

Aplicación de un sistema de información geográfica al estudio del medio natural de la cuenca del alto Tajo

F. ALLENDE ÁLVAREZ (*); E. GARCÍA HERNÁNDEZ (*); J. SORIANO CARRILLO (**);
F. FERNÁNDEZ GARCÍA (*); M. A. GARCÍA CALLEJA (**)

RESUMEN Se ha realizado un estudio del medio natural de la cuenca del alto Tajo, integrando las diferentes variables obtenidas en un sistema de información geográfica (S.I.G.).

USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR ANALYSIS OF ALTO TAJO BASIN (SPAIN)

ABSTRACT *This research tries to study the Geographical Information Systems applications in natural resources through the analysis of natural elements in the Alto Tajo basin.*

Palabras clave: Fisiografía; Cuenca alto Tajo; S.I.G.

I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento del medio natural, es un objetivo prioritario para llevar a cabo la gestión y planificación del territorio y de sus recursos naturales así como para mantener una información actualizada de fácil consulta y localización.

Por esta razón, se hace necesario configurar un sistema de base de datos que integre la información cartográfica y alfanumérica procedente de diferentes fuentes, para conseguir la necesaria evaluación cartográfica de las características fisiográficas del medio natural.

Los criterios establecidos se basan en la utilización de cuatro grandes factores en la elaboración de una matriz destinada al análisis del medio físico: el factor humano (ocupación del suelo), el elemento morfológico, la vegetación y las condiciones climáticas.

El presente trabajo es parte del convenio de colaboración suscrito entre la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas para la aplicación de la teledetección al estudio fisiográfico de la cuenca del Alto Tajo.

II. EQUIPAMIENTO INFORMÁTICO

A continuación nos referiremos a los medios informáticos utilizados en el presente trabajo. Se han clasificado en medios físicos y lógicos (hardware y software) tanto para el

análisis digital de imagen como para la generación de la base de datos espacial (Sistema de Información Geográfica).

2.1. HARDWARE

Se ha utilizado una estación de trabajo Hewlett Packard Apollo 715 a 50 Mhz con 32 Mb de RAM, un Xterminal Hewlett Packard 700 /RX y varios PC's con software de SIG y tratamiento digital de imágenes.

También se han empleado, vía red TCP/IP, los medios del Sector de Apoyo Informático del CEDEX, donde se dispone de un cluster de 6 estaciones de trabajo Hewlett Packard 735 a 93 Mhz con 32 Mb de RAM cada una, en una de las cuales reside el software ARC/INFO 7.0.3 que es el que se ha utilizado principalmente para el desarrollo del presente trabajo.

2.2. SOFTWARE

El sistema de información geográfica utilizado ha sido el sistema ARC/INFO. ARC/INFO es un sistema de información geográfica vectorial-topológico con capacidad para la captura, integración, análisis y presentación gráfica y alfanumérica de resultados.

Conceptualmente el sistema ARC/INFO responde a lo que se denomina Integrated Geographic Information System (IGIS), por soportar modelos de datos vectoriales y raster, pudiendo realizarse análisis topológicos vectoriales y análisis raster.

III. MATERIAL DIGITAL Y CARTOGRAFÍA DE BASE

Se han utilizado dos tipos fundamentales de información, por una parte la cartografía en formato digital y, por otra parte la imagen multispectral de la zona en estudio.

(*) Universidad Autónoma de Madrid.

(**) Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Ministerio de Fomento).

b) Temperatura

De la misma manera que los umbrales de precipitación son factores determinantes a la hora de establecer zonificaciones, la temperatura sirve para definir los pisos bioclimáticos.

Utilizando los valores de la temperatura media anual (T), la media de las temperaturas mínimas del mes más frío (m), y la media de las temperaturas máximas del mes más frío (M), se establece el denominado índice de termicidad (Rivas Martínez, 1987).

$$It = (T + M + m) 10$$

En la cuenca del alto Tajo se encuentran representados los siguientes pisos bioclimáticos:

Crioromediterráneo (T < 4° C, m > -7° C, M < 0° C).

