

# Evaluación de la capacidad de uso y conservación de los montes de Peñaflor (Zaragoza)

por J. MACHÍN y A. NAVAS

Departamento de Edafología, Estación Experimental de Aula Dei (C.S.I.C.), Apartado 202, 50080 Zaragoza

Recibido: 10-10-1994

## ABSTRACT

*Machín, J. and A. Navas. 1994. Evaluation of the availability and conservation of the environment of Peñaflor mountains. An.Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza) 21(3): 173-182.*

*The fragile agrosystems of Peñaflor have very limiting edaphic and climatic conditions. As a result of poor land management in some areas, part of the vegetation cover of trees and shrubs has been destroyed, notably increasing soil erosion.*

*Conservation of these fragile landscapes requires first of all to identify the more sensitive areas being inappropriately used. An approach to assess land capability and to design land use applying GIS techniques is presented here.*

## INTRODUCCION

Los montes de Peñaflor, ubicados en la estepa zaragozana, reúnen caracteres edáficos limitantes y de semiaridez climática que los configuran como un ecosistema de gran fragilidad. La pérdida del recurso suelo en estas condiciones fisiográficas, donde la precipitación anual no supera los 350 mm, es irrecuperable.

En algunas zonas, el deficiente manejo de la tierra (agricultura extensiva y sobrepastoreo) y su impacto sobre los recursos edáficos puede conducir a la desertificación. Alteraciones topográficas por aterrazamientos, como las realizadas para reforestar, pueden agravar considerablemente la erosión al modificar la red de drenaje superficial y eliminar la cobertera vegetal, produciendo así un impacto que se traduciría en la pérdida del escaso suelo existente.

El rasgo más característico de estos montes y de mayor valor ecológico es el Vedado, que presenta un bosque de pino carrasco bastante preservado, aunque de extensión considerablemente inferior al original. La cobertera vegetal es aquí bastante más densa y de mayor diversidad que en otras áreas del entorno y además presenta gran capacidad de autopropagación.

La conservación de este agrosistema requiere la identificación de las áreas más frágiles y las de uso inapropiado con el fin de promover estrategias eficaces de

manejo. En este trabajo se utiliza un sistema de información geográfica (IDRISI) para integrar la información de base y diseñar, tras la evaluación de la tierra, un uso de la tierra adecuado.

## GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA DE LOS MONTES DE PEÑAFLOR

Los materiales geológicos de los montes de Peñaflor son miocenos y cuaternarios. El Mioceno está constituido por materiales evaporíticos, mayoritariamente yesos masivos de la Formación Zaragoza, además de margas y calizas. El Cuaternario está representado por terrazas, glaciais y vales. El paisaje se caracteriza por una topografía llana o suavemente ondulada, con pendientes entre 0 y 5° que corresponde a la morfología de los glaciais y terrazas, mientras que en su sector oriental los materiales calcáreos conforman un relieve más abrupto de colinas alomadas. Los yesos masivos de la Formación Zaragoza constituyen colinas, en su mayoría cubiertas por niveles antiguos de glaciais. Sobre estos materiales se encaja una red de barrancos bien diferenciada (Fig. 1).

Las unidades geomorfológicas incluyen formas de denudación y de acumulación. Entre las de denudación, las vales alcanzan un gran desarrollo y se encajan sobre glaciais, terrazas y facies yesíferas. Presentan un trazado de

tipo meandriforme, bien jerarquizado, constituyendo redes dendríticas. Los materiales son limos yesíferos y algunos cantos redondeados de yeso. A veces están incididos existiendo barrancos de paredes muy escarpadas. Cuando son funcionales y en episodios tormentosos pueden causar erosión de tierras de cultivo y caminos, así como enarenamiento de campos.

Las formas de acumulación más importantes son los glacis y terrazas fluviales. Las terrazas del río Gállego corresponden a la categoría de terrazas apareadas y están compuestas por gravas, además de arenas y arcillas. Los cantos son redondeados y de naturaleza poligénica.

Los glacis detríticos alcanzan un gran desarrollo y están formados por gravas, arenas y arcillas. Constituyen una cubierta de gran extensión que enlaza los relieves con los fondos aluviales. Los clastos son angulosos y de naturaleza monogénica fundamentalmente calcárea y yesífera. Se distinguen dos niveles, los altos que tienen un cierto grado de encostramiento, aunque la costra caliza es pulverulenta y no está muy cementada, y los bajos que no presentan costra y tienen menor pedregosidad.

Los glacis y terrazas de la zona están relacionados espacial y cronológicamente por lo que es frecuente observar indentaciones entre ambos.

Los yesos de la Formación Zaragoza presentan laderas desnudas y regularizadas con perfil convexo-cóncavo. Sólo en las partes bajas de las vertientes aparecen depósitos de limos yesíferos. No obstante, algunas laderas presentan recubrimientos de coluviones. La escasez de cobertura vegetal las hace muy susceptibles a procesos erosivos como la arroyada difusa y concentrada, la rigolización y el abarrancamiento.

