

EVALUACION DE LA APTITUD PARA USOS AGRONOMICOS (AGRICOLAS, FORESTALES Y GANADEROS) DE LOS SUELOS DEL SECTOR NOROCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA (GRANADA). ANALISIS DE ZONAS PILOTO Y EXTRAPOLACION DE LAS CLASES DE APTITUD A LA TOTALIDAD DEL AREA

R. DELGADO CALVO-FLORES¹, M. SÁNCHEZ MARAÑÓN², G. DELGADO CALVO-FLORES¹
y J. PÁRRAGA MARTÍNEZ¹

RESUMEN

La vertiente Noroccidental de Sierra Nevada es un área de gran importancia por su cercanía a la ciudad de Granada y por sus grandes posibilidades de empleo, hoy sometidas a controversia.

Este trabajo constituye un ejemplo de un proceso de evaluación elaborado específicamente para este sector de montaña, basado en el esquema para la evaluación de tierras de la FAO (1976).

La evaluación de zonas piloto y la definición de caracteres físicos diagnósticos es una de las principales fases del proceso de evaluación para usos agronómicos.

Las zonas piloto seleccionadas son la cuenca alta del río Dilar, como representante de la climosecuencia de suelos presentes en Sierra Nevada (cotas de 1.450 a 3.398 m), y la Dehesa del Camarate, como representante de los bosques autóctonos (1.700 a 2.500 m de cota).

La aptitud de estas zonas piloto se califica mediante caracteres físicos diagnósticos, tales como la unidad taxonómica de suelos según la Soil Taxonomy, el valor de la pendiente, la rocosidad y la pedregosidad superficiales, el pH del suelo, el contenido de fragmentos gruesos, el espesor del «sólum» y el intervalo de cota.

La última fase consiste en la interpretación de un mapa básico de suelos a escala 1:50.000, mediante factores físicos diagnósticos de la aptitud, establecidos en las zonas piloto.

La mayor parte de la zona no es apta para usos agrícolas por causas climáticas, topográficas y de fertilidad de los suelos, sólo en pequeñas áreas la aptitud es marginal (clase A3). Los usos forestales con labores manuales o poco mecanizadas son los más idóneos para el sector (clase A1 y subclase A2s). La modalidad de uso ganadero más favorable es la de pastizal de verano con trashumancia. Existen pocas zonas con aptitud para la creación de pastos.

Los mapas de suelos constituyen una base adecuada para la evaluación, en términos biofísicos, de la aptitud para usos agronómicos y la planificación de las áreas de montaña.

1. INTRODUCCION

Las demandas de la actual sociedad española exigen la explotación de los recursos que ofrecen las

áreas de montaña, como son el agua, la madera, los pastos, el deporte, el turismo, etcétera, por otro lado, escasos en el resto del territorio. Las zonas de montaña, por la agresividad de su clima y lo inestable de sus vertientes, están expuestas a ritmos de generativos importantes de los recursos, la mayoría no renovables, como es el caso del suelo. La necesidad de explotación y la fragilidad de las áreas de montaña exigen una planificación cuidadosa que

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada

² Servicio de Estudios e Informes. IARA, Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla

contemple de forma conjunta rendimientos e impactos medioambientales. El macizo de Sierra Nevada se encuentra afectado por estos problemas, ya que una parte importante de los usos ancestrales han visto su declinar y la sociedad demanda otros nuevos.

Los empleos de esta zona de montaña han sido tradicionalmente la agricultura en zonas periféricas por debajo de 2.100 m, el pastoreo transhumante a la búsqueda de pastos frescos y la utilización de los bosques para madera y leña, a veces empleando las repoblaciones forestales. Otras actividades esporádicas como la minería han tenido sólo una importancia transitoria y han sido abandonadas por los bajos beneficios que se derivaban de ellas. Asimismo, y explotada desde tiempos muy antiguos a través de sus ríos, Sierra Nevada es la reserva hidrológica que permite el abastecimiento de agua para el consumo humano en Granada y la puesta en riego de gran parte de la vega granadina.

En los últimos tiempos, Sierra Nevada ha sido objeto de una gran presión por amplios sectores de la sociedad con fines, en muchas ocasiones, opuestos. Así su situación al Sur de la Península Ibérica y su altitud condicionan un clima especial que hace de este área una reserva ecológica de primera magnitud, en la que habría que destacar la presencia de un gran número de especies vegetales y animales endémicas, que justificarían su protección como reserva natural o parque. Por otra parte, se ha propuesto la ampliación de los usos como área de servicios, tales son las urbanizaciones, zonas de recreo, los deportes de invierno, etcétera.

Por las razones antedichas iniciamos una serie de trabajos tendentes a la estimación de la aptitud para usos agronómicos del sector Noroccidental de Sierra Nevada, por interpretación de un mapa básico de suelos y otros datos del medio físico recogidos ex profeso.

Existen cuatro razones importantes para afirmar que el suelo y los levantamientos de suelos son una base adecuada para la evaluación de tierras y la posterior planificación de uso: 1) Los caracteres intrínsecos del suelo condicionan en buena medida, la productividad de las especies vegetales y animales que pueden vivir en un área. 2) El suelo es el resultado de la acción conjunta de factores físicos y biológicos: clima, roca, relieve y vegetación durante períodos de tiempo variable; asimismo, se afec-

ta por diversas actividades humanas. Por tanto, un estudio de la distribución y las características de los suelos de un área va precedido de un análisis de los mencionados factores, que, a su vez, son caracteres importantes en la evaluación y planificación de uso de la tierra. 3) Los suelos son parte fundamental de los ecosistemas de montaña y su erosión y degradación implican, por tanto, la destrucción de otros recursos como los bosques a los pastos. 4) El suelo como recurso es no renovable a la escala humana; su manejo debe presuponer entonces una regeneración difícil o casi imposible.

El método de evaluación de aptitud ha sido elaborado específicamente para el sector Noroccidental de Sierra Nevada y puede ser adaptable a todo el resto de la montaña mediterránea. Este fue el tema de un trabajo anterior (DELGADO CALVO-FLORES *et al.*, 1987) y buscando la coherencia de todo el estudio se ha resumido el método en la Figura 1.

El objeto de este trabajo es el análisis de las zonas piloto, la obtención de los caracteres físicos diagnósticos y la clasificación de aptitud del área para los usos evaluados, a partir de los datos incluidos en un mapa básico de suelos (SÁNCHEZ MARANÓN *et al.*, 1987c).

En primer lugar, se eligen zonas que representen a la totalidad del área y que hayan sido estudiadas con gran detalle (zonas piloto); en ellas se analizan las características y cualidades de los suelos, clima y topografía, procediendo al levantamiento de los tipos de tierras. Clasificada la aptitud de las zonas piloto para diferentes usos, se invierte el esquema de evaluación para deducir los caracteres del medio físico que son diagnósticos en la aptitud, haciendo extensibles los resultados al resto del área.

En la clasificación de aptitud adoptada para los diferentes usos, se establecen dos órdenes: apto y no apto, tres clases en el orden apto: A1 (altamente

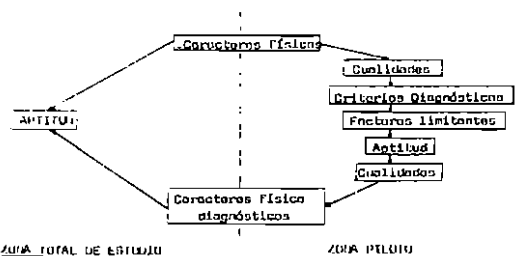


Fig. 1. Esquema general del proceso de evaluación.

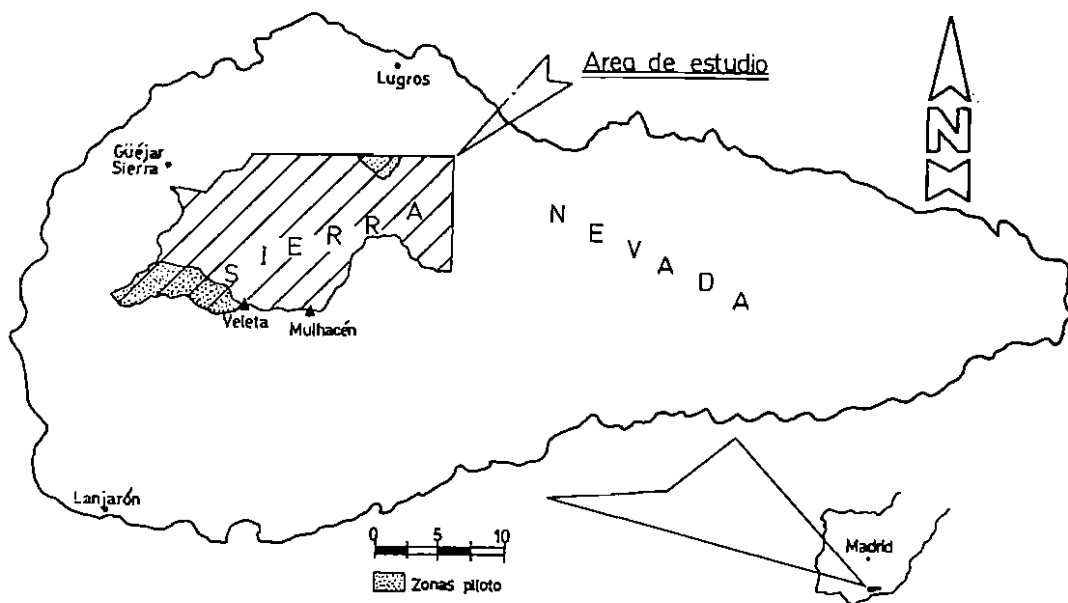


Fig. 2. Localización de las zonas piloto y área total de estudio.

apta), A2 (moderadamente apta) y A3 (marginalmente apta), y tres subclases que se indican por letras sufijo y aluden al tipo de limitación: «m» limitadas las labores agronómicas por causas diversas, «s» limitaciones intrínsecas del suelo, «c» limitaciones climáticas.

El área global de estudio, con unos 220 km² de extensión, ocupa el núcleo cristalino desde los 1.250 m hasta el pico Mulhacén (3.482 m), marcando en la hoja topográfica 1.027 a escala 1:50.000 toda la vertiente Norte sobre zonas silíceo-metamórficas, a excepción de aquellas sometidas a fuerte presión antrópica por su cercanía al pueblo de Güejar Sierra (Fig. 2). La elección de este sector de la Sierra se realizó en base a los condicionantes socioeconómicos derivados de su proximidad a la ciudad de Granada, su interés ecológico (incluye la cabecera del río Genil y reductos de bosques autóctonos bien conservados) y por presentar a la mayor parte del macizo.

Las zonas piloto escogidas (Fig. 2) son la del Barranco del río Dilar (zona I-BD) y la Dehesa del Caramarate (zona II-DC). La zona I representa a la casi totalidad de los suelos y paisajes del área (sector Noroccidental) exceptuando algunas áreas boscosas autóctonas; fue estudiada con detalle por

DELGADO CALVO-FLORES (1977 y 1980) y en los aspectos de fertilidad de los suelos por SÁNCHEZ MARANÓN *et al.*, (1987b). Ocupa toda la cuenca de recogida de aguas del río Dilar desde el pico Veleta hasta los 1.450 metros de altitud, en el contacto cabalgante entre las rocas nevádides y alpujárrides. La zona piloto II se ubica en una de las principales áreas boscosas autóctonas, que según RUIZ DE LA TORRE (1971) representa casi un tercio de la superficie ocupada hoy por especies arbóreas. Fue estudiada edafológicamente por PÁRRAGA (1980) y ocupa la cabecera del río Alhama entre 1.700 y 2.500 metros.

Por último, referiremos algunos antecedentes de evaluación o planificación de Sierra Nevada teniendo en cuenta que ninguno de ellos se basa en los suelos. PEZZI y GARCÍA-ROSSELL (1978) elaboran un mapa de unidades paisajísticas con incidencia en los parámetros geomorfológicos. MARTIN *et al.* (1982), autores del Avance del Plan Especial de Protección del Macizo de Sierra Nevada, dividen el área en zonas con diferentes niveles de protección en base a geología, vegetación, fauna, geografía humana, suelos, etcétera. EGEOGRAN (1983) realiza un estudio sobre las posibilidades de reordenación del suelo en la Alpujarra, a partir de da-

tos del medio físico y subordinado a núcleos de población, cuyos resultados no son aplicables estrictamente a Sierra Nevada. Finalmente, en el Plan Especial de Protección del Medio Físico y Catálogo de Especies y Bienes Protegidos de la Provincia de Granada (1985), la sierra aparece considerada en varias unidades de características naturales y socio-territoriales, con una marcada orientación proteccionista de la vertiente Norte.

2. ANALISIS DE LA ZONA PILOTO I

2.1. Características de los suelos, topografía y clima

Conviene recordar, en primer lugar, que suelo, topografía y clima son factores fundamentales en la definición de tierra (FAO, 1976). Al referirnos a los suelos lo haremos con la nomenclatura de la Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 1975).

- La profundidad real (límite inferior representado por un nivel inerte al crecimiento de las plantas) sigue la tendencia del desarrollo edáfico asimilándose en conjunto a la profundidad del «sólum». Inceptisoles y Mollisoles son de mayor espesor, entre 50 y 100 cm y los Entisoles, en general, menor de 50 cm, próximos a 30 cm.
- La textura es en casi todos los casos franco-arenosa y franca y rara vez franco-limosa. El porcentaje de fragmentos gruesos es muy elevado, siendo, en la mayoría de los casos, superior al 50%.
- El pH es ácido, entre 4,5 y 6,5, en todos los suelos.
- La capacidad de cambio de Inceptisoles y Mollisoles se encuentra en torno a 10 meq/100 g, mientras que en Entisoles baja hasta 5 meq/100 g.
- Las saturaciones de bases son de 35, 50 y 80% según se trate de Inceptisoles, Entisoles y Mollisoles, respectivamente.
- Los contenidos de materia orgánica de los suelos de los borreguiles y los Inceptisoles de mayor cota y poca pendiente con epipedón úmbrico están alrededor de 6 a 8% e incluso superiores en la capa arable, el resto presenta valores menores de 3% e inferiores al 1% en los

Entisoles e Inceptisoles de las laderas más secas.

- El contenido de nutrientes actual no es muy favorable, dado que los suelos están moderadamente desaturados o desaturados, debido al intenso lavado a que están sometidos y por tratarse de sustratos no excesivamente ricos en bases. No obstante, la existencia de un gran porcentaje de minerales meteorizables, esencialmente micas, además de ser suelos de poco espesor sujetos a continua renovación y con un grado de meteorización moderado a bajo, hace pensar en una mayor fertilidad potencial.
- Las reservas de agua están en relación con el espesor del suelo, de modo que los Entisoles tienen menor reserva, 30 a 35 mm, y la mayoría de los Inceptisoles y Mollisoles entre 45 y 60 mm.
- Las pendientes son, en su mayor parte, escarpadas (25-55%) y muy escarpadas (más de 55%), le siguen en importancia las moderadamente escarpadas (13-25%); finalmente, las inclinadas y las zonas llanas (menores de 13%) son puntuales y de muy poca extensión.
- En general, los suelos son muy pedregosos a excesivamente pedregosos y rocosos a muy corosos (FAO, 1977).
- Refiriendo el clima a la clasificación agrológica de PAPADAKIS (1980), aparecen los siguientes grupos climáticos: Mediterráneo templado por debajo de 1.416 m, Mediterráneo templado fresco entre 1.416 y 2.656 m, Mediterráneo templado fresco a polar entre 2.656 y 3.172 m, y polar por encima de 3.172 m de altitud.

