



Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte

Juliana Rosero Cuesta
Ingeniera forestal
Estudiante de Especialización en Prevención y
Atención de Desastres Naturales
Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria
jurosecu@yahoo.com.ar



Inés Osorio Giraldo
M.Sc. en Ciencias-Geomorfología y suelos
Profesora ocasional
Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria
inesosorio@gmail.com

Recibido: 5 de mayo 2013
Aceptado: 9 de julio 2013

Resumen

El presente artículo expone el estado del arte en materia de los efectos generados por los incendios forestales sobre el recurso suelo. En Colombia son pocos los estudios vinculados a las afectaciones de los suelos producto del calor irradiado por los incendios forestales, por lo que se espera poder determinar las afectaciones del recurso suelo en el país. Se hace un análisis de la literatura y los estudios realizados a nivel mundial, en cuanto a los cambios químicos del suelo, las modificaciones en la porosidad, estructura y textura del suelo, las afectaciones biológicas y los cambios de la materia orgánica. Se considera que la ocurrencia de un incendio forestal genera afectaciones considerables en el pH, la estabilidad estructural, la porosidad, los ciclos de nutrientes y en la actividad biológica. A estas situaciones se suma la falta de lineamientos de orden nacional y regional, que permitan mejorar la evaluación del impacto ambiental y llevar a cabo acciones puntuales en cuanto a la restauración de los suelos afectados por los incendios forestales.

Palabras clave: Incendio forestal, suelo, propiedades físicas, propiedades químicas.

A state of the art on forest fires effects on soil properties Abstract

Abstract

This paper exposes the state of the art of effects generated by forest fires on soil resources. In Colombia there are a few studies addressing the affects of soils as a result of heat radiated by forest fires. So, the aim here is to be able to determine the affects of soil resources across Colombia. An analysis of literature and worldwide studies on chemical changes of soil, modifications in soil porosity, structure and texture, biological effects and changes in organic matter is performed. The occurrence of a forest fire is believed to generate considerable affectations in pH, structural stability, porosity, nutrient cycles and biological activity. Besides these, there is a lack of national

and regional guidelines, allowing for improving environmental impact assessments, and performing specific actions for restoring soils affected by forest fires.

Keywords: Forest fire, soil, physical properties, chemical properties

1. Introducción

Los incendios forestales se han incrementado en el mundo debido a cambios en los factores ambientales, sociales y culturales, lo que a su vez ha aumentado los efectos y presiones sobre los suelos. Los incendios forestales forman una serie de afectaciones en las propiedades físicas y químicas del suelo. En Colombia se cuenta con poca información sobre la importancia de esas afectaciones sobre el suelo y, por ende, se hace necesario conocer los impactos sobre este recurso y la forma de restaurarlo.

El suelo es el pilar de la estructura de la vida a nivel de coberturas vegetales y animales y de la conformación de los nichos necesarios para su sostenibilidad ambiental. Por tal razón, es fundamental conocer los efectos generados por el fuego, para así disminuir dichos impactos.

Los efectos más relevantes que el fuego produce sobre el suelo, y que se analizarán con mayor detalle, son las modificaciones en las propiedades físicas y químicas, principalmente los cambios en la materia orgánica, acidez o pH, afectaciones biológicas, estabilidad estructural, porosidad y modificaciones en los nutrientes totales del suelo.

Para obtener esta información se realizaron consultas en bibliotecas, internet y revistas especializadas, acerca de investigaciones efectuadas a nivel mundial sobre los efectos en el suelo por el fuego, luego de ocurrir un incendio forestal, para posteriormente asociar esta información con las condiciones del país y poder brindar una base para llevar a cabo estudios de caso más detallados.

El presente artículo pretende: 1. Dar a conocer información obtenida de estudios, proyectos o investigaciones a nivel mundial sobre esta problemática. 2. Aportar más herramientas de información a nivel nacional que permitan fomentar la realización de nuevas investigaciones. 3. Fortalecer en el país el conocimiento de este fenómeno.

2. Marco teórico y trabajos previos

2.1 Efectos del fuego sobre el recurso suelo

Los incendios forestales, según la Oficina de Asistencia para Desastres en América Latina y el Caribe (USAID, 2001), son fuegos en bosques naturales o plantados producidos por la acción del ser humano o causados por la naturaleza, y que avanzan sin ningún control ocasionando daños ecológicos, climáticos, económicos y sociales.