## SUELOS

Los suelos se han clasificado conforme a la FAO-UNESCO (1989) en Cambisoles, Calcisoles, Gypsisoles, Leptosoles, Fluvisoles y Solonchaks. Sus principales propiedades físico-químicas se presentan en el Cuadro 1 y la Figura 2.

Los Leptosoles se ubican sobre colinas y laderas. Se desarrollan sobre un sustrato rocoso competente, constituido tanto por materiales calcáreos (Leptosoles líticos) como yesíferos. Son suelos muy superficiales, el espesor medio no supera los 20 cm, en los que frecuentemente aflora la roca. Presentan un perfil de tipo AR, cuyo horizonte A es de poco espesor. Cuando las pendientes son elevadas, presentan un alto riesgo de erosión.

Los Gypsisoles aparecen frecuentemente asociados con los Leptosoles y se desarrollan sobre materiales de relleno (limos, arenas, yesos) procedentes de las laderas y cabecera de los valles de fondo plano. Son profundos y

superan fácilmente el metro de espesor. Las texturas más frecuentes son las franco limosas y la pedregosidad es baja. Presentan un perfil desarrollado de tipo AB, a veces pueden presentar un horizonte petrogypsico de cierto endurecimiento. Son suelos fácilmente erosionables.

Los Fluvisoles son suelos de valles aluvio-coluviales que reciben aportes de sedimentos de forma intermitente, correspondiendo con la funcionalidad de los cursos de agua tras episodios tormentosos. Los materiales parentales son de relleno (limos, arenas, gravas) y proceden de las laderas y de la cabecera de los valles de fondo plano. Son profundos y superan fácilmente el metro de espesor. Las texturas más frecuentes son las franco limosas y la pedregosidad es muy variable. Presentan un perfil poco desarrollado y los contenidos en materia orgánica son medios-bajos.

Los Cambisoles se desarrollan sobre glacis y terrazas bajos. Los materiales parentales son predominantemente calcáreos en los glacis y poligénicos en las terrazas. Presentan perfiles bien desarrollados de tipo ABC. El riesgo de erosión es de bajo a medio. Las texturas más frecuentes son las francas. Tanto el drenaje externo como interno son adecuados.

Los Calcisoles se ubican sobre glacis altos y terrazas superiores presentando perfiles bien desarrollados de tipo ABC. Como principales características destacan la presencia de costra calcárea (Calcisoles pétricos) y elevados contenidos de gravas. Las texturas más frecuentes son las francas. Presentan formas topográficas ligeramente alomadas por los procesos de degradación erosiva. Las condiciones de drenaje interno y externo son favorables. El riesgo de erosión es medio. El espesor, variable en función de la profundidad de la costra calcárea, puede a veces superar los 60 cm.

Los Solonchaks se localizan en algunos tramos de fondos de valle. La superficialidad del nivel freático y sus sucesivas fluctuaciones determinan la presencia de propiedades sálicas, es decir con elevados valores de conductividad eléctrica ( $>4 \text{ dSm}^{-1}$ ) y altos valores de pH. Son profundos y generalmente presentan un mal drenaje, lo que se traduce en problemas de encharcamiento en alguna época del año. No tienen piedras y las texturas son predominantemente arcillosas o arcillo-limosas.

## CLIMA Y VEGETACION

La zona estudiada se sitúa dentro del sistema morfoclimático semiárido con influencia continental. Esta continentalidad se refleja en el estancamiento de las altas presiones durante el invierno (sobre todo en Enero y Febrero) y de las bajas de carácter térmico, en verano. El primer hecho se traduce en la formación de niebla y heladas, mientras que el segundo se resuelve frecuentemente en tormentas.

En los meses invernales y de comienzo de la primavera aparece el cierzo, viento fuerte, seco y frío con una humedad relativa de entre el 20 y 35 % y una velocidad media de 40 Km/h, que puede llegar a superar los 70 Km/h. Este hecho determina la escasa nubosidad de la comarca y que ésta sea de evolución rápida, lo que priva al suelo de una importante cubierta protectora.

El campo de Zaragoza queda comprendido entre las isoyetas de 300 y 400 mm y cuenta, como media, con unos 60 a 70 días de lluvia apreciable a lo largo del año. Las estaciones lluviosas corresponden a primavera y otoño y las precipitaciones mínimas corresponden a Julio y Agosto. Las frecuentes tormentas incrementan la erosión del suelo y dificultan la absorción de agua.

En cuanto a las temperaturas, la media anual es de 14° a 15° con temperaturas extremas elevadas y amplias oscilaciones térmicas diarias. La persistencia de temperaturas inferiores a los 0°C se traduce en heladas que se producen normalmente entre Octubre y Mayo, con una media para la comarca de 20 a 40 días anuales.