2.2. Cualidades de la tierra para usos agronómicos

a) *Cualidades relacionadas con las labores agrícolas.* Las Figuras 3, 4 y 5 muestran, respectivamente, la distribución espacial de las distintas clases de cualidades presentes en el área: *esfuerzos de arrastre, obstáculos a la mecanización y posibilidades de riego.*

Prácticamente, toda la zona piloto frente a estas cualidades presenta severas limitaciones a la mecanización y al riego, únicamente existen algunas manchas que se corresponden con aluviales de río,

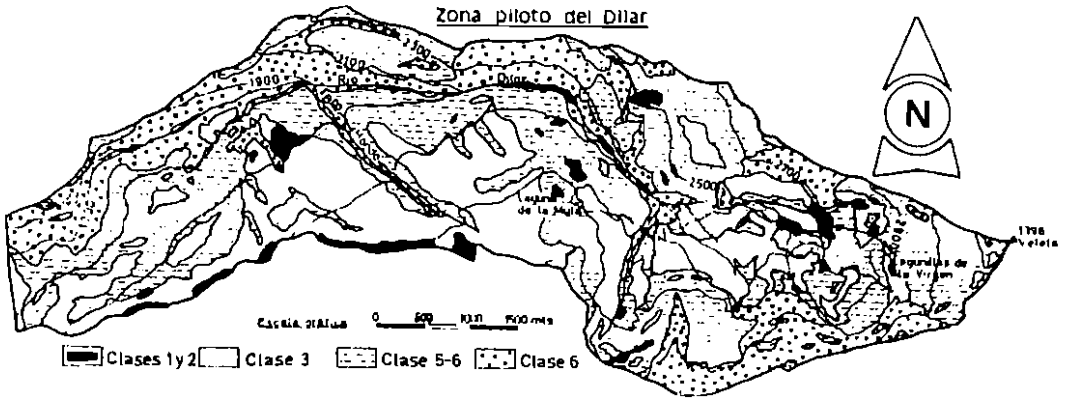


Fig. 3. Cartografía de las clases de limitaciones a la mecanización en función de la pendiente.

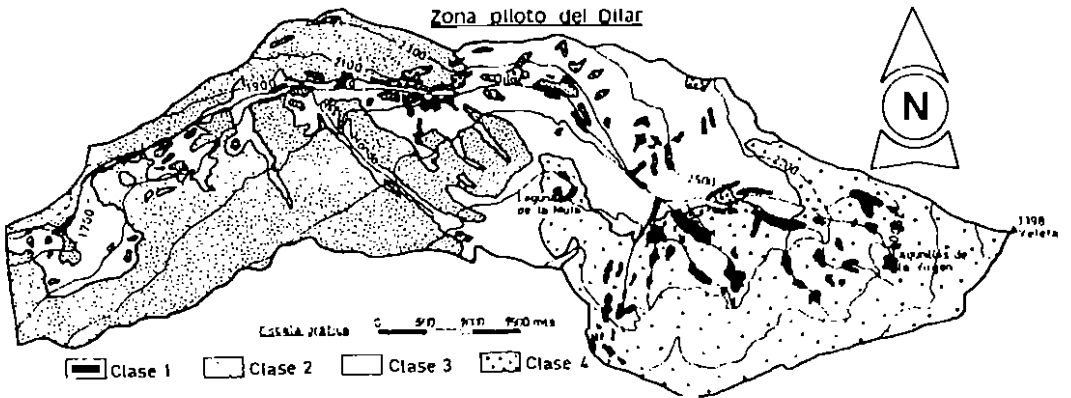


Fig. 4. Cartografía de las clases de obstáculos a la mecanización en función de la rocosidad y pedregosidad superficial.

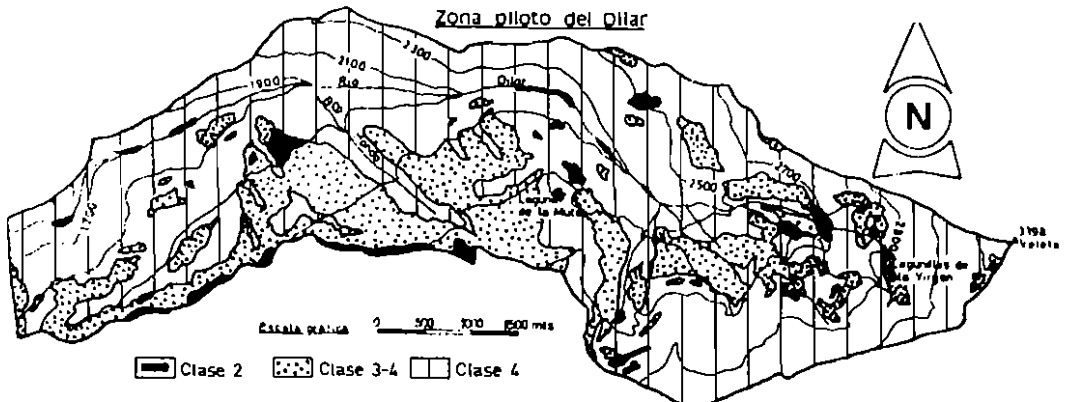


Fig. 5. Cartografía de las clases de aptitud para el riego en función de la pendiente.

rellanos y circos glaciales (zonas con la clase 1, 2 y 3 de *esfuerzos de arrastre*; 1 y 2 de *obstáculos a la mecanización*) que presentan condiciones más favorables, pero, en general, cuando el valor de la pendiente no excluye el uso de maquinaria lo hace la rocosidad y pedregosidad o viceversa. La mayor parte del área es *no apta* (clase 4) y *poco apta* (clase 3) para el riego debido a la fuerte inclinación de las laderas.

En algunos casos se han separado en el mapa zonas que pertenecen a clases mixtas, dado que los valores reales en el área coinciden con los valores límite entre dos clases, por lo que este acuerdo parece tener más consistencia que la adjudicación arbitraria a una u otra clase. Así, por ejemplo, la clase 5-6 en la cualidad de *esfuerzo de arrastre* en fun-

ción de la pendiente, se estableció porque los valores más comunes de la pendiente en el área que representan están alrededor del 50%, límite entre ambas clases.

En relación a las cualidades de *facilidad para el arado* y *accesibilidad*, no se han expresado los resultados de forma cartográfica, ya que en el primer caso todo el área se califica *sin limitaciones* para el arado (textura de los suelos franco-arenosa) y de *mala* accesibilidad respecto a la segunda cualidad.

b) *Cualidades relacionadas con el crecimiento de las plantas*. La ubicación de las clases de *disponibilidad de nutrientes* puede verse en la Figura 6, en función del grado de saturación de bases y el pH, y en la Figura 7 en función de la capacidad de cambio y el contenido de materia orgánica. Para la represen-

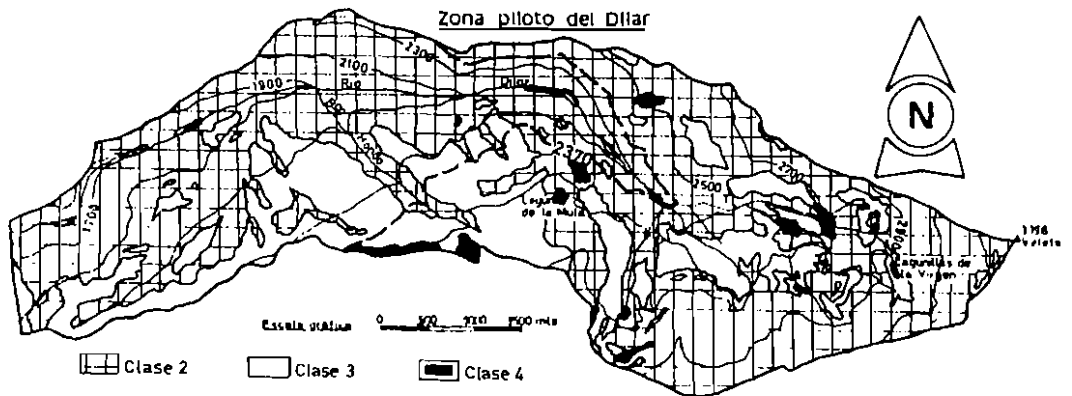


Fig. 6. Cartografía de las clases de disponibilidad de nutrientes en función del grado de saturación de bases y el pH.

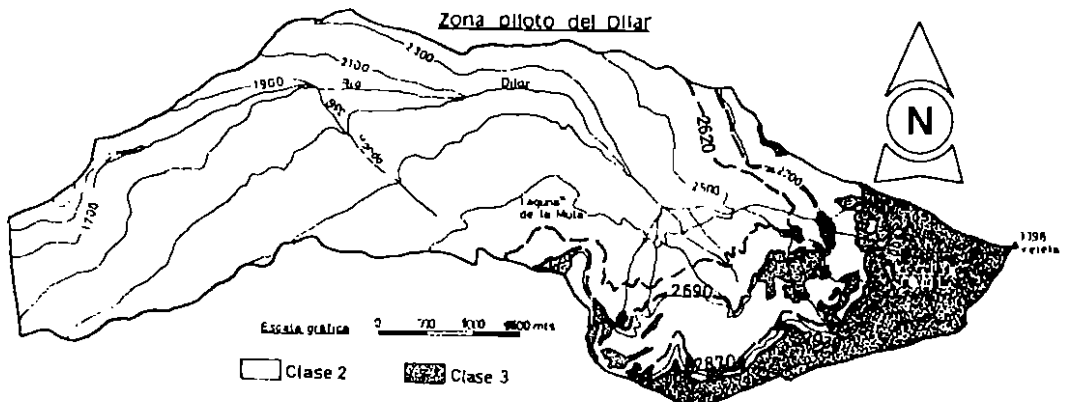


Fig. 7. Cartografía de las clases de disponibilidad de nutrientes en función de la capacidad de cambio y el contenido de materia orgánica.

tación areal de estas cualidades ha sido necesario expresar las clases establecidas en parámetros topográficos, concretamente cota y pendiente cuya correlación está demostrada por DELGADO CALVO-FLORES *et al.* (1982). Utilizando las ecuaciones de correlación de saturación de bases y CEC, frente a la cota y pendiente, obtenemos la expresión topográfica de las distintas clases (Tablas I y II) y, por ende, la *disponibilidad de nutrientes*. El valor medio de la pendiente considerada en cada caso ha sido F=62,5%, E=52,5%, D=22,5% y C=10%. La práctica totalidad del área está representada por la clase 2 de *disponibilidad de nutrientes*, es decir, *media* o *moderada* con valores de saturación de bases entre 35-75% y CEC entre 7 y 15 meq/100 g.

La *calidad del sistema radicular* ha sido establecida desde dos puntos de vista: en función de la profundidad del «sólum» (Tabla III, Fig. 8) utilizando la ecuación que relaciona este parámetro del suelo con la cota y la pendiente (DELGADO CALVO-FLORES *et al.*, 1982), y, en segundo lugar, se delinó esta cualidad en función del contenido de fragmentos gruesos presente en los suelos del área (Fig. 9). En ambos casos la clase que ocupa mayor extensión es la 3, calificada como *algo desfavorable* por el contenido de fragmentos gruesos y de *suelo somero con moderadas limitaciones para cultivos, pocas para pastos y severas para bosques*, en relación a la profundidad de «sólum» y su influencia directa sobre la *calidad del sistema radicular*. En esta última cualidad aparece la clase 2 de extensión apreciable, con suelos moderadamente profundos (50-100 cm) con *pocas limitaciones para pastos y cultivos, y moderadas para*

TABLA I
CLASES DE SATURACION DE BASES EN FUNCION DE LA PENDIENTE Y LA COTA

Pendiente Clase	F	E	D	C
1	—	—	—	—
2	Todas las cotas.	Todas las cotas.	—	—
3	—	—	Todas las cotas.	<2.370 m
4	—	—	—	>2.370 m

TABLA II
CLASES DE CAPACIDAD DE CAMBIO EN FUNCION DE LA PENDIENTE Y LA COTA

Pendiente Clase	F	E	D	C
1	—	—	—	—
2	<2.930 m	<2.870 m	<2.690 m	<2.620 m
3	>2.930 m	>2.870 m	>2.690 m	>2.620 m

TABLA III
CLASES DE PROFUNDIDAD DEL «SOLUM» EN FUNCION DE LA COTA Y LA PENDIENTE

Pendiente Clase	F	E	D	C
1	—	—	—	—
2	<2.130 m	<2.170 m	<2.270 m	<2.310 m
3	>2.130 m	>2.170 m	>2.270 m	>2.310 m
	<2.880 m	<2.910 m	<3.010 m	<3.050 m
4	>2.880 m	>2.910 m	>3.010 m	>3.050 m

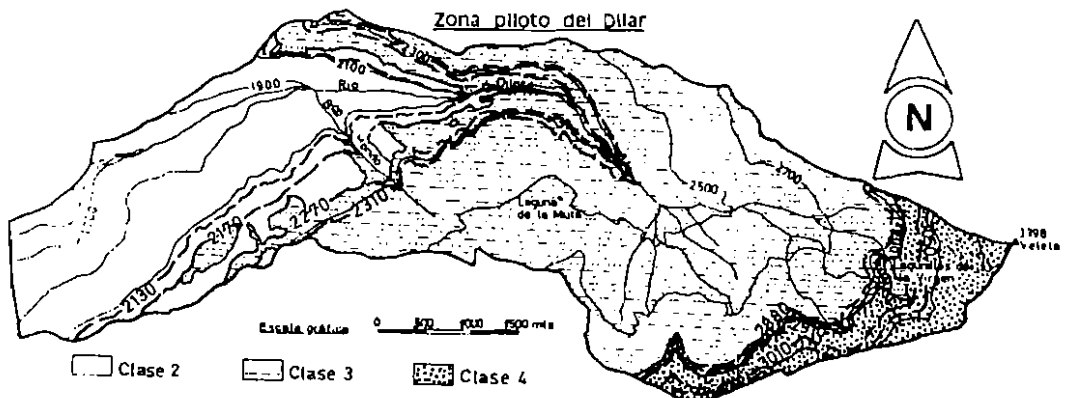


Fig. 8. Cartografía de las clases de calidad del sistema radicular en función de la profundidad del «sólum».

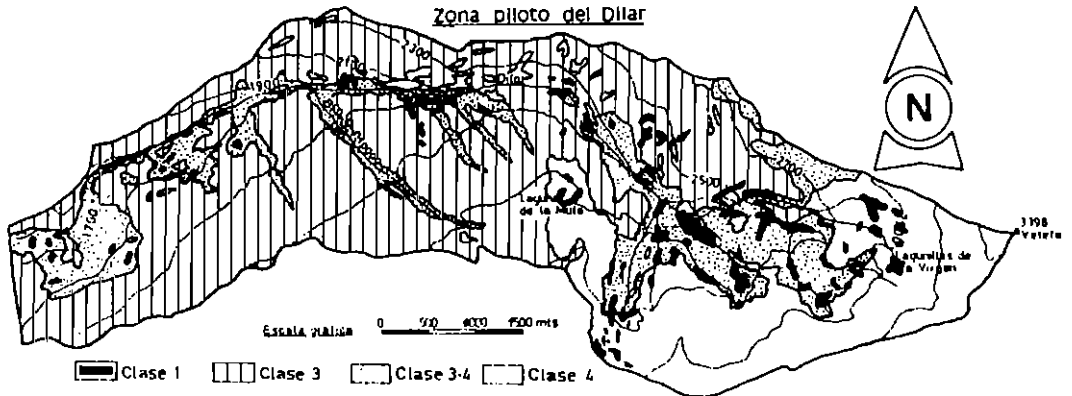


Fig. 9. Cartografía de las clases de calidad del sistema radicular en función del contenido de fragmentos gruesos.

bosques, pero considerada como algo desfavorable por el contenido en fragmentos gruesos.

