

EL EMPLEO DE FAJINADAS Y EMPALIZADAS EN LA CORRECCIÓN HIDROLÓGICA DE LADERAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES.

NAVARRO MUÑOZ, Antonio.

Departamento de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón. Edificio El Trovador. Plaza Antonio Beltrán nº 1. 50002. Zaragoza. anavarro@aragon.es

La modificación de la hidrología superficial de laderas afectadas por incendios forestales consecuencia de la alteración negativa de la escorrentía e infiltración hídrica, puede paliarse, en parte, mediante la utilización de los restos de la propia vegetación leñosa afectada por el incendio forestal. El empleo de estos restos para la construcción de fajinadas y empalizadas dispuestas en cordones siguiendo curvas de nivel, rellenando cárcavas y realizando pequeñas presas en barrancos, es una valorización de estos residuos que, a un coste razonable, supone una gran mejora en la protección del suelo afectado por el paso del fuego.

Palabras clave: escorrentía, infiltración, residuos, protección, suelo

INTRODUCCIÓN:

El fuego es un factor ecológico que juega un papel fundamental en la dinámica y estructura de los ecosistemas mediterráneos. Estos ecosistemas tienen una gran capacidad de regeneración tras el fuego, lo que hace posible que el restablecimiento de la comunidad original se complete en pocos años. Sin embargo la rapidez de la recuperación va a depender de diversos factores relacionados a su vez con la intensidad y frecuencia del fuego.

Entre los recursos afectados por un incendio forestal el suelo es, sin duda, el recurso natural más importante, pues de él depende la recuperación de todo el ecosistema, y a la vez más vulnerable, especialmente en grandes incendios y en terrenos con pendientes elevadas. De todas las pérdidas posibles la mayoría pueden recuperarse a corto o medio plazo, excepto el suelo, cuya pérdida de calidad y pérdida física necesitará en algunos casos varios siglos para alcanzar parámetros similares a los que tenía antes del paso del fuego. Además es el soporte de los demás recursos.

FUNDAMENTOS:

Este trabajo se basa en la experiencia de restauración de varios grandes incendios de las provincias de Teruel y Zaragoza.

La afección al suelo depende de varios factores, entre los que destacan por su relevancia:

- Las características del incendio, el estrato vegetal afectado y el tipo de incendio (de copas, superficial o subterráneo), así como la intensidad y temperatura alcanzada.
- Características del suelo, su naturaleza (tipo, textura, estructura), el estado del suelo en el momento del incendio, (grado de humedad, sobre todo), la presencia de piedras y gravas en superficie que tienen un papel de aislante térmico, etc.
- El régimen de lluvias posterior al incendio, tanto por la distribución estacional como por eventos de gran intensidad, etc.
- Las características del relieve. Fundamentalmente la pendiente, que influye en la generación y propagación de la escorrentía, pero también en la regeneración de la vegetación. Otro factor importante es la exposición, especialmente en zonas áridas.
- La superficie afectada dentro de una cuenca y su situación respecto a la red de drenaje.
- Las características de la vegetación afectada, y su capacidad de regeneración por brotes o semillas.
- El tiempo transcurrido desde el incendio. La evolución de la regeneración de la vegetación forestal afectada y su grado de recuperación y de recubrimiento, serán fundamentales en la conservación del suelo.

La eliminación de la vegetación por causa del incendio supone, generalmente, una disminución de la interceptación y un incremento de la escorrentía superficial y subsuperficial. Los fuegos de copa intensos provocan la combustión inmediata o la muerte posterior y caída del follaje, lo que comporta una inmediata disminución de la interceptación, con el consiguiente aumento de la fracción de la precipitación que alcanza el suelo. Además, la desaparición de las copas anula la transpiración, y al facilitar el aumento de la insolación y de la ventilación, se incrementan las pérdidas por evaporación. El efecto neto sería el de una disminución del contenido hídrico del suelo, dada la general preeminencia del aumento de evaporación. Los fuegos intensos al nivel del suelo consumen la hojarasca y parte de la materia orgánica de los horizontes superiores del suelo, y por consiguiente, también se elimina la capacidad de retención de agua por la misma.