La aridez climática y los tipos de suelo, condicionan la vegetación existente en buena parte de los montes de Peñafior y limitan la diversidad de las formaciones vegetales. En la zona domina la garriga del coscojar y del lentiscar, caracterizada por la presencia de *Quercus coccifera* y *Pistacea lentiscus*. En la zona del Vedado existe un bosque de pino carrasco, con especies bien desarrolladas y adaptadas, que en la actualidad presenta un grado aceptable de propagación natural. También se encuentran sabinas y retamas.

En los Leptosoles de las colinas de yesos se encuentran *Helianthemum squamatum* y costra de líquenes en la parte alta, romerales con *Genista scorpius*, *Ononis tridentata*, *Gypsophila hispanica*, *Helianthemum squaratum* en las laderas, y el líquen blanco *Placodium* a ras de suelo. En las laderas de mayor pendiente aparecen más especies calcícolas (*Linum suffruticosum*, *Lithodora fruticosa*, *Thymus vulgaris*).

En los Fluvisoles y Gypsisoles de las vales destacan los albardineros, caracterizados por el albardín *Colygeum spartium*. Los Calcisoles permiten el desarrollo de matorrales de leñosas mediterráneas, como el tomillo, la aliaga y la ontina. En los Solonchaks se desarrolla la vegetación típica halófila constituida por *Sueda fruticosa*, *Sueda vermiculata*, *Salsola kali* y *Atriplex halimus*. Cuando en los fondos de valle, las condiciones de humedad son adecuadas aparecen tamarices, algunos de ellos son de gran porte.

En los campos de cultivo son típicas las comunidades de malas hierbas, caracterizadas por especies cosmopolitas como *Roemeria hybrida*, *Papaver rhoeas* e *Hypocoum pendulum*. Los cultivos son los tradicionales de secano (trigo y cebada).

## MATERIAL Y METODOS

Los sistemas de información geográfica son técnicas de gran utilidad y de uso creciente para la planificación del manejo de la tierra y la conservación del suelo dentro de un marco de uso racional de los recursos naturales. Con esta orientación la metodología aquí descrita ha sido también aplicada a otras zonas esteparias próximas del centro del valle del Ebro (Navas y Machín, 1993, 1994).

El SIG IDRISI, de gran utilidad para producir mapas temáticos, conectado a un modelo de elevación digital del terreno (Surfer) integra la información fisiográfica y de parámetros de suelo. Para la digitalización cartográfica se ha utilizado AUTOCAD 11.0 y la edición de imágenes se realiza con el programa COREL Draw 4.0. La evaluación de la tierra se ha realizado con el programa MicroLEIS, módulos CERVATANA y SIERRA (De la Rosa et al., 1992).

La base de datos está integrada por: topografía digitalizada a escala 1:5000, uso actual de la tierra (1:5000) y cartografías geológica, geomorfológica y edafológica (1:25000).

El muestreo de suelos a nivel de semidetalle totaliza 61 sondeos y entre las determinaciones analíticas se incluyen: pH, textura, pedregosidad, materia orgánica, carbonatos, yesos, sales, cationes y aniones.

Entre los mapas temáticos producidos a escala 1:25000, se incluyen: I) paisaje, pendientes y aspecto, II) uso actual de la tierra, clases de tierra y factores limitantes, III) capacidad de la tierra para uso agrícola y forestal, IV) riesgos de erosión.

## USO ACTUAL DE LA TIERRA Y CLASES DE TIERRAS

El mapa de uso actual de la tierra se ha elaborado a partir de la cartografía digital a escala 1:5.000 del término municipal de Zaragoza, elaborado por el Servicio de Técnica Fiscal del Ayuntamiento de Zaragoza, que identifica las áreas y dedicación de la tierra (Fig. 3).

De las 3693.4 ha de los montes de Peñafior, la distribución de los usos de la tierra y su superficie se presentan en el Cuadro 2.

La capacidad general de uso de la tierra se ha determinado mediante el módulo CERVATANA, a partir del cual se obtienen cuatro clases, de excelente a marginal (Fig. 3). Esta evaluación cualitativa de la tierra considera los siguientes factores limitantes: a) pendiente, b) profundidad útil, textura, pedregosidad, drenaje y salinidad, c) riesgos de erosión: pendiente, erodibilidad del suelo, erosividad de la lluvia y densidad de vegetación y d) deficiencia bioclimática, humedad y riesgo de heladas.