Este tipo de emergencias genera afectaciones ambientales de difícil cuantificación, que se incrementan con las prácticas culturales incorrectas que han pasado de generación en generación, por ejemplo con la realización de las llamadas quemadas controladas, las cuales fácilmente pueden perder su control y dar paso a un incendio forestal. Los impactos van desde problemas en los recursos suelo, agua, biológico y ambiental hasta problemas sociales, culturales y económicos.

Los incendios forestales tienen consecuencias sobre el recurso suelo que dependerán de la intensidad del calentamiento. Durante un fuego intenso se pueden alcanzar temperaturas de 1200 a 1400 °C dentro de la masa en ignición; en la superficie del suelo se puede llegar a 1000 °C en incendios de bosques de coníferas, a 500-700 °C en incendios de matorrales y a 200 °C en incendios de pastizales (Martínez et al., 1991). En cualquier caso, se trata de temperaturas suficientemente altas como para modificar las propiedades del suelo.

Según Iglesias (1993), la incidencia del fuego en el suelo modifica las propiedades físico-químicas y biológicas, de acuerdo con la intensidad y la duración del mismo. Cuando tiene lugar una repetición de incendios se degrada la estructura del suelo, se incrementa la erosionabilidad y disminuye la fertilidad, llevando los suelos a un nivel de pobreza nutritiva importante.

El pH del suelo es una de las propiedades químicas que se ven afectadas tras el paso del fuego. Su valor se incrementa debido a las cenizas procedentes del incendio, las cuales contienen gran cantidad de carbonato potásico (CO_3K_2), que por proceder de un ácido débil y una base

fuerte, presenta reacción básica cuando se hidroliza, y por consiguiente se incrementa el pH. Sin embargo, cuando los efectos del lavado y arrastre de cationes por las lluvias son muy intensos, a los incrementos iniciales de pH tras el fuego pueden seguir fuertes descensos que logran alcanzar valores inferiores a los registrados antes del incendio o la quema (Martínez *et al.*, 1991).

En cuanto a la materia orgánica del suelo (MOS), se considera que es un factor estabilizador de su estructura, ya que ayuda a mantener unidas las partículas minerales frente a las fuerzas desestabilizadoras, como el humedecimiento e impacto de las gotas de lluvia (Shepherd *et al.*, 2001). Se puede indicar que el fuego genera una disminución de los valores iniciales de materia orgánica cuando las temperaturas son superiores a los 450°C y se logra su combustión; sin embargo, en fuegos poco intensos se puede tener un efecto contrario por la acumulación sobre el suelo del combustible forestal en forma de cenizas (Martínez *et al.*, 1991).

Pero el fuego no sólo modifica la cantidad de la materia orgánica, también altera su calidad. Actúa como un agente que acelera las tasas de mineralización del carbono orgánico y además modifica las tasas de descomposición postincendio, ya que a medida que se incrementa la temperatura el humus sufre modificaciones que le hacen más resistente a la degradación microbiana (González *et al.*, 2009). Esta materia orgánica carbonizada que se produce en grandes cantidades y se acumula en el suelo, puede contribuir en un 30-40% al carbono del suelo en ecosistemas propensos a incendios forestales y al secuestro de carbono a largo plazo, siendo un componente significativo en el ciclo global del carbono (Forbes *et al.*, 2006).

Las propiedades físicas del suelo también se ven afectadas. Cuando el fuego destruye parte de la materia orgánica y elimina temporalmente la vegetación hace que se afecte su estabilidad estructural, ya que se debilitan los agregados, los cuales serán destruidos posteriormente por el impacto de las gotas de lluvia; al romperse la estructura del suelo se disminuye su capacidad de absorción de agua, con el consiguiente aumento de escorrentía superficial y la aparición de procesos erosivos (Martínez *et al.*, 1991).

Sin embargo, en un estudio realizado por Ahlstrom *et al.* (2008) se analizaron 15 muestras de cada sitio afectado por el fuego mediante la utilización de tamices

de diverso diámetro. En los tamices distribuyeron los agregados, y a través del uso de placas de agitación y agua pudieron observar que no se presentó una diferencia notable en la estabilidad de los agregados bajo diferentes intensidades de fuego, y añadieron que se requerían mayores estudios para profundizar en este tema.