Las cuatro restantes cualidades relacionadas con el crecimiento de las plantas tienen un denominador común cual es el factor clima. Todos los datos necesarios para el establecimiento de las diferentes clases presentes en la zona piloto I se han extraído de SÁNCHEZ MARAÑÓN *et al.* (1987).

La Tabla IV recoge las clases de *períodos vegetativos* presentes en todo el sector N-W de Sierra Nevada, aunque a nivel de la zona del Dilar sólo aparecen las clases 5 y 6 (Fig. 10), correspondientes al *período vegetativo del trigo menos cálido o menores* y de la *taiga-tundra*, respectivamente.

La cartografía de las clases de *período libre de heladas* se muestra en la Figura 11, ocupando la mayor

TABLA IV
CLASES DE PERÍODOS VEGETATIVOS EN FUNCIÓN DE LA ALTITUD

Clase	Cota	Períodos vegetativos
4	<1.420 m	Del maíz y trigo más cálido o menores.
5	1.420-2.108 m	Del trigo menos cálido o menores.
6	2.100-3.420 m	De la taiga, tundra.
7	>3.420 m	—

extensión las clases 3 y 4 cuyos períodos medio, disponible y mínimo (PAPADAKIS, 1980) son para la clase 3 entre 90-150 días, 52-112 días y menor de 11 días, respectivamente, y para la clase 4, entre 25-52 días y no tiene período mínimo, es decir, período totalmente libre de heladas.

El estudio de la *disponibilidad de agua* según la re-

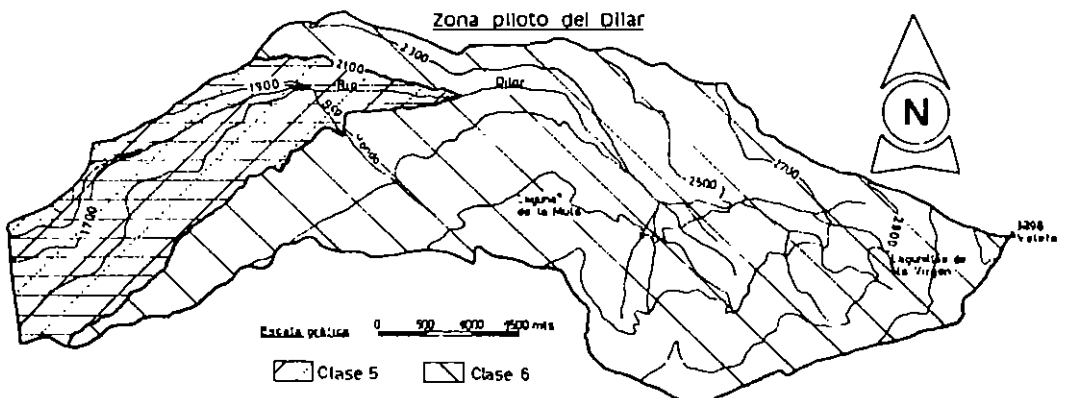


Fig. 10. Cartografía de las clases de períodos vegetativos en función de la cota.

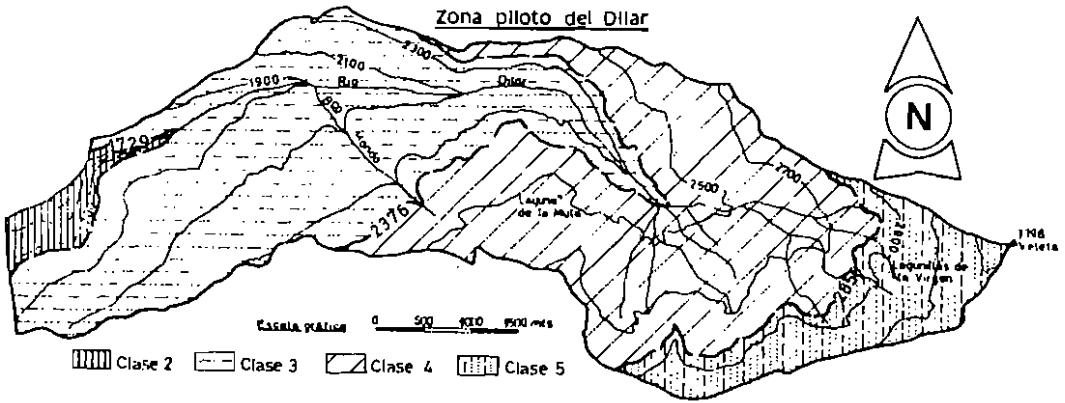


Fig. 11. Cartografía de las clases de períodos libres de heladas.

serva del suelo, la pluviometría y ETP ha sido posible a partir de la estimación de la reserva y días de déficit, obtenidos de los balances hídricos de distintos suelos presentes en el área (DELGADO CALVO-FLORES, 1980) y recogidos en la Tabla V. Discriminando dos grupos de reserva: Entisoles, baja reserva, e Inceptisoles y Mollisoles, reserva media, se han obtenido las ecuaciones de correlación que figuran en la Tabla VI, a partir de las cuales ha sido posible encontrar la cota de presentación de las distintas clases de déficit estival de agua (Tabla VII).

Es claro que los suelos encharcados, como ocurre en los borreguiles, no presentan déficit estival y encajan en la clase I (menos de 60 días de déficit). La Figura 12 recoge la distribución areal de las clases de déficit presentes en el área, siendo la de mayor extensión la 3 (entre 75-90 días de déficit), aunque las clases 2 y 4 también están representadas.

En relación a las condiciones de aireación se han establecido dos únicas clases relacionadas con el drenaje de los suelos, la clase 2 restringida a las zonas con hidromorfía y la 1 al resto del área; por esta razón no se han representado especialmente.

TABLA V
DÍAS DE DÉFICIT ESTIVAL DE LOS PERFILES ESTUDIADOS. RESERVAS Y ALTITUDES

Perfil	Altitud (m)	Reserva (mm)	Días de déficit
I-D-1	3.150	33,0—	70
I-D-2	2.540	51,0+	72
I-D-3	2.090	57,0+	78
I-BH-1	2.605	51,0+	72
I-BH-2	2.570	55,0+	71
I-BH-3	2.550	57,0+	73
M-D-1	1.800	45,5+	86
M-D-2	1.790	32,0—	92
E-D-1	2.840	34,0—	72
E-D-2	2.780	31,0—	77
E-3H-4	2.460	14,5—	85

— Suelos con poca reserva. + Suelos con reserva media.

c) *Cualidades relacionadas con la pérdida de la capacidad para el uso.* Ninguna de las cualidades que a continuación se relacionan han sido mapeadas, dado su complejidad y la falta de datos necesarios para hacerlo de forma fiable. No obstante, es conveniente un comentario sobre los posibles riesgos de pérdida de la capacidad de los suelos por erosión hídrica, erosión eólica y degradación química.

TABLA VI
CORRELACIONES COTA-DÉFICIT ESTIVAL DE AGUA

Ordenada	Ecuación de regresión	n	r	Significación
1)	$y = 113,260 - 0,0147x$	11	0,84	***
2)	$y = 124,657 - 0,0177x$	5	0,96	**
3)	$y = 113,893 - 0,0162x$	6	0,97	***

1) Días de déficit de todos los suelos. 2) Días de déficit de los suelos de baja reserva. 3) Días de déficit de los suelos de mayor reserva.

TABLA VII
COTAS DE PRESENTACION DE LAS CLASES
DE DEFICIT

Clase	Suelos de baja reserva	Suelos de reserva media
1	>3.652 m	>3.326 m
2	3.652-2.805 m	3.326-2.401 m
3	2.805-1.958 m	2.401-1.474 m
4	<1.958 m	<1.474 m

En relación a los riesgos de *erosión hídrica*, éstos se han referido a las clases que establece el USDA (1978). Considerando que la textura superficial de los suelos es franca y franco-arenosa con un elevado contenido en fragmentos gruesos, la permeabilidad es de rápida a moderadamente rápida (STORIE, 1970); por esta razón, la pendiente es casi en exclusiva la que contrala los riesgos de erosión, cuya clase mejor representada es la 5, *riesgo muy alto*, en pendientes E y F (más de 50%) seguida de la clase 4, *riesgos altos*, en pendientes D (20-25%). En el terreno son numerosas las pruebas que denotan la fragilidad de los suelos a la erosión, abundan los surcos, cárcavas, montones de tierra bajo matorrales, raíces de árboles al descubierto y grandes superficies de suelos erosionados (orthent y ochrept) desprovistos de horizonte órgano-mineral.

Los riesgos de *erosión eólica* pueden calificarse como importantes debido al reconocimiento de figuras, tales como matorral sobrelevado, concentraciones de piedras en superficie, desarrollo asimétrico de las plantas, acumulaciones de materiales finos ligados a terracillas de soliflucción y la constatación de frecuentes tormentas y remolinos de polvo. De las

observaciones de campo podría pensarse que los horizontes órgano-mineral son más resistentes a la erosión eólica, sin embargo, este efecto es debido a la existencia de vegetación protectora, ya que su desaparición o alteración da lugar a las mejores muestras de erosión eólica, debido a que el horizonte órgano-mineral tiene baja densidad, estructura migajosa pequeña y débil, menor contenido de fragmentos gruesos (que crean pavimentos de protección), etcétera.

Finalmente, en relación a los riesgos de *degradación química por lixiviación* hay que decir que estos suelos pobres por sí mismos en bases, su uso difícilmente entrañaría riesgo de pérdida porcentual de bases, ya que la consecuencia más inmediata de la alteración de la vegetación virgen es la renovación de materiales por erosión o remoción y consecuentemente rebasificación del suelo; SERRANO (1984) detecta en los Inceptisoles de la vertiente Sur de Sierra Nevada una rebasificación ligada a labores de preparación para repoblación forestal.

2.3. Unidades de tipos de tierras

Una vez concluido el análisis de las cualidades de la tierra, procede la definición de *tipos de tierras* por división de la zona en áreas donde confluyan una determinada combinación de clase de cualidades. Sólo se consideran en este proceso aquellas cualidades cartografiadas.

En esta ocasión se han distinguido dos grupos de *tipos de tierras*, uno relacionado con las labores agrícolas en el que se han obtenido 13 tipos cuya definición y cartografía se resumen en la Tabla VIII y Figu-

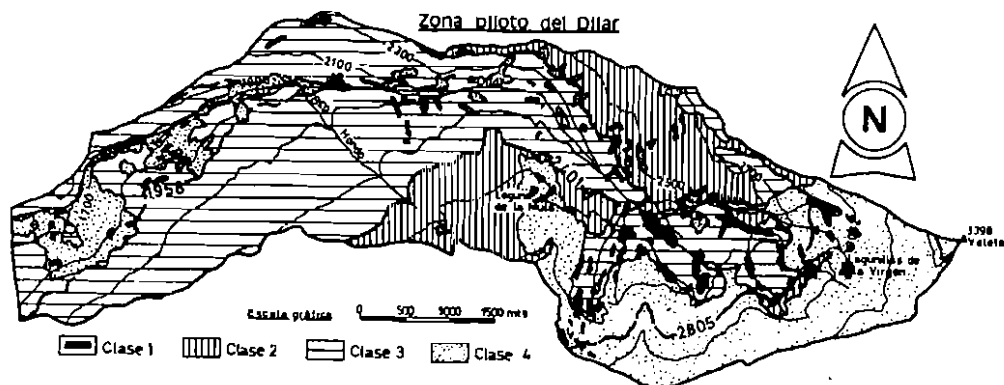


Fig. 12. Cartografía de las clases de déficit de agua estival en función de la cota y la reserva de los suelos.

TABLA VIII
TIPOS DE TIERRAS OBTENIDOS EN FUNCION DE LAS CUALIDADES RELACIONADAS CON LAS LABORES AGRICOLAS

Cualid.	C-1		C-2		C-4
	TDT	Pen (%)	Denomin.	Roc. y Ped. (%)	Denomin.
1	0-10	*	Roc = 12 Ped = 44	●	+
2	0-10	*	Roc = 37 Ped = 44	●●	+
3	0-10	*	Roc = 50 Ped = 15	●●●	+
4	10-25	**	Roc = 12 Ped = 44	●	++
5	10-25	**	Roc = 37 Ped = 44	●●	++
6	10-25	**	Roc = 50 Ped = 15	●●●	++
7	35-55	***	Roc = 12 Ped = 44	●	+++
8	35-55	***	Roc = 37 Ped = 44	●●	+++
9	35-55	***	Roc = 50 Ped = 15	●●●	+++
10	50	Marginal	Roc = 12 Ped = 44	●	+++
11	50	Marginal	Roc = 37 Ped = 44	●●	+++
12	50	Marginal	Roc = 50 Ped = 15	●●●	+++
13	Cualquiera		Roc = 2 Ped = 52	o	Cualquiera

TDT: unidades de tipos de tierras. Cualid.: cualidades analizadas. C-1: esfuerzos de arrastre en función del valor de la pendiente. C-2: obstáculos a la mecanización en función de la rocosidad y pedregosidad superficiales. C-4: aptitud para el riego en función del valor de la pendiente. Denomin.: denominación. * Apro para todo tipo de mecanización. ** Impedida la mecanización con maquinaria agrícola pesada. Límite de utilización del tractor. *** Límite de la maquinaria forestal pesada. o Ningún impedimento al uso de maquinaria agrícola de mediano caballaje y forestal pesada. ● Restringido el uso de maquinaria agrícola de mediano caballaje y ningún impedimento a la forestal pesada. ●● Restringido el uso de maquinaria agrícola a excepción de la ligera y restringido el uso de forestal pesada. ●●● Impedido el uso de toda maquinaria. + Apro. ++ Entre poco apto y no apto. +++ No apto.

ra 13; otro grupo está relacionado con el crecimiento de las plantas (Tabla IX y Fig. 14) en el que han resultado 33 tipos de tierra. La cualidad 11 (*período libre de helada*) no se ha utilizado para la definición de cada clase, pero en el mapa se han marcado los límites altitudinales.

Los dos grupos de tierras ya descritos se han ensamblado entre sí para obtener combinaciones únicas de cualidades y, por ende, *tipos básicos de tierras* (Tabla X); su cartografía no se ha realizado dada la complejidad de la representación gráfica de los 78 tipos de tierras resultantes.

2.4. Aptitud de las unidades de tipos de tierras para diferentes usos agronómicos. Definición de las clases de aptitud mediante caracteres físico-diagnósticos.

Los distintos usos y modalidades para los que se ha valorado la aptitud de la tierra se describen en DELGADO CALVO-FLORES *et al.* (1987), donde figuran también los grados de limitación de las cualidades de la tierra para cada uso y el esquema de clasificación de la aptitud adoptado. Las cartografías de las distintas clases de aptitud se adjuntan con las del total del área N-W.

