ATLAS GEOCIENTIFICO del Medio Natural de la Comunidad de MADRID

Instituto Tecnológico GeoMinero de España
Serie: Medio Ambiente

Comunidad de MADRID

ATLAS GEOCIENTIFICO del Medio Natural de la Comunidad de MADRID

PRESENTACION

Corresponde aquí explicar al lector cuáles son los motivos que nos han impulsado a realizar este Atlas, a reunir en él un conjunto de Mapas y datos relativos a las Ciencias de la Tierra o Geociencias, en la Comunidad de Madrid.

Indudablemente, el Atlas tiene un aspecto de compilación y síntesis de trabajos hoy por hoy dispersos. Sin embargo, no es el aspecto fundamental del mísmo. Las Ciencias de la Tierra, en su propio desarrollo, han ido convirtiéndose más y más en un conjunto de campos de especialistas. Este hecho, fruto de la necesidad de profundizar en el conocimiento de los fenómenos, ha conducido a la pérdida de la perspectiva global. Hoy, en un mundo cada día más complejo y acelerado, la perspectiva global, sistémica, resulta estrictamente necesaria.

La Biosfera, zona del planeta en la que se desarrolla la vida y que comprende parte de la corteza, la hidrosfera y parte de la atmósfera, necesita la perspectiva global. Los procesos atmosféricos influyen sobre la evolución del relieve, claramente ligada al clima. La Vida influye sobre las formaciones geológicas, distintas según el paleo -ambiente de origen y constituídas no pocas veces por acumulaciones de restos fósiles, como sucede con muchas de las formaciones carbonatadas u orgánicas. A su vez, la Vida dió origen a la atmósfera actual durante el Paleozoico, gracias a la depuración del aire en un largo proceso que permitió la colonización de los continentes por las plantas en el período Devónico, hace casi cuatrocientos millones de años. La influencia del clima sobre la Vida es sobradamente conocida. Nos hallamos, pues, ante un conjunto de interaciones, ante un Sistema.

Hoy la Biosfera, debido precisamente al crecimiento de nuestra especie en número y capacidad tecnológica en un lapso histórico que no representa más que un instante en la historia del planeta, está recibiendo impactos a un ritmo alto y de notable intensidad a veces. Se trata del ritmo y volumen en la extracción de recursos, y de la contaminación de todos los medios naturales. Si deseamos asegurar un crecimiento sostenido no podemos pasar por alto el riesgo de desequilibrar la Biosfera, con la consecuencia inmediata de que acabaría volviéndose contra la propia especie humana.

Sin embargo, sólo el conocimiento global de estos complejos sistemas puede permitir evaluar los impactos y adecuar las demandas de la especie humana a las posibilidades y equilibrio de los mísmos.

Este Atlas busca presentar de forma conjunta, principalmente cartográfica y desde un ángulo sobre todo geológico, las bases para ayudar a construir esa perspectiva global del Medio Físico en la Comunidad de Madrid.

Con ello se pretende poner a disposición de un público amplio,con una formación básica en Ciencias de la Tierra aproximadamente a nivel de BUP, estos temas sugerentes.

Precisamente aquí, entramos en otro de los motivos que nos impulsaron a realizar el Atlas. Tanto la perspectiva global como el afán de divulgación y la formación de hábitos de respeto al Medio Natural de esta Comunidad, nos llevan a un reencuentro. Un reencuentro con idénticos puntos de vista que, aproximadamente hace un siglo, sostuvieron aquéllos a quienes este Atlas se dedica: Casiano de Prado y Valle y la Institución Libre de Enseñanza. El primero realizó esa magnífica Descripción Física y Geológica de la Provincia de Madrid que aún hoy se relee con provecho, y realizó una notable labor en la Comisión del Mapa Geológico de España.

La Institución, de la mano de científicos como Macpherson y dentro de una perspectiva modernizadora de las enseñanzas científicas, impulsó el conocimiento directo de la Naturaleza de la Comunidad en su propio escenario, con aquellas excursiones naturalistas e itinerarios geológicos para observar las formaciones en las trincheras de los ferrocarriles.

Tanto Casiano de Prado como la Institución, aunaron su labor científica y el respeto a la Naturaleza con actitudes y prácticas de respeto a la libertad ajena y ejercicio de la propia. Pensado en profundidad, el respeto a la Naturaleza y su diversidad es inseparable del respeto a uno mísmo, a la libertad ajena y la tolerancia.

En esta perspectiva, esperamos que el Atlas, en la medida en que sirva para formar en el conocimiento de la Naturaleza, induzca actitudes tolerantes en el campo de la convivencia, básicas para el desarrollo y la supervivencia de nuestra especie.

Francisco Javier Ayala Carcedo
DIRECTOR DEL ATLAS

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23 28003 - Madrid

REALIZACION

Este ATLAS ha sido realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) con la colaboración de Internacional de Ingeniería y Estudios Técnicos S.A (INTECSA) y la participación de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. La financiación ha sido realizada íntegramente por el IGME.

Equipo Técnico

F.J. Ayala Carcedo, Director del Atlas (IGME)
C. Olivier Díaz de Monasterio, Director Adjunto
J.M. Galindo Rodríguez, Coordinador
P. Cabra Gil
M. Echegaray Giménez
E. Gallego Valcarce

Diseño, delineación, fotomecánica y fotocomposición

Cartografía y Diseño, S.A.

Asesores

General: A. Cendrero Uceda, con la colaboración de J.R. Díaz de Terán Mina y M. Moñino Saez. Dto. de Geología de la Universidad de Cantabria.
E. Elízaga Muñoz. Instituto Geológico y Minero de España

Arqueología: M. Almagro-Gorbea. Cátedra de Arqueología de la Universidad Complutense de Madrid.

Colaboradores

IGME: J.J.Durán; C. García de la Noceda; G. Gómez Moreno; J. Locutura Ruperez; A. Pérez González; I. Quintero Amador; C. Ruíz Celaa; A. Sánchez Rodríguez; F. Tornos; L. Vadillo y J. del Val Melus.

Dirección General del Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid: M. Bascones Alvira y E. Carmona.

INTECSA: A. Alonso Martín Romo y F. Alvarado Morán.

Universidad Complutense de Madrid: J.P. Calvo Sorando.

DEPOSITO LEGAL: M. 10.676-1988
I.S.B.N. 84-404-1843-4
N.I.P.O. 232-87-003-1
IMPRIME: FERREIRA, S.A.
MARQUES DE MONTEAGUDO, 17.-28028 MADRID

INDICE

1.- INTRODUCCION

1.1. Cartografía Geocientífica
1.2. Contenido y estructura del Atlas
1.3. Manejo del Atlas

2.- ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL MEDIO NATURAL

2.1. Geología
2.2. Geomorfología y unidades fisiográficas

3.- RECURSOS Y USOS DEL MEDIO NATURAL

3.1. Recursos minerales y rocas industriales
3.2. Aguas superficiales y subterráneas
3.3. Suelo y vegetación
3.4. Suelo para fines constructivos: geotecnia
3.5. Energías renovables
3.6. Arqueología y Prehistoria
3.7. Recursos geoculturales. Patrimonio geológico y excursiones de interés
3.8. Patrimonio natural: espacios protegidos y protegibles

4.- PROCESOS ACTIVOS EN EL MEDIO GEOLOGICO

4.1. Meteorología y climatología
4.2. Peligrosidad geológica
4.3. Vulnerabilidad e impactos sobre el medio geológico

5.- SINTESIS GEOCIENTIFICA

5.1.- Introducción
5.2.- Mapa de unidades integradas
5.3.- Descripción de las unidades integradas

ANEJOS

A Datos socioeconómicos básicos
B Direcciones de interés en Madrid
C Glosario de términos técnicos

1.- Introducción

1.1.- Cartografía Geocientífica

La cartografía geocientífica, que se inicia a comienzos de los años setenta, no es una alternativa a la elaboración de los mapas tradicionales de las distintas disciplinas (mapas geológicos, climáticos, de vegetación, etc.), sino que se trata de una **interpretación e integración** de los datos contenidos en ese tipo de mapas, y de una evaluación y elaboración de los mísmos de acuerdo con distintos procedimientos y criterios, para plasmarlos en mapas que pongan de manifiesto el **potencial y/o las limitaciones de uso** que presentan las distintas zonas de un territorio.

Así pues, los mapas Geocientíficos de Síntesis o de Unidades Integradas tratan de proporcionar una visión del Medio Natural compleja e interdisciplinar, teniendo en cuenta que cada porción de la superficie terrestre está caracterizada por una cierta litología y estructura, un clima, unos procesos internos y externos que actúan sobre ella, unas comunidades florísticas, unos usos humanos, etc., y que estos distintos rasgos dependen unos de otros.

1.2.- Contenido y estructura del Atlas

Los mapas geocientíficos se elaboran normalmente con dos finalidades principales: como **instrumento de base** para la planificación ambiental a distintos niveles, y como **documento informativo** para el público en general y para responsables de entidades municipales, provinciales, regionales o nacionales.

La escala de elaboración de los mapas está condicionada por la finalidad buscada y por el detalle de la información básica disponible.

El presente ATLAS GEOCIENTIFICO DEL MEDIO NATURAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID tiene como finalidad servir de documento informativo sobre el conjunto de los rasgos geoambientales del territorio de la Comunidad, y también ser instrumento de ayuda a la planificación a nivel general. Por sus propias limitaciones no pretende ser un conjunto de mapas para la planificación de usos del territorio, o para proyectos concretos, ni debe tomarse como tal, ya que dichas tareas requieren mapas a escalas más detalladas y con mayor densidad de información.

De acuerdo con la idea directriz de una cartografía geocientífica, la estructura del presente Atlas trata de proporcionar una imagen global del territorio de la Comunidad, mostrando su constitución y funcionamiento y las relaciones entre los distintos elementos que constituyen el medio natural.

Con la finalidad mencionada, el Atlas se ha dividido en una Introducción y cuatro Capítulos, que contemplan desde la formación y características del medio físico (geología), hasta su incidencia en la vida del hombre (arqueología, riesgos geológicos, etc.) y el impacto de éste en aquél (explotación de recursos, espacios protegibles, etc.), para terminar con una Síntesis Geocientífica del territorio comunitario basada en los tres capítulos anteriores.

En el Atlas se ordenan los capítulos de forma que el usuario acabe teniendo una idea completa y estructurada del mísmo. Y en base a una mejor comprensión se han evitado, dentro de lo posible, términos y detalles excesivamente técnicos aún a riesgo de prescindir del rigor terminológico propio de las distintas materias.

Así, después de la **Introducción**, el segundo Capítulo ha sido definido como **Estructura Geológica del Medio Natural** y presenta la arquitectura básica del medio físico-geológico. Se explica en este Capítulo la naturaleza del substrato geológico del territorio y los episodios que han dado lugar a la conformación del territorio de la Comunidad.

En el tercer Capítulo, **Recursos y Usos del Medio Natural**, se tratan los temas relativos a los diversos recursos y usos del Medio: minerales, aguas, suelos, energías renovables y patrimonio.

El Capítulo cuarto, **Procesos Activos en el Medio Geológico**, contempla los riesgos y la vulnerabilidad de ciertas zonas de la Comunidad debido a fenómenos naturales o a la actividad antrópica, presentando previamente los aspectos meteorológicos y climáticos.

Por último, el Capítulo quinto desarrolla, en base a los tres anteriores,la construcción sistemática de la **Síntesis Geocientífica**, en la que se presenta un mapa que muestra el conjunto de unidades integradas en que puede subdividirse el territorio de la Comunidad, y se da una somera descripción de sus características principales.