Oromediterráneo (T 4° a 8° C, m -7° a -4° C, M 0° a 2° C).

Supramediterráneo (T 8° a 13° C, m -4° a -1° C, M 2° a 9° C).

Mesomediterráneo (T 13° a 17° C, m -1° a 4° C, M 9° a 14° C).

4.2. DESCRIPCIÓN

Considerando los patrones fitosociológicos de fragmentación citados en el apartado anterior (divisiones en reino, región, subregión, superprovincia, provincia, subprovincia, sector y subsector), podemos incluir la zona de estudio en dos grandes provincias corológicas, ambas dentro de la Superprovincia Mediterráneo-Iberolevantina:

1. Castellano-Maestrazgo-Manchega.
2. Catalano-Valenciano-Provenzal.

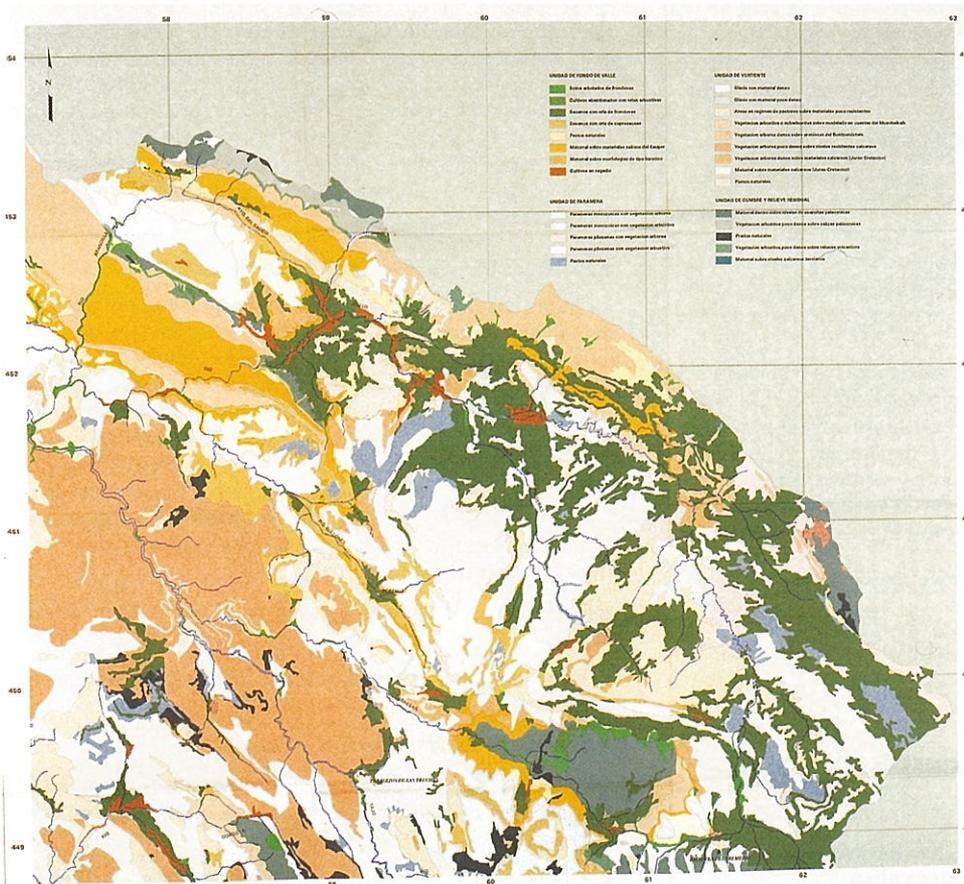
La primera se extiende por las Alcarrias y las Altas parameras de Guadalajara y Cuenca y la Serranía de Cuenca.

La segunda ocupa pequeños sectores del sureste de la Serranía de Cuenca.

Dentro del primer grupo las formaciones vegetales de principal interés son las integradas por encina (*Quercus ilex ballota*) con *Blupearum rigidi*, encinares con sabina albar (*Juniperus thurifera*), comunidades de sabina albar y enebro (*Juniperus hemisphaerica*), quejigares (*Quercus faginea*) y pinares de pino albar (*Pinus sylvestris*) con sabina albar.