La porosidad es una de las propiedades físicas afectadas. El espacio creado por los poros controla el movimiento del agua y del aire en el suelo y debe haber un equilibrio entre los macroporos (mayores a 0,6 mm de diámetro) y los microporos (menores a 0,6 mm). Este equilibrio en el tamaño de los poros permite al terreno transferir tanto el agua y el aire rápidamente (a través de los macroporos) y retener el agua por capilaridad (en los microporos). La acción del fuego sobre el suelo puede destruir su estructura y afectar principalmente los macroporos, los cuales son especialmente importantes para las vías de infiltración de agua y su posterior filtración hacia abajo a través del perfil del suelo, de ahí que se produzca más escorrentía superficial, lo que da lugar a ciertos procesos de erosión hídrica (Beyers *et al.*, 2008).

De acuerdo con el estudio realizado por Ubeday Sala (1996), a causa de la desaparición de la vegetación por el fuego, el suelo queda desprotegido y hay un cambio de textura que puede tener consecuencias directas en su estabilidad estructural. Igualmente, ocurre un cambio en la hidrología superficial a causa de la disminución de la capacidad de infiltración de los primeros centímetros del suelo, lo cual conlleva un aumento de la escorrentía. Estos fenómenos no son independientes; el hecho de que haya menos vegetación incrementa el efecto del impacto de las gotas de lluvia, y deja vía libre a la acción del viento. La falta de vegetación también acelera la velocidad del agua producto de la precipitación en superficie, lo que conlleva a su vez una dificultad en la infiltración, ya que el agua pasa demasiado rápido por la superficie del suelo. El resultado final es un aumento de la escorrentía y con ella la erosión del material desplazado por salpicadura. A su vez, la mayor velocidad del agua puede generar surcos, incrementando la velocidad y la fuerza de arrastre.

Adicionalmente, según González (2009), los aceites destilados y aromáticos de los árboles y arbustos crean una capa hidrofóbica sobre el suelo que disminuye la infiltración de las aguas a través de él, porque repele el

agua y no permite su infiltración, lo cual aumenta la escorrentía, la erosión y el transporte de sedimentos. La repelencia al agua puede reducir de manera apreciable la capacidad de infiltración del suelo, aumentando la escorrentía superficial y haciéndolo más sensible a las pérdidas por erosión. El calentamiento del suelo hasta 175 °C tiene poca repercusión sobre la repelencia, entre 175-200 °C la repelencia aumenta considerablemente, y se destruye entre 280-400 °C. La aparición de este fenómeno es más probable en suelos de textura gruesa, y su presencia suele limitarse a los primeros centímetros del suelo mineral. La severidad y persistencia de la repelencia inducida por el fuego pueden variar desde días hasta años (Fernández y Vega, 2011). Sin embargo, Larsen *et al.* (2009) indican que la repelencia al agua no puede ser la causa primaria de los aumentos observados en la escorrentía y la erosión superficial postincendio, ya que en su estudio detectaron áreas con mayor repelencia al agua en suelos no quemados.

Se ha constatado que la repelencia al agua es una característica discontinua en el suelo, tanto en sentido horizontal como vertical, lo cual resulta ser especialmente válido en suelos afectados por incendios. De este modo, no es frecuente hallar en el campo capas hidrofóbicas continuas en los suelos, sino que se localizan manchas o parches afectados por esta circunstancia. Por otra parte, la variabilidad de la repelencia al agua es también temporal, ya que el comportamiento hidrofóbico de un suelo desaparece cuando el suelo se humecta durante tiempo suficiente (González, 2011).

Sin embargo, según Fernández y Vega (2011), después de ocurrido el fuego se generan unos aumentos de escorrentía superficial que facilitan la erosión de la ceniza y de los horizontes orgánicos superficiales del suelo, ricos en nutrientes, lo que llega a afectar el suelo mineral, cuyo tiempo de recuperación depende de la severidad del incendio.