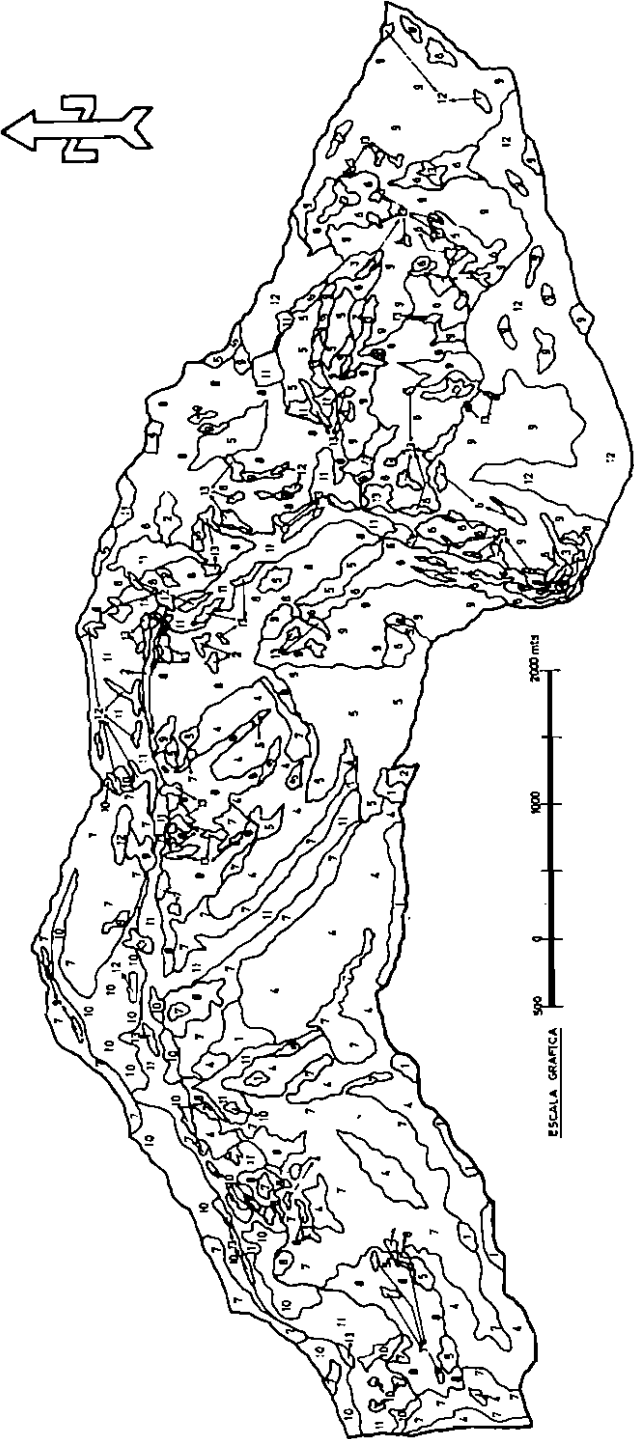


Fig. 13. Mapa de tipos de tierras relacionadas con las labores agrícolas.

TABLA IX

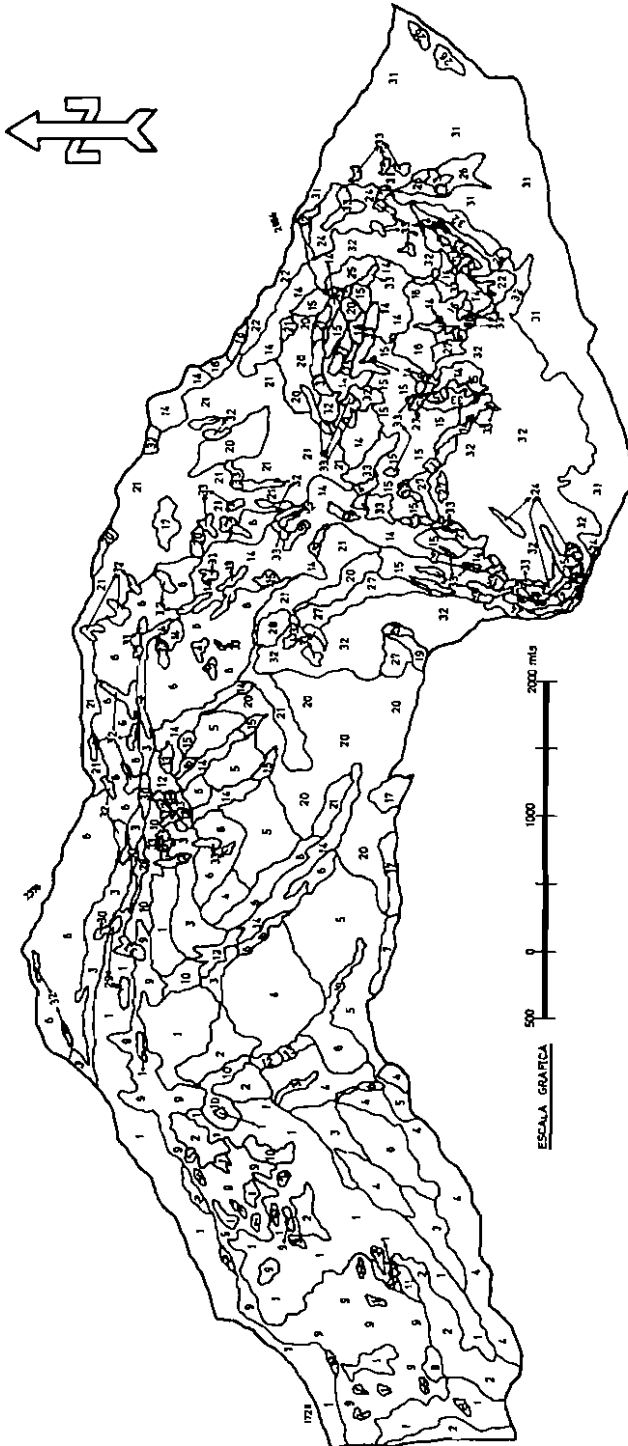
TIPOS DE TIERRAS OBTENIDOS EN FUNCION DE LAS CUALIDADES RELACIONADAS CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

Cualid.	C-6		C-7		C-8		C-9		C-10		C-12		C-13
	Grado (%)	Den.	Grado (meq/100 g)	Den.	Grado (cm)	Den.	Grado (% peso)	Den.	Días l h.	Den.	Días de df.	Den.	
1	35-75	+	7-15	ø	50-100	o	44-73	*	75-135	(*)	75-90	*	No
2	15-35	++	7-15	ø	50-100	o	44-73	*	75-135	(*)	75-90	*	No
3	35-75	+	7-15	ø	50-100	o	44-73	*	<75	(**)	75-90	*	No
4	15-35	++	7-15	ø	50-100	o	44-73	*	<75	(**)	75-90	*	No
5	15-35	++	7-15	ø	25-50	oo	44-73	*	<75	(**)	75-90	*	No
6	35-75	+	7-15	ø	25-50	oo	44-73	*	<75	(**)	75-90	*	No
7	<15	+++	7-15	ø	25-50	oo	44-73	*	<75	(**)	75-90	*	No
8	15-35	++	7-15	ø	50-100	o	>44	**	75-135	(*)	>90	***	No
9	35-75	+	7-15	ø	50-100	o	>44	**	75-135	(*)	>90	***	No
10	35-75	+	7-15	ø	50-100	o	>44	**	75-135	(*)	75-90	*	No
11	15-35	++	7-15	ø	50-100	o	>44	**	75-135	(*)	75-90	*	No
12	35-75	+	7-15	ø	50-100	o	>44	**	<75	(**)	75-90	*	No
13	15-35	++	7-15	ø	50-100	o	>44	**	<75	(**)	75-90	*	No
14	35-75	+	7-15	ø	25-50	oo	>44	**	<75	(**)	75-90	*	No
15	15-35	++	7-15	ø	25-50	oo	>44	**	<75	(**)	75-90	*	No
16	15-35	++	<7	øø	25-50	oo	>44	**	<75	(**)	75-90	*	No
17	<15	+++	7-15	ø	25-50	oo	44-73	*	<75	(**)	60-75	×	No
18	<15	+++	<7	øø	25-50	oo	44-73	*	<75	(**)	60-75	×	No
19	15-35	++	<7	øø	25-50	oo	44-73	*	<75	(**)	60-75	×	No
20	15-35	++	7-15	ø	25-50	oo	44-73	*	<75	(**)	60-75	×	No
21	35-75	+	7-15	ø	25-50	oo	44-73	*	<75	(**)	60-75	×	No
22	35-75	+	7-15	ø	25-50	oo	>44	**	<75	(**)	60-75	×	No
23	15-35	++	<7	øø	25-50	oo	>44	**	<75	(**)	60-75	×	No
24	15-35	++	<7	øø	25-50	oo	>73	***	<75	(**)	>90	***	No
25	<15	+++	<7	øø	25-50	oo	>73	***	<75	(**)	>90	***	No
26	15-35	++	<7	øø	<25	ooø	>73	***	<75	(**)	>90	***	No
27	15-35	++	7-15	ø	25-50	oo	>73	***	<75	(**)	>90	***	No
28	<15	+++	7-15	ø	25-50	oo	>73	***	<75	(**)	>90	***	No
29	35-75	+	7-15	ø	50-100	o	>73	***	75-135	(*)	>90	***	No
30	35-75	+	7-15	ø	50-100	o	>73	***	<75	(**)	>90	***	No
31	35-75	+	<7	øø	<25	ooø	>73	***	<75	(**)	>90	***	No
32	35-75	+	7-15	ø	25-50	oo	>73	***	<75	(**)	>90	***	No
33	Cualquiera		Cualquiera		Cualquiera		<25	⊗	Cualquiera		0	⊗	Sí

TDT: unidades de tipos de tierras. Cualid.: cualidades analizadas. C-6: disponibilidad de nutrientes en función del grado de saturación. C-7: disponibilidad de nutrientes en función de la capacidad de cambio de cationes. C-8: calidad del sistema radicular en función de la profundidad del suelo. C-9: calidad en el sistema radicular en función del contenido de fragmentos gruesos. C-10: período vegetativo en función de la temperatura media de las mínimas absolutas. C-12: disponibilidad de agua en los suelos en función del déficit estival. C-13: condiciones de aireación en función del encharcamiento. Den.: denominación. + Moderada. ++ Baja. +++ Muy baja. ø Media. øø Baja. øøø Maderadamente profundo, pocas limitaciones para pastos y cultivos y moderadas para bosques. oo Someras, moderadas limitaciones para cultivos, pocas para pastos y severas para bosques. ooø Muy someras, severas limitaciones para cultivos, moderadas para pastos y muy severas para bosques. * Algo desfavorable. ** De algo desfavorable a desfavorable. *** Desfavorable. × Poco favorable. ⊗ Favorable. (*) Trigo y otros cultivos de igual o menor período vegetativo. (**) Período vegetativo de taiga y tundra. Días l. h.: días libres de heladas. Días de df.: días de déficit.

a) Usos agrícolas. El punto de partida de esta evaluación es la consideración de «no pertinentes» a todas aquellas tierras situadas por encima de los 2.100 m, ya que el período vegetativo de las mismas corresponde a la «taiga» y a la «tundra». Los resultados de aptitud para las tierras pertinentes se recogen en la Tabla XI.

El tipo de tierra 13-33 se ha clasificado simultáneamente en los órdenes no apto y apto, debido a la pluralidad de características que presenta. La mayoría de los tipos de tierras son no aptos para usos agrícolas, si exceptuamos algunas unidades que son marginalmente aptas. La subclase «s» se aplica en suelos muy esqueléticos con limitaciones al enraiza-



Escala: 1:25000
- 1979 m.s.n.m. Clase 2
1726-2176 m.s.n.m. Clase 3
2176-2500 m.s.n.m. Clase 4
> 2500 m.s.n.m. Clase 5

Fig. 14. Cartografía de los tipos de tierras relacionadas con el crecimiento de las planas.

TABLA X
TIPOS BASICOS DE TIERRAS DE LA ZONA PILOTO DEL DILAR

TDT CLA TDT CCP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1				X	X		X	X		X			X
2	X			X	X					X			X
3				X			X	X		X			
4	X	X		X									X
5		X		X	X								X
6							X	X		X	X	X	X
7	X												
8					X								
9								X			X		
10								X			X		
11					X								
12					X			X			X		
13					X								X
14					X			X	X		X	X	X
15					X	X							
16					X	X							
17	X	X											
18		X											
19					X								
20				X	X								
21				X			X	X	X		X	X	
22									X			X	
23						X							
24						X							
25			X										
26						X							
27						X							
28			X										
29									X			X	
30									X				
31									X			X	
32									X		X	X	
33													X

TDT CLA: tipos de tierras en función de las cualidades relacionadas con las labores agrícolas. TDT CCP: tipos de tierras en función de las cualidades relacionadas con el crecimiento de las plantas. X: unidades básicas de TDT.

miento; «c» se aplica en la modalidad de secano debido al déficit de agua estival, en la unidad 13-33 se refiere al exceso de agua; «m» se utiliza para señalar las limitaciones a la mecanización, aunque en los cultivos de regadío hace referencia también a las dificultades para el riego.

La Tabla XII recoge los caracteres físicos diagnósticos (parámetros del medio físico) que se relacionan con las clases de aptitud para usos agrícolas. Esta relación no incluye las unidades 13, excepto 13-1 y 13-2, debido a su variabilidad y poca extensión. Los caracteres físicos de las unidades de tipos de tierras y aptas para cultivos de regadíos son los mismos que en el caso de secano, pero eliminando los límites inferiores de cota.

b) *Usos forestales.* Se ha calculado el índice de *Patterson* para la productividad potencial (P.p.) y de la productividad potencial corregida (P.p.c.), expresadas en m³ madera/Ha/año (en GANDULLO y SERRADA, 1977) en diferentes altitudes (Tabla XIII). Los índices decrecen con la altitud desde 1.200 m que se supone el máximo de la distribución parabólica. El decrecimiento se acelera por encima de 2.000 m y más aún sobre los 3.000 m que se hace casi nulo. Los tipos de tierras se han clasificado según P.p.c. en cuatro grupos (Tabla XIV) observándose un mayor predominio de los tipos II y III con una P.p.c. entre 5,0 y 6,5 en el intervalo de cotas que va desde 1.400 a 2.400 m.

Para la valoración de la aptitud de las tierras para

TABLA XI
CLASES Y SUBCLASES DE APTITUD DE LAS UNIDADES DE TIPOS DE TIERRAS PERTINENTES PARA
LOS DIFERENTES TIPOS DE UTILIZACIÓN AGRÍCOLA

TDT	Secano						Regadío					
	L. M.		M. L.		T. C.		L. M.		M. L.		T. C.	
	Cl	Sbc	Cl	Sbc	Cl	Sbc	Cl	Sbc	Cl	Sbc	Cl	Sbc
1-2	A3	sc	A3	sc	A3	scm	A3	s	A3	s	A3	sm
4-2	A3	sc	A3	sc	A3	msc	A3	ms	A3	ms	A3	ms
5-2	A3	sc	A3	msc	NA	—	A3	ms	A3	ms	NA	—
5-8	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
5-11	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
7-1	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
8-1	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
8-9	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
8-10	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
9-29	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
10-1	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
10-2	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
11-9	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
11-10	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
12-29	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—	NA	—
13-1	A3	s	A3	s	A3	s	A3	s	A3	s	A3	s
13-2	A3	s	A3	s	A3	s	A3	s	A3	s	A3	s
13-33	NA/A3	sc	NA/A3	msc	NA/A3	msc	NA/A3	sc	NA/A3	msc	NA/A3	msc

TDT: unidades de tipos de tierra. LM: laboreo manual. ML: empleo de maquinaria ligera. TC: utilización del tractor convencional. Cl: clase de aptitud. Sbc: subclase de aptitud.

