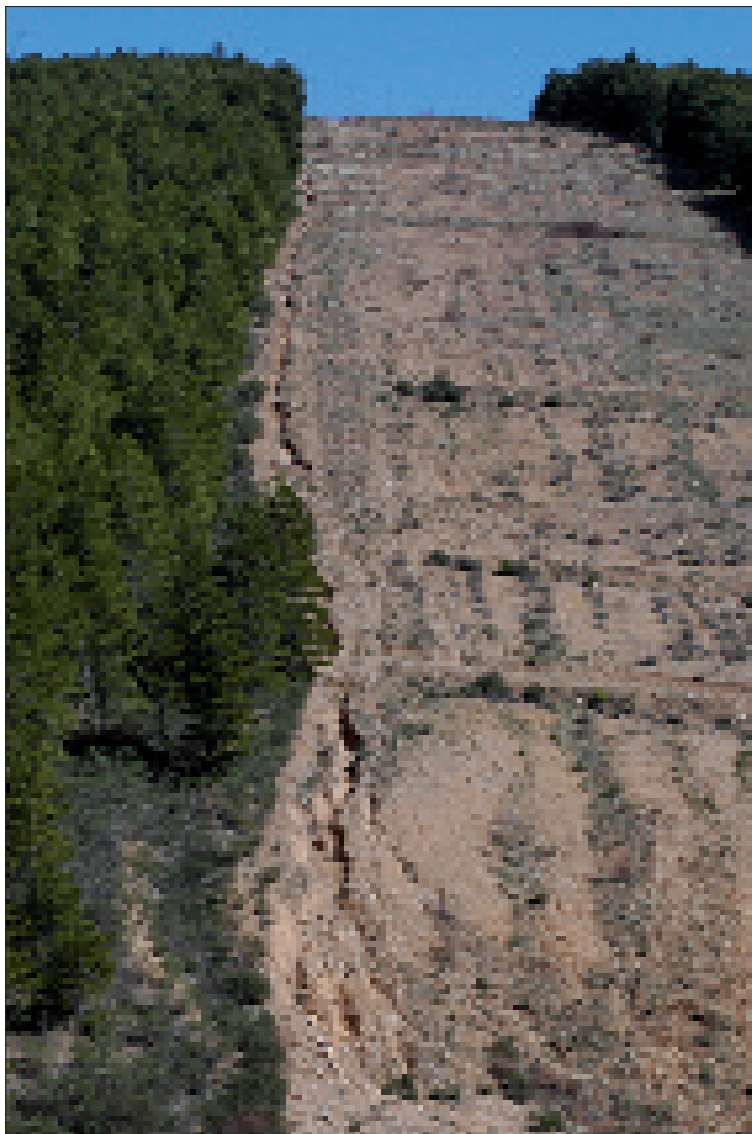


Siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos forestales y su influencia en la protección del suelo: una experiencia en el valle del Jiloca

Chabier de Jaime Lorén

RESUMEN. Se comparan los indicios de pérdida de suelo en cortafuegos forestales sembrados con centeno y pipirigallo (sainfoin) con otro que en el que no se realiza la plantación. Los resultados apuntan que en el primer caso las pérdidas de suelo son poco manifiestas ya que los surcos son escasos y pequeños mientras que la parcela no laboreada tiene numerosas evidencias con grandes surcos y otras huellas de erosión. La siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos proporciona pastos, favorece a la vida silvestre y reduce la pérdida de suelo.

SUMMARY. The essay is about the differences in topsoil in two forest fire-breaks; in one of them, rye and sainfoin have been sown but none of these in the other. The results show how in the first case topsoil losses are smaller than in the second one. Few and smaller furrows appear in the first case but these are bigger in the second fire-break and there are some other signs of erosion. To sow this kind of herbaceous crops supplies fodder, helps wild life and also reduces topsoil losses.



Rills en cortafuegos de la sierra de Fonfria (Jiloca).

1. Introducción

A lo largo del siglo XX la política forestal desarrollada por el Estado ha fomentado la implantación de cultivos forestales en los montes aragoneses para la producción de recursos, la protección de suelos y la corrección hidrológica. Las especies seleccionadas han sido diversas especies de pinos. Por lo general, se han adaptado bien a los pobres y degradados suelos donde se han realizado las repoblaciones. Sin embargo, esto no ha ocurrido igualmente con otros factores ambientales relacionados con las particularidades de los ecosistemas mediterráneos.

Las extensas y homogéneas masas monoespecíficas de coníferas obtenidas en las repoblaciones forestales realizadas son comunidades vegetales muy vulnerables ante los incendios forestales.

Los cortafuegos forestales han sido una de las infraestructuras desarrolladas para prevenir los incendios. Se fundamentan en el principio de interrumpir la continuidad horizontal y vertical en el avance de las llamas, así como facilitar el acceso de los operarios para los trabajos de extinción.

La ausencia de cobertura vegetal y la pendiente del terreno en los montes en los que se abren cortafuegos favorecen la pérdida de suelo, especialmente por escorrentía superficial en un régimen climático como es el mediterráneo en el que los episodios de torrencialidad tienen una notable frecuencia.

Como consecuencia de estos procesos pueden observarse en la superficie de los cortafuegos diversas formas erosivas que ponen de manifiesto la pérdida de suelo y de los materiales litológicos subyacentes, especialmente cuando la roca madre es de carácter detrítico fino.

Para intentar reducir la continuidad de la escorrentía en el seno del cortafuegos, los gestores forestales han probado diversas técnicas. Una de las más empleadas ha consistido en la apertura con tractores oruga de una serie de surcos paralelos entre sí y de dirección oblicua a la máxima pendiente, para encauzar la escorrentía hacia la masa forestal al realizar los periódicos trabajos de desbroce. Su eficacia ha sido limitada especialmente en aquellos cortafuegos con mayores pendientes o si las precipitaciones se concentran en un reducido número de eventos.

A tenor de la experiencia acumulada, la eficacia de los cortafuegos está limitada a incendios de escasa intensidad y que coincidan con vientos moderados o ausentes. Así mismo, suponen unos elevados gastos para su mantenimiento (100 €/hora de trabajo y maquinaria) que deben realizarse con periodicidad para eliminar la coloni-

zación por los arbustos propios de la serie regresiva. Estas amplias y rectilíneas bandas deforestadas suponen también un gran impacto paisajístico, son terrenos afectados por condiciones de desertización y favorecen la pérdida de suelo. Estas infraestructuras están cada vez más cuestionadas. De hecho, en la política forestal actual se abren muy pocos nuevos cortafuegos, limitándose las inversiones al mantenimiento de los ya existentes mediante trabajos de remoción y desbroce.

Es deseable buscar nuevas fórmulas de gestión de estos espacios para reducir su impacto ambiental, mantener su funcionalidad y aumentar la producción biológica.

2. Objetivos

En el presente trabajo se describe una experiencia de gestión consistente en la siembra de herbáceas sobre cortafuegos realizada con el fin de favorecer a las especies cinegéticas y de conseguir la producción de forraje que ha sido realizada en el monte “La Dehesa” de Monreal del Campo (Jiloca-Aragón) por la Oficina Comarcal Agroambiental de dicha localidad.

Se analiza la influencia de una cubierta vegetal de presencia temporal en los procesos erosivos y en la protección del suelo. Se han dispuesto de varios tramos de un mismo cortafuegos afectados por unas similares condiciones ambientales pero sometidos a diferentes técnicas de manejo. En uno, desde hace años, no se ha intervenido permitiendo los procesos de sucesión en la comunidad vegetal y en los otros se han desarrollan cultivos anuales (centeno) o plurianuales (pipirigallo o esparceta) y pastoreo primaveral para retirar la biomasa vegetal antes de la temporada con mayor probabilidad de incendios forestales.

Se obtienen resultados cualitativos a partir de la presencia de indicadores de pérdida de suelo y la información proporcionada por el Agente de Protección de la Naturaleza responsable de su puesta en marcha a partir del seguimiento realizado.