Según Vélez (2003), los fuegos producen una repelencia superficial al agua hasta una profundidad máxima de 20 cm, y este efecto, que es más intenso en suelos secos que en suelos húmedos, parece proceder de la destilación de productos orgánicos de la hojarasca superficial, aunque la pendiente es un factor que influye de forma notable.

A nivel mundial se han realizado diversos estudios para analizar las pérdidas de suelo producto de la erosión

generada durante el primer año luego de ocurrido un incendio. Los estudios se han concentrado principalmente en Estados Unidos y España, donde los resultados muestran una alta variabilidad en la producción de sedimentos tras el incendio, en función de las características del sitio (tipo de suelo, régimen de precipitaciones) y del fuego. El porcentaje de suelo desnudo es la variable que más influye en la aceleración de las pérdidas de suelo por erosión después de un incendio (Fernández y Vega, 2011).

Los componentes de la textura del suelo (arena, limo y arcilla) presentan altos umbrales de temperatura y por lo general el fuego no los afecta, a menos que se sometan a altas temperaturas en la superficie del suelo (horizonte A). La fracción de la textura más sensible es la arcilla, la cual comienza a modificarse con temperaturas aproximadas de 400°C, llegando a una destrucción completa con temperaturas entre 700 y 800 °C. Para lograr afectaciones en la arena o el limo se requerirían temperaturas superiores a los 1.414 °C, situaciones que raramente se presentan (Beyers *et al.*, 2008).

Respecto al impacto del fuego en las propiedades biológicas del suelo, Verma y Jayakumar (2012) indican que el fuego afecta los organismos biológicos, ya sea directamente o indirectamente. Los efectos directos generan cambios a corto plazo, es decir, que un organismo particular se expone directamente a las llamas de la combustión, a los gases calientes y es atrapado en el suelo, en donde el calor es suficiente para ser transferido de forma inmediata al organismo, elevando su temperatura tanto como para matarlo o dañarlo severamente. Los efectos indirectos generalmente causan cambios a largo plazo en el medio ambiente que perturban el bienestar de los organismos biológicos; estos efectos indirectos pueden implicar la competencia por el hábitat, la alimentación y otros cambios más sutiles que afectan el restablecimiento y la sucesión de las plantas y los animales.

Ahlstrom *et al.* (2008) indican que analizar la microbiología del suelo luego de presentado un incendio forestal, específicamente las bacterias oxidantes de amoníaco, es un área relativamente nueva de estudio con una cantidad limitada de investigaciones publicadas. Los microorganismos del suelo son una parte integral de las ciencias del medio ambiente, y hay mucho aún por descubrir sobre la respuesta de las comunidades microbianas a las perturbaciones generadas

en el suelo. Con más investigación, las relaciones entre las perturbaciones específicas del suelo y la respuesta microbiana se pueden utilizar para diversas aplicaciones, incluyendo la gestión posterior a la perturbación o la recuperación del sitio afectado.

En su estudio, Ahlstrom *et al.* (2008) indican que las poblaciones de bacterias oxidantes en el suelo de los bosques, después de los incendios forestales, presentaron cambios en su población, pero la matriz de muestreo utilizada no permitió determinar si este cambio se debió al efecto e intensidad del fuego, al tipo de vegetación, al microclima o a otras propiedades del suelo.

Verma y Jayakumar (2012) comentan que las afectaciones a estas propiedades biológicas del suelo depende de la sensibilidad de los microorganismos y los invertebrados hacia las altas temperaturas. El fuego disminuye el número y la riqueza de especies que habitan en el suelo (invertebrados y microorganismos), siendo menos afectados los invertebrados por su alta movilidad y el hábito de construir madrigueras.

Vega *et al.* (2000) encuentran que los nutrientes totales de la cubierta orgánica del suelo se reducen para el nitrógeno hasta en un 30 %, y para los demás elementos hasta en un 50%, además, que los nutrientes totales se mineralizan instantáneamente, lixiviados y afectados por escorrentía, y una porción es adsorbida por el complejo de intercambio y por las raíces del sotobosque y arbolado. Para estos autores, los contenidos de materia orgánica y las relaciones carbono nitrógeno son poco afectados, pero el nitrógeno total presenta reducción y el pH se eleva. También encuentran aumentos de K, Mg, Ca intercambiable y P disponible, que se explican por el aporte de ceniza al suelo. Adicionalmente, al analizar el humus no encuentran cambios significativos, sin embargo su espesor se disminuye. Y en cuanto a la estructura de las arcillas, su textura se altera, y aumentan los procesos de lixiviación y escorrentía.