El conjunto de los capítulos cubre el campo de la interacción Comunidad Humana-Medio Natural en lo que afecta a las Ciencias de la Tierra en sus aspectos más propiamente físicos, permitiendo acceder a una perspectiva global muy próxima a la de la Geografía Física. Pero esta perspectiva facilitada por la Síntesis Geocientífica puede matizarse, por lo que con esta finalidad se dan en cada capítulo los elementos de forma relativamente completa, y la Síntesis debe tomarse solo como una guía.

Por último cabe decir que, evidentemente, todos los aspectos pueden profundizarse, y en este sentido las referencias bibliográficas al final de cada capítulo orientarán a los estudiosos sobre dónde pueden completar la información que encuentran en este Atlas.

1.3.- Manejo del Atlas

La información contenida en el Atlas se presenta de dos maneras:

a) Gráfica: En forma de mapas, gráficos y fotos.

b) Escrita: Como exposición de los diferentes temas, comentarios a la parte gráfica, referencias bibliográficas y glosario de términos científico-técnicos.

Dado que un Atlas es una colección de mapas, la parte gráfica es la más importante y también la que puede presentar más problemas para algunos usuarios, por lo que conviene indicar los pasos que deben seguirse para utilizar un mapa:

1) Situarse en el Mapa mediante los nombres de lugares (toponímicos), vías de comunicación, el relieve (representado mediante curvas de nivel), los ríos, etc.

2) Definir las características superficiales del sitio en base al color, trama, valores numéricos y signos puntuales, que son distintos para cada tipo de mapa.

3) Conocer las características del sitio en profundidad mediante el uso de cortes y perfiles del terreno.

4) Por último, una vez utilizado un mapa en la forma indicada, se puede combinar la información así obtenida con la proporcionada por otro tipo de mapa, con el fín de alcanzar los conocimientos requeridos.

Los esquemas sirven para indicar procesos o aclarar y extender informaciones del mapa correspondiente.

Las fotografías cumplen un papel similar y son útiles para identificar determinados aspectos indicados en los mapas o descritos en el texto.

Los textos cumplen la función de exponer los temas, explicar informaciones e introducir a los mapas, por lo que es conveniente que se confronten simultáneamente con éstos.

2.- Estructura geológica del medio natural

La superficie terrestre que constituye nuestro Medio Natural se asienta sobre un substrato que proporciona los cimientos del conjunto y que es, al mismo tiempo, su rasgo más antiguo.

El substrato está formado por diversos tipos de rocas, resultado de la actuación en el pasado de diferentes procesos geológicos que, a su vez, dependían de las condiciones ambientales existentes en cada lugar en el momento de originarse las rocas.

Además, las rocas han podido experimentar toda una serie de transformaciones con posterioridad a su formación debido a procesos que implican, con frecuencia, no solo su deformación mecánica, sino también su transformación química y/o mineralógica, dando lugar a nuevas rocas por medio de lo que se denomina metamorfismo.

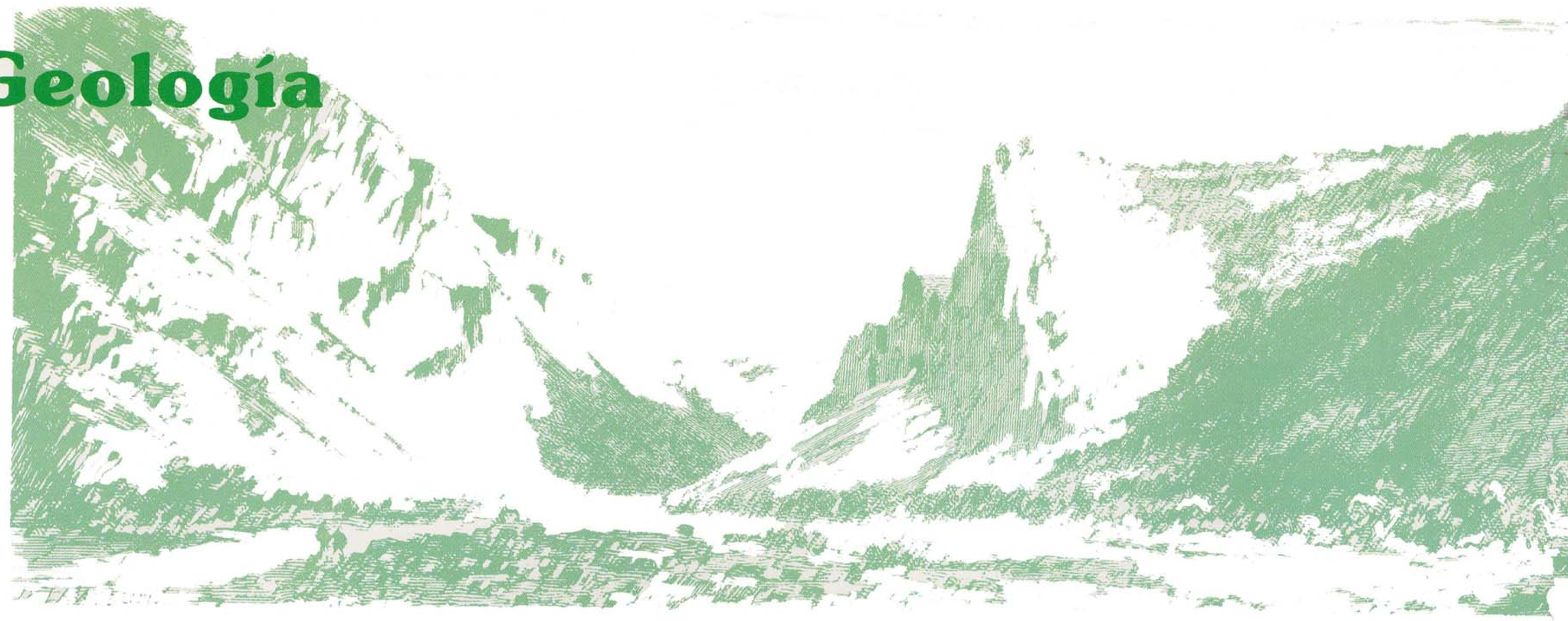
Se tiene así que el substrato geológico de una región está caracterizado por la presencia de determinados materiales rocosos con una cierta estructura.

Sobre el substrato han actuado a lo largo de los tiempos geológicos, y siguen actuando hoy, una serie de procesos externos que han dado lugar al modelado del relieve. Los grandes rasgos fisiográficos de una región y el relieve que la caracteriza son, pues, el resultado de la conjunción entre el substrato y los procesos que han ido actuando sobre ellos a lo largo del tiempo, procesos que, en gran parte, están condicionados por el clima.

Las rocas constituyen, pues, documentos que permiten reconstruir el pasado de una zona.

En este apartado se presenta una visión generalista de la arquitectura básica del medio, que resulta de la interacción de los factores citados, y también una breve descripción de los acontecimientos que tuvieron lugar desde los tiempos geológicos más antiguos que se hallan representados en la Comunidad.

2.1.- Geología



La primera gran obra sobre la geología madrileña aparece publicada en 1.864 bajo el título de "Descripción física y geológica de la Provincia de Madrid". Su autor, Casiano de Prado, recoge en ella todos los conocimientos que hasta esa fecha se tenían de la región.

En 1.929 el Instituto Geológico y Minero de España publica la obra de José Royo y Gómez y Laureano Menéndez Puget "Memoria explicativa de la Hoja nº 559. Madrid", siendo todavía hoy este trabajo punto de referencia para los estudiosos de los depósitos terciarios y cuaternarios de esta cuenca.

Junto a estos autores hay que recordar, entre otros, a José Ezquerra del Bayo, Eduardo Hernández Pacheco, Juan Vilanova y Piera, Salvador Calderón y Arana, Hugo Obermaier, Miguel Crusafont Pairo, Jose F. de Villalta Comella y José Pérez de Barradas, todos ellos pioneros de los estudios geológicos en el territorio madrileño.

Los estudios y trabajos realizados desde entonces han dado lugar a numerosas publicaciones, las cuales han servido de base para la realización de la cartografía geológica a escala 1:200.000 de este Atlas que refleja, en síntesis, el nivel de conocimientos existentes hasta 1.986. Estos trabajos se indican en los dos gráficos adjuntos.

Se presenta aquí una descripción general de los materiales geológicos existentes en la Comunidad, de sus condiciones de formación y de los principales rasgos de la estructura geológica.

La descripción se ha organizado, como es habitual, empezando por los materiales más antiguos y terminando con los más recientes, que coinciden ya con la presencia del Hombre en la zona.

En la relación de los materiales que se hace a continuación se ha procurado definir las litologías de modo que las distintas formaciones aparezcan suficientemente diferenciadas; pero se ha prescindido de terminologías y de detalles técnicos propios de especialistas.

DESCRIPCION DE LOS MATERIALES (LITOLOGIA)

La Comunidad de Madrid está constituída por dos grandes dominios litológico-estructurales: **La Sierra y la Depresión** o Cuenca del Tajo. El primero corresponde a un gran macizo formado por rocas ígneas y metamórficas; mientras que en la Depresión o Cuenca del Tajo los materiales más comunes son arenas, gravas, arcillas, yesos y calizas.

En el mapa geológico se ha representado la distribución geográfica de todos los materiales que a continuación se describen, correspondiendo el número de unidad al utilizado en el mapa y su leyenda.

Rocas graníticas (Unidades 1 y 2)

Se agrupan en dos conjuntos.

a) **Rocas adamellíticas y granodioritas** (Unidad 1). Afloran en el sector Central de la Sierra y mayoritariamente en el área de Colmenar Viejo, Hoyo de Manzanares y Valdemorillo.

Forman un conjunto con un tránsito graduado entre las adamellitas y las granodioritas, observándose éstas en los bordes de los plutones, mientras que las adamellitas ocupan los núcleos.

Se trata de rocas con granos minerales observables a simple vista y entre los minerales más comunes, además del cuarzo, feldespato potásico y biotita, se encuentran cordierita y hornblenda.

b) **Granitos y leucogranitos tardíos** (Unidad 2). Afloran en el sector Central y Oriental de la Siera.