Las consecuencias del fuego sobre la infiltración se encuentran en estrecha relación con los cambios de las propiedades físicas del suelo que éste puede inducir, especialmente en los horizontes orgánicos y en los primeros centímetros del suelo mineral. El fuego altera el acople de las partículas minerales con la materia orgánica y, por tanto, puede modificar las propiedades que dependen de la agregación de las partículas, como la humectación del suelo y la infiltración. Las modificaciones producidas son función de la intensidad alcanzada por el fuego, y también por la desecación y encostrado que se produce.

La eliminación que lleva a cabo el fuego de la capa de hojarasca y de una parte de la materia orgánica del suelo permite que el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo mineral desplace las partículas finas y las cenizas de la combustión del material orgánico. Estas partículas pueden obturar los poros de mayor diámetro ocasionando una menor porosidad, y en muchas ocasiones, una superficie encostrada, reduciendo todo ello la tasa de infiltración del suelo.

Otro fenómeno que puede actuar reduciendo muy intensamente la tasa de infiltración es la formación de una capa hidrófoba. Esta capa, repelente al agua, se forma en los primeros centímetros del suelo por la condensación sobre las partículas minerales de compuestos orgánicos vaporizados en la combustión de la materia orgánica.

Otro aspecto a considerar es la pérdida de cualidades químicas. Las cenizas producidas en los fuegos tienen gran cantidad de cationes activos y ello explica el aumento de alcalinidad que se produce en suelos incendiados, que son especialmente graves en suelos calizos en donde el pH es ya elevado. La capacidad tampón del complejo del suelo es limitada, y ante un aporte tan extraordinario de cationes y en unas condiciones de degradación física por las elevadas temperaturas, el suelo es incapaz de neutralizar el pH. Esto conlleva una compleja serie de reacciones de equilibrio y desplazamientos químicos y biológicos con precipitaciones de agregados y disminución de las fuerzas de cohesión de las partículas del suelo, incrementándose la vulnerabilidad frente a otras agresiones.

El contenido de arcillas, de materia orgánica no oxidada y de humedad son los principales factores que limitan la evolución de las propiedades químicas del suelo, tras el paso del incendio.

En lo concerniente al volumen de escorrentía en la mayoría de los casos aumenta después de un incendio, como consecuencia de la disminución de la infiltración, interceptación y transpiración, y a pesar del aumento de evaporación. La magnitud de la modificación en el volumen de la escorrentía depende en cada caso de la combinación que resulte de los factores expuestos con anterioridad. Los efectos son más evidentes en eventos aislados de alta intensidad que en periodos mensuales y en éstos más que en el balance estacional o anual.

Las pérdidas por erosión hídrica y la incidencia de un incendio forestal sobre el incremento de estas pérdidas, están estudiadas con diversos modelos. Para la erosión laminar y en regueros que define el modelo U.S.L.E. y sus modificaciones, cabe decir que, tras el paso del fuego hay, al menos, tres factores de esta ecuación que se ven modificados desfavorablemente para la conservación del suelo.

El factor K, erodebilidad, puesto que con el paso del fuego se produce una serie de transformaciones físicas y químicas en el complejo del suelo que disminuyen la resistencia de este suelo a los agentes erosivos.

El factor C, factor de cultivo, por cuanto se pasa de una situación generalmente muy favorable como es un bosque, con diversos estratos de vegetación que protegen el suelo, a un suelo desnudo sin protección alguna de la vegetación.

El factor P, de prácticas de conservación, puesto que el incendio deteriora las infraestructuras de conservación que hubiera en el terreno, como terrazas de infiltración o desagüe, fajas, balates, etc. debido a la caída de árboles y rocas, entre otras causas.

Además de las pérdidas físicas de suelo por erosión laminar y en regueros, hay que considerar el deterioro que se produce aguas abajo en los lugares de deposición de estos arrastres, pues generalmente los episodios tormentosos que generan pérdidas de suelo en las laderas se convierten en inundaciones en las vegas y pueblos de las riberas con depósito de estos arrastres cuando la energía del flujo disminuye, y que también produce pérdidas económicas y daños ecológicos en los cauces, sotos y riberas.

Como se observa, la dimensión del problema es enorme, y justifica sobradamente la actuación sobre una zona afectada por un incendio forestal en labores de protección y conservación del suelo.

