

TECNOLOGÍA DE SUELOS: ESTUDIO DE CASOS

*Asunción Usón Murillo, Jaume Boixadera Llobet,
Ángela Bosch Serra y Alberto Enrique Martín
(editores)*



Universitat de Lleida



Prensas Universitarias de Zaragoza

5. Conclusiones

El análisis factorial ha permitido seleccionar seis propiedades (C en la POM, N-POM, C/N en la POM, RP, Da y DMP_v/DMP_s) de las 15 iniciales como indicadores de la calidad del suelo. Algunas de estas propiedades presentan un alto grado de correlación entre sí, por lo que este conjunto de variables podría ser fácilmente reducido sin perder representatividad.

Dentro de estas variables se encuentran dos (estabilidad estructural y materia orgánica lábil) que han sido tradicionalmente reconocidas y utilizadas como propiedades de «diagnóstico» en los estudios de degradación del suelo como resultado de las prácticas agrarias.

Aunque en principio los indicadores seleccionados se agrupan dentro de las llamadas propiedades «físicas» y «químicas» del suelo, existen numerosos estudios que demuestran su relación directa (especialmente de las dos anteriores) con las propiedades biológicas del suelo. De hecho, la materia orgánica lábil es considerada un indicador de carácter biológico por muchos investigadores.

Una evaluación completa de su valor como indicadores requerirá la verificación de su sensibilidad a cambios en el manejo en el tiempo y de su correlación con variables no edáficas (rendimiento, degradación del agrosistema), así como la elaboración y descripción de métodos simples y económicos para su determinación.

6. Bibliografía

- ANDREWS, S.S., KARLEN, D.A., CAMBARDELLA, C. A. 2004. The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of America Journal* 68: 1945-1962.
- ANDREWS, S.S., MITCHELL, J.P., MANCINELLI, R., KARLEN, D.L., HARTZ, T.K., HORWATH, W.R., PETTYGROVE, G.S., SCOW, K.M., MUNK, D.S. 2002. On-farm assessment of soil quality in California's central valley. *Agronomy Journal* 94 (1): 12-23.
- GOVAERTS, B., SAYRE, K.D., DECKERS, J. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil and Tillage Research* 87 (2): 163-174.
- SHUKLA, M.K., LAL, R., EBINGER, M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research* 87 (2): 194-204.
- WANDER, M.M., BOLLERO, G. 1999. Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois. *Soil Science Society of America Journal* 63: 961-971.
- YEMEFACK, M., JETTEN, V.G., ROSSITER, D.G. 2006. Developing a minimum data set for characterizing soil dynamics in shifting cultivation systems. *Soil and Tillage Research* 86(1): 84-98.

Caso II.4.2. Cartografía y evaluación del riesgo de erosión tras un incendio forestal en la comarca de El Solsonés (Lleida, España)

RESUMEN

En la comarca prepirenaica de El Solsonés (Lleida, España) ocurrió un incendio forestal en julio de 1998 que afectó a unas 25 000 ha, más de la mitad cubiertas por bosque de acicufolios (*Pinus nigra* básicamente y también *Pinus halepensis*), con pies de caducifolios (*Quercus ilex*, *Q. Faginea* y *Q. Cerruoides*). Dado que la eliminación de la cubierta vegetal por el fuego dejaba el terreno susceptible a los agentes erosivos, se realizó este trabajo con el objetivo de elaborar una cartografía del riesgo de erosión y degradación del suelo por erosión hídrica y así poder delimitar las unidades de actuación más urgente. La metodología de trabajo fue: determinar el grado de afección del incendio mediante observaciones de campo, cartografiar la pendiente, orientación y forma del relieve en base al modelo digital del terreno de malla 25*25 m, para delimitar las unidades de muestreo y determinar los factores principales en el desarrollo de los procesos erosivos, en base al muestreo estratificado de las formas de erosión actual. Las clases de riesgo de pérdida de suelo se establecieron en base al grado de afección del incendio, pendiente y forma del relieve en planta; como resultado se clasificaron en 4 clases de riesgo de erosión (bajo, moderado, alto y muy alto) que en porcentaje respecto a la superficie total fue del 17, 18, 50 y 15% respectivamente. Además, se estableció el riesgo de degradación al integrar la información anterior con la profundidad actual del suelo creando nuevamente 4 clases de riesgo de degradación por erosión (bajo, moderado, alto y muy alto) cuya proporción relativa en cuanto a la superficie total fue del 4, 24, 51 y 21%, respectivamente.