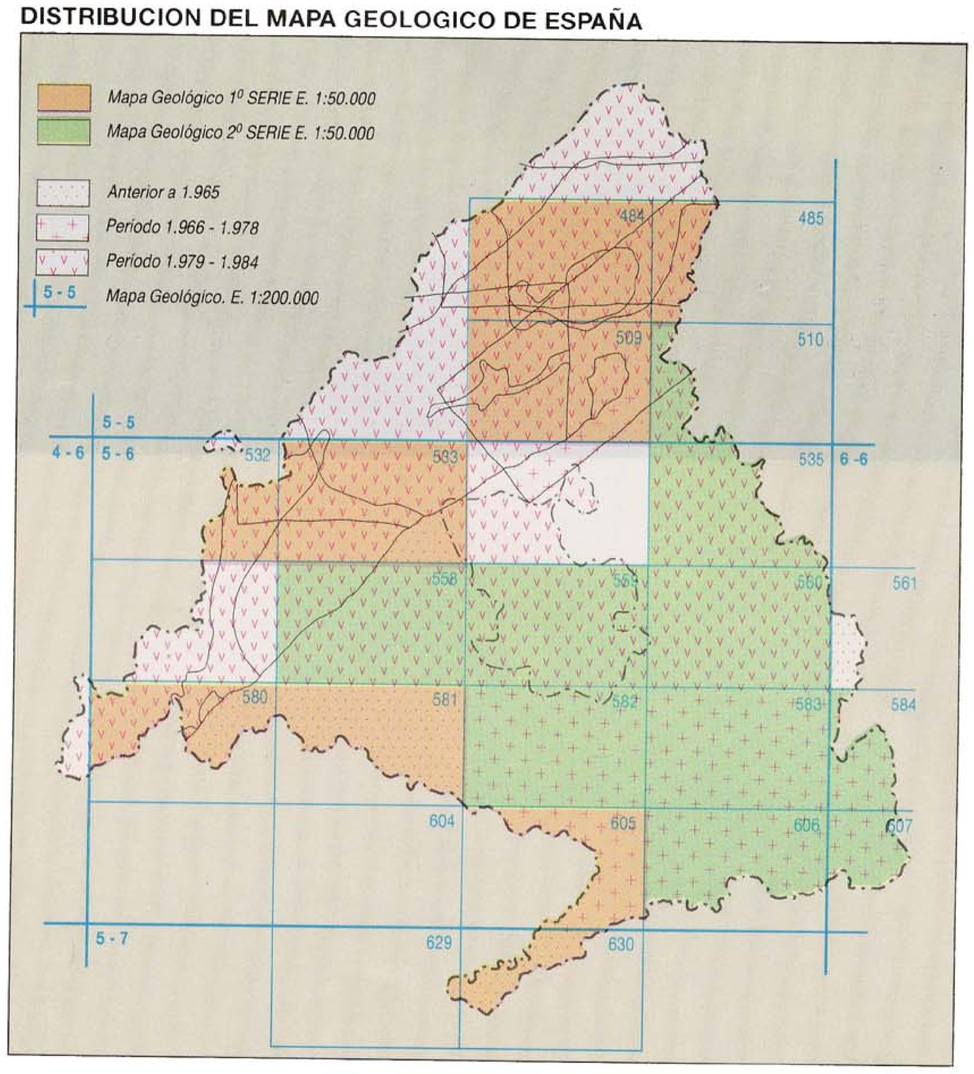
Esta unidad la componen dos conjuntos. El primero está constituído por granitos de grano grueso (5-10 mm) con adamellitas, y están formados por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita con illmenita.

El segundo grupo lo forman rocas graníticas de grano fino. Contienen cuarzo, albita, feldespato potásico y biotita y, localmente, cordierita, andalucita y moscovita. También se encuentran asociados diques apíticos y pegmatíticos.

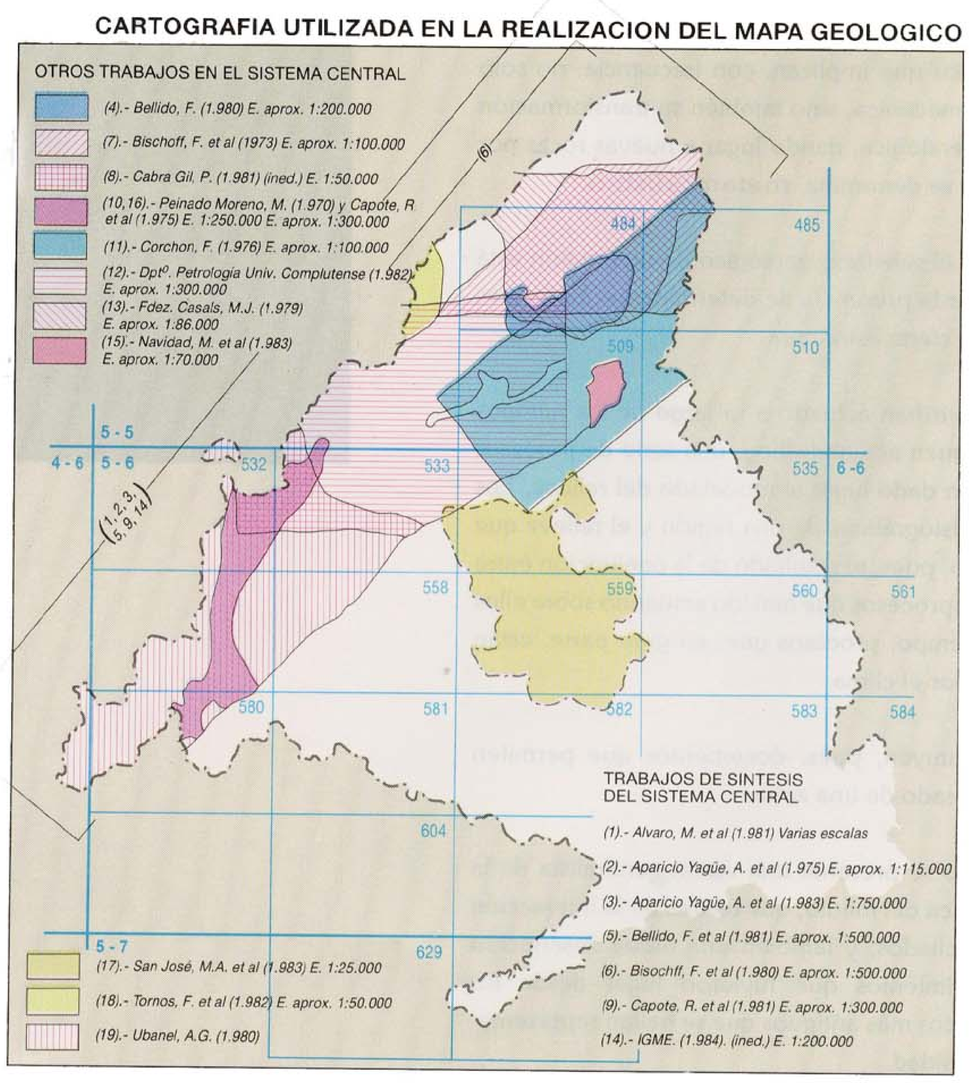
Tanto la Unidad 1 como la Unidad 2 forman un conjunto denominado **granitos tardihercínicos**, que están situados entre los materiales metamórficos del Sistema Central. La intrusión se manifiesta como pequeños plutones o como masas de gran extensión y tamaño, observándose un aumento de su presencia hacia el Oeste, donde llegan a predominar, en algunas zonas, sobre los materiales metamórficos.

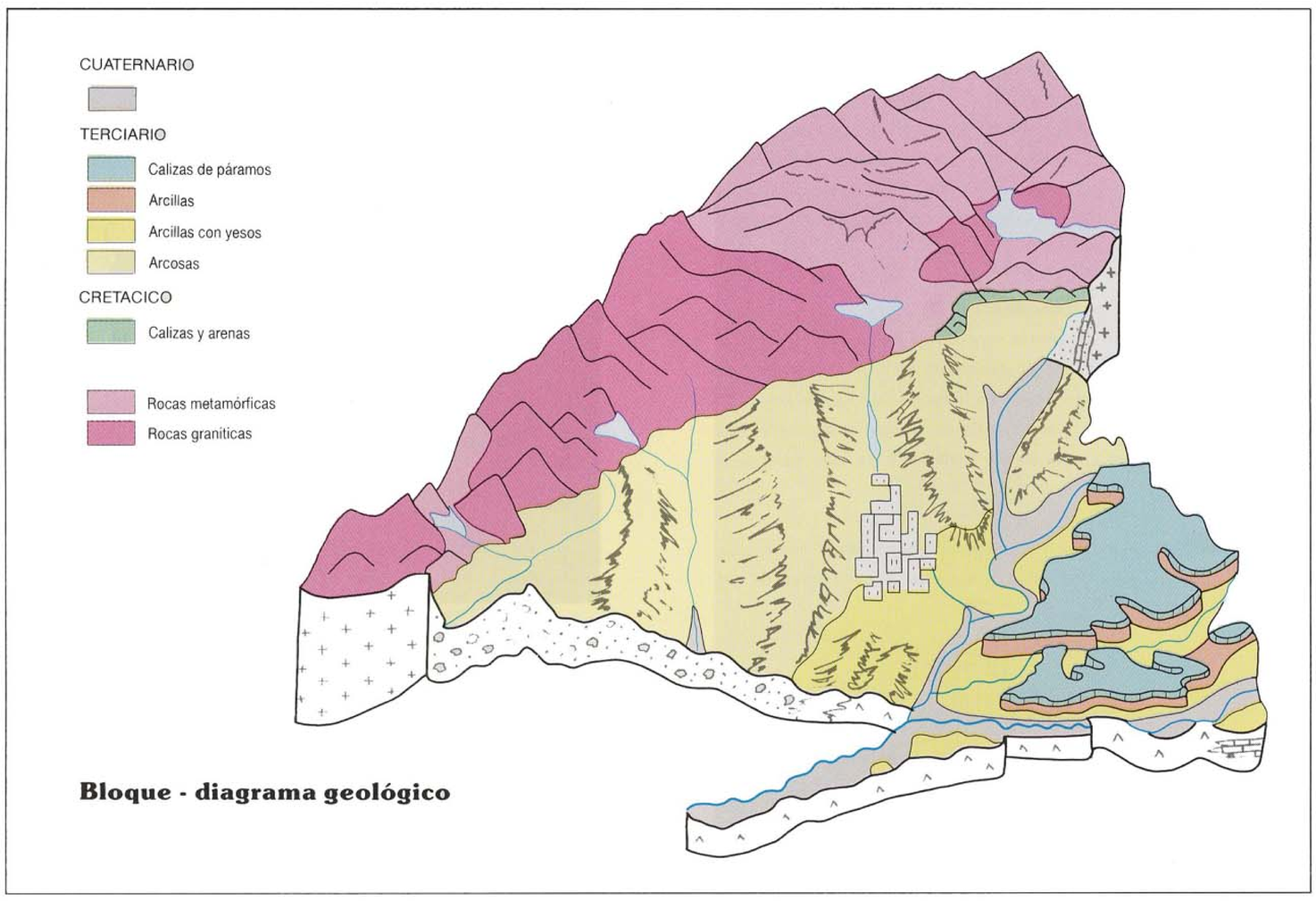
En todo el sector de la sierra aparecen también rocas filonianas, no incluídas en la cartografía debido a las limitaciones impuestas por la escala. Son filones y diques formados, generalmente, por cuarzo, microgranitos, aplitas y pegmatitas que, a veces, incluyen minerales metálicos.

DISTRIBUCION DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA



CARTOGRAFIA UTILIZADA EN LA REALIZACION DEL MAPA GEOLOGICO





Bloque - diagrama geológico

Rocas metaplutónicas (Unidades 3 y 4)

Se agrupan, así mísmo, en dos conjuntos.

a) **Leucogneises no glandulares** (Unidad 3).- La superficie ocupada por esta unidad es relativamente pequeña y la mayoría de los afloramientos se localizan al Oeste de la falla de la Berzosa, en el sector más septentrional de la Comunidad de Madrid. Son gneises de color claro y con una foliación acusada, lo que les confiere su típico aspecto bandeado. Generalmente carecen de grandes cristales y se encuentran asociados a los materiales de la Unidad 6.

Son frecuentes las texturas ígneas que evidencian su origen probablemente magmático.

b) **Ortogneises glandulares leucocráticos** (Unidad 4).-Corresponden a un metamorfismo medio y alto y se han diferenciado de la Unidad 3 por su carácter glandular.

Los ortogneises de grado medio de metamorfismo se localizan en Pedrezuela, tienen disposición estratoide y son gneises cuarzo-feldespáticos.

Los ortogneises de alto grado de metamorfismo se presentan masivamente en Buitrago de Lozoya y El Escorial. Tienen grandes cristales, foliación muy replegada y también es frecuente que se encuentren muy migmatizados.

Los contactos entre los macizos ortogneísicos y las formaciones encajantes (Unidades 5 y 6) son netos, y es frecuente que los contactos mecánicos estén asociados a milonitas.