3. Materiales y métodos

3.1. Zona de estudio

La cuenca hidrogeomorfológica en la que se han realizado las observaciones de los procesos erosivos está situada en la comarca del Jiloca, en el NO. de la provincia de Teruel (OSO. de Aragón). El área está localizada en la hoja número 516-II; 52-39 (Torrijo del Campo) del M.T.N. escala 1:25000. El territorio considerado está delimitado por las coordenadas geográficas 40° 44' 46" y 40° 45' 28" Latitud Norte, y

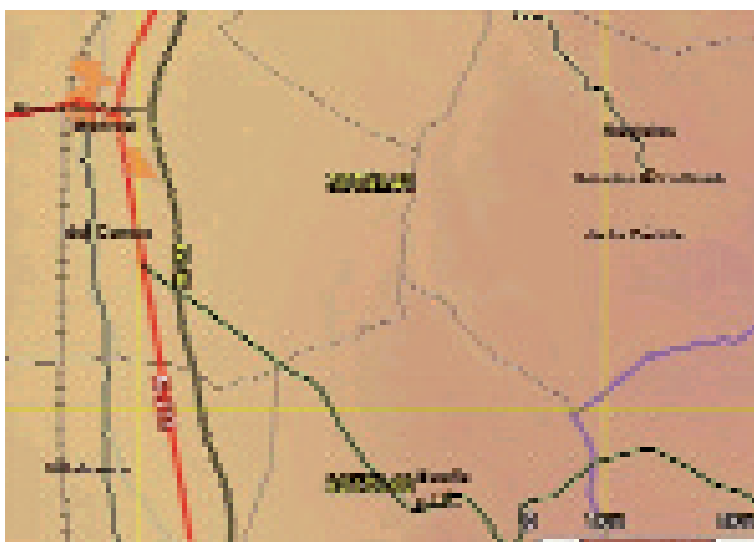
Siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos forestales y su influencia en la protección del suelo: una experiencia en el valle del Jiloca

entre $1^{\circ} 16' 40''$ y $1^{\circ} 17' 30''$ de Longitud Oeste. Las coordenadas en U.T.M. de la zona de estudio son 30TXL 442 119 y 30TXL 453 133.

Se encuentra situada en plena **cordillera Ibérica**. En concreto, corresponde a un sector del margen occidental de la sierra de Lidón (rama Oriental o Aragonesa de dicha cordillera) en su contacto con la depresión del Jiloca. El rango de altitudes de la zona se encuentra comprendido entre los 1080 y los 1220 m.s.n.m.

En este sector del orógeno existen tres dominios morfoestructurales que vienen representados por los afloramientos de materiales paleozoicos, mesozoicos- paleógenos, y un último constituido por depósitos neógenos. En concreto, en la zona de estudio el dominio estructural corresponde a los afloramientos paleógenos aunque muy próximo a un sector en el que aparecen materiales cretácicos y jurásicos.

Las parcelas están en el bloque oriental que vierte hacia la **depresión del Jiloca**. Esta unidad geomorfológica es una fosa tectónica muy asimétrica originada por distensión del Plioceno superior y que sigue activa en algunos sectores durante buena parte del Cuaternario. Tiene una dirección NNO. y SSE. Discurriendo entre las localidades de Calamocha y Teruel. Está enmarcada hacia el O. por la sierra de Albarracín y al E. por sierra Palomera y sus respectivas prolongaciones. En ambos dominios elevados predominan los materiales carbonatados jurásicos aunque en zonas como la estudiada han quedado materiales detríticos paleógenos en el seno de un sinclinal colgado.



Zona de estudio.

La **litología** de los montes donde se ha realizado la experiencia corresponde a un conjunto de más de 100 m. de potencia de materiales detríticos a los que se les supone una edad paleógena, entre el Oligoceno superior al Mioceno inferior. Predominan los conglomerados de clastos calcáreos procedentes del Jurásico de morfología de subangulosa a redondeada y con tamaños máximos del orden de 50 cm. Se disponen en capas separadas por niveles más arcillosos y se encuentran más o menos cementados por limos amarillentos y rojizos, aunque en la zona basal predomina un cemento carbonatado.

En el fondo de la alargada cubeta aquellos depósitos carbonatados mesozoicos están recubiertos por sedimentos detríticos plio-cuaternarios que, en sus márgenes, conforman una superficie de glacis desarrollada sobre los depósitos de piedemonte.

La **morfología** de conjunto es bastante alomada y no destacan en ella formas estructurales expresivas. En la zona estudiada la red fluvial ha creado una red de incisión lineal sobre los materiales detríticos aflorantes con una alta capacidad erosiva y de exportación de sedimentos, así como con una notable acción remontante.



El área de estudio se sitúa en las estribaciones de la Sierra Palomera.

Para su **caracterización climática** se han considerado los datos obtenidos en la estación meteorológica de Monreal del Campo (situado a 8 Km. de distancia y a una altitud de 960 m.s.n.m.) y de Caminreal (situado a 10,6 Km. de distancia y a una altitud de 920 m.s.n.m.). Para aquellos parámetros de los que se carece de datos directos, los datos se han obtenido del Atlas Climático de Aragón.

La **temperatura media anual** es de 10,9 °C. La temperatura media mensual máxima es 23,1 °C y corresponde a julio, mientras que la media mensual mínima es de 1,8 °C y es de enero. El número medio de días de helada está comprendido entre 70 y 80 jornadas, produciéndose con seguridad en cuatro meses (de diciembre a marzo) y con probabilidad en otros cuatro (abril-mayo y octubre-noviembre).

Las **precipitaciones (P)** medias anuales son de 394,8 mm. Las precipitaciones medias mensuales máximas son de 57,1 mm y corresponden a mayo, mientras que las medias mensuales mínimas son de 17,2 mm en enero. La distribución de las precipitaciones sigue un régimen mediterráneo con una concentración equinoccial (mayor en primavera que en otoño) y unos valores menores en verano y, sobre todo en invierno. La variabilidad de la precipitación total anual tiene un coeficiente de variación comprendido entre el 24 y el 26%. Las precipitaciones se reparten a lo largo del año entre 60 y 70 días de promedio.

La proporción de los diez valores máximos de precipitación recogida en 24 horas en relación con la media anual está entre 44% y 46% lo que da una idea sobre el grado concentración de las precipitaciones y, en definitiva, de su influencia geomorfológica.

De cara a conocer la erosividad resulta interesante el **grado de torrencialidad** obtenido a partir del volumen máximo de precipitación caída en 24 horas que para nuestra zona es de 100 mm. en el periodo 1970-2000. A partir de la serie de datos de la estación meteorológica de Caminreal correspondientes al periodo 1997-2008 se han registrado 39 jornadas en las que se han recogido más de 20 mm. en 24 horas. De ellos, dos son de precipitaciones comprendidas entre 40 y 49 mm., seis a para valores entre 30 y 39, y 31 a jornadas en las que cayeron entre 20 y 29 mm. De cara a conocer el estado vegetativo de la cubierta vegetal en las parcelas estudiadas y, por tanto, su capacidad protectora del suelo, resulta de interés conocer la distribución mensual de los episodios de precipitaciones más copiosas. Así, los meses con mayor número de jornadas con 20 o más mm. registradas son mayo (11), enero (7), octubre (5), junio (4), julio (3), septiembre (3), abril (2), agosto (2), marzo (1) y noviembre (1).

La **evapotranspiración potencial (ETP)** media anual es de unos 650 mm. Según el criterio de Thomas el clima puede considerarse semiárido. La relación entre P/ETP es de 0,61 lo que concede una consideración de clima subhúmedo (tipo

sabana o estepa) según el criterio de aridez de Penman o de clima subhúmedo seco según López Bermúdez.

A partir de los datos de la estación meteorológica de Calamocha puede inferirse que la zona estudiada acumula agua en el suelo desde octubre hasta final de febrero, se utiliza el agua del suelo desde primeros de marzo hasta finales de junio y, por último, hay déficit de agua desde julio a octubre.