En nuestras latitudes, la torrencialidad de las lluvias con fenómenos de erosión en zonas afectadas por los incendios son frecuentes hasta en los pequeños conatos, y casi siempre catastróficos en los grandes incendios. Los ejemplos son sobrados, casi en cada zona afectada por un incendio forestal, pueden observarse a los pocos meses evidencias de pérdida de suelo (raíces al descubierto, aparición de una mayor pedregosidad consecuencia del lavado de finos, etc.) así como las alteraciones en barrancos y arroyos.

OBJETIVOS:

La protección del suelo frente a la erosión después de un incendio forestal se revela como la prioridad mayor de todas las actuaciones que hay que llevar a cabo.

La restauración hidrológico forestal de una cuenca hidrográfica constituye un conjunto de actuaciones que tienen como finalidad controlar los procesos de degradación de la cuenca originados como consecuencia de la destrucción de la vegetación espontánea y su sustitución posterior por formaciones con menor índice de protección del suelo. Cada cuenca tiene unas características naturales específicas que limitan la eficacia de la restauración, en cuanto a posibilidades de regulación de las escorrentías y de los caudales de avenida, y que están en relación con el estado de regresión de la vegetación y con el grado de erosión del suelo.

Las actuaciones restauradoras deben establecer una vegetación progresivamente estable y permanente que mejoren sustancialmente la protección del suelo, y que puedan proporcionar a la cuenca un nivel de eficacia, en cuanto a protección de los suelos y control de las escorrentías se refiere, similar al que tendría dicha cuenca con las cubiertas vegetales en su situación más evolucionada. En tanto la cubierta vegetal llega a ser eficaz en la protección del suelo, y de forma complementaria a la restauración vegetal, la restauración contempla también medidas de corrección hidrológica, mediante hidrotecnias.

Como ya se ha indicado, el suelo forestal es el soporte del resto del ecosistema, es además el elemento más vulnerable y que es más difícil de reponer. Todo ello se traduce en que ha de hacerse una defensa efectiva y precoz del suelo frente a los agentes erosivos.

El planteamiento de la defensa del suelo forestal tras el paso del incendio ha sido y sigue

siendo una de las preocupaciones de los gestores forestales. El hecho de que la mayoría de los terrenos forestales de España se encuentren en zonas montañosas con pendientes elevadas, y la circunstancia de sufrir las agresiones de precipitaciones torrenciales en episodios cortos y muy intensos, incrementa el problema y la dificultad de la defensa del suelo forestal.

Esta labor de defensa del suelo ha de ser tan precoz como sea posible, pues ha de evitarse la pérdida del mismo que es el recurso más vulnerable de los afectados por el incendio.

Las actuaciones de defensa contra la erosión se han de realizar en las laderas y en los cauces. En las laderas mediante dispositivos que limiten la erosión, así los que eviten el impacto de la lluvia o el viento sobre el suelo, los que eviten la generación de caudales de escorrentía, la erosión laminar y en regueros, los que favorezcan la infiltración y los que dilaten los tiempos de concentración. En los cauces mediante dispositivos que eviten la erosión de los lechos, así como los que eviten las inundaciones de las vegas y otras zonas de depósito.

La localización de las actuaciones encaminadas a disminuir la erosión, abarcará todas las zonas de riesgo de incremento de estos procesos, que en general será toda el área afectada por el incendio forestal, con prioridad en aquellas zonas con mayores pendientes del terreno, con suelos más degradados, o en donde las estructuras de conservación se hayan visto más dañadas. Por supuesto, también serán prioritarias las labores de defensa contra la erosión en la cuenca, cuando aguas abajo se encuentren viviendas, industrias, infraestructuras de comunicación, embalses, zonas agrícolas u otros bienes valiosos. La localización de las actuaciones en los cauces seguirá los criterios habituales para este tipo de estructuras.

Una solución que se está relevando eficaz contra la erosión del suelo en las laderas afectadas por incendios forestales es el empleo los propios restos de la vegetación quemada para la restauración hidrológica de estas superficies.

Si arde un bosque, normalmente a las pocas semanas o meses se producirá un aprovechamiento forestal y extracción de la madera chamuscada y quedarán sobre el terreno los restos del aprovechamiento, así como todos los restos de los matorrales afectados. En otros casos, cuando la madera no se ha podido aprovechar, se tiene un volumen importante de restos vegetales muertos.