Precámbrico-Cámbrico (Unidades 5, 6 y 7)

Los materiales correspondientes a estas épocas geológicas se agrupan en tres unidades.

a) **Gneises glandulares fémmicos, esquistos fémmicos y mármoles calcodolomíticos** (Unidad 5).- Se encuentra en la zona de Santa María de la Alameda y en pequeños afloramientos entre Buitrago y Colmenar Viejo.

Esta Unidad se denomina **Serie Fémmica Heterogénea**, estando formada por gneises en los que abundan los granates, sillimanita y glándulas de feldespato potásico y plagioclasa. Las glándulas disminuyen hacia el techo en proporción y tamaño, y encima aparecen esquistos y cuarcitas, terminando la serie con un potente paquete de mármoles con estromatolitos.

b) **Gneises glandulares, microglandulares y esquistosos con anfibolitas y rocas silicatadas cálcicas** (Unidad 6).-Se denomina **Serie Superior** y se sitúa estratigráficamente encima de la Unidad 5, aflorando en la región de Buitrago del Lozoya y en la zona Sur del macizo metamórfico de El Escorial-Villa del Prado.

El tramo inferior tiene glándulas de feldespato potásico que aumentan hacia el Oeste y dentro de él, en las proximidades de Lozoya, aparecen en la base niveles de gneises microglandulares.

El tramo superior comprende diversas litologías. En El Escorial se localiza una potente serie de gneises bandeados migmatizados que pasan gradualmente a esquistos. También se encuentran cuarcitas, anfibolitas y un paquete de mármoles con silicatos cálcicos.

c) **Gneises glandulares** (Unidad 7).- En la región de Buitrago de Lozoya se localizan gneises glandulares con leucogneises estratoides alineados a lo largo de la Falla de La Berzosa.

Esta unidad la forman tres litologías: gneises macroglandulares, microglandulares y leucogneises.

Ordovícico (Unidades 8, 9 y 10)

La mayor parte del sector oriental de la Sierra de Guadarrama, al Este de la línea La Berzosa-Torrelaguna, está constituído por materiales del Ordovícico Inferior-Medio y se caracteriza por la situación discordante de los mísmos y por un metamorfismo de grado bajo. Se reconocen los tres pisos siguientes.

a) **Tremadociense** (Unidad 8).- Denominado también **Formación Constante**, está formado por 200 a 600 m de esquistos con intercalaciones de cuarcitas y anfibolitas. Los únicos fósiles son algunas *Cruziana furcífera* localizadas en las partes superiores.

b) **Arenigiense** (Unidad 9).- Está formado por cuarcitas y se diferencian tres facies: una dominante cuarzoarenítica, otra de litologías diversas y, por último, una tercera pelítica.

Ejemplares de *Cruziana furcífera* y de *Cruziana goldfussi* han permitido la datación de esta unidad, que presenta espesor variable entre 80 y 300 m, con bancos de 2 a 5 m.

c) **Llanvirniense** (Unidad 10).-Está compuesto por una alternancia de esquistos y cuarcitas de 1.700 m de espesor, con gran porcentaje de grafito (4,5%) y nódulos de fósforo (3,2% de P_2O_5) en su base.

En la parte superior presenta bioturbación y estratificación cruzada.

Estas facies representan la parte inferior de la **Formación Rodada**.

Cretácico (Unidad 11)

Aflora al Norte de la Comunidad de Madrid, adosado a las series pizarrosas y granitoides del Sistema Central. Se distinguen dos formaciones:

a) **Formación Patones**. En los alrededores de la localidad de Patones aparece el tramo basal del Cretácico discordante sobre el zócalo metamórfico. Está formado por arenas y areniscas de tonos vivos, de tamaño fino a grueso, con intercalaciones de arcillas y cantos (facies Utrillas).

b) **Formación Pontón de la Oliva**. Es un conjunto de calizas y margas en la base, con gruesos paquetes de calizas en el techo y encima conglomerados de tonos rojos. Se atribuyen al Cretácico Terminal.

Paleógeno (Unidades 12, 13 y 14)

Se distribuye en zonas aisladas dentro de los macizos que forman la sierra, o en sus bordes recubriendo parcialmente al Cretácico, e intercalado, en algunos puntos, entre éste y los depósitos neógenos aflorantes.

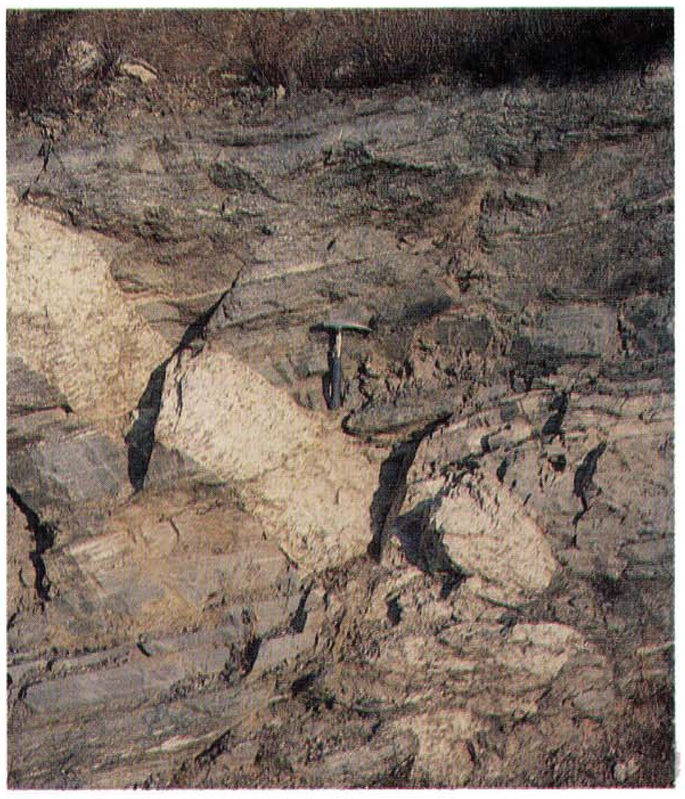
Durante el Paleoceno-Eoceno se depositan hacia el Este series terrígenas finas y yesos (U-12); mientras que en el resto la sedimentación es de tipo fluvial (U-13).

En el Eoceno Superior-Oligoceno se originan conglomerados, areniscas, gravas y limos (Unidad 14).

Neógeno (Mioceno-Plioceno) (Unidades 15, 16, 17 ,18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25)

Estratigráficamente se distinguen en el Mioceno tres grandes unidades, separadas por discontinuidades debidas a causas tectónicas.

a) **Unidad Inferior**.- Constituye los depósitos más antiguos de la cuenca y a ella pertenecen tres tipos de facies.

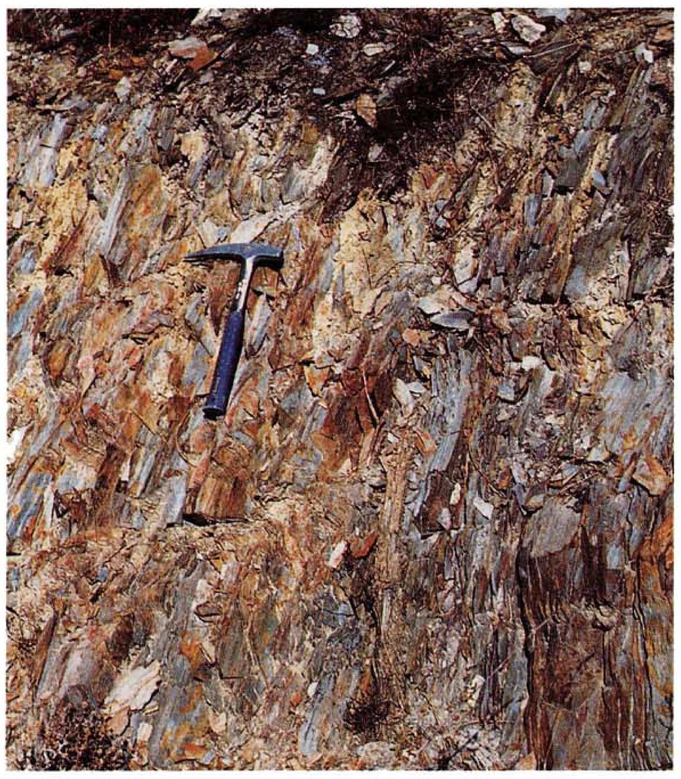


Ctra. N - I entre Torrelaguna y Venturada (U-6)

Al pie de la sierra los depósitos de facies de borde están formados por grandes bolos o bloques que hacia el Sur pasan a arcosas con intercalaciones de arcillas (Unidad 17).

En los alrededores de Madrid los materiales son arcillosos y corresponden ya a las facies de transición (Unidad 16). Este cambio lateral de facies es visible en varios afloramientos al Sur del área urbana de Madrid.

Parque de la Cuenca Alta del Río Manzanares (U-2)



Embalse del Atazar (U-10)

La litología dominante en las facies centrales (Unidad 15) es de yesos y otras sales, con frecuentes intercalaciones de arcillas.

b) **Unidad Intermedia**.- En el Norte la cuenca presenta facies detríticas muy similares a las de la unidad inferior, por lo que resulta difícil su diferenciación.

Los sedimentos de las facies de transición se componen, fundamentalmente, de arcillas verdes y salmón con intercalaciones de niveles carbonatados, de sílex y sepiolita (Unidad 20), y en la zona de tránsito con las facies detríticas aparecen intercalaciones de arenas micáceas.

Más hacia el centro de la cuenca se depositan calizas con intercalaciones arcillosas (Unidad 19); mientras que en las zonas más centrales de la cuenca predominan los yesos de tipo detrítico, intercalados con yesos masivos y arcillas verdosas (Unidad 18). En muchos sectores la unidad intermedia culmina con niveles de caliza y sílex.

Una característica importante de esta unidad es que alberga la totalidad de los yacimientos paleontológicos clásicos del área de Madrid.

c) **Unidad Superior**.- El límite inferior está marcado por una discordancia erosiva sobre la que se disponen conglomerados, areniscas, fangos, arcillas y margas (Unidad 21). Su espesor es muy variable y puede no aparecer en algunas zonas.

Sobre esta base detrítica descansa el tramo superior de la unidad conocido como **Caliza del Páramo** (Unidad 22). La caliza suele aparecer fracturada y karstificada, con tonos rojizos debidos a las arcillas de decalcificación.

Los restos fósiles permiten datar esta unidad como Mioceno Superior-Plioceno.

El Plioceno Superior comprende dos conjuntos litológicos.

a) El primero se sitúa al Sur de la Comunidad, discordante sobre la Caliza del Páramo. Es de carácter detrítico, con niveles de areniscas y conglomerados, y también arcillas limosas, rojizas o anaranjadas. En superficie presenta costras muy desarrolladas de carbonatos (Unidad 24).

b) El otro conjunto corresponde a los depósitos de raña, formados por conglomerados silíceos (Unidad 25). Se encuentra en un pequeño sector al Norte de Algete, por encima de las últimas terrazas cuaternarias del Henares, cubriendo al Mioceno detrítico (Unidad 23).

Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno)

En la Comunidad de Madrid los terrenos más modernos corresponden a los depósitos aluviales de los ríos, es decir terrazas y llanuras de inundación (fondos de valle). También hay que destacar los glacis, con gran desarrollo horizontal y escaso espesor; así como los conos de deyección, depósitos de pie de talud y otros sedimentos asociados a las Vertientes, que constituyen también formaciones cuaternarias, aunque de menor importancia.

Pleistoceno (Unidades 26 y 27)

Los materiales más antiguos del Pleistoceno son los asociados a las Superficies, y no han sido cartografiados debido a su escasa potencia.