En conjunto este territorio quedaría encuadrado dentro de un clima submediterráneo continental frío, caracterizado por una notable amplitud térmica y por unos reducidos volúmenes de precipitación.

Los **suelos** pertenecen al orden Aridisol, suborden Orthid, grupo Calciorthid y asociación Calciorthid/Camborthid según el “Soil Taxonomy” (U.S.D.A., 1987).

La **vegetación potencial** de estos montes pertenece al piso supramediterráneo. Aunque le corresponde la serie de carrascales supramediterráneos basófilos castellano-maestrazgo-manchegos (*Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae sigmetum*), debe indicarse que en zonas muy próximas confluyen dos series que claramente condicionan la comunidad vegetal. Una de ellas es la serie de los sabinars albares supramediterráneos maestracenses y celtibérico-alcarreños de *Juniperus thurifera* (*Juniperetohemisphaerico-thuriferae sigmetum*) mientras que la otra es la de los quejigares o rebollares supramediterráneos basófilos tarraconenses, maestracenses y aragoneses (*Violo willkommii-Querceto fagineae sigmetum*).

El análisis de la **vegetación real** permite confirmar las series indicadas. A grandes rasgos, los montes de la zona considerada estarían poblados por un bosque de carrasca (*Quercus rotundifolia*) en el que se intercalarían el rebollo o quejigo (*Quercus faginea*), predominantemente en umbrías y más abundante en su sector N. y S., y de sabina albar (*Juniperus thurifera*) con preferencia en solanas y hacia el E. De forma natural, no parece que existieran amplios enclaves en los que la limitación edáfica favoreciera el matorral propio de las series regresivas de las citadas comunidades climáticas.

Estos bosques han debido tener un antiguo aprovechamiento antrópico. Monreal del Campo es una villa de origen medieval, aunque se conocen yacimientos arqueológicos de datación celtibérica en las inmediaciones de la llanura de inundación del Jiloca. En su origen los bosques primigenios se extenderían hasta el fondo del valle y, en sucesivas fases, serían talados y, posteriormente, roturados dichos suelos para conseguir tierras de cultivo en unas comunidades humanas sometidas a un continuo incremento demográfico.

Siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos forestales y su influencia en la protección del suelo: una experiencia en el valle del Jiloca



Carrascales de los piedemontes de la sierra Palomera.

Entre 1895 y 1912, en varias fases, se roturaron unas 730 Has de los montes comunales situados en el SO. del término municipal de Monreal del Campo. Unas 200 Has de monte quedaron sin roturar manteniéndose para la producción de leña y pastos. Corresponden a las partidas situadas entre Los Comunales, Las Ácidas, La Carrasca, La Rinconada y La Piojosa en su sector O. que se extienden hasta los límites con los términos municipales de Bueña y Rubielos de la Cérda.

Hacia 1955 el Patrimonio Forestal puso en marcha un proyecto de repoblación forestal en 447 Has de aquellas tierras, las de mayor pendiente y con suelos menos desarrollados. Se realizó una preparación mediante yuntas de bueyes y se utilizó exclusivamente pino negral (*Pinus nigra* var. *austriaca*) con una alta densidad de planta. Esta masa forestal se encuentra en fase de latizal con árboles que tienen alturas comprendidas entre los 3-6 m. y que presentan poco vigor, al acusar la escasez de suelo, el régimen de precipitaciones y la presión de la procesionaria.

Hacia 1970 el ICONA roturó las 200 Has de monte que quedaban. En esta ocasión realizó un aterrazamiento con bulldozer para descuajar el matorral y preparar el terreno. También se empleó pino negral de Austria en la plantación. Esta plantación ha fracasado y ahora puede verse como el carrascal, intercalado de rebollo y sabina albar, está en plena regeneración.



Latizal de pino negral en el monte de Monreal del Campo.

En dichas obras se crearon diversos cortafuegos de 20 m. de anchura entre los que se hallan los tres que son objeto de esta experiencia. Para ello, una pala excavadora retiró la vegetación y la escasa capa de suelo existente, acumulándola en los márgenes. Quedó entonces la roca madre al descubierto cubierta parcialmente con restos de los horizontes edáficos inferiores. Sobre 1992 se realizó el único desbroce que han recibido, empleándose también maquinaria pesada para eliminar la vegetación arbustiva colonizadora.

El resto de las tierras seguían repartidas en pequeñas parcelas entre los vecinos del lugar. En 1995 se inició en ellas un proyecto de concentración parcelaria para reducir el número de campos, organizar la red de pasos ganaderos y redistribuir los pastos. Se han ido creando desde entonces pastizales arbolados (54 Has) y ha ido construyéndose una red de linderos (33 Km.) y bosquetes (de 121 puntos) que suman 96 Has. Este proyecto ha sido dirigido y puesto en práctica por Julio Sánchez, Agente de Protección de la Naturaleza de Monreal del Campo con el respaldo del Ayuntamiento de dicha localidad y la implicación de la mayor parte de la población (esco-

Siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos forestales y su influencia en la protección del suelo: una experiencia en el valle del Jiloca



Vista aérea de los cortafuegos entre el pinar de repoblación.

lares, agricultores, cazadores, naturalistas, jubilados, etc.). En estos catorce años se han plantado 151.000 pies de carrasca, rebollo, sabina albar y negral, pino carrasco, endrino, escaramujo, enebro y azarollo en 173 Has. Esta innovadora experiencia tiene un efecto demostrativo para otros municipios, además de suponer una alternativa al modelo de concentración parcelaria convencional que, por lo general, entraña importantes impactos ambientales.

En los montes objeto de reforestación se permitió el pastoreo tan pronto los pinos alcanzaron la altura suficiente. Este aprovechamiento ganadero se realizó en un régimen de escasa regulación. En los últimos años, tras los trabajos de concentración parcelaria a cada ganadero se le asignó un lote de monte de unas 100 Has para el aprovechamiento de los pastos con el fin de ordenar la gestión de los recursos.

3.2. Descripción de la experiencia

En el año 2003 se roturaron dos de los tres cortafuegos del paraje de La Carrasca.

En ese momento estaban poblados por un matorral abierto en el que la especie de mayor altura y cobertura era la aliaga (*Genista scorpius*) pero en el que estaban presentes otros fanerófitos (*Rosa canina*), caméfitos (*Dorycnium pentaphyllum*,



Julio Sánchez, Agente de Protección de la Naturaleza, en el monte de Monreal del Campo.

Helicrhysum stoechas, *Helianthemum origanifolium*, *Coris monspeliensis*, *Salvia lavandulifolia*, *Satureja intricata*, *Euphorbia nicaensis*, *Thymus vulgaris*), hemicriptófitos (*Brachypodium retusum*) y un pastizal de plantas anuales.

Los trabajos fueron realizados por los ganaderos que aprovechan los pastos de los respectivos sectores del pinar. Se emplearon tractores que laborearon con una pasada de cultivador a favor de pendiente. Se eliminó el matorral, se hizo remoción de los restos del suelo con el sustrato detrítico y se inició la extensión de las bandas de tierra vegetal amontonada en sus márgenes. Se trataba de convertirlo en un pastizal laboreado.

En los cortafuegos se sembraron tanto cereales (centeno y avena) como una leguminosa vivaz (pipirigallo) para la producción de forraje. El pastoreo se realiza exclusivamente en primavera momento en el que los rebaños entran a pastar en el monte. A finales de junio el ganadero debe haber agotado el pasto eliminando la parte aérea de la planta para que el cortafuegos mantenga su funcionalidad ante un posible incendio forestal.

La producción en estos pastizales es escasa por la pésima calidad del suelo pues consiste en roca madre sin meteorizar (conglomerado calizo y arcilla). En realidad, se consigue una diversificación de los pastos en dicho monte ya que tanto los cereales

Siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos forestales y su influencia en la protección del suelo: una experiencia en el valle del Jiloca



El matorral de caméfitos coloniza el cortafuegos tras la última labor.

como el pipirigallo son plantas muy nutritivas al tiempo que palatables. De hecho, la rentabilidad para el ganadero es escasa asumiendo su cuidado y mantenimiento como un compromiso dentro de un acuerdo de aprovechamiento de pastos más amplio y ventajoso.