1. Introducción y objetivos

El incendio ocurrido en la zona prepirenaica de El Solsonés (Lleida, España) arrasó unas 25 000 ha, más de la mitad con uso forestal. La vegetación dominante en esta zona eran bosques principalmente de *Pinus nigra* y también *Pinus halepensis*, en muchos casos combinados en menor proporción con especies caducifolias (*Quercus ilex*, *Q. coccifera*, *Q. faginea*). La ocurrencia de un incendio de estas magnitudes puede afectar en diferentes aspectos tanto sociales como ambientales.

Desde el punto de vista del suelo, el incendio implica un cambio en sus propiedades físicas como consecuencia del aumento de temperatura en la superficie del suelo; una alteración de las propiedades químicas a causa de una mayor liberación de elementos químicos por efecto de la oxidación de nutrientes existentes en la biomasa, pero que pueden ser lavados fácilmente; y un riesgo de erosión hídrica por alteración de las condiciones hidrológicas a causa de la pérdida de la cubierta vegetal.

Además, al modificarse el ecosistema se limita la función del suelo como soporte de la actividad biológica de muchos microorganismos y de compartimiento principal del ciclo de nutrientes, esto implica una degradación del suelo, recurso no renovable a escala antrópica.

Es por esto que este trabajo pretende establecer las zonas que presenten una mayor susceptibilidad a sufrir procesos de erosión hídrica y degradación de suelos, y ser la base a partir de la cual definir áreas que requieren de una rápida intervención y planificación de las actuaciones. Los objetivos específicos del trabajo son:

Caracterizar el grado de afectación del incendio en la cubierta vegetal.

Estudiar los procesos de erosión hídrica que se han desarrollado en la zona incendiada que permita sentar las bases para la predicción de la erosión potencial.

Elaborar una cartografía de riesgo de erosión y degradación de suelos por erosión hídrica.

2. Metodología

Enfoque metodológico

En la figura 1 se muestra el esquema metodológico seguido. Se inicia con la recopilación de la información, el inventario general se realiza con la bibliografía existente y se diseña un plan de muestreo para la información complementaria. En base al modelo digital del terreno y la información recopilada se procesan los datos para obtener unidades homogéneas tanto al grado de erosión actual como al de afectación de la cubierta vegetal. El análisis de la información recopilada en campo lleva a la determinación de un modelo de erosión potencial y de degradación del suelo que permiten zonificar riesgos.

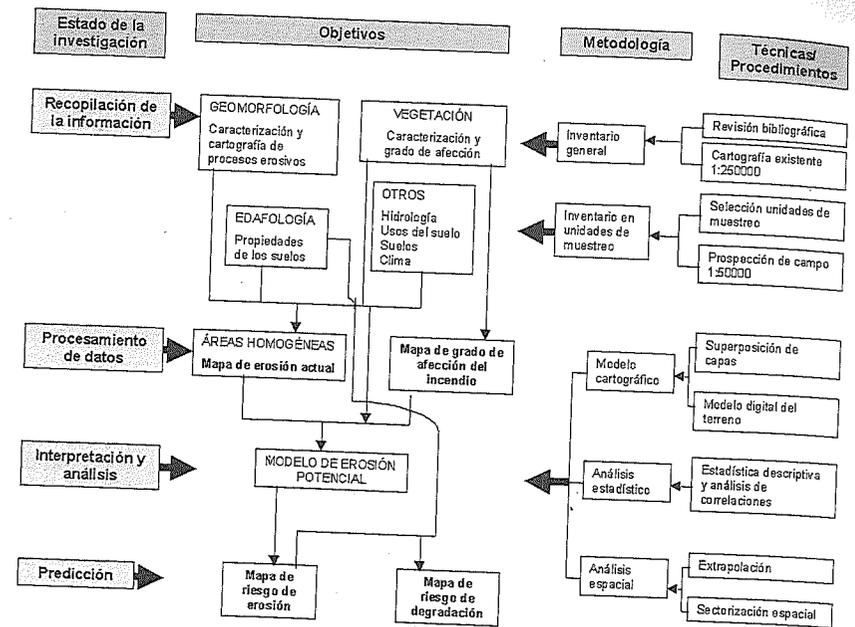


FIGURA 1. Esquema metodológico (adaptado de López y Zinck, 1991)

Inventario general

Se utilizó la cartografía existente a escala 1: 250 000, en concreto los mapas geológicos, hidrogeológicos y de vegetación. Los mapas topográficos se disponían a escala 1: 50 000 y 1: 5000. Los datos climáticos se tomaron de una estación pluviométrica situada en el pantano de Sant Ponç con datos disponibles durante más de 50 años.