En la provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega la sucesión vegetal a través de los diferentes pisos bioclimáticos posee cierta lógica con variaciones determinadas por el carácter térmico o umbrófilo, los niveles altitudinales y el régimen pluviométrico. Aparecen encinares y quejigares en el mesomediterráneo y sectores más térmicos con las características en muchos casos mesófilas del supramediterráneo. La sabina albar ocupa amplios sectores de paramera en el supramediterráneo y horizontes inferiores del oromediterráneo. Por último las zonas altas de cierto rigor climático son ocupadas por el pino albar (oromediterráneo).

La provincia Catalano-Valenciano-Provenzal presenta facitaciones del meso y el termomediterráneo, apareciendo ocasionalmente los niveles comprendidos entre el supra y el crioromediterráneo. En la zona en estudio, y dentro del piso supramediterráneo, se desarrollan melojares subhúmedos (*Quercus pyrenaica*) que son sustituidos, en el oromediterráneo por el pino albar y por las erináceas en el crioromediterráneo.



FOTOGRAFÍA 2. Mapa unidades fisiográficas cuadrante nororiental de la cuenca del alto Tajo.

V. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

5.1. LAS UNIDADES MORFOLÓGICAS SOBRE TERRENOS CALCÁREOS

Las morfologías de tipo kárstico adquieren gran importancia dentro de la cuenca del Alto Tajo. Un amplio espectro de formaciones calcáreas karsticas se distribuyen desde el mesozoico (terrenos jurásicos y cretácicos fundamentalmente) al terciario (calizas del páramo).

Las morfologías de este tipo se ubican en los sectores orientales del área de estudio, entre la Sierra de Bascañana y las nacientes del Júcar. Unidad aparte constituye la Sierra de Altomira aislada respecto al conjunto Ibérico y de disposición N-S (a diferencia de las estructuras ibéricas de dirección dominante NO-SE).

Los ejemplos más representativos del mundo kárstico de este sector de la Ibérica se encuentran en el corazón de las Serranías de Albarracín y Cuenca, es aquí donde encontramos los sectores más favorables a una karstificación efectiva (potentes espesores cretácicos y jurásicos).

Núcleo aislado es el constituido por las plataformas calcáreas turolenses, unidades con entidad propia y fuente de numerosos manantiales ubicados en la denominada Depresión Intermedia.

5.2. LAS UNIDADES MORFOLÓGICAS SOBRE ARENISCAS

Ocupan un amplio territorio especialmente ligado a las formaciones del Buntsandstein, la espectacularidad de sus afloramientos merece que se las considere como elementos morfológicos individualizados.

Normalmente bordean los macizos paleozoicos y constituyen paquetes de gran espesor y resistencia a la erosión. El conjunto constituye un macromodelado de formas turriculadas y bloques de arenisca, separados por largos y angostos corredores con abundantes fenómenos de alteración superficial.

5.3. LAS UNIDADES MORFOLÓGICAS SOBRE MACIZOS PALEOZOICOS

Principalmente asociadas a niveles residuales resistentes de afloramientos cuarcíticos. Entre otros consideramos los macizos del Nevero, Tremedal, Carbonera, Collado de la Plata o los de Sierra Menara-San Ginés. Casi siempre forman relieves que se destacan por encima de las parameras de alrededor.

Fisiográficamente la alternancia de niveles resistentes de cuarcita (ordovícico, silúrico) con niveles más deleznales de pizarra condiciona un modelado diferencial de resaltes y desventramientos, lo que podemos denominar como un modelado apalachense. Las zonas altas se encuentran cepilladas y enrasadas por una superficie de erosión de edad intramiocena que le da un aspecto decapitado al conjunto.

5.4. LAS UNIDADES MORFOLÓGICAS SOBRE TERRENOS TERCIARIOS

Ampliamente distribuidas por todo el Valle Alto del Tajo, desde el borde de Altomira hasta el interior de los sectores mesozoicos o piedemonte de los conjuntos paleozoicos.

VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6.1. UNIDADES MORFOLÓGICAS

Se han establecido cuatro tipologías básicas: fondo de valle, vertiente, relieves residuales y zonas altas.

6.1.1. Fondos de valle

Ocupa en su mayor parte los sectores de la Depresión Intermedia, aunque también presentan este tipo de condiciones cubetas interiores y rellanos de paramera. Se distinguen cinco tipos fundamentales: abanicos aluviales, llanuras fluviales, modelado sobre areniscas del Buntsandstein, valles amplios sobre materiales del Keuper y cubetas de decalcificación.

6.1.2. Vertientes

Localizada en todo el área de estudio en los contactos con formaciones litológicas en resalte, su mayor frecuencia se pone de manifiesto en los sectores interiores mesozoicos. Se han observado diez tipos fundamentales: laderas sobre arenas del albeise, laderas sobre el barremiense, laderas con alternancia de calizas y margas, cuevas en pizarras y cuarcitas del Ordovícico, cuevas en pizarras y cuarcitas del Silúrico, cuevas en materiales del Muschelkalk, cuevas sobre materiales de transición Triásico-Jurásico, laderas sobre elementos conglomeráticos y arcillosos, laderas con alternancia de margas, arcillas y yesos y laderas sobre materiales coluviales cuaternarios.

6.1.3. Relieves residuales

Relacionados con formaciones marginales que constituyen elementos relictuales dentro de la morfología dominante. Son cuatro los tipos establecidos: niveles resistentes sobre calizas carboníferas, niveles resistentes sobre calizas autumienses, niveles volcánicos y niveles resistentes sobre calizas cámbricas.

6.1.4. Zonas altas

Constituyen morfologías culminantes de formaciones geomorfológicas. Se distinguen ocho tipos fundamentales: niveles resistentes sobre cuarcitas ordovícicas, niveles resistentes sobre cuarcitas silúricas, parameras en el Dogger, parameras en el Pliesbachiense, parameras en el Plioceno, niveles resistentes sobre el senoniense, niveles resistentes sobre pizarras y cuarcitas cámbricas y niveles resistentes sobre calizas terciarias.

6.2. SERIES DE VEGETACIÓN Y PISOS BIOCLIMÁTICOS

La información de la vegetación existente en el área de estudio se obtuvo a partir de los datos contenidos en las series de vegetación de Rivas Martínez (1987). En la delimitación utilizamos el tipo de especie presente en primer lugar, si coincidían dos o más especies del mismo tipo utilizamos el criterio de piso bioclimático y si aún se solapaban escogíamos el tipo de ombroclima dominante. Los tipos vegetales obtenidos contienen datos sobre la vegetación potencial existente en el territorio con lo que simplificó nuestro análisis, reduciendo las categorías a nueve catalogadas por el tipo de especie dominante:

- Coscojares de *Quercus coccifera* en el piso mesomediterráneo.
- Encinares de *Quercus ilex rotundifolia* en el piso mesomediterráneo.
- Encinares de *Quercus ilex rotundifolia* en el piso supra-mediterráneo.
- Melojares de *Quercus pyrenaica* en el piso supramediterráneo.
- Olmedas de *Ulmus minor* sobre substratos calcáreos.

- Quejigares de *Quercus faginea* entre los piso meso y supramediterráneo.
- Quejigares de *Quercus faginea* en el piso supramediterráneo con un ombroclima seco (350-600 mm/año).
- Quejigares de *Quercus faginea* en el piso supramediterráneo con un ombroclima subhúmedo (600-1000 mm/año).
- Sabinas rastreros de *Juniperus sabina* en el piso oromediterráneo.

Los pisos bioclimáticos representados en el área en estudio son los siguientes: oromediterráneo inferior, supramediterráneo superior, supramediterráneo medio, supramediterráneo inferior y mesomediterráneo superior.