TABLA XII
CARACTERES DE LAS UNIDADES DE TIPOS DE TIERRAS MARGINALMENTE APTAS PARA USO AGRÍCOLA.
CULTIVO DE SECANO

TDT	Tipo S.	Pendiente	Rocosisdad	Pedregosidad	Intervalos cota
1-2	A, B, G, L, E, F	Clase C	Clase 1 y 2	Clase 3 y 4	1.474-2.100 m
4-2	A, B, G, L, E, F	Clase D	Clase 1 y 2	Clase 3 y 4	1.474-2.100 m
5-2	H, L, J, I	Clase D	Clase 3	Clase 3 y 4	1.474-2.100 m
13-1	* Todos los aluviales de cota inferior a los 2.100 m				
13-2	* Todos los aluviales de cota inferior a los 2.100 m				

TDT: unidades de tipos de tierras. Tipo S.: tipo de suelo «Soil Taxonomy». A: Haploxeroll Típico. B: Criumbrept Típico. G: Xerumbrept Típico. L: Criumbrept Entico. E: Fluvent. F: Xerochrept Típico y Districo. H: Xerumbrept Entico. J: Xerorthent Típico. I: Criorthent Típico.
* Se considera que estos suelos no tienen déficit estival, por lo que no se limita la cota inferior.

uso forestal (Tabla XV) se consideran «no pertinentes» las situadas por encima de 2.600 m (límite superior del pional o repoblaciones sin éxito) y las zonas rocosas. En la modalidad de labores manuales, todas las tierras pertinentes son aptas o moderadamente aptas excepto la 13-33, no apta por el encharcamiento. En el caso de los usos mecanizados existe una gran cantidad de tierras no aptas por la pendiente excesiva y/o la rocosidad abun-

dante. Las Tablas XVI y XVII describen los *caracteres físicos diagnósticos* de las distintas clases de aptitud encontradas.

c) *Usos ganaderos*. La creación por irrigación de prados y praderas se ha evaluado en función de la *disponibilidad de agua, posibilidades de riego y condiciones de fertilidad del suelo*. Se consideran tierras «pertinentes» las situadas por encima de 2.500 m de

TABLA XIII
INDICE DE PATTERSON Y PRODUCTIVIDAD POTENCIAL FORESTAL (Pp y Ppc) PARA DIFERENTES ALTITUDES

Altitud (m)	I	Pp	Ppc
1.000	186	4,63	6,67
1.200	187	4,63	6,67
1.400	180	4,52	6,51
1.600	174	4,47	6,44
1.800	161	4,26	6,13
2.000	150	4,15	5,98
2.200	132	3,84	5,53
2.400	116	3,51	5,05
2.600	94	3,04	4,38
2.800	76	2,56	3,69
3.000	53	1,71	2,46
3.200	30	0,44	0,63
3.400	12	0,00	0,00

altitud, donde las condiciones hidrológicas son más favorables. Los fondos de cabeceras de los ríos, así como márgenes de ríos, arroyos y zonas de abrigo de fuertes rupturas de pendientes son situaciones topográficas que controlan la acumulación del ex-

TABLA XIV
TIPOS DE PRODUCTIVIDAD POTENCIAL FORESTAL Y MARGENES DE ALTITUDES CORRESPONDIENTES

Tipo	Margen Ppc	Margen altitud (m)
I	>6,5	<1.400*
II	6,0-6,5	1.400-2.000
III	5,0-6,0	2.000-2.400
IV	<5,0	>2.400

* Al menos hasta 1.000 metros.

ceso de agua. Con un sistema por derrame a favor de la ladera, se establecen dos órdenes en cuanto a las posibilidades de riego: *apto*, en pendientes menores de 55%, y *no apto*, en el resto. Quedan excluidas para este uso las áreas misceláneas rocosas y pedregoso-rocosas, en los demás casos tanto la fertilidad química como física no pueden ser consideradas como *factor limitante*.

Las consecuencias sobre el suelo de este uso pueden deducirse de los Aquent naturales, si bien el suelo se enriquece en finos retenidos por la densa vegetación; por el contrario, se desbasifica por el

TABLA XV
CLASES Y SUBCLASES DE APTITUD DE LOS TIPOS DE TIERRA PARA USOS FORESTALES

TDT	LM		LMc		TDT	LM		LMc		TDT	LM		LMc	
	Cl	Sb	Cl	Sb		Cl	Sb	Cl	Sb		Cl	Sb	Cl	Sb
1-2	A1	—	A1	—	1-4	A1	—	A1	—	1-7	A2	s	A2	s
1-17	A2	s	A2	s	2-4	A1	—	A2	m	2-5	A2	s	A2	ms
2-17	A2	s	A2	ms	3-28	A2	s	NA	—	4-2	A1	—	A1	—
4-3	A1	—	A1	—	4-4	A1	—	A1	—	4-5	A2	s	A2	s
4-20	A2	s	A2	s	5-2	A1	—	A2	m	4-21	A1	—	A1	—
5-5	A2	s	A2	ms	5-8	A2	s	A2	ms	5-11	A2	s	A2	ms
5-12	A2	s	A2	ms	5-13	A2	s	A2	ms	5-14	A2	s	A2	ms
5-15	A2	s	A2	ms	5-20	A2	s	A2	ms	6-15	A2	s	NA	—
6-27	A2	s	NA	—	7-1	A1	—	NA	—	7-3	A1	—	NA	—
7-6	A1	—	NA	—	7-21	A1	—	NA	—	8-1	A1	—	NA	—
8-3	A1	—	NA	—	8-6	A1	—	NA	—	8-9	A2	s	NA	—
8-10	A2	s	NA	—	8-12	A2	s	NA	—	8-14	A2	s	NA	—
8-21	A1	—	NA	—	9-14	A2	s	NA	—	9-21	A1	—	NA	—
9-29	A2	s	NA	—	9-30	A2	s	NA	—	9-32	A2	s	NA	—
10-1	A1	—	NA	—	10-2	A1	—	NA	—	10-3	A1	—	NA	—
10-6	A1	—	NA	—	11-6	A1	—	NA	—	11-9	A2	s	NA	—
11-10	A2	s	NA	—	11-12	A2	s	NA	—	11-14	A2	s	NA	—
11-21	A1	—	NA	—	11-32	A2	s	NA	—	12-6	A1	—	NA	—
12-14	A2	s	NA	—	12-29	A2	s	NA	—	12-32	A2	s	NA	—
13-1	A1	—	A1	—	13-2	A1	—	A1	—	13-4	A1	—	A1	—
13-5	A2	s	A2	s	13-6	A1	—	A1	—	13-13	A2	s	A2	s
13-14	A2	s	A2	s	13-33	NA	—	NA	—					

TDT: unidades de tipos de tierras. LM: laboreo manual. LMc: laboreo mecanizado. Cl: clase de aptitud. Sb: subclase de aptitud.

TABLA XVI

CARACTERES DE LA TIERRA QUE DEFINEN SU APTITUD PARA USOS FORESTALES. LABORES MANUALES

Cl y Sb	Tipo S.	Frag. gr. (%)	Es. S. (cm)	pH «Sólum»
No apto	K	—	—	—
A2s	B, G, L, E	44-73	25-50	<5,1
A2s	N, F	44-73	25-50	—
A2s	H, J, P, I, E	>73	—	—
A1	Resto de unidades no incluidas en clases anteriores.			

Cl y Sb: clases y subclases de aptitud. Tipo S.: tipo de suelo. K: Aquent. N: Haploxeroll Típico. B: Criumbrept Típico. G: Xerumbrept Típico. L: Criumbrept Entico. E: Fluvent. F: Xerochrept Típico y Dístico. H: Herumbrept Entico. J: Xerorthent Típico. P: Criochrept Dístico. I: Criorthent Típico.

Frag. gr.: contenido en fragmentos gruesos. Es. S.: espesor sólum.

TABLA XVII

CARACTERES DE LA TIERRA QUE DEFINEN SU APTITUD PARA USOS FORESTALES. LABORES MECANIZADAS

Cl y Sb	Tipo S.	Pen (%)	Roc (%)	Fr. g. (%)	E. S. (cm)	pH «sólum»
No apta	K, Q y cualquiera	>50	>50	—	—	—
A2ms	H, J, I, E, P	<50	25-50	>73	—	—
A2ms	L, E	<50	25-50	44-73	25-50	<5,1
A2m	L, E	<50	25-50	44-73	>50	<5,1
A2s	N, B, G, E, F	<35	<25	44-73	25-50	<5,1
A1	N, B, G, E, F	<35	<25	<73	>50	—

Cl y Sb: clases y subclases de aptitud. Tipo S.: tipos de suelos. Los tipos K, N, B, G, L, E, F, H, J, P, I están recogidos en la tabla XVI. Q: áreas pedregosas y pedregoso-rocosas.

Pen: pendiente. Roc: rocosidad. Fr. g.: contenido en fragmentos gruesos. E. S.: espesor del sólum.

lavado, aparece la hidromorfía, se eleva la acidez, se desnitrifica, etcétera.

Las praderas artificiales se han considerado como un cultivo de regadío de plantas pratenses. El límite de «no pertinencia» se establece para las cotas superiores a 2.500 m de altitud, puesto que la duración del período vegetativo a esta altura es ya de 75 días. HARROD (1979) afirma que una pradera puede formarse en tres semanas, con lo que quedaría un período de utilización de dos meses en la época más necesaria (julio y agosto). También se consideran «no pertinentes» las tierras donde el suelo es un Aquent al tratarse de prados naturales.

Los resultados de la aplicación de los grados de limitación a las unidades de tierras «pertinentes» se recogen en la Tabla XVIII. En ningún caso aparece la clase A1 (*apta*) y un gran número de tierras son *no aptas*; en el caso más favorable aparece la clase A2 (*moderadamente apta*). Los caracteres físicos de la tierra que definen las *clases y subclases de aptitud* se exponen en la Tabla XIX.

3. ANALISIS DE LA ZONA PILOTO II

La gran extensión ocupada por los bosques del Camarate, su tipo de uso actual (Silvo-pastoral) y la escasez de estas formaciones vegetales en Sierra Nevada, recomiendan evaluar solamente los usos forestales y silvo-pastorales con el objeto de evitar la degradación de estas áreas, orientar sobre las posibles labores de mejora y completar el inventario de *unidades de tipos de tierras de Sierra Nevada*.

3.1. Características de los suelos, clima y topografía

El área ha sido estudiada por PÁRRAGA y AGUILAR (1981) y PÁRRAGA (1983), en el presente trabajo se han empleado los datos de este autor para establecer tres suelos medios: uno bajo encinar, otro bajo roble y el último bajo prado, cuyas características resumimos a continuación. Hay que destacar la homogeneidad de caracteres entre todos estos suelos.

TABLA XVIII
CLASES Y SUBCLASES DE APTITUD DE LAS UNIDADES DE TIPOS DE TIERRAS PERTINENTES PARA EL CULTIVO DE PRADERAS

TDT	LM		LMI		LTc		TDT	LM		LMI		LTc	
	Cl	Sb	Cl	Sb	Cl	Sb		Cl	Sb	Cl	Sb	Cl	Sb
1-2	A2	s	A2	s	A2	m	1-4	A2	s	A2	s	A2	m
1-7	A2	s	A2	s	A2	m	1-17	A2	s	A2	s	A2	m
2-4	A2	s	A2	m	NA	—	2-5	A2	s	A2	m	NA	—
2-17	A2	s	A2	m	NA	—	3-28	A3	s	NA	—	NA	—
4-2	A2	m	A2	m	A3	m	4-3	A2	m	A2	m	A3	m
4-4	A2	m	A2	m	A3	m	4-5	A2	m	A2	m	A3	m
4-20	A2	m	A2	m	A3	m	4-21	A2	m	A2	m	NA	—
5-2	A2	m	A3	m	NA	—	5-5	A2	m	A3	m	NA	—
5-8	A3	s	A3	m	NA	—	5-11	A3	s	A3	m	NA	—
5-12	A3	s	A3	m	NA	—	5-13	A3	s	A3	m	NA	—
5-14	A3	m	A3	m	NA	—	5-15	A3	s	A3	m	NA	—
5-20	A2	m	A3	m	NA	—	6-15	A3	m	NA	—	NA	—
6-27	A3	m	NA	—	NA	—	7-1	NA	—	NA	—	NA	—
7-3	NA	—	NA	—	NA	—	7-6	NA	—	NA	—	NA	—
7-21	NA	—	NA	—	NA	—	8-1	NA	—	NA	—	NA	—
8-3	NA	—	NA	—	NA	—	8-6	NA	—	NA	—	NA	—
8-9	NA	—	NA	—	NA	—	8-10	NA	—	NA	—	NA	—
8-12	NA	—	NA	—	NA	—	8-14	NA	—	NA	—	NA	—
8-21	NA	—	NA	—	NA	—	9-14	NA	—	NA	—	NA	—
9-21	NA	—	NA	—	NA	—	9-29	NA	—	NA	—	NA	—
9-30	NA	—	NA	—	NA	—	9-32	NA	—	NA	—	NA	—
10-1	NA	—	NA	—	NA	—	10-2	NA	—	NA	—	NA	—
10-3	NA	—	NA	—	NA	—	10-6	NA	—	NA	—	NA	—
11-6	NA	—	NA	—	NA	—	11-9	NA	—	NA	—	NA	—
11-10	NA	—	NA	—	NA	—	11-12	NA	—	NA	—	NA	—
11-14	NA	—	NA	—	NA	—	11-21	NA	—	NA	—	NA	—
11-32	NA	—	NA	—	NA	—	12-6	NA	—	NA	—	NA	—
12-14	NA	—	NA	—	NA	—	12-29	NA	—	NA	—	NA	—
12-32	NA	—	NA	—	NA	—	13-1	A2	s	A2	s	A2	s
13-2	A2	s	A2	s	NA	s	13-4	A2	s	A2	s	A2	s
13-5	A2	s	A2	s	A2	s	13-6	A2	s	A2	s	A2	s
13-13	A2	s	A2	s	A2	s	13-14	A2	s	A2	s	A2	s

TDT: unidades de tipos de tierras. LM: labores manuales. LMI: labores con maquinaria ligera. LTc: labores con tractor convencional. Cl: clase de aptitud. Sb: subclase de aptitud.

- En general, la profundidad real oscila entre 42 y 67 cms, siendo de menor espesor los suelos bajo encinar.
- La textura media es franco-arenosa o franca.
- El pH (muy constante) oscila entre 6,1 y 6,5.
- La CEC oscila entre 16,3 y 21,4 meq/100 g.
- La saturación de bases es próxima al 40% en todos los casos.
- El contenido de materia orgánica es muy homogéneo y próximo al 4% en los 20 cm superficiales de todos los suelos, varía en la profundidad de 30 a 50 cm, donde los suelos bajo prado presentan un mayor porcentaje debido a los restos orgánicos procedentes de las raíces.
- El contenido de nutrientes actual es moderadamente bajo con valores más altos en los suelos bajo prado.
- El clima establecido por PÁRRAGA (1980) presenta un régimen de humedad del suelo údico y de temperatura frígido por causas microclimáticas. Los conceptos de régimen de humedad y temperatura del suelo son los de la Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 1975). En las

TABLA XIX

CARACTERES DE LA TIERRA QUE DEFINEN SU APTITUD PARA EL CULTIVO DE PRADERAS EN LOS TRES NIVELES DE MANEJO

Cl y Sb	Tipo S.	Pen (%)	Roc (%)	Fr. g. (%)	
A2s*	N, B, G, L, E, F	<13	<25	44-73	LABORES MANUALES
A2s*	H, J, I, Q	<13	<25	>73	
A2m*	N, B, G, L, F	13-25	<25	>44	
A3s*	I, P	<13	>50	>73	
A3s*	H, J, I	13-25	25-50	>73	
A3m*	I, P, Q	13-25	>50	>73	
No apta*	Resto de unidades de tipos de tierras				
A2s**	N, B, G, E, F	<13	<25	44-73	LABORES CON MAQUINARIA LIGERA O TRACCIÓN ANIMAL
A2m**	L, H	<20	25-50	44-73	
A2m**	N, B, G, F	13-25	<25	44-73	
A3m**	H, L	13-25	25-50	44-73	
A3m**	J, I	<25	25-50	>73	
No apta**	Resto de unidades de tipos de tierras				
A2s***	E	<13	<2	44-73	LABORES CON TRACTOR
A2m***	N, B, G, F	<13	<25	44-73	
A3m***	N, B, G	13-25	<25	44-73	
No apta***	Resto de unidades de tipos de tierras				

Cl y Sb: clases y subclases de aptitud. Tipo S.: tipos de suelos. N: Haploxeroll Típico. B: Criumbrept Típico. G: Xerumbrept Típico. L: Criumbrept Entico. E: Fluvent. F: Xerochrept Típico y Dístico. H: Xerumbrept Entico. J: Xerorthent Típico. P: Criochrept Dístico. I: Criorthent Típico. Q: áreas pedregosas y pedregosorocosas. Pen: pendiente. Roc: rocosidad. Fr. g.: contenido en fragmentos gruesos.

zonas más altas y fuera del alcance de los vientos húmedos se repiten las constantes climáticas de la zona septentrional del macizo (SANCHEZ MARAÑÓN *et al.*, 1987a).