Grado de afectación del incendio

Después de visitas de campo se definieron 5 clases de afectación del incendio a la cubierta vegetal A, B, C, D y F que se definen en la tabla 1. La delimitación del grado de afectación se realizó en campo mediante observación del estado de la cubierta, cubriendo todo el territorio afectado.

Código	Descripción
A	Masa forestal no afectada
B	Masa forestal con el sotobosque quemado: estratos arbustivo y herbáceo quemados en más del 80% y el arbóreo menos del 60%
C	Masa forestal sofocada: estratos arbustivo y herbáceo totalmente quemados y el arbóreo con pocas posibilidades de supervivencia, pero con hojas muertas en las ramas
D	Masa forestal totalmente quemada: pocas hojas muertas en los árboles y/o en el suelo
F	Masa forestal irregularmente quemada

TABLA 1. Descripción de los grados de afección del incendio.

Base cartográfica digital

Como base cartográfica de trabajo y de presentación de resultados se dispuso del mapa topográfico digital con una malla de 25 m de lado que permitía el trabajo a escala 1: 25 000. Esta base se utilizó para calcular el mapa de pendientes, el de orientaciones y el de forma en planta, que nos permitió delimitar las unidades de muestreo y la elaboración de la cartografía final.

Unidades de muestreo

Se determinaron unidades de muestreo para determinar las características de vegetación, edáficas y las evidencias erosivas tras el incendio. La selección de estas unidades se basó en el grado de afección de la cubierta y en otros parámetros topográficos (pendiente, orientación, amplitud del relieve y forma en planta).

Se tomaron 100 puntos de muestreo, en los que se registraba:

- Localización del punto de muestreo: coordenadas x, y, z.
- Materiales geológicos (cortes, paredes de barrancos,...).
- Condiciones de la superficie del suelo: pedregosidad, depósitos recientes, cenizas, ...
- Geomorfología: regional, local, orientación, ...
- Vegetación: arbórea, arbustiva y herbácea, proporción y grado de afección.
- Procesos erosivos: salpicadura, laminar difusa y concentrada, cárcavas y barrancos.
- Medidas de conservación de suelos: presencia y efectividad.
- Características de los suelos: profundidad, raíces finas, estructura, textura,...
- Intensidad del fuego: grado y % afectado.

Manejo y tratamiento de los datos

Se realizó un análisis estadístico para determinar los componentes principales y su grado de incidencia en los procesos erosivos. Este análisis sirvió para el desarrollo del modelo de erosión potencial.

3. Características de la zona

Localización

El Solsonés es una comarca del pre-pirineo catalán, situada en la provincia de Lérida y limítrofe con la provincia de Barcelona (figura 2). La capital comarcal es Solsona, que es el municipio con mayor población.



FIGURA 2. Localización de la comarca de El Solsonés en Cataluña

Climáticas

El diagrama ombrotérmico de la zona se muestra en la figura 3, que refleja un marcado carácter mediterráneo con una sequía estival perceptible y máximos de precipitación en primavera y otoño.

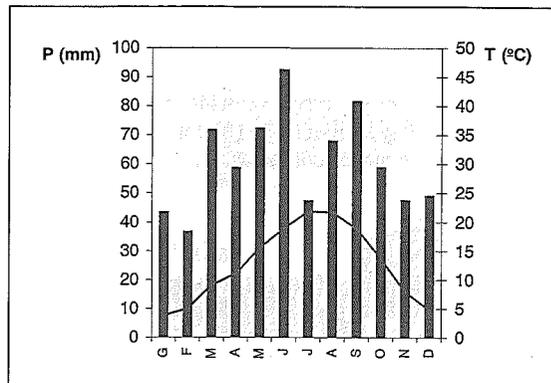


FIGURA 3. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica del pantano de Sant Ponç
P: Precipitación mensual, mm (barras)
T: Temperatura media mensual, °C (línea)

Después del incendio de julio de 1998, las precipitaciones fueron inferiores a la media (tabla 2) lo que causó que las evidencias erosivas durante el muestreo fueran bajas.