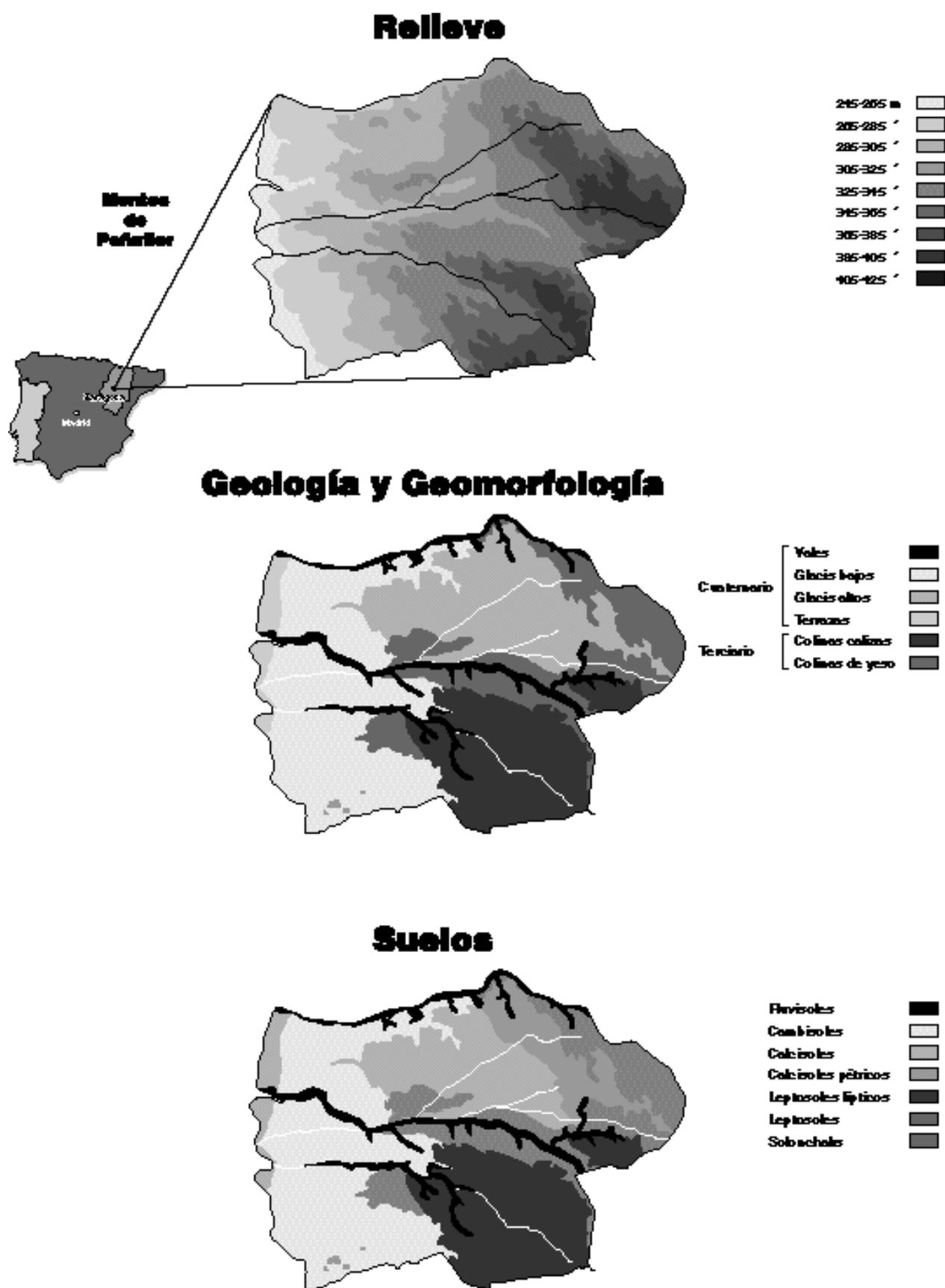
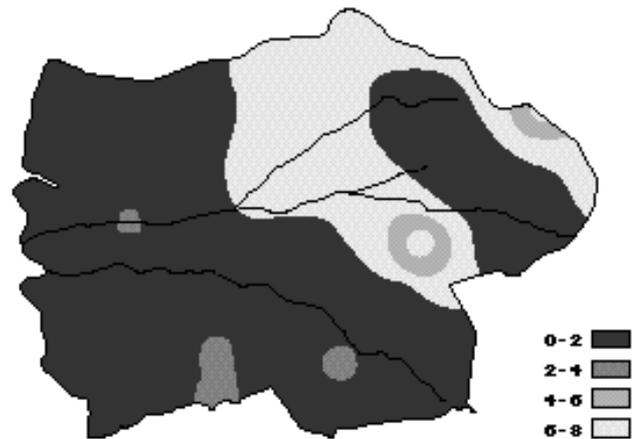
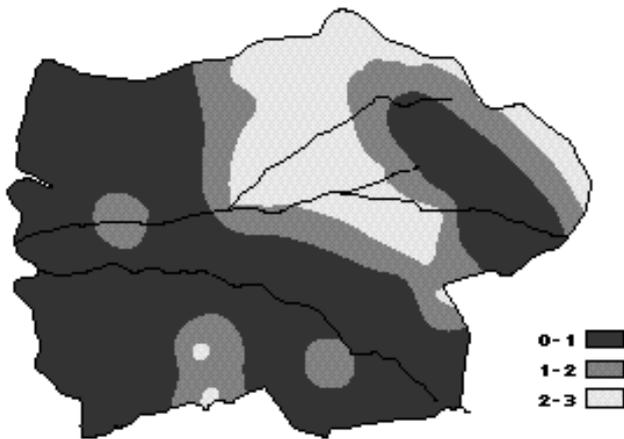
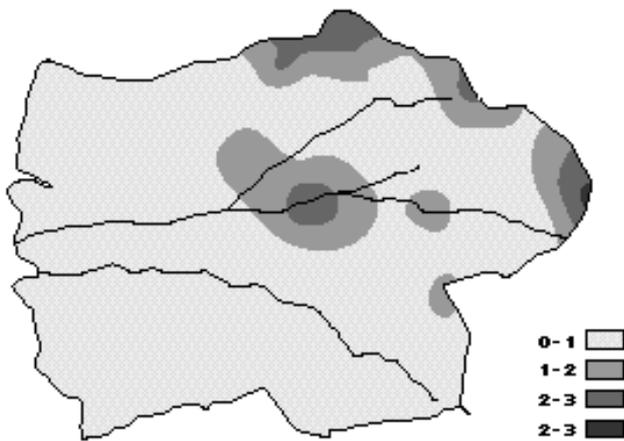