López (2006) afirma que la pérdida de suelo ocasiona empobrecimiento de nutrientes y muerte de organismos (pérdida de actividad biológica y ciclos biogeoquímicos). No obstante, sostiene que el fuego ayuda a la movilización de nutrientes y al control de plagas. Además, indica que los incendios de baja intensidad contribuyen a mantener el carbono del suelo, porque evitan su volatilización y pérdida en forma de gas carbónico.

Respecto a los cationes de cambio (K, Mg, Ca) en la solución del suelo, aumentan considerablemente debido a la disminución de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, al destruirse parte de la materia orgánica (Martínez *et al.*, 1991). Dicho incremento de cationes se presenta de forma transitoria, ya que a mediano y largo plazo el suelo se vuelve a empobrecer por las pérdidas que tiene el lavado, lo que disminuye la capacidad del complejo adsorbente para retener nutrientes.

Al analizar los cationes de forma detallada, Martínez *et al.* (1991) comentan que el potasio, el magnesio y el calcio experimentan incrementos tras el incendio de hasta cuatro veces sus valores iniciales; sin embargo el incremento del potasio desaparece rápidamente, y a los cuatro meses de ocurrido el fuego sus valores son similares a los iniciales, y a los dos años pueden llegar a ser inferiores. Con respecto al magnesio y el calcio, el incremento observado inicialmente es todavía sensible a los dos años de presentado el incendio. El fósforo, por su parte, puede experimentar incrementos de hasta 5 a 10 veces sus valores iniciales, siendo también el nutriente que mantiene el aumento durante más tiempo, ya que a los dos años aún mantiene un 40% del incremento inicial.

Sin embargo, en el estudio realizado por Afify Oliveira (2006), inmediatamente después del incendio y a los siete días, se observó a las profundidades estudiadas un leve aumento no significativo en el contenido de calcio y magnesio y casi ninguna variación en el contenido de sodio justo después del incendio. A los 30 y 90 días la concentración de dichos elementos disminuyó dando un balance final positivo en comparación con las concentraciones halladas antes del incendio.

En el estudio realizado por Kutiel y Naveh (1987) se analiza el efecto sobre los nutrientes del suelo tras un incendio de un bosque de pinos: se encuentra que el nitrógeno total disminuye en un 25%, pero las formas disponibles de nitrógeno son mucho más altas. El fósforo total se incrementa en un 300% después de ocurrido el fuego, pero disminuye de nuevo dos meses más tarde; también el P soluble en agua aumenta inicialmente y luego disminuye a los niveles de los suelos no quemados. Igual comportamiento para la conductividad eléctrica y el pH, que aumentan inmediatamente después del fuego y luego se estabilizan de nuevo.

Yildiz (2009) indica adicionalmente que las pérdidas de los nutrientes por erosión varían con la distribución de la ceniza, la pendiente, la capacidad de infiltración del suelo después del incendio, y la cantidad y la duración de las lluvias posteriores. Se presentan incrementos iniciales en las concentraciones de nitrógeno y fósforo que pueden tener beneficios específicos para algunas especies de plantas, por el aumento de la disponibilidad a corto plazo de los nutrientes para su crecimiento.

De acuerdo con todos estos estudios realizados en diversos países sobre las afectaciones de los incendios forestales, se evidencia una degradación de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo como: pH, textura, ciclos de nutrientes, porosidad y materia orgánica, las cuales son importantes para el crecimiento de la vegetación nativa o existente en el lugar y para la estabilidad estructural del suelo.

A partir de lo anterior se plantea la siguiente pregunta: ¿La ocurrencia de incendios forestales ha favorecido las afectaciones del recurso suelo en Colombia en cuanto a cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas?