Estos restos vegetales suponen riesgos para la seguridad de las personas y bienes, puesto que van cayendo de forma incontrolada y rodando a carreteras, caminos, embalses, etc. Estos restos también suponen un riesgo de generación de plagas de perforadores, e inconvenientes para la gestión del monte, ya que los restos esparcidos en la superficie afectada dificultan las posteriores labores selvícolas, pues tardarán muchos años en descomponerse, sobre todo en climas áridos.

La valorización de estos restos para la protección contra la erosión puede hacerse mediante su triturado y esparcido por la superficie afectada por el incendio, creando un acolchado de astillas que proteja al suelo del impacto de la lluvia, y mejore las condiciones de humedad e insolación del suelo, facilitando las condiciones para la regeneración de la vegetación espontánea. Otro efecto del acolchado de astillas es que se favorece y acelera la propia descomposición y mineralización de estos restos y su incorporación al complejo del suelo y recirculación de los nutrientes. Esta técnica tiene limitaciones por cuanto, en las zonas con pendientes elevadas, la estabilidad de los acolchados se ve comprometida.

Por ello, para las laderas es más adecuado otro sistema de valorización: la recogida de los restos y apilado de los mismos en fajinadas y empalizadas, dispuestas en las laderas siguiendo líneas de igual cota, o rellenando cárcavas y regueros.

RESULTADOS:

El efecto corrector del riesgo de erosión hídrica se consigue por la barrera permeable que

supone el entramado de troncos y ramillas de las fajinadas y empalizadas, donde se produce la interceptación del flujo de escorrentía, su laminación, y retención de parte de los sedimentos que arrastra este flujo.

La disposición de líneas de fajinadas o empalizadas de forma paralela y repetida cada cierto tramo a lo largo del declive de la ladera tendrá en consecuencia un efecto neto muy favorable a la estabilidad del suelo y a la disminución de riesgos aguas abajo. En las bandas ocupadas por las fajinadas y empalizadas también se beneficia el suelo del efecto acolchado.

La técnica constructiva es conocida desde antiguo, y ha sido empleada con éxito para la corrección y restauración de laderas por el gremio forestal en numerosas ocasiones. Consiste en el apeo de los árboles y arbustos, desramado y tronzado de los mismos. Estas leñas se recogen y se apilan en montones acordonados en líneas de igual cota.

La disposición del cordón se hace buscando anclajes naturales del terreno, como rocas o tocones, o generando estos anclajes mediante estacas clavadas en el suelo, piedras, cuñas de madera, etc., de forma que se asegure la estabilidad de la estructura. A continuación se colocan apoyados en estos anclajes los troncos y ramas más gruesas procurando que la estructura sea sólida y continua. Sobre esta estructura, y aguas arriba, se dispondrán los restos de menor calibre de la vegetación troceados y apilados buscando el mayor grado de compactación y continuidad que sea posible, de forma que la estructura permita la laminación del flujo y retención de sedimentos.

El tamaño y la separación de los cordones se establecen en función de la cantidad de restos disponibles. El cordón tendrá un perfil sensiblemente triangular con una base de ochenta a cien centímetros y una altura del mismo orden. La localización cordones considerará, además, la pendiente y las irregularidades del terreno, pero una separación de entre ocho y doce metros es una medida razonable. Tendrán que tenerse en cuenta también las posteriores necesidades de gestión de ese territorio.

Para el apeo, tronzado, desramado y troceado se emplea motosierra. El resto del trabajo es completamente manual. El equipo de trabajo suele estar formado por dos o tres obreros con motosierra y unos cinco a siete obreros para la recogida y apilado de los restos. La recogida para cada línea acordonada se realiza en la ladera, moviendo los restos unos $\frac{2}{3}$ a $\frac{3}{4}$ del recorrido ladera abajo, y el resto ladera arriba.

En las cárcavas y regueros, la técnica constructiva es similar. Se trata de encontrar las zonas de mejor anclaje y en ellas disponer las estructuras transversales de troncos y ramas apiladas de forma que se lamine la corriente y se retengan parte de los sedimentos. La entidad de la estructura se ajustará dependiendo de la dimensión de la cárcava. La disposición de troncos y ramas apilados también puede hacerse en el sentido de la corriente en cárcavas y regueros pequeños, siendo aún mayor la eficacia de la estructura así dispuesta.