En cuanto a los glacis (Unidad 26), tienen espesores que no suelen superan los 2-3 m; pero en algunas zonas, como en la margen derecha del Manzanares, alcanzan gran extensión. Normalmente aparecen con mayor frecuencia y desarrollo en una de las márgenes de los ríos, dado el carácter asimétrico de la mayoría de los valles fluviales de la región.

Presentan litología variable en función de los materiales sobre los que se desarrollan, lo cual implica una gran diferencia entre los que se forman en la mitad noroccidental a expensas de las arcosas y los que se originan más al Sur, sobre las facies detríticas más finas y las salinas. En el primer caso están constituídos por materiales arenosos con cantos de granitoides, cuarzo y cuarcita, y en el segundo por arenas y arcillas arenosas con cantos de caliza, sílex y sepiolita.

Por último, hay que resaltar las terrazas (Unidad 27), correspondiendo las de mayor importancia a los ríos Tajo, Jarama y Henares, sin olvidar las de otros cursos de agua como el Perales, Guadarrama, Tajuña y Manzanares. Estos niveles se desarrollan a cotas entre 170 y 8 m sobre el cauce actual.

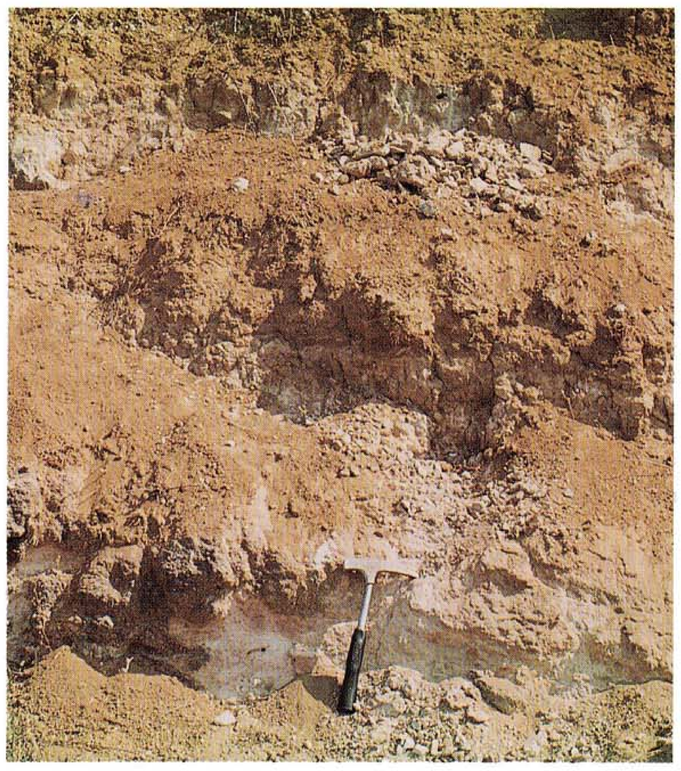
Su litología depende de la procedencia de los materiales transportados, pero en general se trata de arenas cuarzo-feldespáticas con gravas y cantos poligénicos, y con cierto contenido en arcillas y limos para los cursos de agua que tienen su origen en la Sierra de Guadarrama; con la salvedad del río Jarama y sus afluentes de la margen izquierda, que proceden de Somosierra y arrastran materiales de tipo pizarras y cuarcitas.

El tamaño del grano disminuye hacia el Sur; pero también se incorporan elementos gruesos de sílex, caliza y sepiolita provenientes de los depósitos terciarios.

Holoceno (Unidades 28, 29 y 30)

Las formaciones características son los conos aluviales, coluviones (Unidad 30), llanuras de inundación (fondos de valle) (Unidad 28) y depósitos asociados a fondos endorreicos (Unidad 29).

Los conos aluviales son muy abundantes en las zonas de vega, originándose en la desembocadura de los arroyos sobre la llanura aluvial o las terrazas bajas. En los ríos Jarama y Henares los conos alcanzan grandes dimensiones y están compuestos de arenas de cantos redondeados cuya naturaleza depende del substrato del que proceden.

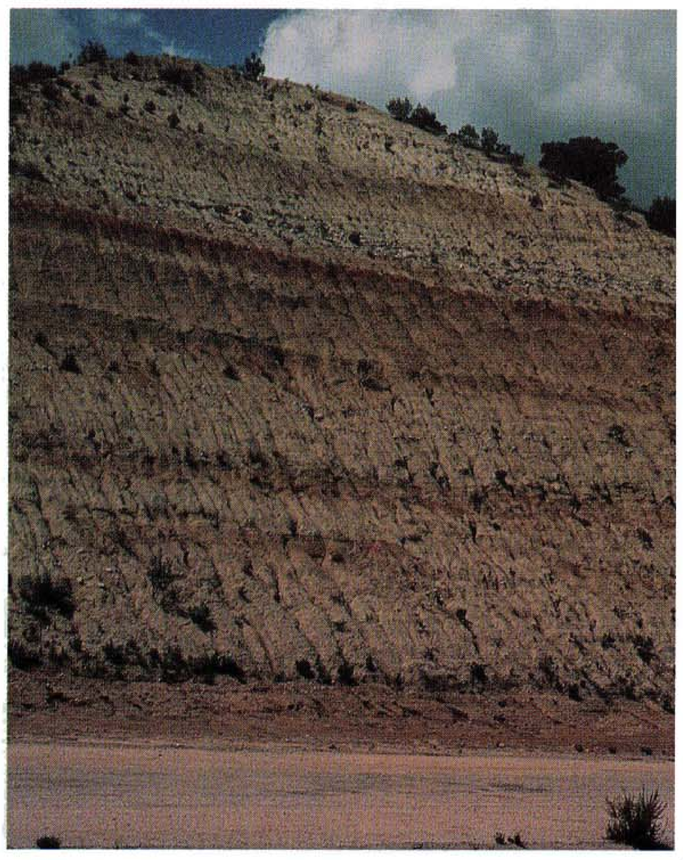


Término municipal de Quijorna (U-13)

Con similares características litológicas y cantos más angulosos aparecen los coluviones al pie de las Vertientes, a veces en solitario pero muy frecuentemente asociados con los conos de deyección, por lo que se han representado agrupados ambos en el mapa geológico.

Las llanuras aluviales (fondos de valle) corresponden a los depósitos más recientes y destacan entre ellas, por su gran amplitud, las del Tajo, Jarama y Henares, así como las del Perales, Guadarrama, Manzanares, Torote y Tajuña.

Presentan una composición litológica variable, formada por arenas a las que se incorporan gravas y cantos procedentes de las rocas sedimentarias existentes en la mitad Sur de la Comunidad.



El Pardo (U-15)

Ctra. de Morata de Tajuña a Perales de T. (U-17)

Por último, hay que considerar los depósitos asociados a las depresiones endorreicas. Estas depresiones se originan a favor de cambios laterales de facies entre las arenas arcillosas rojizas y las arcillas verdes con sílex y carbonatos; se alimentan de las aguas pluviales y presentan mal drenaje. Una de las mayores es la de Vicálvaro-Coslada, existiendo otras menores como las de Abrantes y Villaverde Bajo. Sus sedimentos tienen escasa potencia (3-4m) y están constituídos por arenas arcillosas de color pardo obscuro, alternantes con suelos arcillosos.

ESTRUCTURA GEOLOGICA

Durante la historia geológica de la Comunidad se han producido dos grandes movimientos tectónicos que han dado lugar a las estructuras visibles en la actualidad.

El primero de ellos, de edad Hercínica, afecta solo a los sedimentos más antiguos y presenta cuatro fases de deformación con rasgos muy diferenciados.

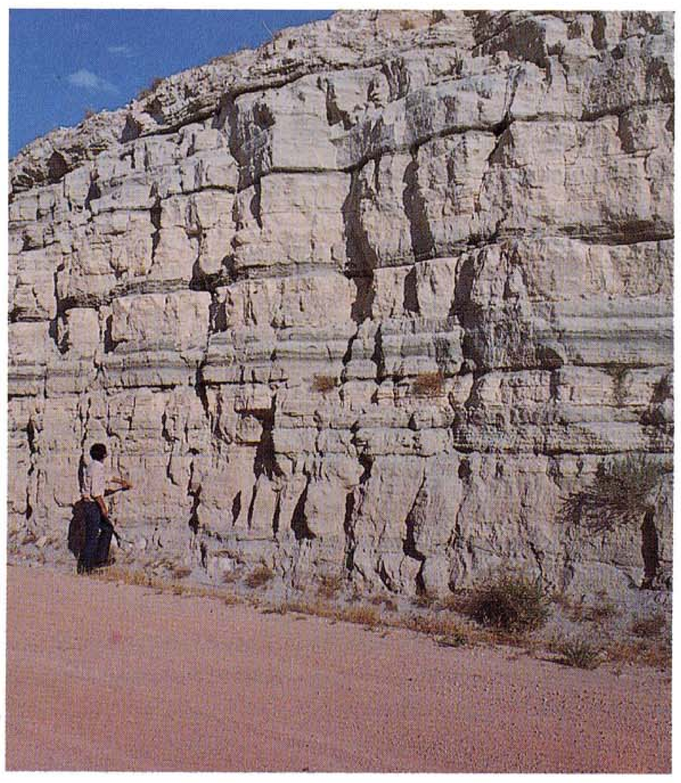
La primera fase (F_1) origina plegamientos que se manifiestan en pliegues tumbados con vergencia hacia el Este y esquistosidad de flujo (S_1). En la segunda fase (F_2) se generan pliegues tumbados de vergencia Este con foliación principal (S_2), y llevan asociados cabalgamientos de probable gran envergadura y vergencia NNE, asimilándose al modelo de las cadenas colisionares del tipo Himalaya. Durante estas dos primeras fases se produce metamorfismo regional de alto grado.

En la tercera fase (F_3), el plegamiento adopta direcciones N-S y desarrolla esquistosidad de crenulación (S_3). Y por último, durante la cuarta fase (F_4), se originan pliegues de pequeño tamaño y dirección E-O, con plano axial vertical.

Las rocas graníticas de la sierra se emplazan durante las últimas fases de la orogenia (granitos tardihercínicos) y provocan en las rocas metamórficas encajantes un metamorfismo de contacto. La intrusión se realiza a través de fallas de dirección NE-SO que luego se reactivarán durante el ciclo Alpino.

El segundo movimiento geológico importante se produce durante el Neógeno y se trata de la Orogenia Alpina, que reactiva los accidentes tectónicos creados durante el plegamiento hercínico y da lugar a la depresión del Tajo. Este movimiento, compresivo, origina un conjunto de bloques en el substrato que ocasiona el levantamiento del Sistema Central.

Los materiales Neógenos, considerados generalmente como posteriores a las últimas fases del plegamiento, manifiestan una serie de estructuras (domos, etc.) que evidencian la existencia de una cierta actividad tectónica posterior.