2.2 Análisis del contexto nacional

Una vez estudiados los efectos de los incendios forestales sobre el suelo, es necesario conocer los aspectos básicos relacionados con la legislación o las directrices frente a los incendios forestales en Colombia, ya que su conocimiento está estrechamente relacionado con la prevención y la reducción de los efectos por este tipo de incidentes. En la actualidad se cuenta con las siguientes acciones:

De acuerdo con la Estrategia de Corresponsabilidad social en la lucha contra incendios forestales, lineamiento del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011a), los Incendios forestales permiten una serie de impactos económicos, sociales y ambientales, que se pretenden evitar con la disminución de la frecuencia de la presencia de estos eventos en el país, mediante el fomento de la cultura de la prevención, que consiste en la sensibilización, capacitación y divulgación de las causas y consecuencias de los incendios forestales.

Según los lineamientos simplificados para elaboración de planes de contingencia municipales en incendios forestales (PCMSIF) del Ministerio de Ambiente y

Desarrollo Sostenible (2011b), todo incendio forestal que ocurra en un municipio se debe evaluar para valorar los daños e iniciar un proceso de restauración. Con respecto a la restauración se cuenta con el Protocolo de Restauración de Coberturas Vegetales afectadas por Incendios Forestales, documento elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2007), que constituye el primer paso para dar respuesta a las recomendaciones formuladas en el Plan Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales y Recuperación de Áreas afectadas (PNPCIFRA), sobre la necesidad de iniciar acciones de investigación orientadas a la determinación de los procedimientos, criterios e indicadores de evaluación y valoración de los impactos ambientales de los incendios forestales.

Luego de conocer el contexto mundial y nacional en relación con la problemática generada por los incendios forestales sobre el recurso suelo, a continuación se presenta un análisis de los aspectos más relevantes:

El fuego producido por un incendio forestal puede llegar a afectar las propiedades físicas del suelo: su capacidad de infiltración, la estructura y la porosidad. Estos aspectos son prioritarios en el manejo y la recuperación de los suelos expuestos a incendios en el país, debido a que el aumento en la escorrentía y la inestabilidad estructural asociada a dichas propiedades físicas pueden incrementar procesos erosivos y generar movimientos en masa una vez comienza la temporada de lluvias, lo cual acentúa la destrucción de los suelos. Es de anotar que los incendios se presentan durante la temporada seca y el rebrote o la germinación postincendio se pueden ver afectados por la sequía, y dejar el suelo con muy poca protección para el arribo de las primeras lluvias.

Adicionalmente, las propiedades químicas del suelo sufren cambios sustanciales en la acidez, la materia orgánica y la fertilidad. El nivel de acidez del suelo es importante porque afecta la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, el suelo un poco ácido (6.5-6.8) es el mejor para la mayoría de los cultivos, sin embargo, el incremento de cenizas en el suelo hace que el pH aumente.

De acuerdo con el IGAC (1988, citado por Jaramillo, 2004), aproximadamente en el 85% del territorio nacional los suelos tienen valores de pH menores a 5.5, y el 57.6% tiene pH <5. Los incendios forestales aportan

a un incremento del pH debido a la formación de cenizas sobre el suelo, pero dicha disminución de la acidez tiende a volverse a incrementar una vez comienzan las lluvias, debido a la lixiviación de las cenizas formadas.

Por su ubicación geográfica, Colombia presenta unas condiciones climáticas especiales en la mayor parte de su territorio: un clima tropical que se caracteriza por tener humedad y temperatura altas todo el año. Dichas condiciones climáticas han generado procesos intensos de alteración de los minerales primarios del material parental y de mineralización de la materia orgánica, así como de lavado (lixiviación) intenso de todo aquello que es soluble en agua. Estos procesos ocasionan una baja acumulación de materia orgánica y empobrecimiento del suelo en bases, lo que implica una disminución en el pH y una acidificación intensa, todo lo cual se combina para producir unos suelos de baja fertilidad, en el sentido de la nutrición de la planta (Jaramillo, 2004).

En cuanto a las características del país en relación con la materia orgánica, Jaramillo (2004) indica que en la Amazonia, la Orinoquia, el andén Pacífico, el valle del Magdalena y las islas del Caribe predominan los contenidos bajos de materia orgánica (entre 1 y 1.5% de carbono orgánico), en la región Caribe el contenido de carbono orgánico está entre 0.5 y 1% y en la Guajira es menor de 0.5%, es decir que en el 73.11% del país los suelos presentan deficiencia en el contenido de materia orgánica. El comportamiento de esta propiedad en la región andina es muy variable debido a la gran cantidad de condiciones ambientales que se presentan en ella.