Periodo	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Total
Precipitaciones (Jul 98-Feb 99)	4.4	0	23.4	29.4	6.2	19.0	52.8	0	135
Frecuencia de no excedencia	10.5	0	12.3	33.3	12.3	28.1	80.7	0	0

TABLA 2. Precipitaciones después del incendio, observatorio de Clariana. Fuente: IMN
Precipitaciones en mm

Frecuencia de no excedencia en tanto por ciento

Geomorfológicas

Desde el punto de vista de la estructura geológica, el área quemada se encuentra en el antepaís plegado del Pirineo, es decir, sobre formaciones sedimentarias paleógenas, y por tanto, anteriores a la actividad de los esfuerzos tectónicos que construyeron la cordillera desde el cretáceo hasta el mioceno. Los estratos de rocas detríticas adquieren fuertes buzamientos en las proximidades de los ejes anticlinales de Cardona y de la Molsosa, en dirección WSW-ENE en bandas relativamente estrechas, mientras que los sinclinales son muy laxos. El sector del área quemada al norte del flanco de la anticlinal de Cardona presenta buzamientos muy débiles o nulos.

En consecuencia, se distinguen dos unidades estructurales de relieve:

Al sur, un relieve estructural de plegamiento con las formas tendiendo a adoptar la dirección estructural de los ejes de los pliegues, con laderas asimilables

a frentes y dorsos de cuesta, alternando según el sentido de buzamiento y mayor desarrollo de la red de drenaje subsecuente.

Al norte, un relieve estructural tabular sin orientación preferente de las formas. Las formaciones más competentes pueden originar escalones.

Edáficas

En general, los suelos del área estudiada son calcáreos, de textura moderadamente fina, con pocos o frecuentes elementos gruesos, y contenidos de materia orgánica en el horizonte mineral superficial que casi nunca sobrepasan el 4%. Desde el punto de vista de la profundidad del suelo, criterio que se utilizará para analizar el riesgo de degradación del suelo se pueden definir 4 clases:

- Profundidades inferiores a 30 cm, incluso inferiores a 15 cm, que se sitúan en plataformas estructurales y partes altas de dorsos de cuesta.
- Predominio de profundidades menores de 30 cm en laderas orientadas al sur.
- Predominio de profundidades entre 30 y 50 cm en laderas en otras exposiciones.
- Profundidades superiores a 75 cm en fondos de valle y laderas abancaladas de forma cóncava en planta.

Usos del suelo

La zona de El Solsonés afectada por el incendio presentaba superficies dedicadas a la explotación forestal (12 500 ha) y a la agrícola (6 000 ha). Estas actividades se complementaban con la explotación ganadera.

La explotación forestal comprendía el aprovechamiento de bosques de acicufolios (básicamente *Pinus nigra*) que, a causa del régimen de propiedad, básicamente privado, se gestionaban en función de los intereses de cada propietario y normalmente mediante la técnica del uroneo a diámetro fijo destinado a palo. La explotación agrícola se basa en un sistema de cultivos extensivos de secano (cultivo de cereales, principalmente, y de forrajeras). La explotación ganadera presenta las dos alternativas, por una parte intensiva y por otra aprovechamientos más extensivos de prados y del sotobosque y estrato herbáceo de masas forestales.

4. Resultados y discusión

Grado de afección del incendio

El mapa de afección del incendio en la cubierta vegetal se muestra en la figura 4. En la tabla 3 se muestra la superficie total afectada por el incendio en la comarca del Solsonés y desglosada para cada clase de afección; también se

representa el porcentaje que estas superficies representan respecto al total de la superficie afectada.