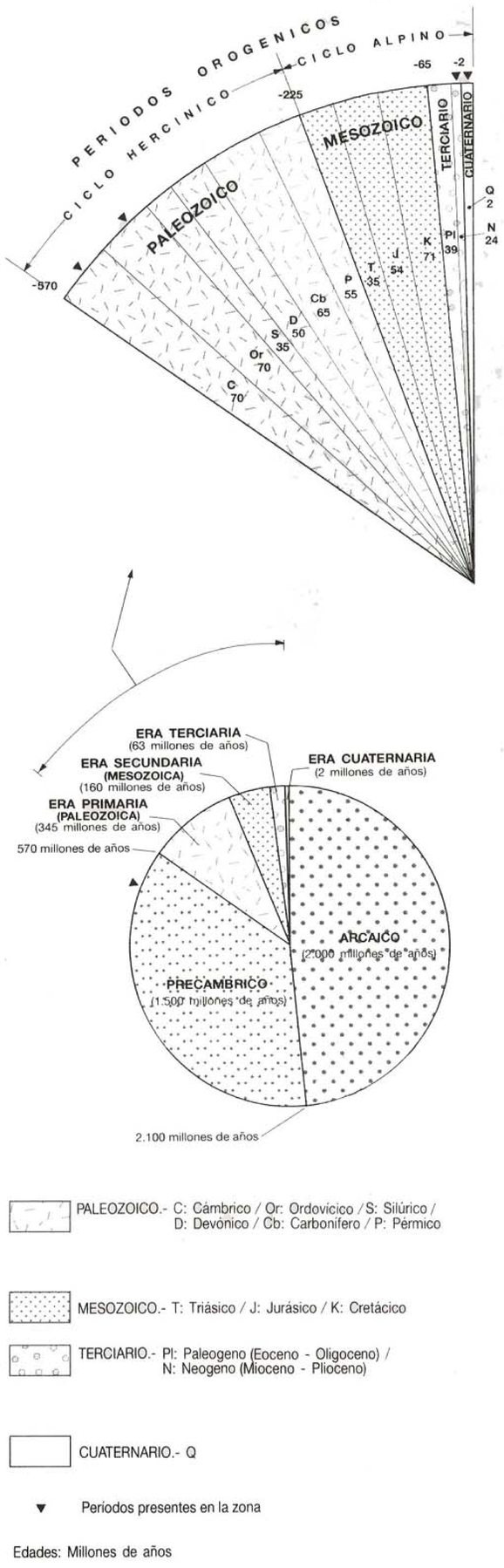
Término municipal de Chinchón (U-18)

Y es a favor de las grandes líneas de fracturación, reactivadas por la Orogenia Alpina, donde se inscribe la red de drenaje actual.

Por último, durante el Cuaternario se reactivan algunas fallas del substrato, tal y como se detecta en determinados aspectos geomorgológicos (glacis basculados respecto a su inclinación original, perfiles fluviales con varios puntos de inflexión, etc.). Esta muestra de movimiento en periodos recientes se conoce como Neotectónica.

HISTORIA GEOLOGICA

En el periodo Precámbrico-Cámbrico la región de Madrid formaba parte de una cuenca bajo una gran masa de agua, en la cual se fueron depositando materiales finos que, por procesos diagenéticos, dieron lugar a rocas sedimentarias de grandes espesores.



Reloj geológico de la evolución de la Tierra

Durante el Cámbrico estos materiales son afectados por movimientos tectónicos prehercínicos que los pliegan suavemente y ocasionan oscilaciones del nivel del mar. Así, los materiales ordovícicos se depositan sobre una plataforma marina somera con ligera subsidencia y bajo la influencia de las mareas. Durante el Tremadoc los sedimentos corresponden a un ambiente intermareal (U-8); mientras que en el

Cumbres de Vallecas (U-30)

Arenig los materiales se depositan, primero en ambientes supramareales de barreras de arena emergidas, luego en régimen de llanuras de mareas, y por último en ambientes lagunares (U-9). Finalmente, los depósitos del Llanvir son de tipo de plataforma (U-10) y, en conjunto, todo el Ordovícico define un ciclo transgresivo. Luego, a partir del Carbonífero, empiezan las primeras manifestaciones de la Orogenia Hercínica, la cual producirá la retirada del mar. En sus últimas fases esta orogenia favorece la intrusión de los plutones que forman actualmente la Sierra.

Al final del Paleozoico la erosión arrasa los relieves y origina una penillanura sobre la que se depositan los materiales del Mesozoico, que en una primera fase son de origen continental, formados en abanicos retrabajados por el mar y/o en estuarios (Formación Patones) (U-11); mientras que en el Cenomanense los sedimentos son ya marinos, como consecuencia de un proceso transgresivo (Formación Pontón de la Oliva) (U-11), para terminar con una sedimentación de conglomerados (U-11) que definen un periodo de inestabilidad como preludio de la retirada

Valle del Río Alberche (U-27 y 28)

del mar (Senonense). Esta retirada se ve acelerada por las primeras manifestaciones de la Orogenia Alpina, lo que motiva que los sedimentos sean de nuevo continentales en el Cretácico Terminal e inicios del Paleoceno, rellenando una cuenca fuertemente subsidente.

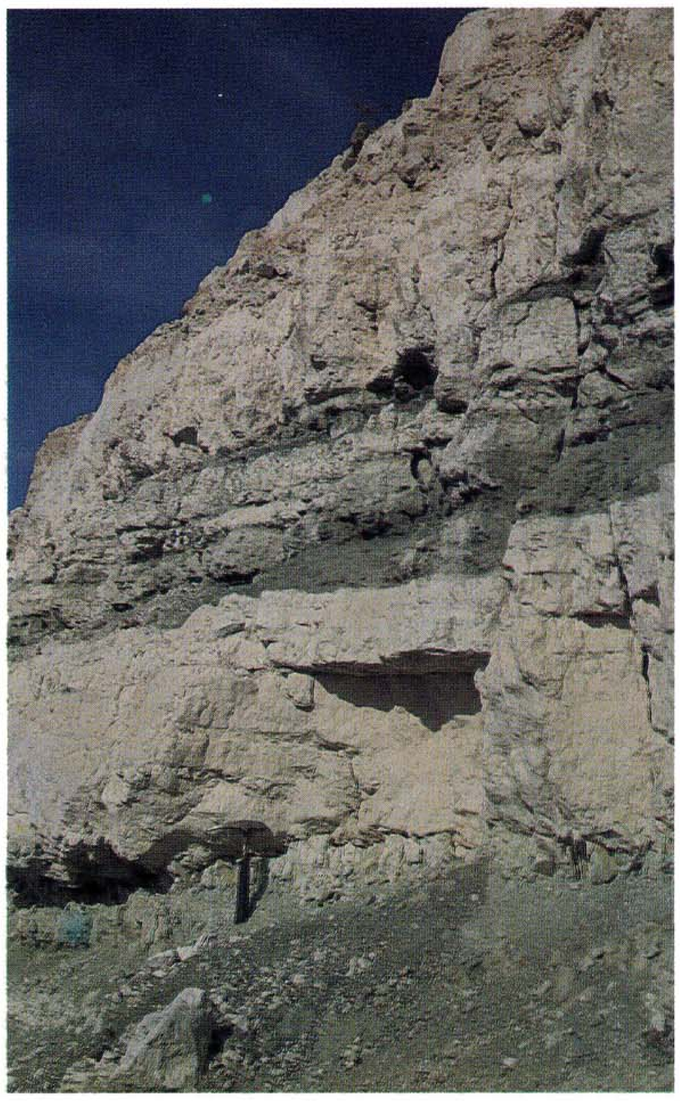
Como consecuencia de la elevación de la Bóveda Castellano-Extremeña, que se produce desde el Cretácico hasta el Eoceno Medio, se delimitan dos cuencas a un lado y otro de la línea Madrid-Toledo, las cuales tendrán diferentes relleno y subsidencia.

Posteriormente, en el límite entre Eoceno y Oligoceno, se hunden los flancos Norte y Sur de la bóveda y se diferencian las cuencas del Tajo y Duero, produciéndose hasta el Oligoceno un importante relleno acompañado de fuerte subsidencia.

Las grandes manifestaciones de la Orogenia Alpina reactivan las principales fallas tardihercínicas y se generan las depresiones interiores para, seguidamente, como consecuencia de la fase de la compresión Neocastellana e Infraaragoniense del Sistema Central, constituírse un "rhomb-horst" de historia compleja.

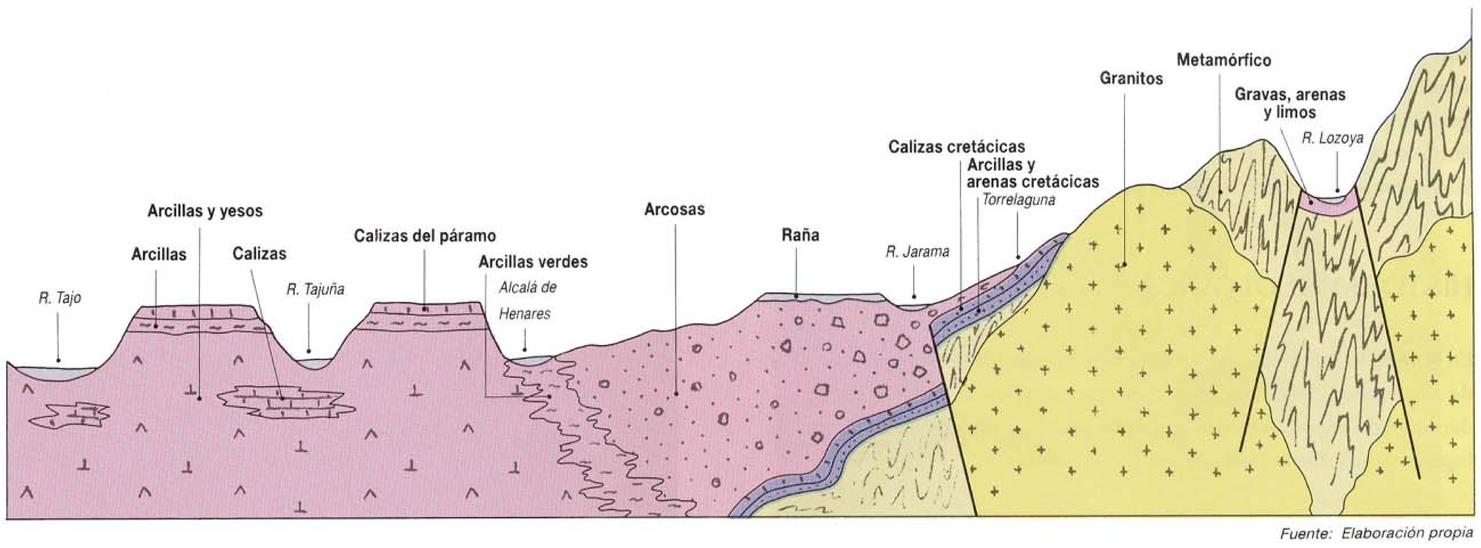
Por estas circunstancias, durante el Paleoceno-Eoceno, hacia el Este se depositan materiales en ambientes lacustres (U-12); mientras que en el resto se produce una sedimentación fluvial en clima intertropical (U-13).

Cerro del Telégrafo, en el término municipal de Madrid (U-20)



Rivas - Vaciamadrid (U-19)

Corte geológico esquemático



Fuente: Elaboración propia

A continuación, durante el Eoceno Superior-Oligoceno la sedimentación se produce en abanicos fluviales (U-14), extendiéndose a favor de los nuevos relieves originados por la Fase Pirenaica de la Orogenia Alpina, que durante el Mioceno Medio y Superior produce la elevación de los bordes de la cuenca debido a movimientos diferenciales entre los bloques, y la subsecuente erosión de la Sierra, dando lugar a grandes abanicos aluviales que van rellenando la depresión terciaria.

Los materiales de grano más grueso se depositan en el borde de la Sierra (U-17), llegando hasta el centro de la cuenca los de menor tamaño, como lodos y sales en láminas de agua, que al estancarse forman depósitos salinos mediante procesos de precipitación química y dan lugar a las facies centrales (U-15 y U-18).

Entre los materiales gruesos del borde de la Sierra y los finos del centro de la cuenca se depositan las facies intermedias (U -16, U-19, U-20 y U-22) de características mixtas y litología muy variable.