- Las pendientes mayoritarias son las escarpadas (25-55%), aunque también aparecen las muy escarpadas (más de 55%) y moderadamente escarpadas (13-25%).
- Los suelos son muy pedregosos a excesivamente pedregosos y moderadamente rocosos a rocosos.

3.2. Cualidades de la tierra para usos agronómicos

Las clases de cualidades de la tierra presentes en la

zona piloto II se resumen en la Tabla XX. En la actualidad, C-1, *esfuerzos de arrastre* en función de la pendiente, la clase más frecuente es la 5-6, *no apta* para el uso de maquinaria forestal pesada. C-2, *obstáculos a la mecanización* en función de la rocosidad y pedregosidad superficiales, se presenta en la clase 2 con cierta *restricción del uso de maquinaria de mediano caballaje*. La *posibilidad de riego* C-4 se califica como *no apto*, aunque hay que matizar la modalidad de riego. La *disponibilidad de nutrientes* en función del grado de saturación, C-6, y en función de la capacidad de cambio, C-7, se clasifica como *moderada y alta*, respectivamente. En relación con la *calidad del sistema radicular* en función de la profundidad del suelo, C-8, puede decirse que es esencialmente de la clase 2, es decir, *suelos moderadamente profundos con pocas limitaciones para pastos y moderadas para bosques*; mientras que la misma cualidad

TABLA XX

CUALIDADES DE LA TIERRA DE LA ZONA PILOTO DE LA DEHESA DEL CAMARATE

Cualidad:	C-1	C-2	C-4	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12
Clase:	3, 4, 5-6 y 6	2	4	2	1	2, 3	2, 3	5	2, 3	1

La denominación de las cualidades (C-1, C-2...) puede verse en las tablas VIII y IX.

pero en función del contenido en fragmentos gruesos, C-9, incluye la clase 2 y 3, entre *poco favorable* y *algo desfavorable* sin que ninguna de las dos domine. Las cualidades 10, 11 y 12 aunque se han calificado pueden resumirse en el *índice de Patterson* que resulta en este caso del tipo II (Tabla XIV) esencialmente, y algo de tipo III en las cotas superiores.

3.3. Clasificación de aptitud para uso forestal

Respecto a las cualidades comunes para las dos modalidades de manejo (manual y mecanizado), la *calidad del sistema radicular* en función del contenido de fragmentos gruesos, C-9, es factor limitante menor para la clase 3. En cuanto a las cualidades específicas para uso mecanizado, la cualidad 1 es limitante absoluto para casi toda la zona, excepto algunos lugares en que se trata de limitante menor (clase 4), cuando están ligados a pendientes de la clase D. La cualidad 2 no constituye ningún tipo de limitación.

La aptitud para uso forestal con labores manuales es en todos los casos del *orden apto*, sin limitaciones. Para uso mecanizado es *no apta* (NA) cuando las pendientes superan el 50% de inclinación y de la clase A1, dentro del *orden apto*, para pendientes tipo D y C (FAO, 1977).

En esta zona piloto la modalidad de uso forestal, por tratarse de encinares y caducifolios que constituyen pasto alto, va ligada a un uso de pastoreo transhumante de dehesa cuya aptitud no se clasifica. La unidad de la Dehesa del Camarate tiene, por tanto, una vocación definida por sus cualidades, silvo-pastoral con un equilibrio bosque natural-prado.

4. CLASIFICACION DE APTITUD ACROMONICA DE LA TOTALIDAD DEL SECTOR

A partir de los caracteres físicos diagnósticos definidos en las zonas piloto para cada una de las clases de aptitud encontradas, es posible delinear para cada uso propuesto las áreas potencialmente más aptas de todo el sector N-W de Sierra Nevada.

Los resultados se expresan en un conjunto de cinco cartografías temáticas de la aptitud de los sue-

los para usos agronómicos: agrícolas, forestales y cultivo de pastos a diferentes niveles de manejo.

4.1. Aptitud para usos agrícolas (Fig. 15)

Destaca la gran extensión de tierras clasificadas como no pertinentes y no aptas para este uso. La no pertinencia se refiere a no aptitud «a priori» provocada por un período vegetativo muy corto en las cotas superiores a 2.100 m. La clasificación de no apta para el uso agrícola de la mayor parte de las tierras situadas por debajo de los 2.100 m viene condicionada por la pendiente escarpada (más de 25%), el poco espesor del suelo, la pedregosidad y rocosidad elevadas, los riesgos de helada, etcétera.

Las tierras aptas lo son marginalmente (clase A3) debido a limitaciones en la fertilidad física y química de los suelos, limitaciones climáticas (sequía estival), y en el caso del empleo de maquinaria, impedimentos por causa de la pedregosidad, la rocosidad y la pendiente. Las subclases más representadas son: para cultivo de secano A3sc (uso manual y con maquinaria ligera) y A3msc (tractor convencional); para regadío A3s y A3ms, respectivamente.

Algunos suelos con posibilidades para el cultivo pueden plantear problemas de toxicidad por metales pesados, que proceden de rocas ricas en estos elementos situadas por encima de la ladera, aportados bien por arrastre mecánico o en solución. Estas rocas son anfíbolitas, serpentinitas, epidotitas, etcétera, estudiadas en su composición química por PUGA (1971). Las áreas de suelo posiblemente influidas por estas rocas se han marcado en el mapa teniendo en cuenta los mecanismos de contaminación mencionados.

En general, las zonas con cierta altitud se sitúan en las partes medias-altas de las cuencas fluviales, lo que se debe a los condicionamientos climáticos, la existencia de zonas allanadas y la presencia de suelos de más desarrollo (Xerumbrept típico). La mayor densidad de parcelas cultivables se encuentran en el sector Nororiental, en la comarca del Marquesado del Cenete.

4.2. Aptitud para usos forestales

a) *Labores manuales* (Fig. 16). No se excluye el empleo de maquinaria ligera. Destaca la gran exten-

sión de tierras aptas para este uso. Se excluyen las áreas de tundra y las rocosas clasificándolas como no pertinentes, y los suelos con régimen de humedad ácuico (Aquent) dispersos entre 1.500-3.000 m considerados no aptos. El resto de la zona tiene una buena aptitud y pertenece a las subclases A1 y A2s. Las restricciones en las tierras clasificadas como A2s están ligadas a caracteres físico-químicos del suelo: elevado contenido en fragmentos gruesos y carencia de nutrientes. La baja fertilidad química es común en los suelos de cotas altas y/o medias de poca pendiente. Las limitaciones de carácter físico se derivan de suelos con escaso desarrollo como Entisoles y algunos subgrupos énticos de Inceptisoles.

De acuerdo con estos controles, la clase A2s se distribuye en un cinturón discontinuo entre 2.300 y 2.600 m, que se ramifica y desciende por los pequeños barrancos y laderas de fuertes pendientes. La clase A1 se ubica en las partes bajas de la zona, aunque puede ascender hasta 2.500 m cuando los suelos son Criumbrept énticos y las pendientes de la clase E.

De forma general, las repoblaciones que tuvieron éxito en la zona de estudio coinciden en áreas calificadas con la clase A1 (Marquesado del Cenete, Las Catifas, el Chorro, etcétera); de otro lado, los enclaves de bosque autóctono se sitúan en tierras de la clase A2s. Esto último no descalifica el método de evaluación, ya que las condiciones microclimáticas (difíciles de cuantificar), las fuertes pendientes y el escaso valor agrícola del suelo son las causas de que se hayan conservado estos reductos de melojares y encinares.

b) *Labores mecanizadas* (Fig. 17). Las tierras clasificadas como no pertinentes (cotas mayores de 2.600 m y/o rocosidad excesiva) y no aptas (pendiente E-F y/o pedregosidad-rocosidad elevada) ocupan la mayor parte del área de estudio.

La clase A1 poco extensa y dispersa por todo el macizo está ligada a suelos profundos, con fertilidad adecuada, cotas medias-bajas y pendientes inferiores al 25-30%. A mayor altitud se produce una deficiencia de nutrientes, que traduce las áreas de la clase A1 en tierras clasificadas en la subclase A2s que ocupan principalmente la cuenca de Dilar, Monachil y Loma de Maitena. La subclase A2ms corresponde a tierras con un elevado porcentaje de

rocosidad y pedregosidad superficiales, con suelos de escaso desarrollo o moderadamente espesos en áreas altas con gran lavado de nutrientes. Finalmente, la subclase A2m corresponde a Criumbrept énticos sin limitaciones de fertilidad (zonas bajas), pero con obstáculos a la mecanización por pedregosidad y rocosidad superficiales.

Sin detallar las subclases correspondientes existen cuatro localizaciones geográficas con extensiones apreciables de tierras consideradas aptas para el uso forestal con laboreo mecanizado: 1) Loma de Maitena, Prados del Clérigo y entre Loma de Jacho y Prado Chapitel). 2) Marquesado del Cenete. 3) Prado Redondo y Borregiles de Monachil. 4) Ambas márgenes del Barranco Hondo.

4.3. Aptitud para usos ganaderos (pastoreo)

a) *Pastizales y dehesas*. A pesar de que se trata de unos recursos a los que no es posible evaluar en términos de aptitud, conviene puntualizar algunos aspectos importantes para su empleo: 1) La modalidad silvo-pastoral (dehesas) debe acompañar a los bosques esclerófilo (encinares) y caducifolio (melojares), puesto que combina el pasto alto y el bajo (GARCÍA FERNÁNDEZ (1971). 2) La existencia de rocas con elementos pesados (serpentinitas, anfibolitas, epidotitas, etcétera) pueden inducir cierto riesgo de toxicidad al pasto (RIVAS GODAY, 1969, y RIVAS GODAY y LÓPEZ, 1979). 3) Duración y localización en el año del período vegetativo. Para su cálculo se emplea el concepto de Gausson (en (GANDULLO y SERRADA, 1977) obteniendo la Figura 18; el período vegetativo disminuye con la altitud desplazándose hacia el centro del verano, lo que justifica la ascensión altitudinal transhumante de la ganadería en esa época.

b) *Cultivo de pastos con labores manuales. Prados artificiales* (Fig. 19). Destaca la poca aptitud del área; en su mayor parte se trata de tierras no aptas y no pertinentes para este uso.

En el análisis del cultivo de pastos en la modalidad manual aparecen las subclases A2s, A2m, A3s y A3m. La subclase A2s corresponde a suelos de desarrollo moderado, en pequeñas pendientes (clase C) y cuyo factor limitante principal es la escasez de nutrientes; está poco representada en el área. La subclase A2m se define por caracteres análogos a la anterior pero en mayores pendientes (clase D),

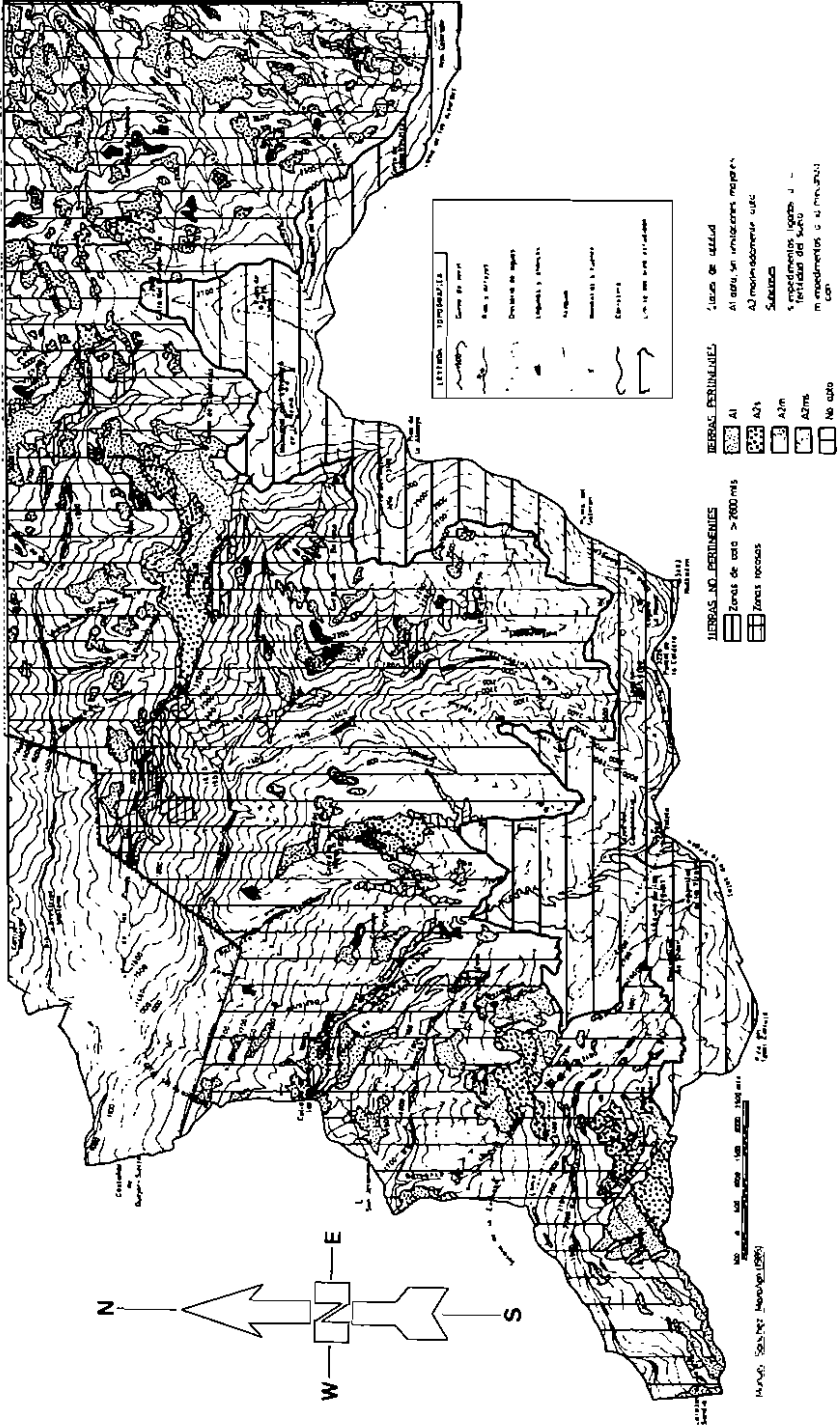


Fig. 17. Clases y subclases de aptitud para usos forestales. Labores mecanizadas.