La duración de estas estructuras es variable en función de las especies vegetales, del volumen de restos, de su compactación y del grado de humedad y temperatura. Los principales descomponedores de la madera son los hongos, por ello, las mejores condiciones para su desarrollo son las que acelerarán el proceso de degradación de la estructura e incorporación al suelo. En el Maestrazgo, las fajinadas construidas en el año 1995 en zonas con unos 500 mm de precipitación media anual y exposición de umbría, en el año 2005 casi han desaparecido, mientras que en solana las fajinadas todavía son funcionales. La ventaja es que la regeneración de la cubierta vegetal es paralela a esa misma evolución: en las zonas de umbría se puede considerar que la vegetación regenerada ya es eficaz para evitar la erosión del suelo, mientras que en solanas la cubierta vegetal todavía es insuficiente.

Los rendimientos y costes para la construcción de fajinadas y empalizadas son muy variables, y dependen de la densidad de arbolado y densidad de matorral, de las dimensiones del arbolado y del

matorral, de las especies arbóreas y arbustivas que se trate, así como de la pendiente del terreno y dificultad de movimiento y finalmente de la distancia de transporte para el apilado. Estos rendimientos estarían entre los cinco y quince jornales por hectárea.

Los principios del funcionamiento de estas estructuras se han explicado anteriormente, son la interceptación del flujo de escorrentía, su laminación, y retención de parte de los sedimentos que arrastra este flujo. Como ejercicio teórico puede hacerse el cálculo de los caudales y velocidades del flujo de la ladera para establecer la separación y dimensiones de los cordones de fajinadas y empalizadas, con las suposiciones necesarias; pero en la práctica el resultado está muy ligado a la cuidadosa disposición de los restos vegetales en los cordones.

CONCLUSIÓN:

Los incendios forestales suponen una modificación de la hidrología superficial de laderas afectadas, consecuencia de la muerte de la vegetación y de la alteración negativa que supone modificación de la escorrentía e infiltración hídrica.

Esta alteración negativa puede paliarse de forma parcial mediante la utilización de los restos de la propia vegetación leñosa afectada por el incendio forestal. El empleo de estos restos en las laderas para la construcción de fajinadas y empalizadas dispuestas en cordones siguiendo curvas de nivel, rellenando cárcavas y realizando pequeñas presas en barrancos, es una valorización de estos residuos que, a un coste razonable, supone una gran mejora en la protección del suelo afectado por el paso del fuego.

La duración de estas estructuras suele ser pareja a la recuperación de la cubierta vegetal, la técnica constructiva sencilla, y los costes razonables.

BIBLIOGRAFIA

- De Simón, E., 1996, *La restauración hidrológico - forestal Curso avanzado de Restauración de suelos en zonas afectada por incendios*, CIHEAM, Zaragoza
- De Simón, E., 1996, *Técnicas de restauración en áreas mediterráneas. Curso avanzado de Restauración de suelos en zonas afectada por incendios*, CIHEAM, Zaragoza
- López Cadenas, F. et al., 1994, *Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión*. Mundi Prensa, Madrid
- López, R., 1999, *Hidrotécnicas para la gestión de acarreos en cauces de montaña*, Revista Foresta nº 8, Madrid
- López, R., Batalla, R.J., 2001, *Análisis del comportamiento hidrológico de la cuenca mediterránea de Arbúcies antes y después de un incendio forestal*, Tercer Congreso Forestal Español, Granada
- López, R., 2001, *Consideraciones acerca de los límites de aplicación del método del número de la curva del Soil Conservation Service*, Montes, Revista de ámbito forestal nº 66, Madrid
- López, R., 2001, *Consecuencias hidrológicas de los incendios forestales*, Revista Foresta nº15, Madrid
- Martínez Ruíz, E., 1999, *El fuego y la erosión. I. Importancia histórica de los incendios forestales en la erosión*, Montes. Revista de ámbito forestal nº 58, Madrid
- Martínez Ruíz, E., 2000, *El fuego y la erosión. II. El riesgo por la sucesión fuego-erosión y cuantificación de la pérdida de suelo postincendio*, Montes. Revista de ámbito forestal. nº 59, Madrid
- Martínez Ruíz, E., 1997, *Pérdidas en beneficios ambientales por los incendios forestales en España*, I Congreso Forestal Hispano Luso Irati 97, Pamplona



Foto n° 1: Ladera con fajinadas. Vista frontal



Foto n° 2: Detalle de fajinadas



Foto n° 3: Empalizadas en un cauce



Foto n° 4: Ladera con fajinadas. Vista lateral