6.3. USOS DE SUELO

Las clasificaciones de usos de suelo fueron simplificadas a partir del CORINE LAND COVER, tomando criterios de máxima representatividad y eliminando los usos de suelo poco o nada representados, en función de estos factores se establecieron diecinueve categorías: suelo urbano, extracción minera, secano (tierra de labor), herbáceas en regadío, olivares, cultivos anuales en praderas, cultivos con manchas de vegetación autóctona, explotaciones agroforestales, bosque esclerófilo, rebollares, nebradas, bosque mixto, pastos naturales no supraforestales, matorral (denso, medianamente denso y subarborescente) y boscoso de transición) suelo desnudo y masas de agua.

6.4. UNIDADES FISIGRÁFICAS

La cartografía de unidades fisiográficas refleja la intersección de tres capas de información: vegetación y pisos bioclimáticos, usos de suelo y geomorfología. A partir de la unión de los campos comunes y su posterior discriminación se han establecido cuatro grandes unidades: unidad de fondo de valle, unidad de vertiente, unidad de paramera y unidad de cumbre y relieve residual.

6.4.1. Unidad de fondo de valle

a) Sotos arbolados de frondosas

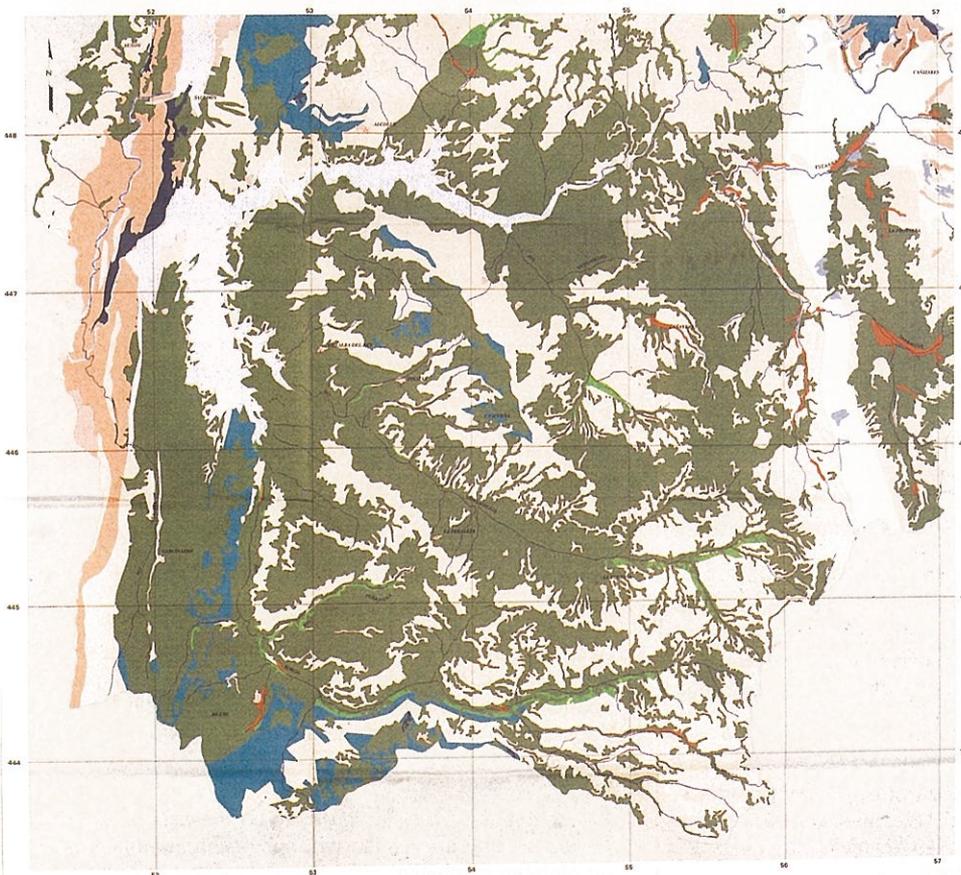
Este tipo de sotos se sitúa en las márgenes fluviales de los principales ríos. La formación dominante son las olmedas (*Ulmus minor*) con especies del género *Populus* en los sectores de la Depresión Intermedia y *Fraxinus angustifolia* en los sectores del interior.