Figura 1. Localización geográfica, relieve, Geología, Geomorfología y tipos de suelos de los montes de Peñaflor.

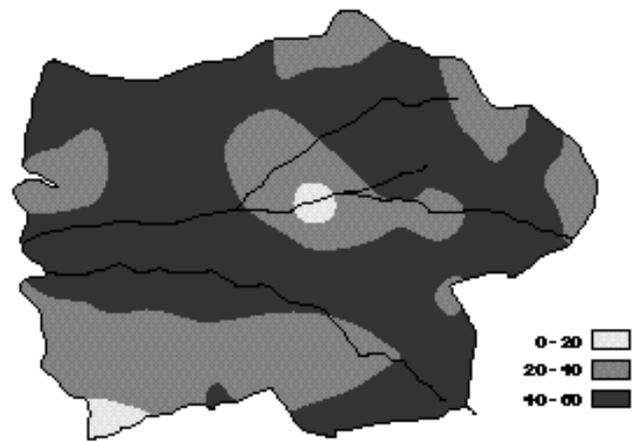
**Conductividad eléctrica 1/8 (dS m<sup>-1</sup>)      Conductividad eléctrica (ee) (dS m<sup>-1</sup>)**



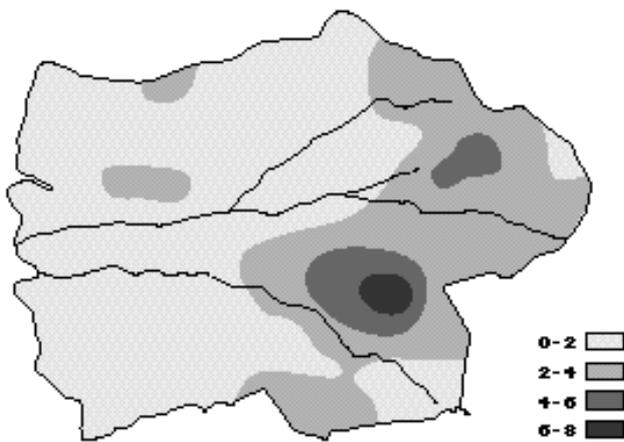
**Yesos (%)**



**Carbonatos (%)**



**Materia orgánica (%)**



**Pedregosidad (%)**

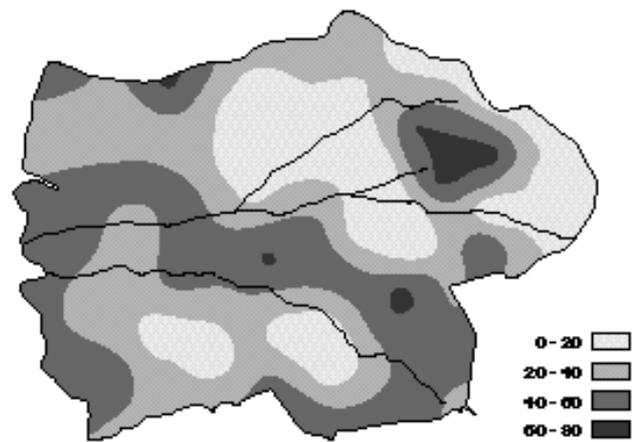
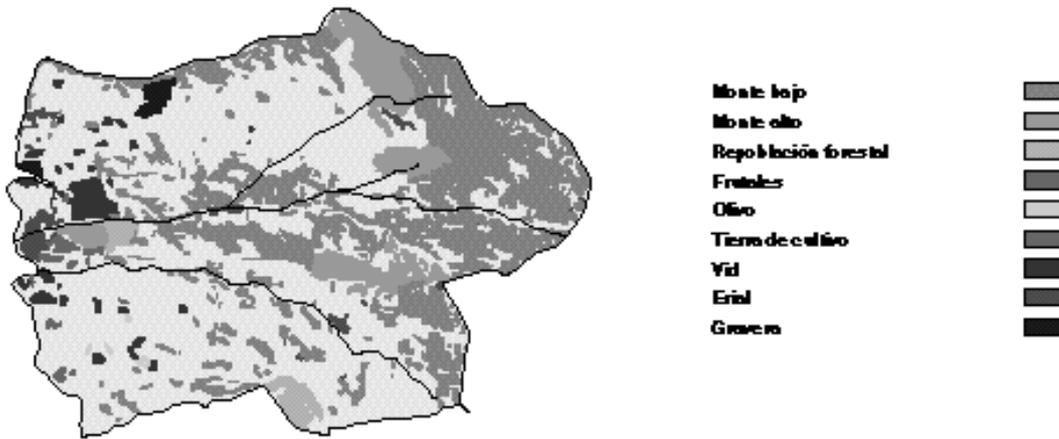