El principal objetivo de la siembra, en el fondo, tal vez sea el proporcionar alimento a las especies cinegéticas para fomentar sus poblaciones. Por ello, la Sociedad de Cazadores de Monreal del Campo ha asumido alguno de los gastos de preparación de parcelas para reducir los costes del ganadero.

El tercer cortafuegos se dejó intacto y mantiene el matorral original.

3.2.1. Características del Cortafuegos 1

Las coordenadas U.T.M. de su parte inferior son 30T 0644165/4513254.

Su dirección predominante es NNO., con un corto trecho N.

Tiene una longitud de 950 m. y una anchura de 20 m. El rango de altitudes está comprendido entre los 1078 y los 1167 m. La pendiente del conjunto del cortafuegos es del 9%. Sin embargo, esta no es regular existiendo tramos de suaves rampas de un 4%

y otros declives de un 20%. Recorre una zona de divisoria de aguas entre dos pequeños barrancos lo que facilitaría la salida lateral de la arroyada limitando la creación de surcos. Sin embargo, buena parte de la tierra vegetal retirada por el bulldozer ha quedado acumulada en sendos cordones laterales lo que favorece el encauzamiento de las aguas superficiales hacia el interior del cortafuegos.

Un aspecto relevante en lo concerniente a los procesos erosivos es la ruptura natural de la continuidad de la ladera al existir en el cortafuegos tres zonas de contrapendiente, lo que favorece la salida lateral de la escorrentía superficial. De hecho se han encontrado al menos tres puntos de salida de las aguas de arroyada hacia los barrancos contiguos. Las huellas de la erosión hídrica previa a su puesta en cultivo han desaparecido con los trabajos de laboreo.

Fue sembrado con pipirigallo en 2004 mediante abonadora, a razón de 150 Kg./Ha, densidad alta para compensar la incertidumbre de su mala sementera. Posteriormente fue envuelto con una pasada de cultivador. Desde entonces el suelo del cortafuegos no ha recibido labor alguna en los tres años en los que se mantuvo el cultivo.

En el primer año germinó la semilla y desarrollándose la planta sin llegar a florecer. Se limitó el acceso del ganado. En el segundo año agrícola la planta continuó el crecimiento de su sistema radical y en primavera produjo el característico tallo herbáceo y ramificado con un conjunto de inflorescencias.

Se realizó el primer aprovechamiento a diente entrando el ganado unas cuatro veces por temporada. El rebaño es de 600 cabezas y el pastoreo se hace con el sistema de careo, es decir, con una baja concentración. Esto se repitió dos años agrícolas más. En todo este tiempo no se realizó labor alguna. Al perder vitalidad la planta de pipirigallo, la parte inferior del cortafuegos fue laboreada en otoño de 2008 y sembrada centeno.

3.2.2. Características del Cortafuegos 2

Las coordenadas U.T.M. de su parte inferior son 30T 0643755/4512218.

Su dirección es algo variable. El cuarto inferior predomina ONO., la mitad central es SO. y el cuarto superior es OSO. con un corto trecho N. El rango de altitudes está comprendido entre los 1074 y los 1172 m.

Tiene unos 1200 m. de longitud y unos 20 m. de anchura. En su conjunto tiene una pendiente de un 8% aunque es muy variable, habiendo tramos del 2% y otros que superan el 25%. A lo largo del cortafuegos hay dos sectores en los que se invierte el sentido de la ladera (contrapendiente) aunque de escaso recorrido.

Siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos forestales y su influencia en la protección del suelo: una experiencia en el valle del Jiloca



Sembrado de centeno en el cortafuegos 1.

Una característica de este cortafuegos es su notable relieve interno. Es decir, se aprecian variaciones en la altitud de los puntos formados por las líneas perpendiculares a su eje central. Así, es habitual la presencia de vertientes e incluso de elevaciones, lo que crea concavidades y convexidades dentro de la faja laboreada. Este rasgo topográfico propicia la evacuación de las aguas de arroyada hacia los barrancos contiguos en múltiples puntos rompiendo la continuidad de la ladera.

Aunque comparte la naturaleza litológica predominante en la zona, se aprecia un predominio de materiales detríticos finos con respecto a la parcela anterior. En consecuencia, es mayor la superficie en la que afloran las arcillas que en la que lo hacen los conglomerados, aunque sigue siendo muy abundante la presencia de cantos en amplios sectores. Las zonas de mayores relieves coinciden con los afloramientos de conglomerados.

Este cortafuegos fue puesto en cultivo en el año 2005 sembrándose desde entonces sin interrupción con cereal (centeno y avena) siempre mediante sobresiembra realizada con abonadora. La única labor anual consiste en una pasada de cultivador para envolver la semilla. En dicha operación, y de modo gradual, el ganadero ha procurado extender las bandas laterales de tierra vegetal para ir mejorando las cualidades del suelo.



Pipirigallo (o esparceta) en plena floración (Junio 2009).



Mieses de centeno unos días antes del pastoreo intensivo (Junio 2009).

Por esta razón y por la mayor irregularidad en el relieve la presencia de dichos acúmulos es muy discontinua, lo que también reduce el encauzamiento de las aguas de escorrentía. Aún así, y tan sólo en la mitad inferior, se han encontrado huellas de al menos seis puntos de evacuación de las mismas con surcos de entre 2 y 4 m. de anchura y entre 40 y 90 cm. de profundidad. Al parecer los procesos erosivos en la etapa anterior a su puesta en cultivo fueron más intensos que en el Cortafuegos 1.

En esta temporada la mitad superior de la parcela fue sembrada con centeno mientras que la inferior ha sido laboreada con cultivador antes de su siembra con pipirigallo.

3.2.3. Características del Cortafuegos 3

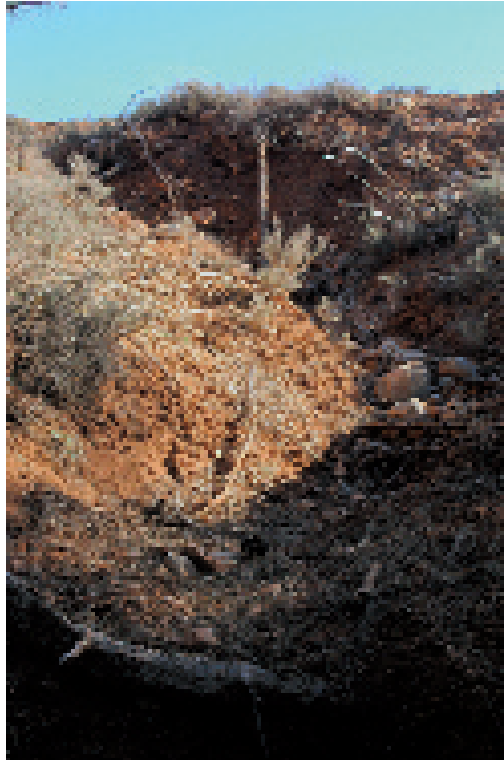
Las coordenadas U.T.M. de su parte inferior son 30T 0644806/4512428.

Su dirección es NO. El rango de altitudes está comprendido entre los 1074 y los 1172 m. En realidad es una continuación del Cortafuegos 1 que no ha llegado a ponerse en cultivo.

Tiene 692 m. de longitud y unos 20 m. una anchura. Su pendiente es del 9%.



Sembrado de centeno en el cortafuegos 2.



Surco abierto en el margen del cortafuegos con el pinar.



Plántulas de pipirigallo.

Siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos forestales y su influencia en la protección del suelo: una experiencia en el valle del Jiloca



Surcos abiertos en un cortafuegos no sembrado de herbáceas.

En algunos tramos el cortafuegos está inclinado hacia una de sus orillas o incluso hacia las dos, pero en su mayor parte presenta un escaso relieve interno.

