribed burning regimes. *Forest Ecology and Management*, 382, 110-119. doi:10.1016 / j.foreco.2016.10.010

Ocampo, K. (2018). Modelo Descriptivo de Restauración Ecológica en Zonas Afectadas por Incendios Forestales e Invasión de Retamo Espinoso en los Cerros Orientales de

- Bogotá. *Revista de la Universidad Nacional de Colombia*, 24(1), 1-12. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v24n1/0120-548X-abc-24-01-1.pdf>
- Pacheco, A. (2019). *Efecto del fuego sobre las comunidades vegetales de pastizales y matorrales en el Anexo de Totorani, Distrito de Polobaya, Arequipa, Octubre-Diciembre, 2018*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9043>
- Pausas, J. G. (2012). *Incendios Forestales: Una visión desde la ecología*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Los libros de la Catarata. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=i1jZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=incendios+forestales+una+visi%C3%B3n+desde+la+ecolog%C3%ADa&ots=0JTxLZxSyF&sig=7uEgGfADEVaNYvIqvsEENjgWgW0#v=onepage&q=incendios%20forestales%20una%20visi%C3%B3n%20desde%20la%20ecolo>
- Pennock, D., McKenzie, N., & Montanarella, L. (2016). *Estado Mundial del Recurso del Suelo: Resumen Técnico*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- Pingree, M., & Kobziar, L. (2019). The myth of the biological threshold: A review of biological responses to soil heating associated with wildland fire. *Forest Ecology and Management*, 432, 1022-1029. doi:10.1016/j.foreco.2018.10.032
- Poca, M. C.-H. (2018). La degradación de los bosques de altura del centro de Argentina. *Ecología Austral*, 235-248. doi:<https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.497>

- Pressler, Y., Moore, J., & Cotrufo, M. (2019). Belowground community responses to fire: meta-analysis reveals contrasting responses of soil microorganisms and mesofauna. *Oikos*, 128(3), 309-327. doi:10.1111 / oik.05738
- Smits, K., Kirby, E., Massman, W., & Baggett, L. (2016). Experimental and Modeling Study of Forest Fire Effect on Soil Thermal Conductivity. *Pedosphere*, 26(4), 462-473. doi:10.1016/S1002-0160(15)60057-1
- Úbeda, X., & Francos, M. (2018). Incendios forestales, un fenómeno global. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 1-8. doi:10.1344/b3w.0.2018.26826
- Urzúa, N., & Cáceres, F. (2011). Incendios forestales: principales consecuencias ambientales y económicas en Chile. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 18-24. doi:10.4067/riatvol7iss1pp18-24%250718-235X
- Valdés, L., Martínez, L. W., Bonilla, M., & Castillo, I. (2016). Efectos del fuego en algunas características de suelos de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 60-65. Obtenido de <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v12-n2-2-efectos-del-fuego-en-algunas-caracter%C3%ADsticas-de-suelos-de-pinares-Macurije-Pinar-del-R%C3%ADo-Cuba.pdf>
- Whitman, T., Whitman, E., Woollet, J., Flannigan, M., Thompson, D., & Parisien, M. (2019). Soil bacterial and fungal response to wildfires in the Canadian boreal forest across a burn severity gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 138, 1-13. doi:10.1016/j.soilbio.2019.107571

Yang, S., Zheng, Q., Yang, Y., Yuan, M., Ma, X., Chiariello, N., . . . Zhou, J. (2020). Fire affects the taxonomic and functional composition of soil microbial communities, with cascading effects on grassland ecosystem functioning. *Global Change Biology*, 26(2), 431-442. doi:10.1111/gcb.14852