Entre la Unidad Media y la Superior aparece una discordancia erosiva sobre la que los depósitos (U-21) corresponden a un sistema fluvial conocido como red fluvial intramiocena.

Al final del Terciario (Plioceno) se produce la peneplanización de la Submeseta Sur, que da lugar a una serie de superficies de arrasamiento, y a partir de este momento, ya en el Cuaternario, se inicia la jerarquización de la red fluvial actual que deja, durante su encajamiento y evolución, los numerosos niveles de terrazas que aparecen en las vertientes de los valles a diferentes cotas.

Bibliografía

BASCONES, M., CABRA, C., ECHEGARAY, M. y GALLEGO, E. (1986).-**Geología, geomorfología, hidrogeología y geotecnia de Madrid**. Temas Urbanos. Ecología 10. Ayuntamiento de Madrid.

BELLIDO, F.; CAPOTE, R.; CASQUET, C.; FUSTER, J.M.; NAVIDAD, N.; PEINADO, M. y VILLASECA, C. (1981).-**Caracteres generales del cinturón hercínico en el sector oriental del Sistema Central Español**. Cuadernos de Geología Ibérica, Vol. 7. Madrid.

BISCHOFF, L.; GURSKY, H.J. y WILLNER, AP. (1980).-**Tidal sedimentation in the transgressive cycle of the lower ordovician in the eastern Sierra de Guadarrama (Central Spain)**. Estudios Geológicos nº 36. Madrid.

CALVO SORANDO, J.P. et al (1983).- **Memoria del mapa geológico a escala 1:25.000 del término municipal de Madrid**. Ayuntamiento de Madrid-IGME-Universidad Complutense (Inédito).

CAPOTE, R. y FERNANDEZ CASALS, M.J. (1975).-**Las series anteordovícicas del Sistema Central**. Boletín Geológico y Minero, Tomo 86. Madrid.

CAPOTE, R. et al (1981).- **La tectónica hercínica de cabalgamientos en el Sistema Central Español**. Cuadernos de Geología Ibérica, Vol. 7. Madrid.

CORCHON RODRIGUEZ, F. (1976).- **Estudio hidrogeológico del Cretácico de los alrededores de Torrelaguna (Madrid y Guadalajara)**. Servicio Geológico del MOPU. Bol. nº 40. Madrid.

FERNANDEZ CASALS, M.J. (1979).-**Las deformaciones hercínicas del límite Somosierra-Guadarrama (Sistema Central)**. Estudios Geológicos, Vol. 35. Madrid.

HOYOS, M.; JUNCO, F.; PLAZA, J.M.; RAMIREZ, A. y RUIZ SANCHEZ PARRA, J. (1985).-**El Mioceno de Madrid. In: Geología y paleontología del Terciario Continental de la provincia de Madrid**. C.S.I.C. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid.

IGME (1985).- **Mapa metalogenético de España**.. Hojas nº 38 (Segovia) y 45 (Madrid) a escala 1/200.000 (Inédito). Madrid.

JUNCO, F. y CALVO SORANDO, J.P. (1985).-**Cuenca de Madrid. In: Libro homenaje a J.M. Ríos.** IGME. Tomo 2 (Inédito). Madrid.

LOPEZ RUIZ, L., APARICIO, A. y GARCIA CACHO, L. (1975).- **El metamorfismo de la Sierra de Guadarrama. Sistema Central Español**. Memorias del IGME, Tomo 86. Madrid.

NODAL RAMOS, María T. y AGUEDA VILLAR, J.A. (1976).- **Características de la sedimentación cretácico-terciaria en el borde septentrional de la cuenca del Tajo**. Estudios Geológicos, Vol. 32. Madrid.

PEREZ REGODON, J.(1970).- **Guía geológica, hidrogeológica y minera de la provincia de Madrid**. Memorias del IGME, Tomo 76. Madrid.

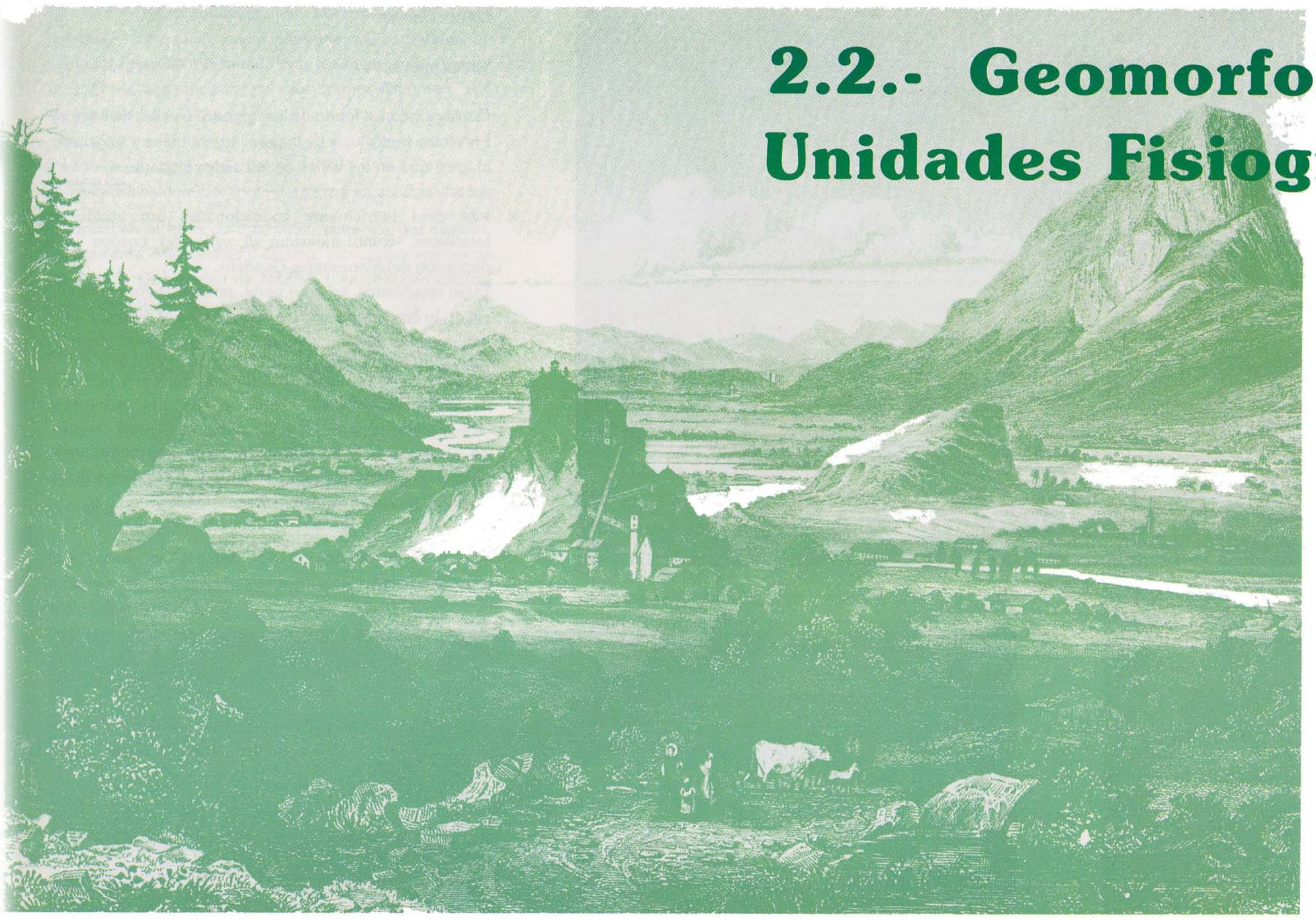
PORTERO GARCIA, J.M. y AZNAR AGUILERA, J.M. (1984).-**Evolución morfotectónica y sedimentación terciaria en el Sistema Central y cuencas limítrofes (Duero y Tajo)**. 1er. Congreso Español de Geología, Tomo 3. Segovia.

PRADO y VALLE, C. DE (1864).- **Descripción física y geológica de la provincia de Madrid.** Edición facsimil del C.I.C.C.P. Junta General de Estadística. Madrid.

ROYO GOMEZ, J. y MENENDEZ PUGET, J. (1929).-**Hoja y memoria geológica de Madrid (nº 559)**. IGME, 1 Serie. Madrid.

TORRES PEREZ-HIDALGO, F.; JUNCO AGUADO, F.; ZAPATA DE LA VEGA, J.L. y PLAZA HERNANDO, J.M. (1984).- **Similitud de los procesos sedimentarios del Neógeno en la cuenca del Tajo y en la depresión intermedia**. 1er. Congreso Español de Geología, Tomo 1. Segovia.

2.2.- Geomorfología y Unidades Fisiográficas



El mapa de Unidades Fisiográficas refleja partes de territorio que se caracterizan por presentar rasgos físicos uniformes. Estas unidades surgen como resultado de la actuación de los distintos procesos superficiales sobre las rocas y estructuras que constituyen el substrato descrito en el apartado anterior, que condicionan, a su vez, el desarrollo de suelos, vegetación, fauna y asentamientos humanos.

Dentro de la Comunidad Autónoma de Madrid se definen, en primer término, dos grandes dominios geológico-estructurales: La Sierra y La Depresión. Estos dominios se dividen en otros de inferior categoría (**Cimas, Vertientes, Altas Superficies**, etc.) dentro de los cuales se diferencian a su vez, como se indica en el cuadro, una serie de **Unidades Fisiográficas**.

Por último, hay que indicar que dentro de estas **Unidades Fisiográficas** también se han representado en el mapa, mediante símbolos, aquellos elementos geomorfológicos que por su magnitud y relevancia lo hayan requerido. Tal es el caso, por ejemplo, de los glacis y las terrazas.

EVOLUCION DEL RELIEVE Y RASGOS GEOMORFOLOGICOS GENERALES

De los dos grandes dominios señalados, La Sierra constituye el frente montañoso de la parte septentrional de la Comunidad de Madrid. Esta Sierra, denominada del Guadarrama, pertenece al Sistema Central y es el resultado de la reactivación tectónica de una antigua penillanura, producida esencialmente durante el Terciario.

A partir de este momento se suceden una serie de acontecimientos geológicos que desembocan en una morfoestructura de bloques elevados ("horst") y hundidos ("graben"). Esta estructura se manifiesta en la existencia de una gran dovela central que culmina el macizo rocoso (**Las Cuerdas**) y en una serie de formas topográficamente escalonadas, todas ellas con características bien definidas. Se trata de **Las Parameras Serranas, Las Laderas** y **Las Rampas**. Dentro de esta morfología general existe también una serie de **Valles Interiores**, cuyo origen es fundamentalmente tectónico, y por los que en la actualidad circulan cursos de agua como el río Lozoya.

En cuanto al otro gran dominio, La Depresión, ocupa el área Central, Este y Sureste de la Comunidad Autónoma de Madrid.

Dentro de un contexto más amplio, La Depresión corresponde a la parte septentrional de la denominada Submeseta Sur o Cuenca del Tajo, y los materiales que la constituyen son, casi en su totalidad, de naturaleza detrítica (arenas y arcillas) con facies químicas y lagunares en el centro (yesos y calizas), y en su mayoría pertenecientes al Terciario.

Al final de este periodo y durante el Plioceno y Cuaternario Inferior (entre los 5 y 1,5 millones de años) toda la zona sufre procesos de arrasamiento y deposición que dan lugar a un conjunto de superficies, algunas de las cuales se presentan en la actualidad muy retocadas y reducidas por la posterior disección de la red fluvial. Son **Las Altas Superficies,** es decir **Los Páramos, Las Rañas** y **Las Divisorias.**

Ya en el Cuaternario, se terminan de definir y encajar los grandes **Valles** como el Guadarrama, Perales, Manzanares, Jarama, Henares, Torote y Tajuña, todos tributarios del río Tajo el cual, casi con dirección E-O, sirve de límite por el Sur a la Comunidad.