Se conservan bandas de tierra vegetal acumuladas en los márgenes del cortafuegos. Estas barreras limitan la salida de la escorrentía y favorecen la acción erosiva a lo largo de su recorrido. Aún así, se han encontrado dos sectores en las que han sido rotas por las aguas evacuando hacia el barranco el caudal.

En el sustrato hay un predominio de conglomerados de clastos calizos intercalados de niveles arcilloso siendo muy similar al del Cortafuegos 1.

En la mayor parte de su trayectoria, el cortafuegos es recorrido por una pista forestal de unos 5 m. de anchura que se dispone en su parte sur o en la central.

Desde que fue desbrozada con bulldozer hace unos quince años no ha recibido tratamiento alguno, salvo algún repaso de motoniveladora en la pista forestal.



La balsa recoge la escorrentía de los cortafuegos.

En su mayor parte está poblada por un matorral abierto en el que predomina la aliaja, el tomillo y la salvia intercalándose herbazales de lastón, jarilla y bocha blanca. En algunos tramos quedan carrascas aisladas que escaparon a la pala de la máquina y en otros, se observan escaramujos y pequeños pinos negrales nacidos de germinación. Entre estas formaciones vegetales, existen amplias zonas con una mínima cobertura vegetal.

En la parte inferior de este cortafuegos hay una depresión en la que hace cuatro años se abrió mediante máquina excavadora una depresión abierta mediante máquina excavadora para crear una balsa de uso para el ganadero y la fauna silvestre.

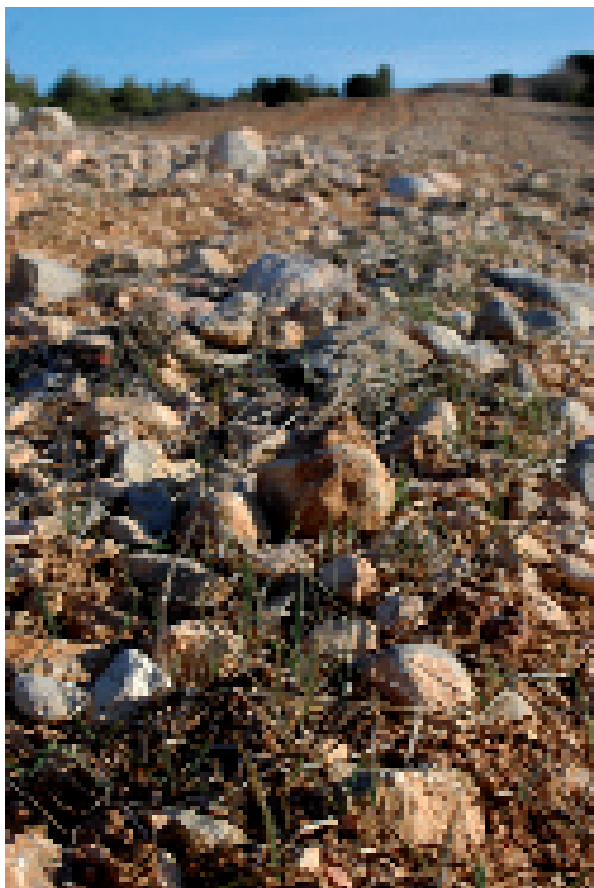
En una de las laderas contiguas se abrió un reguero para la conducción del agua de escorrentía. En la parte izquierda del cortafuegos (sentido ascendente) se creó a la vez una parada de tierra de unos 30 m. de longitud que dirigiera el agua de arroyada hacia la balsa. En la entrada del reguero que desciende por el cortafuegos y que alimenta el vaso de la balsa se colocó un bloque rocoso para frenar a las aguas y favorecer el depósito de arrastres.

4. Resultados

Los datos obtenidos proceden de la observación de indicios de erosión realizada durante el invierno y la primavera de 2009, así como del testimonio del responsable de esta experiencia.

Se ha considerado relevante reflejar el régimen pluviométrico de los últimos meses en la zona estudiada para relacionarlo con la presencia de indicios de erosión hídrica.

El otoño de 2008 ha sido inusualmente húmedo por la presencia de numerosos frentes. Se ha recogido un total de 206 mm. Las precipitaciones han sido en forma de lluvias asociadas a temporales con máximos volúmenes diarios de 33, 28 y 22 (en octubre) y de nuevo otro de 28 en noviembre. En el invierno han caído 69 mm., registros próximos a los valores medios en la zona para dicha estación.



Campos de piedras en sembrado de centeno (Cortafuegos 1).

4.1. Cortafuegos 1

No se han observado huellas destacables de procesos erosivos. Se observa una superficie del terreno algo endurecida aunque sin llegar a formarse costras laminares.

En el tramo inferior del cortafuegos este año hay un cultivo de centeno. En las zonas más arcillosas se conservan los surcos que abrió el cultivador para enterrar la simiente en la pasada otoñada. En aquellas otras en las que afloran los conglomerados se aprecian los cantos sueltos descubiertos de material detrítico fino a modo de campos de piedras. Del rastrojo de cereal del año anterior se observan acúmulos de paja.

En el tramo superior se conserva un cultivo de pipirigallo de tres años durante los que no se ha realizado ninguna labor. Las plantas de esta forrajera tienen una roseta basal de hojas producida tras el rebrote otoñal. Entre ellas abundan los restos secos de plantas herbáceas, más de hemicriptófitos que de terófitos. Aquí podría manifestarse la acción erosiva al no haberse practicado la remoción del terreno en ese periodo. La superficie del terreno está mucho más compactada que en la zona sembrada de cereal. Tampoco se aprecian regueros (*rill wash*) notables, raíces de plantas ni montículos en la base de las matas de pipirigallo.

Los tres puntos de salida de las aguas de arroyada encontrados en este cortafuegos corresponden a pequeñas cárcavas (*gullies*) que se formaron antes de su puesta en cultivo. No se ha observado indicios recientes de actividad en forma de depósito o de arrastre.

El coordinador del proyecto confirma la inexistencia de episodios de erosión destacable desde que este cortafuegos se ha puesto en cultivo.

4.2. Cortafuegos 2

Hay indicios de pérdida de suelo en uno de los puntos de salida de las aguas de arroyada que presenta las dimensiones de una pequeña cárcava (*gully*), aunque se desconoce la época del último episodio de actividad.

Se encuentra en la parte baja del tramo sembrado de centeno. El paso del cultivador tras la siembra del último otoño ha borrado la continuidad entre un posible surco dentro del cortafuegos y el inicio del surco que se introduce en el pinar. La fuerte pendiente, la continuidad de la ladera y el relieve existente parecen apuntar a la existencia de un reguero dentro del cultivo de unos 15 cm. de profundidad, 30 cm. de anchura y unos 15 m. de longitud.

Siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos forestales y su influencia en la protección del suelo: una experiencia en el valle del Jiloca



Restos de gully en el extremo inferior del cortafuegos 2.

En el resto del cortafuegos cultivado con centeno se observan una zona de sustrato arcilloso con surcos profundos que parecen haber sido abiertos por la maquinaria en la siembra por llevar dirección perpendicular a la pendiente de ese tramo.

En la parte baja del cortafuegos 2 no se han hallado indicadores de pérdida de suelo en el seno de la parcela por el reciente paso del cultivador. Tampoco se han observado evidencias de salida de aguas de escorrentía en los cuatro puntos de evacuación de las antiguas cárcavas.

No hay costras laminares en superficie.

El coordinador del proyecto confirma también la inexistencia de episodios de erosión destacable desde que se ha puesto en cultivo.

4.3. Cortafuegos 3

Como ya se ha indicado en esta parcela no se han realizado desbroces ni labores en los últimos quince años, salvo el repaso de la pista con motoniveladora y la creación de una corta barrera de tierra para dirigir la escorrentía hacia una balsa. Los indicios corresponden pues a la acción erosiva producida en dicho periodo.