Los incendios forestales incrementan aún más la problemática respecto a la materia orgánica disponible en los suelos, ya que los efectos de fuegos intensos favorecen la disminución de sus valores iniciales, lo cual, sumado a la baja acumulación inicial de los suelos, los empobrecen en mayor medida. La materia orgánica es esencial para la fertilidad y la buena producción agropecuaria, ya que suelos sin materia orgánica son suelos pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas.

Una limitante común a la mayor parte de los suelos del territorio nacional es su baja fertilidad, la cual se manifiesta en condiciones de alta acidez, con altos contenidos de Al intercambiable; bajo contenido de elementos nutricionales para las plantas como P, K,

Ca y Mg, y baja capacidad de suministrar nutrientes como N y S por los bajos contenidos o la mala calidad de la materia orgánica que se ha acumulado en ellos. Cabe aclarar que no en todos los suelos se presentan, necesariamente, todas las condiciones negativas mencionadas para calificarlos como de baja fertilidad (Jaramillo, 2004).

Respecto a los elementos nutricionales, se ha podido observar que los incendios forestales pueden favorecer su disponibilidad, ya que según la mayoría de los estudios analizados, el suelo presenta un incremento de P, K, Mg y Ca por la adición de cenizas. Este incremento en los elementos nutritivos beneficia el desarrollo completo del ciclo vegetativo de las plantas, sin embargo, se deben tomar acciones de protección en los suelos con el fin de evitar que estos aumentos iniciales de cationes de cambio se pierdan mediante la lixiviación que genera la acción de la lluvia.

Adicionalmente a todas estas afectaciones, se suma que obstaculizan las acciones de prevención y recuperación de los suelos afectados por incendios forestales: la actividad humana. En el país se cuenta con la Resolución 532 de 2005, emitida por el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se establecen requisitos, términos, condiciones y obligaciones para las quemadas abiertas controladas en áreas rurales en actividades agrícolas y mineras. Esta resolución dificulta la implementación de programas de manejo y recuperación de suelos al respaldar la realización de quemadas, lo que incrementa la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales y sus afectaciones al recurso suelo.

Es necesario por tanto buscar mecanismos de prevención que propendan por una disminución de incendios forestales, a través de la implementación de incentivos y reglamentaciones de orden nacional, regional y local. Además se debe fortalecer el acompañamiento a la comunidad rural, mediante la implementación de programas de sensibilización y educación en la rotación de cultivos, manejo adecuado de plagas y enfermedades, fertilización y recuperación de los suelos.

Este tipo de estrategias permitirán fortalecer el componente rural, mediante la potenciación del recurso suelo, mejorando los ingresos y calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, se requieren acciones a mediano y largo plazo que busquen cambiar tradiciones culturales de quema e incendios por la implementación

de nuevas tecnologías.

3. Conclusiones

Colombia cuenta con muy poca legislación que apoye la prevención de incendios forestales y la restauración ambiental. Uno de los recursos afectados por la presencia del fuego es el suelo, el cual debe ser estudiado de manera detallada para conocer sus características y favorecer su adecuado manejo.

Las afectaciones del recurso suelo varían considerablemente de acuerdo con el pH, los nutrientes iniciales y las actividades biológicas. El fuego modifica su fertilidad al disminuir la acidez, afecta considerablemente el ciclo de nutrientes y los procesos biológicos. También pueden verse afectadas las propiedades físicas como la porosidad y la estabilidad estructural, ya que se generan capas hidrofóbicas en los suelos y disminuye su capacidad de infiltración. A estas situaciones se suma el clima tropical del país que favorece la escorrentía superficial e incrementa la probabilidad de procesos erosivos y movimientos en masa una vez comienza la temporada de lluvias, lo cual contribuye a la destrucción del suelo.