Figura 2. Mapas de isóneas de conductividad eléctrica (1/8 y extracto saturado), yesos, carbonatos, materia orgánica y pedregosidad.

### Uso actual de la tierra



### Clases de tierra y factores limitantes

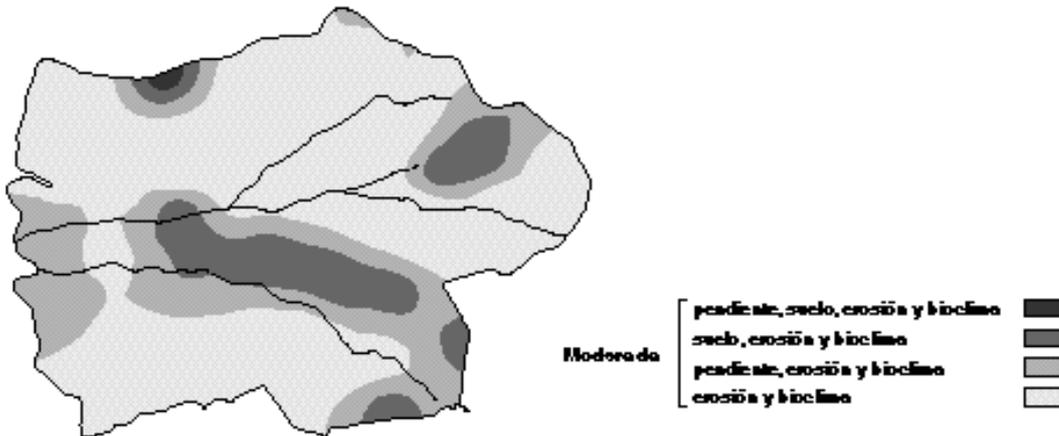
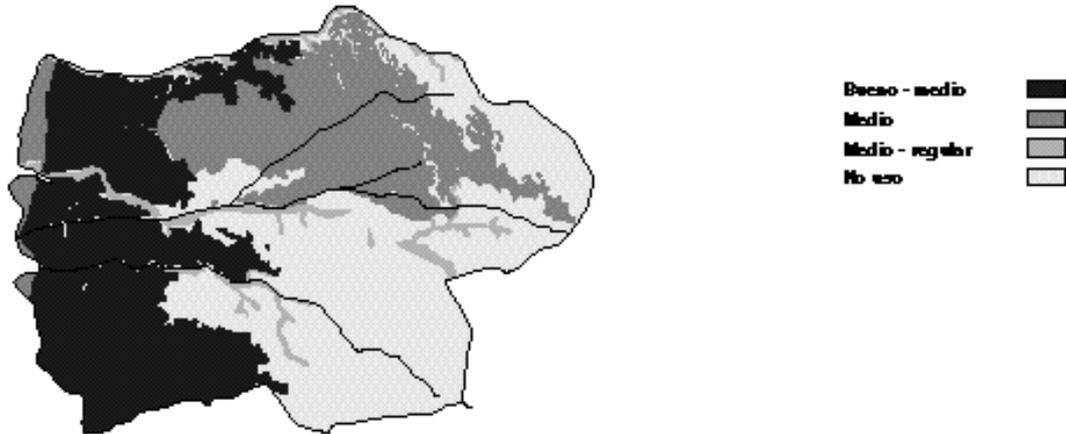


Figura 3. Mapas de uso actual y de clases de tierra y factores limitantes.