b) Cultivos abandonados con orlas arbustivas

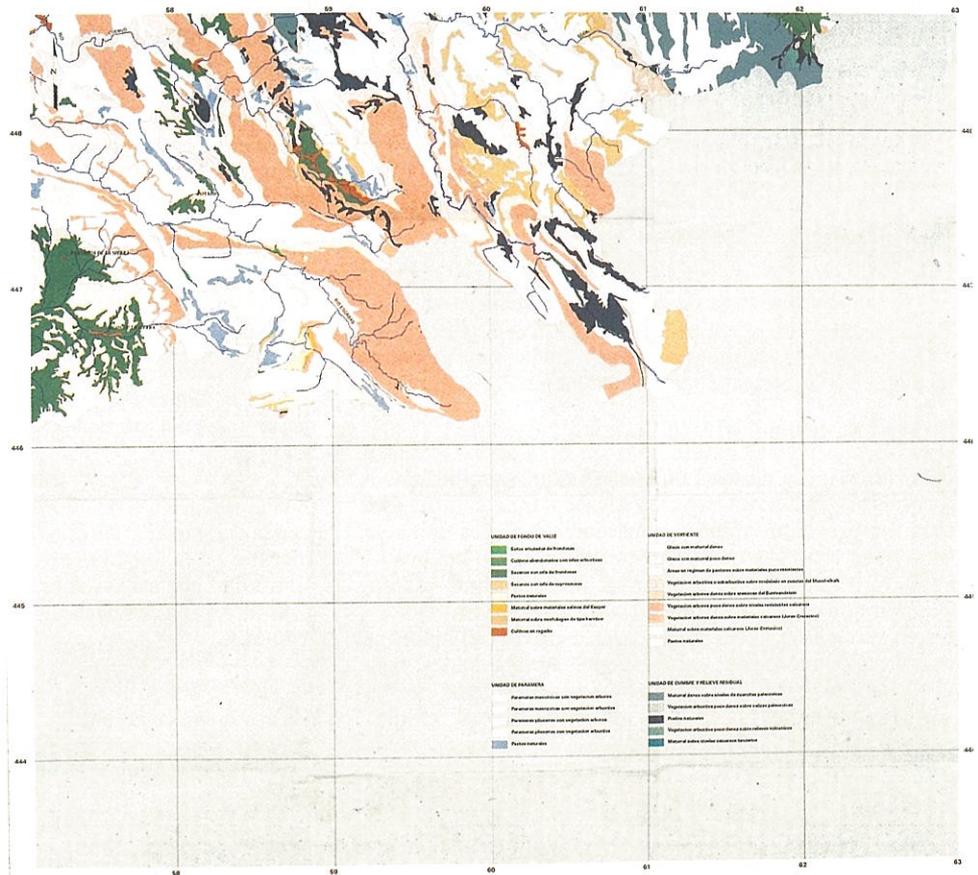
Los antiguos cultivos de regadío de la zona de estudio responden a paisajes de tipo "bocage", es decir, formaciones en mosaico en la que alternan sectores abandonados de cultivo limitados por orlas arbustivas densas. La orla arbustiva está integrada por especies espinosas de los géneros *Prunus* y *Rubus*.

c) Secanos con orla de frondosas

En los cultivos cerealísticos en proceso de abandono o ya abandonados, el bosque original gana terreno a las antiguas superficies roturadas. Esta categoría incluye también fondos



FOTOGRAFÍA 3. Mapa unidades fisiográficas cuadrante suroccidental de la cuenca del alto Tajo.



FOTOGRAFÍA 4. Mapa unidades fisiográficas cuadrante suroriental de la cuenca del alto Tajo.

de valle en paramera con condiciones ambientales idóneas para el cultivo de cereales resistentes (tierras centeneras).

d) *Secanos con orla de cupresáceas*

Los terrenos de cultivo típicos de sectores continentales con fuertes heladas son invadidos con frecuencia por tipos vegetales autóctonos y cultivos de cereales resistentes (centeno).

e) *Pastos naturales*

Los sectores con abundante agua superficial son ocupados por pastizales. Estos pastos son muy ricos en elementos proteicos (*Lotus*, *Trifolium*, etc).