Referencias

- Afif, K., y Oliveira, P. (2006). Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo. *Invest Agrar: Sist Recur For*, Vol. 15, N° 3, pp. 262-270.
- Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos —USAID—. Oficina de Asistencia para Desastres en América Latina y el Caribe —OFDA— (2001). Curso para Bombero Forestal. Manual del participante. San José de Costa Rica.
- Ahlstrom J., Baldes J., Bird J., Brummer T., Singh G., Glenn M., et al. (2008). *Forest fire: Examining the effects of recent fire on soil nutrients and microbes, and above and below ground vegetation*. Bozeman, Montana: Montana State University.
- Beyers, J., Brown, J., Busse, M., Debano, L., Elliot, W., Folliott, P. et al. (2008). *Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on soils and water*. Lincoln: University of Nebraska, United States Department of Agriculture, Rocky Mountain Research Station.
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011a). *Estrategia de Corresponsabilidad social en la lucha contra incendios forestales*. Bogotá.
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011b). *Lineamientos simplificados para la elaboración de planes de contingencia municipales en incendios forestales —PCMSIF—*. Bogotá.
- Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2005). *Resolución 532 por la cual se establecen requisitos, términos, condiciones y obligaciones, para las quemas abiertas controladas en áreas rurales en actividades agrícolas y mineras*. Bogotá.
- Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007). *Protocolo de restauración de coberturas vegetales afectadas por incendios*. Bogotá.
- Fernández, C. y Vega, J. (2011). Erosión después de incendios forestales. *Boletín del CIDEU*, N° 10, pp. 23-36.
- Forbes, M., Raison, R. & Skjemastad, J. (2006). Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. *Journal Science of the total environment*, Vol. 370, pp. 190-206.
- González, C. (2009). *El fuego, la quema de pastos y sus consecuencias*. Colegio de ciencias agrícolas. Puerto Rico.
- González, F., Almendros, G., González J., Knicker, H., González, R., Hernández, Z. et al. (2009). *Transformaciones de la materia orgánica del suelo por incendios naturales y calentamientos controlados en condiciones de laboratorio*. Cátedra de divulgación de la ciencia. Valencia.
- González, R. (2011). *Impacto de los incendios forestales en la materia orgánica de los suelos*. Tesis doctoral. CSIC. Sevilla.
- Iglesias, M. (1993). *Efectos de los incendios forestales sobre las propiedades del suelo en un pinar de repoblación (Pinus pinaster)*, en Arenas de San Pedro (Ávila). Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Jaramillo, D. (2004). *El recurso suelo y la competitividad del sector agrario colombiano*. Cátedra

Pedro Nel Gómez 01-2004. Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín.

Kutiel, P. & Naveh, Z. (1987). The effect of fire on nutrients in a pine forest soil. Faculty of Agricultural Engineering, Technion, Israel Institute of Technology. *Journal Plant and Soil*, N° 104, pp. 269-274.

López, J. (2006). Degradación del suelo posterior al fuego en condiciones mediterráneas. Identificación de factores de riesgo. *Revista Ecosistemas*, Vol. 15, N° 3, pp. 199-202.

Larsen, I., Macdonald, L., Brown, E., Rough, D., Welsh, M., Pietraszek, J. et al. (2009). Causes of Post-Fire Runoff and Erosion: Water Repellency, Cover, or Soil Sealing? *Forest, range and wildland soils*. Vol. 73, N° 4.

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

Shepherd, T., Saggar, S., Newman, R., Ross, C.W. and Dando, J.L. (2001). Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fraction in New Zealand soils. *Journal Plant and Soil*. Vol. 39, pp. 465-489.

Ubeda, X. y Sala, M. (1996). Cambios en la física del suelo e incremento de la escorrentía y la erosión tras un incendio forestal. IV reunión de geomorfología. Sociedad Española de Geomorfología. España.

Vega, J., Landsberg, J., Bará, S., Paysen, T., Fontúrbe L, M. y Alonso, M. (2000). Efectos del fuego prescrito bajo arbolado de *P. pinaster* en suelos forestales de Galicia y Andalucía. *Cuadernos de la S.E.C.R.*, N° 9, pp. 123-136.

Vélez, R. (2003). La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. España: McGraw-Hill/ Interamericana de España.

Verma, S. & Jayakumar, S. (2012). Impact of forest fire on physical, chemical and biological properties of soil: A review. *Journal IAEES, Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, Vol. 2, N°3, pp. 168-176.

Yildiz, O., Esen, D., Sarginci, M. & Toprak, B. (2010). Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia*, Ten). *Journal of Environmental Biology*, Vol. 31, pp. 11-13.