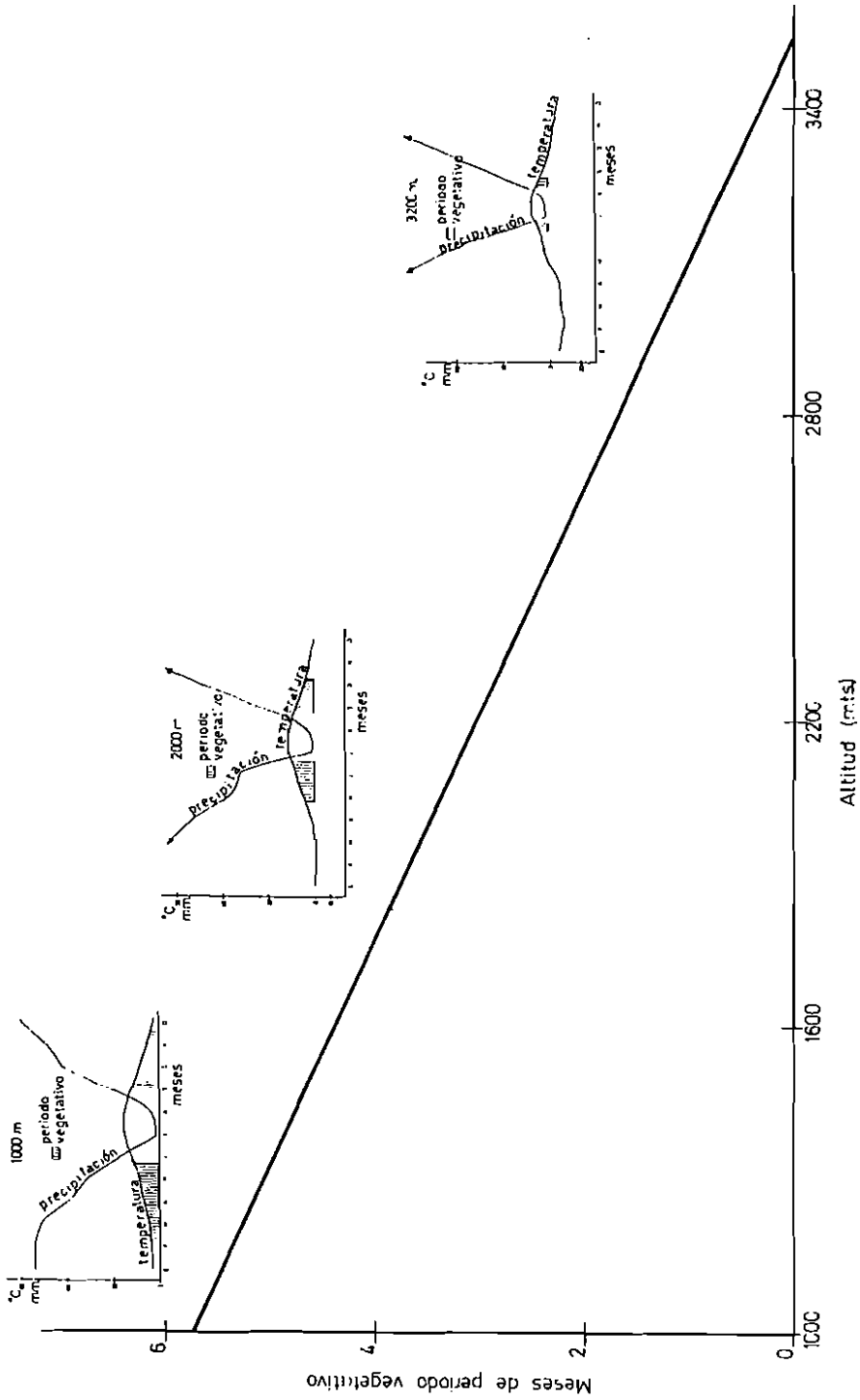


Fig. 18. Duración del periodo vegetativo en función de la altitud y su localización a lo largo del año para diferentes cotas.

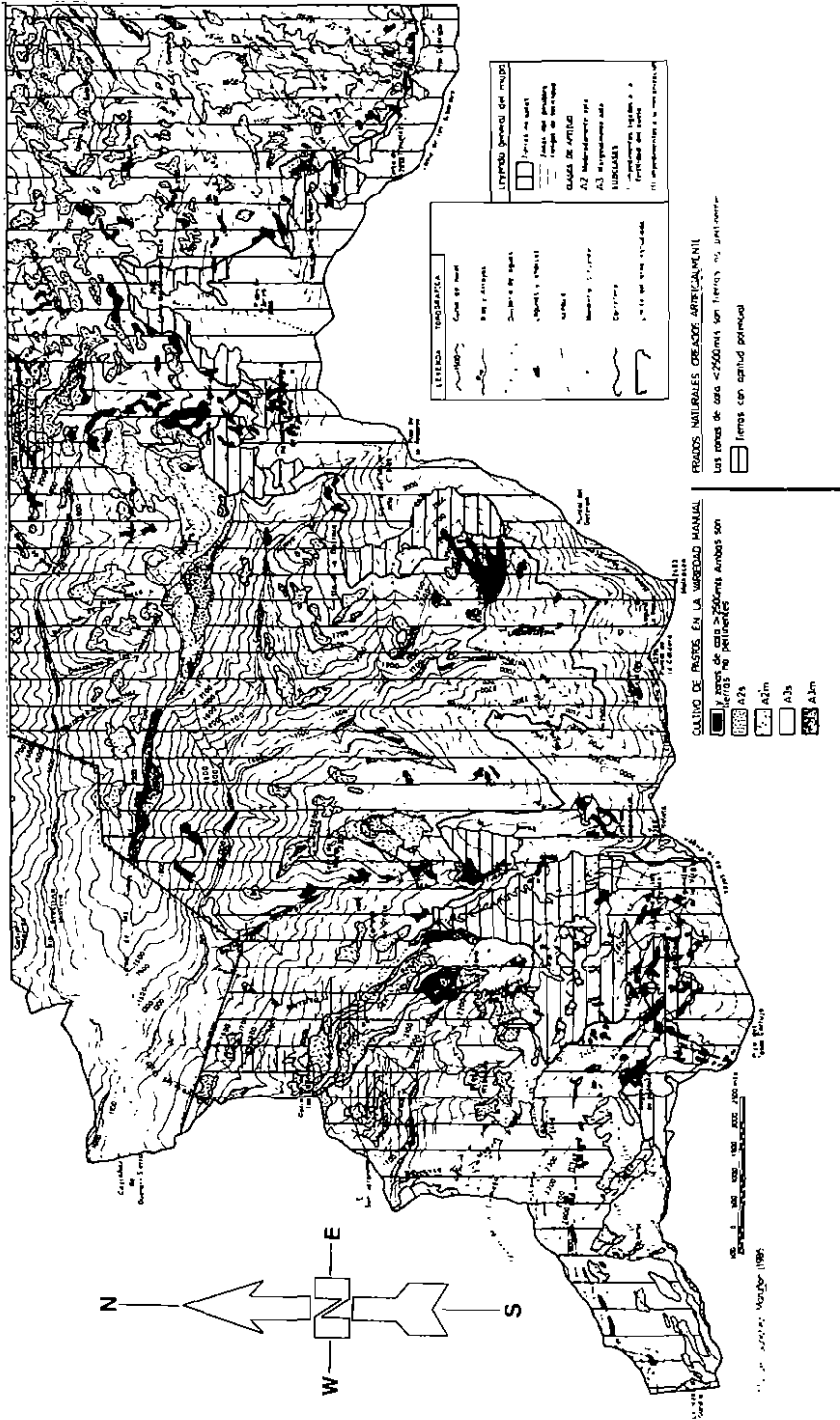


Fig. 19. Clases y subclases de aptitud para usos pastorales. Labores manuales.

que obstaculizan las labores de riego; es la subclase más abundante de todas las aptas para este uso. La subclase A3s está muy poco representada y corresponde a suelos poco evolucionados en áreas de poca pendiente. La subclase A3m se presenta en suelos de poco desarrollo, esqueléticos, en pendientes de la clase D y con elevado porcentaje de afloramiento rocosos; es minoritaria y se encuentra dispersa en el área.

Existen zonas con riesgos de toxicidad por metales pesados, muchas de ellas coinciden con importantes extensiones de la subclase A2m, concretamente en el barranco del Dilar, divisoria de aguas Monachil-Genil, etcétera. Toda actuación en estas áreas debe ir precedida de un análisis en profundidad de esta problemática.

Las zonas potencialmente aptas para los prados naturales semiartificiales se ubican en las tierras con pendientes menores del 50%, no rocosas ni pedregosas y situadas por encima de 2.500 m (este límite altitudinal asegura un exceso de agua de, al menos, 500 mm anuales). Debemos aclarar que este tipo de uso se refiere a una práctica muy antigua en Sierra Nevada, que consiste en regar laderas por derrame de acequias para la creación de pasto de verano.

La clasificación y cartografía de las clases de aptitud no se ha realizado, ya que requiere la valoración de caracteres topográficos únicamente estimables *in situ*, por ejemplo, rupturas de pendientes y márgenes de ríos con posibilidades de riego. Las mayores extensiones aptas forman un cinturón discontinuo por encima de 2.500 m, hasta las áreas pedregoso-rocosas y destacan las cuencas altas de Dilar y Monachil, así como algunas partes de la cuenca del río Genil (Vacares) y del Maitena (Charca Cobarillas).

c) *Cultivo de pastos con labores mecanizadas* (Fig. 20). Al tratarse de una forma de cultivo de regadío predominan las zonas no aptas y no pertinentes. Dado el escaso número de unidades cartográficas que aparecen en esta modalidad de uso, se recogen en un único mapa las unidades aptas para las modalidades de manejo con maquinaria ligera y pesada.

La unidad cartográfica más abundante es la que combina la subclase A2m para maquinaria ligera y la A3m en el tractor convencional, correspon-

diendo a las unidades de suelos de mayor desarrollo de todas las estudiadas en pendientes D. La unidad de subclase A3m para maquinaria ligera y el orden no apto para tractor convencional es la siguiente en abundancia y se ubica en suelos de menor desarrollo (subgrupos énticos y Entisoles) rocosos y pedregosos, en pendientes D. El resto de unidades son minoritarias. Las unidades cartográficas situadas a cotas inferiores a 2.100 m coinciden exactamente con los correspondientes al uso agrícola con regadío, ya que ambos tipos de uso tienen idénticos requerimientos. Se han cartografiado, asimismo, las áreas con posibles riesgos de toxicidad.

4.4. Riesgos de degradación del suelo

Un aspecto importante a tratar en todo proceso de evaluación de suelos son las pérdidas potenciales de la productividad de los suelos con el uso. Productividad-degradación es el binomio que condiciona la capacidad o la aptitud para el uso.

Dentro de los procesos de degradación de suelos citados por la FAO y el PNUMA (1980), la erosión en sus modalidades hídricas y eólica ocupa en el área un lugar preponderante, dada su condición montañosa con fuertes pendientes, vientos de gran velocidad, alta pluviometría, etcétera. Remitiéndonos a los riesgos de erosión que señala el USDA (1978), en la zona de estudio las clases mejor representadas son la 5 y 4, definidas como riesgos de erosión muy altos y altos. La posible degradación química, pese a ser suelos pobres en bases no parece ser elevada, ya que el uso del suelo entrañaría una remoción de materiales con la consiguiente rebasificación.

En el área se observa cómo la eliminación de la vegetación climácica, actuación previa a la mayoría de las explotaciones conduce a una decapitación del horizonte Ah e incluso de horizontes subsuperficiales, constatándose la presencia de Xerochrept y Xerorthent que derivan de la erosión de Xeroll y Um-brept, respectivamente.

Los procesos erosivos producidos por causas antrópicas están muy patentes en el sector del Marquesado del Cenete donde la simple comparación entre fotogramas de 1950 y los actuales muestra cómo antiguas áreas de cultivo han evolucionado a

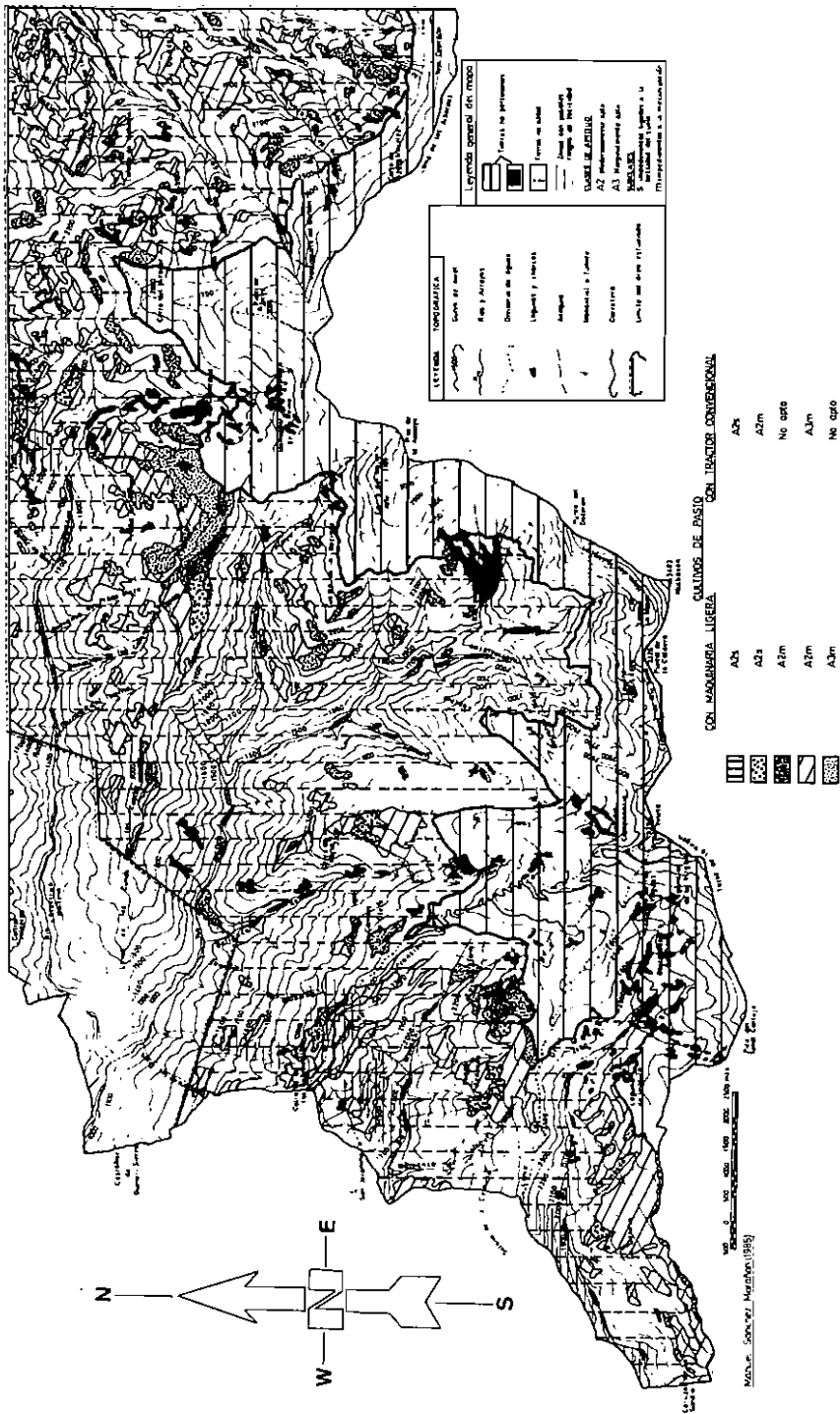


Fig. 20. Clases y subclases de aptitud para usos pastorales. Labores mecanizadas.

suelos poco desarrollados con una red tupida de surcos y cárcavas.

Se ha realizado un cálculo sencillo e ilustrativo de las pérdidas mínimas de algunos componentes del suelo, que se producirían en el área de estudio por la eliminación del horizonte Ah. Como horizonte orgánico-mineral susceptible de ser erosionado se ha considerado la media del epipedón móllico y úmbrico de los Umbrepts más representativos (DELGADO CALVO-FLORES, 1980; IX Reunión Nacional de Suelos, 1980, y PÁRRAGA, 1980). La Tabla XXI recoge las características medias del Ah y la posible pérdida ocasionada por la erosión de los, aproximadamente, 80 km² que ocupan los Umbrepts en la zona. Para el cálculo se consideró una densidad aparente media de 2,4 gr/cc para la grava y 1,1 gr/cc para la tierra fina, con una pendiente media de 40%.