f) *Matorral sobre materiales salinos del Keuper*

Los terrenos marginales con elevada contenido en sales y roturados en períodos de penuria económica han sido abandonados ante las dificultades de cultivo (necesidad de aportes en cal).

g) *Matorral afectado por fenómenos kársticos*

Las depresiones originadas por fenómenos de tipo kárstico se concentran en los sectores jurásicos y cretácicos. Constituyen orlas arbustivas densas y fuertemente condicionadas por el substrato calcáreo, dominan especies del género *Prunus* y *Pyrus*.

h) *Cultivos en regadío*

Los cultivos en regadío son característicos de las grandes riberas fluviales de la Depresión Intermedia y depresiones periféricas (río Gallo). Dominan las forrajeras dirigidas a la producción de piensos compuestos.

6.4.2. Unidad de paramera

a) *Parameras mesozoicas con vegetación arbórea*

Sectores correspondientes a antiguas tierras de uso comunal y dehesas de los pueblos que han conservado la vegetación autóctona. La especie arborea típica es la sabina albar.

b) *Paramera mesozoicas con vegetación arbustiva*

Corresponde a zonas de secular pastoreo hoy en regresión, ocupan los sectores marginales dedicados a pasto de las dehesas y montes comunales. Las especies típicas son las de evolución a sabinars albares.

c) *Parameras pliocenas con vegetación arbórea*

Típicas de los relieves turolenses de la Depresión Intermedia. En estos sectores se concentran los bosques comunales. Las especies que dominan son el quejigo, la encina, la coscoja y en menor medida la sabina albar.

d) *Parameras pliocenas con vegetación arbustiva*

Al igual que en el caso de la vegetación arbustiva sobre parameras mesozoicas, corresponden a márgenes de pastizales abandonados. La existencia de una mayor termicidad introduce elementos mediterráneos como la coscoja.

e) *Pastos naturales*

Los pastos naturales se localizan en los escasos sectores de Paramera que aún conservan aprovechamientos ganaderos en régimen extensivo.

6.4.3. Unidad de vertiente

a) Glacis con matorral denso

Las vertientes de este tipo responden a sectores de abandono ganadero. La pobreza del substrato edáfico sobre el que se asientan es determinante en este cambio de uso. Dominan especies espinosas con la intromisión de elementos típicos de la climax arbórea (encina, quejigo, etc.).

b) Glacis con matorral poco denso

Si en el caso interior la dominante era el abandono aquí persisten los aprovechamientos pastorales con limpia selectiva del exceso de matorral y control de la vegetación arbórea.

c) Áreas en régimen de pastoreo sobre materiales poco resistentes

Estas vertientes están sometidas a importantes procesos de erosión. La delezabilidad del substrato se fundamenta en tres factores: la poca coherencia de los materiales que la integran (arcillas y margas), la falta de una buena cubierta vegetal y las fuertes pendientes medias.

d) Vegetación arbustiva o subarbustiva sobre modelado en cuevas del Muschelkalk

La mayor parte de estas formaciones corresponden a pináceas y cupresáceas en procesos de recolonización.

e) Vegetación arbórea densa sobre areniscas del Buntsandstein

La dominante en estas áreas es la presencia de especies del género *Pinus*, la existencia de una mayor humedad ambiental facilita la entrada de taxones iberoatlánticos como los brezales de *Erica arborea*.

f) Vegetación arbórea poco densa sobre materiales resistentes calcáreos

En este tipo dominan nuevamente los usos asociados a regímenes de pastoreo extensivo con aclareo de las especies arbóreas.

g) Vegetación arbórea densa sobre materiales calcáreos (Jurásico-Cretácico)

Formaciones de sectores altimontanos con especies arbóreas dominadas por la sabina albar.

h) Matorral sobre materiales calcáreos (Jurásico-Cretácico)

El retroceso de las tierras de cultivo y el abandono de los usos ganaderos de los sectores del interior es determinante en el avance del matorral sobre litología jurásicas y cretácicas.

i) Pastos naturales

Los pastos naturales, que se extienden sobre vertientes elevadas con abundantes precipitaciones, están condicionados por la temporalidad del pasto y unidas a aprovechamientos de tipo trashumante.