### Uso agrícola en pendientes de 0 a 8°



### Uso forestal en pendientes de 0 a 17°

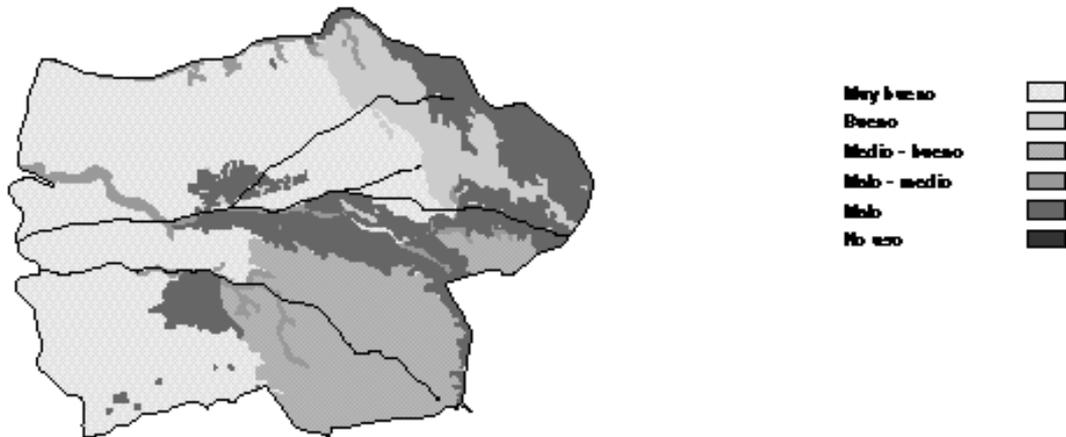


Figura 4. Planificación de uso agrícola en pendientes de 0 a 8° y de uso forestal en pendientes de 0 a 17°.

### Riesgos de erosión



Figura 5. Mapa de riesgos de erosión.

Cuadro 1. Parámetros físico-químicos de los suelos de los montes de Peñaflor.

	<b>n</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>
<b>Salos 1/5 dS m<sup>-1</sup></b>	61	0.15	2.93	1.04
<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	61	7.53	8.41	7.96
<b>pH KCl</b>	61	7.36	8.00	7.64
<b>CaCO<sub>3</sub> %</b>	61	2.37	60.60	41.11
<b>Materia Orgánica %</b>	60	0.52	7.75	1.99
<b>Yesos %</b>	60	1.81	66.67	11.70
<b>Salos e.s. dS m<sup>-1</sup></b>	24	2.18	7.47	2.83

	<b>LEPTOSOLES</b>	<b>LEPTOSOLES LÍTICOS</b>	<b>CAMBISOLES</b>	<b>CALCISOLES</b>	<b>CALCISOLES PÉTRICOS</b>
	<b>n=13</b>	<b>n=10</b>	<b>n=20</b>	<b>n=12</b>	<b>n=4</b>
<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	8.0	8.1	8.0	7.8	8.0
<b>CE 1/5 dS/m</b>	1.7	0.4	0.6	1.6	0.4
<b>CE e.s. dS/m</b>	3.6	2.5	2.4	2.4	-
<b>SAR</b>	5.0	-	-	-	-
<b>Materia Orgánica %</b>	1.9	3.1	1.6	1.4	3.6
<b>Carbocantos %</b>	37.3	47.1	38.4	42.3	49.6
<b>Yeso %</b>	23.9	4.3	5.7	12.6	3.6
<b>Pedregosidad %</b>	16.5	41.6	37.4	19.6	58.1
<b>Retención agua %</b>	20.5	17.0	14.3	16.7	19.7

Conforme a esta evaluación, las tierras de los montes de Peñaflo se incluyen en la clase moderada, siendo los principales factores limitantes el bioclima y el riesgo de erosión.

Cuadro 2. Superficie y distribución de los usos de la tierra.

Tipo de uso	Superficie	
	ha	%
monte bajo	771.3	20.9
monte alto	198.4	5.4
repoblación forestal	52.1	1.4
frutales	16.7	0.5
olivo	4.6	0.1
cultivos herbáceos	2546.3	68.9
vid	59.9	1.6
erial	43.9	1.2
graveras	0.2	0.01

## CAPACIDAD POTENCIAL DE USO DEL SUELO: AGRÍCOLA Y FORESTAL

La capacidad potencial del suelo para uso agrícola y forestal se ha evaluado a partir de las cartografías de pendientes y suelos, considerando además las características fisiográficas de la zona.

Para el uso agrícola y atendiendo a problemas de erosión y de traficabilidad y manejo de equipos mecánicos, se han considerado tres niveles de pendiente de 0 a 5°, 5 a 8° y 0 a 8°. Los suelos de más de 8° de pendiente se excluyen del uso agrícola. En cuanto a la calidad de los suelos, considerados éstos por orden decreciente son: Cambisoles, Calcisoles, Fluvisoles y Gypsisoles, mientras que los Leptosoles y Solonchaks no son aptos para el cultivo agrícola.

Tras la asignación de valores en la matriz “pendiente x tipo de suelo” se obtiene una estimación del uso agrícola de bueno a no uso conforme se presenta en la Figura 4. El “no uso” incluye a los Leptosoles y Solonchaks en cualquier pendiente, y a todos los demás suelos en pendientes superiores a 8°.

Por tanto, los usos agrarios deben restringirse a los Fluvisoles, los Cambisoles desarrollados sobre los glaciares bajos y los Calcisoles de las terrazas y glaciares altos, que son los suelos más productivos y en consecuencia los más adecuados para el uso agrícola.

En cuanto al uso forestal y en relación con la pendiente, se han considerado cuatro niveles: de 0 a 5°, de 5 a 8°, de 8 a 17° y > 17°, este último excluido para el uso forestal. En cuanto a los suelos, considerados éstos en orden decreciente de calidad son: Cambisoles, Calcisoles, Fluvisoles, Gypsisoles y Leptosoles. Los Solonchaks no son aptos para el uso forestal.