Las 33×10^6 Tm de materiales que se pondrían en movimiento ocasionarían perjuicios en las obras hidráulicas (embalses) acortando su vida media, además de propiciar grandes avenidas con riesgo de encenagamiento de suelos fértiles de las vegas. Junto a estas consecuencias habría que añadir el empobrecimiento en carbono, nitrógeno, nutrientes, magnitud del complejo adsorbente y reserva de agua; con ello se restringe el desarrollo de la vegetación y edafofauna, incrementándose los procesos erosivos posteriores y la sequía estival, fruto de la intensificación de la escorrentía superficial y disminución del agua útil. Estas consideraciones sobre la pérdida del horizonte orgánico-mineral de los suelos más representativos de Sierra Nevada, pre-

tenden llamar la atención sobre el grave problema de la erosión de los suelos y principalmente en lo que se refiere a sus horizontes superficiales. Toda actuación que incida en los suelos, sobre todo aquellas cuyos éxitos dependan de la fertilidad química y física de los mismos, debe asegurar un uso óptimo (máxima producción/mínima degradación).

5. CONSIDERACIONES FINALES

Lo primero a destacar en este trabajo es la transformación del análisis sobre la aptitud de las tierras de las zonas piloto, a través de cualidades, en *caracteres físicos diagnósticos* que permitan la extrapolación de las diferentes clases de aptitud a la totalidad del área. Esta extrapolación, sin embargo, tiene sólo valor dentro del ámbito Noroccidental de Sierra Nevada, ya que los suelos, aun pertenecientes al mismo taxón, tienen márgenes de propiedades diferentes en distintas localizaciones.

Los criterios físicos diagnósticos establecidos son: tipo de unidad taxonómica (tipología de suelos) con nomenclatura de la Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 1975), la pendiente, la predregosidad y rocosidad superficiales, el pH en pasta saturada como media ponderada al espesor del «sólum», el espesor del «sólum», el contenido de fragmentos gruesos a lo largo del perfil del suelo y los intervalos de cota que representan al clima. Dicho de otra forma, las clases de aptitud para usos agronómicos están relacionadas con los factores del medio físico citados.

Las clases de aptitud para usos agrícolas están relacionadas con los factores físicos: tipo de suelo a nivel de subgrupo de la Soil Taxonomy, pendiente, predregosidad y rocosidad superficiales y tipo de clima representado por un intervalo de cota; es decir, el nivel alcanzado con la clasificación de tierras propuesta para este uso equivale a fases de la Soil Taxonomy. En el caso de usos forestales y de cultivo de pastos es necesario añadir a la clasificación empleada, además de las fases antedichas, los caracteres pH (equivalente a saturación de bases), espesor del «sólum» y contenido de fragmentos gruesos. Ello es índice de un desfase entre las clasificaciones de tierras y de suelos empleadas; también señala ese hecho que los datos disponibles sobre las unidades cartográficas de suelos, superan a los expresados con la leyenda (unidades taxonó-

TABLA XXI

CARACTERÍSTICAS MEDIAS DEL HORIZONTE Ah DE LOS UMBREPT Y POSIBLES PERDIDAS OCASIONADAS POR EROSION EN EL AREA

Característica	Media	Pérdida
Espesor del Ah	24,4 cm	24,4 cm
Fración <50	40,8%	6.840.000,0 Tm
Fración >50	59,2%	9.900.000,0 Tm
Grava	49,0%	16.074.720,0 Tm
Carb. orgánico	3,3%	550.000,0 Tm
Nitrógeno	0,18%	29.700,0 Tm
Fósforo	1,1 mgr/100 gr	182.970,0 Kg
Potasio	9,9 mgr/100 gr	1.660.400 Kg
Σ Bases	5,5 meq/100 gr	914.940.000,0 Eq
CEC	14,6 meq/100 gr	2.447.746.000,0 Eq
Agua útil	0,83 mm/cm	1.827.000.000,0 mm

micas) y de ahí que la clasificación de tierras se pueda aplicar.

La «Soil Taxonomy» se define a sí misma como un sistema natural de clasificación de suelos desarrollado para la posterior interpretación del mapa de suelos (los taxones están definidos en términos de propiedades), el sistema es multicategorico y en cada nivel existe una posibilidad de predicción sobre el uso del suelo, que aumenta al descender hacia las categorías inferiores. Sin embargo, la clasificación de tierras elaboradas para este estudio no discrimina como se ha visto entre los diferentes subgrupos de suelos de la «Soil Taxonomy» reconocidos en el mapa básico de suelos. Ello se debe, en parte, al gran parecido entre las propiedades de los subgrupos. Otra razón es que algunas unidades cartográficas son complejas, incluyendo varios subgrupos y la clasificación de la aptitud de esas unidades engloba, por tanto, a subgrupos de suelos no separables. Esto «a priori» restaría valor a las predicciones para el uso de esas unidades. Ahora bien, si analizamos en detalle los tipos de suelos incluidos en dichas unidades, se trata de «suelos no similares no limitantes» que el manual de levantamiento de suelos (SOIL SURVEY STAFF, 1951) define como suelos que se incluyen en taxones diferentes, pero que presentan las mismas limitaciones para el uso, por lo que el problema de la variabilidad queda minimizado.

La cartografía temática de la aptitud para usos agrícolas indica que la mayor parte del área es no apta para dichos usos. Las causas restrictivas son esencialmente climáticas, junto con la rocosidad superficial, los problemas ligados a la fertilidad de los suelos y los valores elevados de la pendiente. Los escasos enclaves potencialmente utilizables son marginalmente aptos (subclase A3) y su utilización se justifica sólo en aquellos casos en que sea una explotación complementaria.

Con respecto a los usos forestales la zona presenta una buena aptitud, sobre todo para la explotación poco mecanizada, en la que aparecen las subclases A1 (altamente apta) y A2s (moderadamente apta). Las restricciones sobrevienen, principalmente, de causas climáticas y en menor grado por la rocosidad superficial, fertilidad de los suelos y la pendiente, siendo limitante absoluto este factor para las labores mecanizadas.

El sector considerado no tiene muchas posibilida-

des para el cultivo y mejora de pastos, por la poca extensión de las áreas que han resultado aptas para estos usos. A pesar de ello, dada la escasez de este recurso a nivel regional y por la existencia de pastizales naturales de verano, se puede afirmar que Sierra Nevada tiene un gran valor en cuanto a su empleo como fuente de pastos y si bien es necesario controlar el número de cabezas de ganado y su tipo, dada la baja tasa de renovación de la vegetación, es recomendable la nueva creación de pastizales y la mejora de los existentes.

En general, en el área pueden reconocerse sectores con vocación silvo-pastoral, de relativa buena aptitud para combinar ambos usos, pero condicionados por la mala accesibilidad y la agresividad climática temporal, que recomiendan ceñirlos a la modalidad trashumante y explotaciones forestales con labores manuales.

Los suelos de Sierra Nevada con más capacidad para el uso y mejor aptitud para toda clase de empleo agronómico son los Xerumbrept típicos y los Criumbrept énticos y típicos, dado su gran espesor respecto a otros suelos de montaña y sus buenos caracteres de fertilidad física y química.

Los usos de Sierra Nevada deben tener un claro enfoque conservacionista o, al menos, ser respetuosos, en gran medida, con los caracteres medio-ambientales. Este macizo es rico en bienes escasos para el resto del territorio (suelos, pastos, bosques, etcétera) y constituye la base de los recursos hídricos de una parte importante de Andalucía Oriental. Los riesgos de erosión y los impactos ecológicos son muy elevados al ser un ecosistema de montaña y, por tanto, frágil. En este sentido, sería importante respetar y potenciar los bosques autóctonos, los endemismos, conservar los suelos bien desarrollados, etcétera.

Finalmente, debemos resaltar que si bien la elaboración de un mapa básico de suelos es relativamente costosa por el gran número de datos de campo, de laboratorio y bibliográficos necesarios, la posterior interpretación de dicho mapa constituye una base de gran valor para la planificación y la ordenación del territorio. Es importante insistir, sin embargo, en que todas las conclusiones extraídas y los mapas de aptitud delimitados no son definitivos en cuanto al uso de cada unidad cartográfica delimitada, sino que deben completarse con los aspectos socioeconómicos del problema.

SUMMARY

The Northwest area of Sierra Nevada is the most important sector in this mountain because of its proximity to Granada City. On other hand, the future uses of land in this zone are polemical projects.

This study is an example in a specific framework for biofísica resources evaluation based on that of the FAO.

Suitability evaluation in the type-zones and identification of diagnostic criterions is the most important interpretative stage in the proposed frame-work for biophysical resources evaluation.

«Dilar river cleft», representing soil altitude sequences and «Dehesa of Camarate» representing autochthonous forests, are the two selected type-zones from the whole area.

Land suitability in the type-zones is carried out in term of physics diagnostic criterions. The selected criterions are: soil taxonomic units in «Soil Taxonomy», slope, overground rockiness and stoniness, soil pH, content of coarse fragment in soil, «sólum» depth and altitude range.

In this study we interpret a soil map at scale 1:50.000 by means of physical diagnostic criterions obtained from type-zones.

Most area are not suitable for agriculture practics because of the undesirable climate, topography and soil fertility. Only a few small areas are marginally suitable (A3 classe). Forestry with non mechanized labours is the more suitable activity in this zone (A1 classe and A2s subclasse). Summer pasturing with a nomadized modality is the more important practice of grazing. There are a few small areas for grassland.

The soil maps are good ground-work for land evaluation for agronomic uses and consequently also for land planification.

BIBLIOGRAFIA

- DELGADO CALVO-FLORES, R., 1980: *Edafología y geoquímica de las alteraciones superficiales en la cuenca alta del río Dilar (Sierra Nevada)*. Tesis doctoral. Facul. Cien. Univ. Granada. pág. 668. Inédita.
- DELGADO CALVO-FLORES, R.; BARAHONA, E. y LINARES, J., 1982: «El relieve como factor formador de los suelos de Sierra Nevada». *An. Edaf. Agrobiol.* XLI, pp. 441-473.
- DELGADO CALVO-FLORES, R.; SÁNCHEZ MARAÑÓN, M. y DELGADO CALVO-FLORES, R., 1987: «Metodología para la evaluación de la aptitud para usos agronómicos (agrícolas, forestales y ganaderos) de los suelos del sector Noroccidental de Sierra Nevada (Granada)». *Ecología*, 1.
- EGEOGRAN, 1983: «Bases físicas para una ordenación territorial de la vertiente Sur de Sierra Nevada (Alpujarra, Granada)». *Cuad. Geogr. Univ. Granada* núm. 11, pp. 83-126. Serv. Publ. Univ. Granada.
- FAO, 1976: «Esquema para la evaluación de tierras». *Bol. de suelos de la FAO*, núm. 32. Roma.
- FAO, 1977: *Guías para la descripción de perfiles de suelos*. FAO. Roma.
- FAO y PNUMA, 1980: *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos*. FAO. Roma.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, J., 1971: *Cultivos herbáceos*. Ed. Agrociencia. Zaragoza. p. 534.
- GANDULLO, J. M., y SERRADA, R., 1977: *Mapa de la productividad potencial forestal de la España peninsular*. INIA. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- HARROD, T. R., 1979: «Soil suitability for grass land». *Soil Surv. Tech. Mongr.*, núm. 13, pp. 51-70.
- MARTÍN, M., *et al.*, 1982: *Avance del Plan Especial de Protección del Macizo de Sierra Nevada*. Junta de Andalucía.
- PAPADAKIS, J., 1980: *El clima. Con especial referencia a los climas de América Latina, Península Ibérica, ex colonias y sus potencialidades agropecuarias*. Ed. Albatros. Madrid.

- PÁRRAGA, J., 1980: *Estudio edáfico de la Dehesa del Camarate (Sierra Nevada)*. Tesis doctoral. Facul. Cien. Univ. Granada. 421 pág. Inédita.
- PÁRRAGA J., y AGUILAR, J., 1981: «Estudio edáfico de la Dehesa del Camarate. I. Características macro y micromorfológicas». *An. Edaf. Agrobiol.* XL. pp. 775-796.
- PÁRRAGA, J.; DORRONSORO, C.; AGUILAR, J., y FERNÁNDEZ, J., 1981: «Estudio edáfico de la Dehesa del Camarate II. Características mineralógicas». *An. Edaf. Agrobiol.*, XL. pp. 797-815.
- PÁRRAGA, J.; DELGADO CALVO-FLORES, R., y AGUILAR, J., 1983: «La influencia conjunta del relieve y la vegetación sobre los suelos forestales de la Dehesa del Camarate (Sierra Nevada)». *An. Edaf. Agrobiol.*, XLII, pp. 1885-1903.
- PEZZI, M., y GARCÍA ROSELL, L., 1978: «Análisis del medio físico de Sierra Nevada: Ordenación de sus recursos y clasificación de unidades paisajísticas». *Cuad. Geogr. Univ. Granada*, vol. 8, pp. 221-231.
- JUNTA DE ANDALUCÍA, 1985: *Plan especial de protección del medio físico y catálogo de espacios y bienes protegidos en la provincia de Granada*. Consejería de Política Territorial. Dir. Gen. Urb. EPÍPSA.
- PUGA, E., 1971: *Investigaciones petrológicas en Sierra Nevada Occidental*. Tesis doctoral. Fac. Cien. Univ. Granada. p. 673 2.ª Ed. 1976.
- IX REUNIÓN NACIONAL DE SUELOS, 1980: «Itinerarios de campo». Granada. Est. Exp. Zaidín. Dpto. Edaf. Facul. Farm. p. 105.
- RUIZ DE LA TORRE, J., 1971: «Los montes. Estudio forestal de Sierra Nevada». En: Ferrer, M. 1971. *Sierra Nevada*. Ed. Anel. Granada. pp. 357-371.
- RIVAS GODAY, S., 1969: «Flora serpentinícola española. Nota 1.ª Edafismos endémicos del Reino de Granada». *An. Real Acad. Farm.* 35 (3), pp. 297-304.
- RIVAS GODAY, S., y LÓPEZ, G., 1979: «Nuevos edafismos hispánicos de sustratos ultrabásicos y dolomíticos». *An. Real Acad. Farm.* 45 (1), p. 95-112.
- SÁNCHEZ MARAÑÓN, M.; DELGADO CALVO-FLORES, R., y DELGADO CALVO-FLORES, G. 1987a: «Caracterización agroclimática de un área de la alta montaña mediterránea (Sector N-W de Sierra Nevada)». *Bol. Est. Cen. de Ecol.* ICONA. Vol. 16, núm. 31, pp. 43-62.
- SÁNCHEZ MARAÑÓN, M.; DELGADO CALVO-FLORES, G.; OYONARTE, C., y DELGADO CALVO-FLORES, R., 1987b: «Clasificación de las condiciones de fertilidad de los suelos del núcleo de Sierra Nevada (Granada, España)». *Agrochimica*. En prensa.
- SÁNCHEZ MARAÑÓN, M.; DELGADO CALVO-FLORES, G., y DELGADO CALVO-FLORES, R., 1987c: «Distribución de los suelos del sector N-W de Sierra Nevada». *Ars Pharmaceutica*. En prensa.
- SERRANO, M. E., 1984: *Influencia de la repoblación de Pinus sylvestris y P. uncinata en los suelos de la vertiente Sur de Sierra Nevada*. Tesis licenciatura, Facul. Far. Univ. Granada. p. 313. Inédita.
- SOIL SURVEY STAFF, 1951: *Soil Survey Manual*. Handbook núm. 13. U.S. Dept. Agr.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975: *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Soil Cons. Ser. U.S. Dept. Agr. Agriculture Handbook núm. 436.
- STORIE, R. E., 1970: *Manual de evaluación de suelos*. Ed. UTEHA. pág. 225.
- USDA, 1978: *Application of soil information*. National Soil Handbook Notice núm. 24.