En el Cortafuegos 3 hay evidencias de procesos erosivos de cierta intensidad:

4.3.1. Surcos

Se han encontrado seis tramos con surcos de una profundidad superior a los 10 cm.

La profundidad de los surcos oscila entre los 10 y los 40 cm. Su anchura se haya comprendida entre los 30 y los 90 cm. Su longitud es muy variable estando entre los 2 y los 10 m. debido a su falta de continuidad. Se trata de regueros de arroyada (*gullies*). En su desembocadura en la balsa las aguas han ampliado el tramo final del surco.

La formación de un nuevo surco de 37 cm. de profundidad, 40 cm. de anchura y de unos 8 m. de longitud tras la reciente creación de una barrera directora del agua pone de relieve la vigencia y eficacia de los procesos erosivos.

Además se han encontrado multitud de surcos de dimensiones centimétricas. En su mayoría están interconectados (surcos anastomosados) y acaban reuniéndose en los surcos principales. Algunos otros tienen salida hacia los barrancos contiguos.

4.3.2. Pedestales de erosión

En aquellos enclaves más pedregosos se aprecia la existencia de algunas pequeñas columnas de regolita formadas a partir de la superficie erosionada del entorno que están protegidas por una roca que la recubre a modo de tapadera.

4.3.3. Campos de piedras

Se producen donde las partículas de suelo que previamente cubrían un trozo de roca han sido extraídas por la acción del agua de arroyada.

Se encuentran en toda la parcela. En las zonas con predominio de arcillas los clastos aparecen dispersos, pero en las que lo hace el conglomerado se forman amplios campos de piedras creando un pavimento irregular sin detritos finos.

4.3.4. Exposición de raíces de arbustos y árboles

En el tramo inferior del cortafuegos y fuera de un reguero se aprecia una raíz de pino negral de unos 4 cm. de grosor completamente descubierta. En diversas zonas con sustrato arcilloso pueden verse raíces milimétricas de tomillo y aliaga que han quedado exhumadas por la erosión hídrica.

4.3.5. Montículos a pie de arbusto

Es muy habitual encontrar matas de tomillo, aliaga, salvia o bocha blanca en las que el suelo situado bajo la parte aérea está a una mayor de altura que el suelo circundante. Es un indicador de que la erosión fuera del arbusto es superior a la que se produce junto a él ya que la superficie del montículo representa un nivel anterior del suelo.

4.3.6. Acúmulo de sedimentos en canales de drenaje

Cuando la escorrentía pierde velocidad al encontrarse un obstáculo, se deposita el material erosionado que transporta.

Se pone de manifiesto en el bloque colocado como freno en la desembocadura del reguero que desemboca en la balsa. Dicho fragmento rocoso, colocado hace cuatro años, resulta hoy invisible por el depósito de una capa de arrastres de unos 60 cm. de espesor.

4.3.7. Depósito de sedimentos en depresiones.

La balsa ha comenzado a colmatarse al actuar como una pequeña cuenca de sedimentación. Predominan los detritos finos, aunque también se han acumulado pequeños clastos, sobre todo en la desembocadura de la pequeña cárcava que la alimenta desde el Cortafuegos 3.

4.3.8. Costras laminares en superficie

La superficie de este cortafuegos está muy endurecida por una costra.

Esta formación parece deberse a dos tipos de procesos.

Por una parte es el resultado del transporte inducido por el *splash* y por flujo de agua y por la posterior deposición de partículas finas en las grietas y poros del suelo, cambiando el estado fragmentario y poroso del terreno a otro continuo y compacto.

Por otro lado, cuando tras episodios húmedos se activa la evaporación, el agua retenida en el terreno, al presentar una gran concentración de carbonatos, precipita dichas sales en superficie formando una costra laminar que cementa grietas y partículas superficiales.

Estas costras, en conjunto, disminuyen la porosidad y reducen la infiltración favoreciendo en flujo hídrico superficial y, por tanto, la erosión.

5. Análisis y discusión de los resultados

La **erosión hídrica** del suelo es un complejo fenómeno por el que la lluvia y el agua que escurre por la superficie del terreno o bajo ella rompen los agregados de partículas sólidas de los horizontes superficiales que lo constituyen y son el origen de su movilización.

La cantidad de materiales que son exportados fuera del sistema depende de la relación de las fuerzas que actúen sobre el suelo y de la resistencia que éste ofrezca. Las principales fuerzas activas que favorecen la erosión hídrica están determinadas por

la física de las lluvias, la geomorfología del terreno, las propiedades hidrológicas del suelo y las actividades humanas inadecuadas. Por el contrario, el suelo presenta unas resistencias que mitigan su pérdida y que están condicionadas por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, por la cobertura vegetal y por la existencia de prácticas humanas de conservación.

Evaluar, aún de un modo cualitativo, la influencia del cultivo de herbáceas forrajeras en la erosión producida por el agua en cortafuegos forestales obliga, en primer término, a analizar las condiciones ambientales que favorecen dichos procesos.

5.1. Factor climático

En ambientes subhúmedos, como los que corresponden a la zona en estudio, el agua de lluvia y la escorrentía posterior son los principales agentes en los procesos de erosión edáfica.

La erosividad está determinada por la energía cinética de las gotas de lluvia y ésta depende de su diámetro y de su velocidad. Ambas variables están relacionadas de forma directa con la intensidad de la lluvia, es decir, la cantidad de agua que cae por unidad de tiempo y superficie. Para ello es importante conocer tanto la intensidad instantánea como el tiempo en el que se mantiene esa intensidad.

Los cortafuegos estudiados ofrecen unos terrenos muy propicios a los procesos de erosión hídrica por las notables pendientes y la inexistencia de cubierta vegetal. En estas condiciones, las lluvias aún cuando sean débiles o moderadas son capaces de producir pérdida de suelo. Si estas tienen mayor intensidad, estos procesos se incrementan de forma notable.

Es bien conocido que las lluvias de elevada intensidad tienen gran concentración tanto en el tiempo como en el espacio. Los datos registrados en la Estación Meteorológica de Caminreal para el periodo 1997-2008 nos indican que suelen producirse un promedio anual de 3,5 días al año con precipitaciones iguales o superiores a 20 mm. y otros de 0,7 días con precipitaciones iguales o superiores a los 30 mm. Los episodios de aguaceros torrenciales, aquellos que registran un máximo diario superior a 75 mm, son muy escasos y esporádicos, pero no inexistentes aunque con periodos de retorno prolongados.

5.2. Factor edáfico

Los montes en los que se encuentran las parcelas estudiadas han sufrido una prolongada e intensa pérdida de suelo como consecuencia de la deforestación y de la

Siembra de cultivos herbáceos en cortafuegos forestales y su influencia en la protección del suelo: una experiencia en el valle del Jiloca

posterior roturación. Al abrirse los cortafuegos fueron decapados con pala de bulldozer los últimos horizontes existentes y retirados hacia los márgenes.

Es por ello que al considerar la acción del agua pluvial o de escorrentía no puede hablarse de erosión edáfica sino de pérdida de material detrítico procedente de la roca madre. En este caso, el material parental es un conjunto en el que predominan conglomerados de clastos carbonatados intercalados de niveles de arcillas.

En las parcelas puestas en cultivo, año a año, el tractorista va extendiendo con el cultivador los montones laterales de tierra vegetal procedentes de la apertura de la faja. La mayor proporción de materiales detríticos finos y de materia orgánica enmienda el sustrato aunque de un modo muy limitado.

El sustrato es, en general, muy poco permeable. Los conglomerados están constituidos mayormente por clastos calizos entre los que intercalan una matriz arcillosa y cuyo conjunto está aglutinado por un cemento de carbonato cálcico. Las arcillas, por otra parte, aún resultan menos propicias para la infiltración del agua.



Los conglomerados de clastos calcáreos afloran al erosionarse las arcillas que las recubren.