El resultado final de la matriz “pendiente x tipo de suelo” da una estimación del uso forestal desde bueno a no uso (Fig. 4). El “no uso” incluye a los Solonchaks y a todos los demás suelos con pendientes superiores a 17°.

El uso forestal de la tierra se ha evaluado mediante el módulo SIERRA, que selecciona hasta un total de 22 especies forestales representativas del área mediterránea y apropiadas para cada unidad de tierra.

Para determinar las condiciones mínimas de la tierra necesarias para el crecimiento de una especie, el programa valora los siguientes factores limitantes: a) latitud, altitud y posición fisiográfica, b) profundidad útil, textura, drenaje y pH, c) temperaturas máxima y mínima y precipitación.

Conforme al procesado de datos analíticos, sobre un total de 61 puntos muestreados, 60 son aptos para la implantación de especies forestales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especies forestales aptas para implantación.

Especie seleccionada	nº de veces	%
Olivo	60	55.6
Pino carrasco	33	30.6
Chopo blanco	5	4.6
Chopo temblón	5	4.6
Encina	5	4.6

El olivo y el pino carrasco, por este orden, son las especies arbóreas mejor adaptadas a las condiciones edáficas y climáticas de estos montes, sobre todo en los Leptosoles líticos que se desarrollan sobre las colinas calcáreas.

Sobre los Leptosoles de las laderas y colinas yesíferas que sustentan una cubierta vegetal arbustiva escasa y bastante degradada, únicamente se propone una protección pasiva del suelo, evitando el sobrepastoreo y roturas, con objeto de recuperar y mejorar la vegetación ya existente.

## RIESGOS DE EROSION

Los usos incorrectos tanto agrícolas, como forestales y ganaderos, producirían impactos ambientales que se reflejarían fundamentalmente en el incremento de la erosión.

Para identificar las áreas más sensibles se ha realizado un mapa de riesgos de erosión atendiendo a criterios de pendiente y tipos de suelo (Fig. 5). En relación con la pendiente y su efecto sobre la erosión, se han considerado los cinco niveles siguientes: 0 a 2°, 2 a 5°, 5 a 8°, 8 a 17° y > 17°. Los suelos de menos a más erosionables son: Cambisoles, Calcisoles, Leptosoles, Fluvisoles, Gypsisoles y Solonchaks. Para pendientes superiores a 17° todos los suelos presentan un riesgo de erosión muy alto.

La valoración de la matriz "pendiente x tipo de suelo" permite evaluar los riesgos de erosión y delimitar zonas de distinto riesgo. Como se observa en la Figura 4, hasta un 63% de su superficie presenta riesgo de erosión de alto a muy alto.

## CONCLUSIONES

Las actuaciones agrícolas y forestales que no se circunscriban a las áreas descritas como aptas para tales usos en los mapas temáticos de uso agrícola y forestal, podrían incrementar considerablemente el riesgo de erosión, afectando así a los diversos recursos naturales de la zona, paisaje, biotopo y fundamentalmente al suelo por su fragilidad.

El Vedado de Peñaflor cuenta con ejemplares de pino carrasco de gran porte además de sabinas y algunas encinas. Sobre esta superficie de bosque de casi 200 has, se debe realizar una protección activa, ya que además de los valores naturales específicos de este ecosistema constituye un enclave paisajístico de gran interés. Por su capacidad de autopropagación se debería considerar la posibilidad de reservar progresivamente los espacios colindantes para tal fin.

## RESUMEN

Los agrosistemas de los alrededores de Zaragoza presentan unas limitantes edáficas y climáticas que determinan su fragilidad. Los montes de Peñaflor, aunque en la zona del Vedado conservan un sector de bosque de pino carrasco altamente preservado, han sido objeto de un deficiente manejo de la tierra que al destruir la cobertura vegetal e incrementar la erosión, puede conducir a la pérdida definitiva del recurso suelo. En este trabajo se utiliza el sistema de información geográfica IDRISI para, tras evaluar la capacidad de la tierra, identificar las áreas más frágiles y proponer un uso adecuado de la tierra que conserve estos recursos naturales.

## BIBLIOGRAFIA

- De la Rosa D, Moreno JA, García LV, Almorza J** (1992) MicroLEIS: A microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system. **Soil Use and Management**. 8 (2): 89-96.
- FAO-UNESCO** (1989) Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. Roma.
- Navas A, Machín J** (1993) Assesment of soil erosion in marginal semiarid agrosystems of the Zaragoza country (Spain). In: Soil Erosion in semiarid mediterranean areas. Taormina. Italia.
- Navas A, Machín J** (1994) Land use planning of saline steppes in Zaragoza province using GIS techniques. In: Problems and Management of Soil Salinization-Alkalinization in Europe. Budapest-Karcag. Hungary.