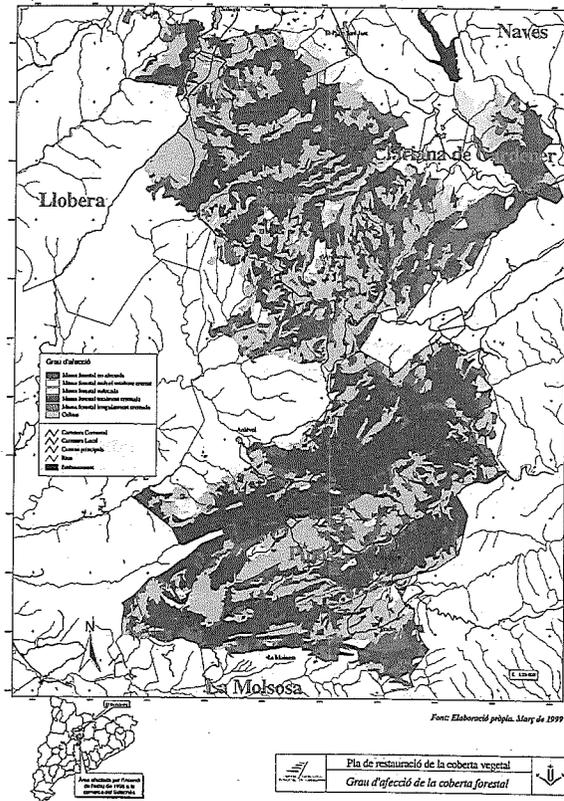


FIGURA 4. Mapa de grado de afectación del incendio

Grado de afectación de la cubierta forestal	Superficie ocupada (ha)	Porcentaje sobre la superficie total afectada (%)
No afectada (A)	135	1
Fuego de sotobosque (B)	866	7
Afectación irregular (F)	2587	21
Sofocada (C)	392	3
Totalmente quemada (D)	8467	68
TOTAL	12446	100

TABLA 3. Superficie forestal de cada clase de grado de afectación y porcentaje que representa respecto al área forestal afectada por el incendio en la comarca del Solsonés

Se puede observar que la mayor parte del territorio forestal fue afectada intensamente durante el incendio y que la segunda clase de importancia son las zonas irregularmente quemadas, en las que existe alguna posibilidad de regeneración de la cubierta.

Erosión actual

El grado de erosión actual se ha estimado en función de los rasgos erosivos observados en campo, se obtuvo una relación no lineal entre la erosión por salpicadura, laminar difusa y laminar concentrada, dando mayor énfasis a esta última por ser la que provoca mayores daños.

En la tabla 4 se observan las superficies afectadas en cada clase y el porcentaje respecto a la superficie total.

CLASE	SUPERFICIE (ha)	% RESPECTO TOTAL
Muy ligera	1677	14
Ligera	10606	86
Moderada	0	0

TABLA 4. Superficies correspondientes a las clases del mapa de erosión hídrica total

Como se había comentado al describir la precipitación después del incendio, la cantidad fue muy inferior a los valores medios y, además, la precipitación en el mes de enero fue en forma de nieve y, por lo tanto, menos erosiva; esto ha provocado que los rasgos erosivos sean débiles en la mayoría de la superficie.

Erosión potencial

Para deducir el grado de erosión potencial de manera cualitativa, se creó un modelo de erosión que combinaba los siguientes parámetros:

- Grado de afectación de la cubierta
- Forma en planta
- Pendiente

Los dos primeros se dedujeron del análisis de componentes principales y el último se introdujo como factor del relieve influyente en los procesos erosivos. Al primero de los términos se decidió darle mayor peso ya que era el que

representaba mayor porcentaje de explicación de la erosión, se basó en el siguiente modelo:

Erosión potencial = clase de afección * (clase de pendiente + clase de forma en planta).

La superficie perteneciente a cada clase de riesgo de erosión así como el porcentaje respecto a la superficie total se muestran en la tabla 5.

CLASE	SUPERFICIE (ha)	% RESPECTO TOTAL
1. bajo	2391	18
2. moderado	2315	18
3. alto	6482	50
4. muy alto	1740	13

TABLA 5. Superficies correspondientes a las clases del mapa de riesgo de erosión

Se puede observar que las superficies con riesgo de erosión alta o muy alta es muy superior a los datos de erosión actual, esto demuestra la necesidad de protección del suelo ya que aunque por ahora no se han desarrollado demasiado los procesos erosivos, la probabilidad de que ocurran es elevada.

Degradación de suelos

Para calcular el riesgo de degradación se ha utilizado como criterio además del riesgo de erosión, la profundidad actual del suelo; resultando un mayor riesgo de degradación cuando el suelo es poco profundo.

Los resultados se muestran en la figura 5 y las superficies y porcentajes de cada clase en la tabla 6.