Como consecuencia de la naturaleza litológica, la pedregosidad del terreno es muy alta. Hay cantos y bloques en superficie, en ocasiones formando auténticos mantos. La abundancia de piedras es claramente mayor en los cortafuegos cultivados que en el que no se ha intervenido, aún cuando comparten el sustrato rocoso. Esto es debido a la rotura y el desprendimiento de clastos del conglomerado tras el laboreo realizado por el cultivador.

La pedregosidad protege el suelo al reducir el efecto de sellado producido por las gotas de lluvia (*splash*) y por incrementar la infiltración de la escorrentía al actuar los bordes de las piedras como líneas de inicio. Ambos factores reducen la erosionabilidad. Sin embargo, tiene un efecto contrario al aumentar la rugosidad y, por tanto, el régimen de turbulencia lo que favorece la remoción y movilización de las partículas.

Los mantos de piedras actúan, además, como reguladores térmicos e hídricos del suelo favoreciendo el desarrollo de las plantas y la producción de humus.

En la superficie de ninguno de los cortafuegos hay líquenes.

5.3. Factor vegetación

Esta es uno de los principales factores en la diferencia entre los procesos erosivos en los cortafuegos cultivados y no puestos en cultivo.

La vegetación intercepta la lluvia reduciendo su energía cinética y, por tanto, su erosividad, al tiempo que concentra la llegada de agua al suelo a través de la escorrentía cortical. Además, la vegetación incrementa la rugosidad ante la escorrentía superficial lo que modifica los patrones de flujo de acuerdo a la distribución de las plantas. Reduce la velocidad del agua y su capacidad de arrastre hasta un 25% en comparación con las zonas desnudas. Los restos vegetales aportan humus mejorando la estructura edáfica y, por otro lado, la existencia de raíces mejora la cohesión entre las partículas y favorece la infiltración de la escorrentía.

Cuando se abre o desbroza un cortafuegos se produce una modificación del sustrato. Se arrancan y extienden los restos del suelo y, en nuestro caso, la fracción superficial de la roca madre, además de una compactación de las zonas pisadas por las cadenas del tractor oruga. En los primeros años, funciona como un terreno laboreado pero no sembrado. Con los años en estos cortafuegos se produce una lenta recolonización por especies de plantas herbáceas y arbustivas heliófilas y xerófilas que acaban conformando un matorral muy abierto en el que predomina la triada lastón-tomillo-aliaga. La cobertura vegetal de esta formación vegetal es muy reducida y,

por tanto, su capacidad a la hora de proteger el suelo. Esto se pone de manifiesto en el cortafuegos no laboreado.

En los cortafuegos cultivados la protección del terreno por la vegetación presenta algunas diferencias según especies.

El centeno es sembrado en otoño pero no es hasta bien entrado abril cuando comienza a ejercer una cobertura edáfica apreciable que resulta máxima en el mes de junio. Desde mayo el ganado entra en la mies donde padece hojas y tallos sin dejar espigar a la planta. A finales de junio la presión ganadera se incrementa hasta apurar la base del tallo. Si esto no se ha conseguido el ganadero debe procurar que el rebaño patee para que las cañas queden tumbadas y se dificulte la transmisión del fuego. Sus raíces permanecen vivas hasta el laboreo otoñal.

El pipirigallo es una planta vivaz y se mantiene varios años en la parcela. El primer año la semilla germina en primavera formándose una plántula que comienza a formar su roseta foliar. La cobertura del suelo es mínima salvo que sea lluvioso el otoño. El primer año no entra el ganado. Es en la segunda primavera cuando la planta alcanza un desarrollo apreciable, tanto en longitud como en extensión lateral a partir de unas ramas con un denso follaje. Este crecimiento también comienza en marzo, prosigue en abril momento en el que constituye una auténtica pradera. En mayo y junio se hace un denso herbazal regulado por el diente de la oveja hasta su reducción a la roseta basal foliar al inicio del verano. Permanece así durante dicha estación y, si son generosas las lluvias de otoño, se puede producir un segundo rebrote del que no suele haber aprovechamiento ganadero. La cobertura vegetal es importante en primavera y moderada el resto del año. Las raíces aumentan la fertilidad del suelo al presentar nódulos con bacterias fijadoras de nitrógeno. El sistema radicular alcanza con los años un gran desarrollo.

El 43% de los episodios de lluvias más intensas (iguales o superiores a 20 mm./24 h) se producen durante los meses primaverales. En particular, durante en el mes de mayo suceden el 28% de los mismos, siendo el mes que reúne también la mayor proporción de lluvias superiores a los 30 mm./24 h. En este momento el centeno y el pipirigallo alcanzan su máximo desarrollo y la mayor cobertura vegetal.

Las partes aéreas de las plantas cultivadas, es decir, la roseta foliar y los tallos de la inflorescencia en el pipirigallo y los restos de las cañas y hojas secas del centeno recubren parcialmente la superficie del terreno ejerciendo una escasa, pero no desdeñable, protección ante el *splash*. Así mismo, junto con las partes subterráneas y tras su laboreo enriquecen en materia orgánica el suelo mejorando su textura, favoreciendo la infiltración y su capacidad de retención hídrica.



Parte vegetativa del pipirigallo al final de la floración.

5.4. Factor geomorfológico

Las laderas de las montañas en las que durante el pasado siglo se realizaron reforestaciones con coníferas suelen presentar pendientes notables por la abrupta orografía de las cordilleras peninsulares. Así mismo, también lo son las pendientes de los cortafuegos abiertos dentro de dichas plantaciones.

El relieve es uno de los factores primordiales en el grado de erosión de origen hídrico. No es raro que la pérdida de suelo o de sedimentos sea muy importante en estas infraestructuras de prevención de incendios forestales.

Las tres parcelas tienen unas pendientes muy parecidas, entre 8 y 9%, por lo que esta variable se considera controlada en la experiencia.

La longitud de las laderas incrementa el volumen de agua que circula en forma de la escorrentía superficial y, por tanto, su energía cinética. Los cortafuegos suelen abrirse en las divisorias de aguas lo que facilita la salida lateral de la escorrentía y mitiga, en parte, su acción erosiva.

Los cortafuegos cultivados 1 y 2 presentan una mayor continuidad (950 y 1200 m. respectivamente) que el cortafuegos 3, considerado como control (692 m.) lo que

propiciaría una mayor erosión en los primeros que en el segundo caso. Sin embargo, en aquellos cultivados hay un mayor número de tramos con cambio de pendiente (dos y tres casos, respectivamente) que en el control.

La orientación de la laderas condiciona la insolación, la retención hídrica del suelo y, por consiguiente, el desarrollo de la vegetación o de los cultivos. Los cortafuegos 1 y 3 se encuentran orientados hacia el NO., por lo que la influencia de este factor puede descartarse al compararse los resultados de ambas. El cortafuegos 2 tiene una mayor exposición a la radiación solar por lo que se espera un inferior crecimiento de las plantas cultivadas, lo que debe tenerse en consideración al evaluar los datos.

5.5. Factor antrópico

Los cortafuegos son unas infraestructuras diseñadas para la gestión de las reforestaciones de coníferas. Su mantenimiento requiere una intervención regular para conseguir la remoción y el desbroce del terreno.

La puesta en cultivo de los cortafuegos supone un cambio en la gestión de estos espacios que incluye modificaciones en los factores que determinan la erosión hídrica.

La siembra de centeno implica, como mínimo, una labor anual para envolver a la semilla aunque en otros casos, hay dos, una de preparación y otra para recubrirla. El pipirigallo requiere dos labores al principio pero ya no necesita más remoción durante tres años hasta que se levanta el cultivo.

El paso del cultivador por la superficie del terreno se realiza a favor de la línea de pendiente, lo que contribuye a crear surcos por los que circula la escorrentía superficial. Estos surcos son más profundos en aquellos tramos de terreno arcilloso y más someros cuando predomina el conglomerado. Es pues un factor favorable a la erosión.

La reja del cultivador rompe y disgrega la roca parental, al tiempo que la expone en la superficie del terreno. Esta suerte de meteorización mecánica, de algún modo, inicia el proceso edafogenético.