6.4.4. Unidad de cumbre y relieve residual

a) Matorral denso sobre niveles de cuarcitas paleozoicas

Este tipo de matorral se distribuye sobre sectores de naturaleza silíceas con procesos de abandono agrícola. Se localizan en el límite nororiental de la zona de estudio.

b) Vegetación arbustiva poco densa sobre calizas paleozoicas

Se mantienen los usos pastorales en estas áreas fuertemente aclaradas por la presión ganadera.

c) Prados naturales

Culminaciones ligadas, al igual que los pastos naturales de vertiente, a sectores de elevada pluviosidad con formación de nieblas estivales.

d) Vegetación arbustiva poco densa sobre relieves volcánicos

La mayor parte de estas áreas marginales se ubican en la proximidad de núcleos de población de ahí su constante utilización y la falta de una cubierta vegetal bien desarrollada.

e) Matorral sobre niveles calcáreos terciarios

Responde a las culminaciones de las parameras turolenses con tipos vegetales caracterizados por la abundancia de especies del género *Rhamnus*.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alguacil García, P. (1985). Esquema metodológico para la valoración del cambio de usos de suelo (Sierra de Ayllón). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 5: 143-165.
- Allué, J. (1996). *Subregiones fitoclimáticas de España*. Inst. Forest. Inv. Exp. Madrid. 57 pp.
- Bögli, A. (1980). *Karst Hydrology and Physical Speleology*. Springer-Verlag. Berlín, 284 p.
- Cirujano, S. (1980). *Estudio florístico, ecológico y sintaxonomico de la vegetación higrófila de la Submeseta Sur*. Tesis Doctoral. Fac. Biol. Univ. Complutense. Madrid.
- Gómez Orea, D. (1980). *El Medio Físico y la Planificación*. Cuadernos del CIFCA, núms. 10 y 11. CEOTMA. Madrid.
- Gómez Orea, D. (1994). *Ordenación del territorio: una aproximación desde el medio físico*. ITGE. Madrid. 238pp.
- Gutiérrez Elorza, M.; Peña, J. L. (1977). Las acumulaciones periglaciares del Macizo del Tremedal (Sierra de Albarracín). *Bol. Geol. y Minero*. 86 (6): 561-572.
- Gutiérrez Elorza, M.; Peña, J. L. (1979). El karst de los Llanos de Pozondón (Sierra de Albarracín). *Teruel*. 61-62.
- Jiménez, A. (1987). Estudio geomorfológico de las Muelas de San Juan y Frías de Albarracín (provincia de Teruel). *Teruel*. 82 (1): 55-77.
- López González, G. (1976). Contribución al conocimiento fitosociológico de la Serranía de Cuenca I. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*. 33: 5-87.
- López González, G. (1978). Contribución al conocimiento fitosociológico de la Serranía de Cuenca II. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*. 34 (2): 597-702.
- Monje Arenas, L. (1988). *La vegetación de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo. 480 pp.
- Ministerio de Obras Públicas y Transporte (1993). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Serie monografías. Secretaría de Estado para la política de aguas y Medio Ambiente. Madrid. 809 pp.
- Peinado Lorca, M.; Martínez Parras, J. M. (1985). *El paisaje vegetal de Castilla-La Mancha*. Serv. Public. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo. 230 pp.
- Peña, J. L.; Gutiérrez, M.; Ibáñez, M. J.; Lozano, M. V.; Rodríguez, J.; Sánchez, M.; Simon, J. L.; Soriano, M. A.; Yetano, L. M. (1984). *Geomorfología de la provincia de Teruel*. Instituto de Estudios Turolenses. Ed. Tecnigraf S.A.. Zaragoza. 149 pp.
- Rivas Martínez, S. (1987). *Memoria del mapa de las series de vegetación de España: 1:400.000*. Ed. ICONA. Madrid. 268 pp.
- Sancho Marcén, C. (1996). Procesos y formas de alteración en areniscas. *Geomorfología de la Sierra de Albarracín*. 189-212.