CLASE	SUPERFICIE (ha)	% RESPECTO TOTAL
1. bajo	497	4
2. moderado	2910	24
3. alto	6204	51
4. muy alto	2637	21

TABLA 6. Superficies correspondientes a las clases del mapa de riesgo de degradación

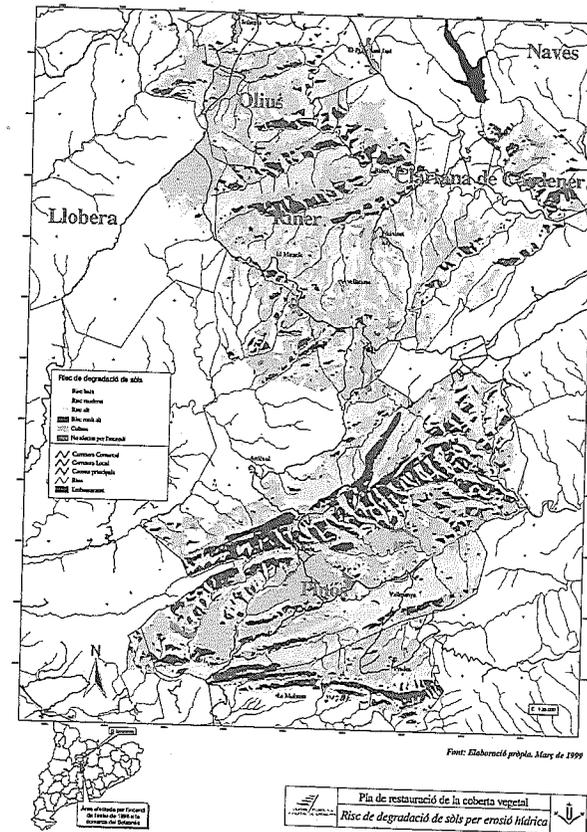


FIGURA 5. Mapa de riesgo de degradación

Al calcular el riesgo de degradación, la situación empeora, aumentando las superficies con riesgos altos y muy altos, ya que la mayoría de los suelos con elevado riesgo de erosión tienen poca profundidad de suelos.

5. Conclusiones

El mapa de grado de afección del fuego en la cubierta forestal permite plantear de forma más sencilla el estudio de aspectos más concretos como la regeneración natural, las reforestaciones, la introducción de nuevas especies, etc. En definitiva para permitir el estudio de alternativas en la planificación del territorio.

El análisis de los procesos erosivos actuales no ha aportado toda la información necesaria para definir el modelo de riesgo con precisión ya que los eventos erosivos después del incendio fueron muy débiles. Sin embargo, los resultados obtenidos sirven como una primera aproximación sabiendo que es necesaria más información.

El mapa de riesgo de degradación realizado permite delimitar las unidades prioritarias de actuación. Sin embargo, se ha calculado en función de una propiedad del suelo, su profundidad y existen otras propiedades del suelo que pueden influir en su degradación. Para posteriores estudios más detallados sería necesario disponer de la mayor información edáfica.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a Jordi Roca, Francesc Mora, Eduardo Rodrigo y Marc Cases los consejos y discusiones realizadas, así como la ayuda en los trabajos de campo y redacción; y a David Fargas y J. Antonio Martínez su ayuda en el procesamiento de los datos digitales.

Bibliografía

- LÓPEZ, H.J. Y J.A. ZINCK. 1991. GIS-assisted modelling of soil-induced mass movements hazards: A case study of the upper Coello river basin, Tolima, Colombia. *ITC Journal* 1991-4.
- PAPIÓ, C. 1994. Ecología del foc i regeneració en garrigues i pinedes mediterràneas. Institut de Estudis Catalans. Barcelona
- TERRADAS, J. 1996. Ecología del foc. Proa, Barcelona.

Caso II.4.3. Restauración de suelos en zonas mineras. Aplicación a la zona carbonífera del Bajo Segre (Lleida, España)

Resumen

En la subcomarca del Bajo Segre (Lleida, España) existen explotaciones mineras subterráneas de carbón que generan grandes cantidades de material de rechazo el cual se acumula en escombreras. La legislación española obliga a la rehabilitación del territorio afectado. La aridez del clima impide extrapolar metodologías de revegetación diseñadas para zonas más húmedas y el mantenimiento del riego resulta demasiado costoso. En este caso se plantea la rehabilitación a bajo coste, utilizando material de rechazo de la propia explotación minera junto con purín porcino, lodos de depuradora y paja. Se desarrollan metodologías con distintas combinaciones de los factores citados según la morfología del área afectada (zonas con o sin pendiente). La evolución de las propiedades edáficas, el recubrimiento de la superficie por parte de la vegetación y la tipología de la misma avalan la viabilidad del procedimiento propuesto.