Uno de los resultados más interesantes de esta experiencia es la desigual arroyada en surcos (*rill wash*) en los cortafuegos sembrados y en el no cultivado. En las parcelas laboreadas anualmente (centeno) los surcos centimétricos que pueden formarse son desorganizados tras el paso del cultivador. Es esperable que no se observen *gullies* en estos cortafuegos salvo inmediatamente después de una lluvia muy intensa. Sin embargo, tampoco se han encontrado estas formas de erosión en la parcela de pipirigallo a pesar de no recibir laboreo durante tres años. No es el caso del cortafuegos

3 en el que son muy numerosos los surcos de arroyada centimétricos y abundantes los decamétricos, habiéndose formado alguno de estos durante los últimos cuatro años.

El laboreo incrementa de forma notable la porosidad en el terreno. Este fenómeno favorece extraordinariamente la infiltración y reduce el flujo hídrico superficial. Así mismo, también rompe la costra superficial formada por el golpeteo de las gotas de lluvia (*splash*) y por la precipitación de los carbonatos tras la evaporación del agua retenida en el terreno.

El efecto del pastoreo y de la fauna silvestre también introduce nuevas condiciones que afectan a los procesos de erosión hídrica. El primero sólo tiene lugar en los meses de primavera, mientras que los mamíferos herbívoros silvestres acuden a estos cultivos durante todo el año al encontrar alimento y refugio muy próximo en el inmediato pinar.

La presencia temporal de ganado ovino y de herbívoros silvestres es mayor en los cortafuegos 1 y 2 (cultivado) que en el cortafuego 3 (no cultivado).

Las pezuñas de las 600 ovejas compactan la superficie del terreno y aminoran la porosidad. Debe añadirse que en estos montes el pastor deja al ganado *tendido*, es decir, muy disperso y evitando un denso rebaño, lo que incrementaría los efectos. Las ovejas entran y salen libremente desde el pinar al cortafuegos y viceversa, para pastar una mayor variedad de hierbas. La compactación por el pisoteo es importante en los afloramientos de arcillas tras la época de lluvias al quedar entonces sellado el barro. Precisamente, en el meses primaverales coinciden las mayores lluvias y la entrada de las ovejas a estos cultivos forrajeros. En los terrenos más pedregosos, los cantos reciben la presión de las pezuñas y la distribuyen en una superficie mayor, al tiempo que las mueven.

La presencia de mamíferos silvestres debe ser habitual a juzgar por el número de huellas encontradas sobre los terrenos laboreados. Se han identificado pisadas de conejo, liebre, corzo y jabalí, y excrementos de conejo.

Por el contrario, el ganado y la fauna silvestre, aportan excrementos que enriquecen en materia orgánica y en nitrógeno el sustrato favoreciendo su lenta evolución hacia un suelo agrícola.

Una porción del cortafuegos 3 es recorrida por una pista forestal. La compactación del terreno es mayor y la cubierta vegetal menor, lo que disminuye la infiltración y favorece el flujo hídrico en superficie.

6. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en esta experiencia se puede afirmar que:

- 1°. En los cortafuegos se producen más procesos de erosión litológica que de erosión edáfica ya que no hay suelo sensu estricto.
- 2°. El principal agente de erosión es el agua de lluvia por el golpeteo de las gotas y por la escorrentía superficial mediante flujo hortoniano.
- 3°. La pérdida de sedimento es importante en el cortafuegos no laboreado lo que se manifiesta con múltiples formas de erosión (surcos, pedestales de erosión, campos de piedras, costras superficiales, raíces al descubierto, acúmulo de partículas en canales de drenaje, montículos a pie de arbusto y depósitos de sedimentos en depresiones).
- 4°. En los cortafuegos cultivados con centeno y con pipirigallo las formas de erosión son muy escasas y de pequeñas dimensiones debiéndose a la mayor capacidad de infiltración y cobertura vegetal.
- 5°. El cultivo de cortafuegos supone una mejora en la biodiversidad y en los pastos de los montes.

7. Agradecimientos

La siembra de cultivos en cortafuegos forestales es una innovadora experiencia que ha resultado posible por esfuerzo y el tesón del Julio Sánchez, Agente de Protección de la Naturaleza y coordinador de la Oficina Agroambiental de Monreal del Campo. En él han participado el Ayuntamiento de dicha localidad, la Comunidad de Ganaderos y la Sociedad de Cazadores.

La información aportada por Julio Sánchez ha permitido conocer la gestión histórica de dichos montes y los trabajos que han implantado los cultivos cuya capacidad de protección edáfica está en evaluación.

La profesora M^a Teresa Echeverría me ayudó en todo momento realizando valiosas orientaciones para interpretar los procesos naturales en el campo además de revisar y corregir el texto. Pepe Delgado colaboró en la traducción del resumen al inglés.

8. Bibliografía

- CALLABA, A.; IRIBARREN, I. & FERNÁNDEZ-CANTELI, P. [eds.] (2005): *Protección del suelo y desarrollo sostenible*, Madrid, Instituto Geológico y Minero de España.
- CABRERA, M.; CUADRAT, J.M. & LÓPEZ, F. [dirs. coords.] (2007): *Atlas climático de Aragón*, Zaragoza, Gobierno de Aragón.

- CERDÁ, A. (1997): "Influencia de la litología en los procesos de erosión de badlands. Los casos de Anna (Valencia) y Petrer (Alicante)", *Pirineos*, 149-150, pp.3-20, Jaca, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Dirección General de la Producción Agraria (1979): *Evaluación de recursos agrarios. Mapa de cultivos y aprovechamientos*. E. 1:50000 Monreal del Campo, Madrid, Ministerio de Agricultura.
- DE JAIME, CH. (1997): "Sobre el impacto ambiental del pastoreo en las comarcas del Jiloca y Campo Visiedo", *Rolde*, 81, pp. 63-65. Zaragoza, 1997.
- GONZÁLEZ, J.C.; ECHEVERRÍA, M.T.; VICENTE, M.A. & DOMÍNGUEZ, G. (1995): "Aproximación al efecto de la longitud de parcela y pendiente en la producción de flujo superficial y sedimento en microparcels del bajo valle del Huerva (Provincia de Zaragoza, España), *Cuaternario y Geomorfología*, 9 (1-2), pp. 51-58,
- GONZÁLEZ, J.C.; BONET, A. & ECHEVERRÍA, M.T. (1996): "Efecto de la orientación de la ladera sobre algunas comunidades arbustivas del semiárido central de la depresión del Ebro", *Mediterránea*, pp. 21-31.
- Instituto Tecnológico Geominero de España (1983): Mapa Geológico de España E. 1:50000 Monreal del Campo, Segunda serie. Primera edición, Madrid. Ministerio de Industria y Energía.
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, F.; ROMERO-DÍAZ, M.A.; RUIZ-GARCÍA, A.; FISCHER, G.C.; FRANCIS, C. & THORNES, J.B. (1985): "Erosión y ecología en la España semiárida (Cuenca de Mula, Murcia)", *Cuadernos de Investigación Geográfica*, X-XI, 1-2, pp.113-126.
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, F. (2002): *Erosión y desertificación. Heridas de la Tierra*, Madrid, Nivola.
- MARQUÉS, M.A. & ROCA, J. (1985): "Resultados preliminares de las pérdidas de suelo en zona agrícola del Penedés (Cataluña, España)", *Cuadernos de Investigación Geográfica*, X-XI, 1-2, pp.149-156.
- PEÑA, J.L.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M.J.; LOZANO, M.V.; RODRÍGUEZ, J.; SÁNCHEZ, M.; SIMÓN, J.L.; SORIANO, M.A. & YETANO, L.M. (1985): *Geomorfología de la provincia de Teruel*, Teruel, Instituto de Estudios Turolenses.
- SALA, M. (1984): "Mecanismos de la erosión por el agua en las vertientes", *Notes de Geografía Física*, 11, pp. 31-38.
- STOCKING, M. & MURNAGHAN, N. (2003): *Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra*, Murcia, Mundi-Prensa.