El encajamiento de estos ríos da lugar a una variada gama de formas que son parte integrante de **Las Vertientes** y de **Las Vegas**, y entre las que cabe destacar los glacis, las terrazas y las llanuras de inundación.

Existe, por último, otra serie de unidades características pertenecientes a **Los Relieves Intermedios** y **Las Depresiones.** Dentro de los primeros se distinguen **Las Plataformas y Cuestas Estructurales y Los Cerros**; y dentro de las segundas, **Los Fondos Endorreicos**.

UNIDADES FISIOGRAFICAS

A) LA SIERRA

En el dominio de La Sierra se han considerado tres conjuntos de segundo orden: **Cimas, Vertientes** y **Depresiones.**

Cimas

Se subdividen, a su vez, en dos unidades: **Cuerdas** y **Parameras Serranas.**

Cuerdas

Se denominan también **Llanuras Cimeras Serranas, Planicies de Cuerdas o Cuerdas Cimeras** y se trata de cimas suaves, algo alomadas, que culminan los relieves del macizo rocoso. En la Comunidad de Madrid forman la divisoria principal de los ríos Duero y Tajo, con alturas medias comprendidas entre los 1.900 y 2.000 m, alcanzando la máxima el Pico de Peñalara, con 2.430 m.

En general son zonas casi desprovistas de vegetación debido a las condiciones climáticas y a una intensa práctica ganadera.

En cuanto a los suelos, existe una asociación de ranker y gley, ambos muy ricos en materia orgánica. El primero domina en las zonas más altas y el segundo en las pequeñas depresiones o tollas.

Divisiones fisiográficas de la Comunidad de Madrid.

CONJUNTOS		UNIDADES FISIOGRAFICAS
1er ORDEN	2º ORDEN	
La Sierra	*Cimas*	*Cuerdas*
		Parameras Serranas
	Vertientes	*Laderas*
		Rampas
	Depresiones	*Valles interiores*
La Depresión	*Altas Superficies*	*Páramos*
		Rañas
		Divisorias
	Relieves Intermedios	*Plataformas Estructurales*
		Cerros
		Cuestas Estructurales
	Depresiones	*Fondos endorreicos*
	Valles	*Vertientes*
		Vegas

Paisaje de paramera con el macizo de Peñalara al fondo

Parameras Serranas

Con morfología de rellanos, se consideran aquí tanto las llanuras colgadas a media ladera, como la culminación de cerros y relieves de segundo orden (Sierra de Hoyo de Manzanares, Sierra de La Cabrera, etc.)

Se conocen también como **Llanuras de Meseta** y **Planicies de Paramera** y su altitud oscila entre 1.200 y 1.700 m, presentando la característica de estar ligeramente basculadas hacia el Norte.

Su uso más frecuente, al igual que Las Cuerdas, es forestal y ganadero; pero a diferencia de éstas los suelos corresponden, en general, a tierras pardas meridionales y a pseudoranker. Pueden aparecer también suelos hidromorfos, pero siempre en las zonas más deprimidas o en las cabeceras de arroyos mal drenados.

La cobertera vegetal en estas áreas alcanza gran desarrollo.

Vertientes

Están subdivididas en dos unidades: Laderas y Rampas

Laderas

Constituyen la unidad de transición entre las Cumbres y los Piedemontes o Rampas.

Se trata de escarpes netos caracterizados por su gran linealidad, con un origen fundamentalmente estructural, pues corresponden a grandes planos de falla ligeramente modelados por la acción de las torrenteras y glaciares durante el Pleistoceno. Esta acción da lugar a una serie de elementos que se sobreimponen a las laderas, de los cuales los más significativos, y que por su importancia se han detallado en la cartografía, son los **circos** y **morrenas glaciales.**

Sierra de Guadarrama y rampa

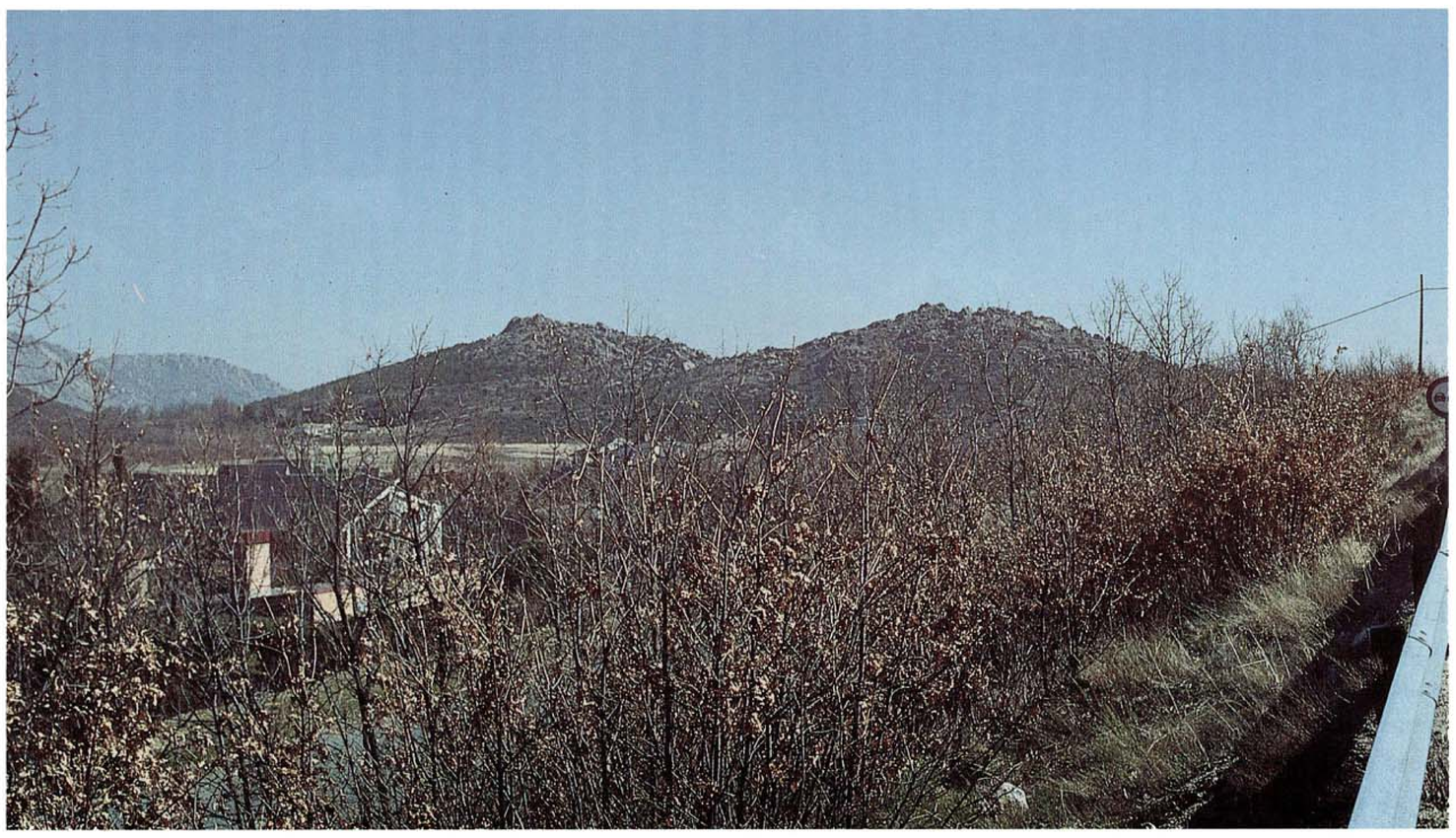
Depresiones

Valles Interiores

Corresponden al fondo de los "graben" o valles de fractura. Presentan morfología de llanura intramontana y su génesis, al igual que en los valles de la cuenca terciaria, se debe a sucesivas fases de encajamiento y sedimentación; pero en este caso fuertemente condicionadas por accidentes tectónicos, como muestran el valle del Lozoya y la depresión del Manzanares-Guadalix.
Están recubiertos, en gran parte, por formaciones superficiales, lo cual condiciona los diferentes tipos de suelos, que varían desde suelos aluviales hasta xerorankers, pasando por pardos, xerorendzinas e incluso pseudogleys.

B) LA DEPRESION

En el dominio de La Depresión se han considerado cuatro conjuntos de segundo orden: **Altas Superficies, Relieves Intermedios, Depresiones** y **Valles.**



Relieve residual tipo "Inselberg"

Esta unidad se desarrolla entre los 1.100 y 2.000 m de altura y, debido a su accidentada topografía, el suelo es muy pobre, correspondiendo a un suelo pardo que cambia, con la altura, de mesótrofo a ácido.

También como consecuencia de la altura, la vegetación pasa del encinar al robledal.

Rampas

Son superficies de erosión labradas sobre un substrato duro, fundamentalmente granítico y gneísico. Fisiográficamente corresponden a las llanuras de pie de monte de las grandes elevaciones, sirviendo de enlace entre el paisaje serrano y la depresión del Tajo o de Castilla-La Mancha.

Se desarrollan en altitudes comprendidas entre los 800 y 1.000 m al pie de las elevaciones, y entre 600 y 800 m en las zonas de transición a La Depresión.

Morfológicamente corresponden a una llanura irregular con topografía relativamente suave, donde no es difícil encontrar relieves residuales de tipo "inselberg" o valles poco profundos de fondo amplio y plano, conocidos localmente como **navas**.

Los suelos son, en general, pardo mesótrofos en las zonas más altas, e hidromorfos en las zonas más deprimidas o navas.

La vegetación corresponde al dominio del encinar, aunque en las navas hay una sustitución por fresnedas; pero la acción del hombre ha modificado esta situación natural, debido a la necesidad de ampliar los pastizales, talando amplias zonas de bosque. Localmente hay áreas de matorral.

Altas superficies

Están subdivididas en tres unidades: **Páramos, Rañas** y **Divisorias.**

Páramos

Son superficies estructurales modificadas por erosión posterior, labradas sobre rocas calizas del Terciario Terminal y posteriormente disectadas por la red fluvial actual. La edad de formación de estas superficies es Pliocena.

La morfología resultante es de amplias mesas limitadas por estrechos valles de vertientes abruptas. Sobre ellas se desarrollan diversas formas, entre las que destacan las **dolinas**, a veces de grandes dimensiones y con fondos de **terra rossa**.

El suelo dominante es muy antiguo y corresponde a un suelo rojo fersialítico. Aunque fértil, su potencialidad agrícola está muy limitada por la erosión en algunas zonas, y por la crudeza del clima en otras, por lo que el uso agrícola está representado, al Sur por cereales, viñedos y olivares, y al Norte por el cereal de año y vez.

Rañas

Son Altas Superficies de pie de monte, cde erosión-sedimentación, que se inclinan suavemente hacia el SO y están constituídas por depósitos de cantos silíceos empastados en una matriz areno-arcillosa, con espesores medios de 3 a 5 m. Su edad, de unos 2 millones de años, las sitúa aproximadamente en el límite entre el Plioceno y el Cuaternario.

Están muy poco representadas en la Comunidad, apareciendo algunos afloramientos en el borde NE con cotas similares a las del Páramo, es decir, de unos 800 m.

El suelo es muy complejo, con interesantes problemas genéticos. Se conoce como planosuelo y se trata de un suelo rojo muy evolucionado con fenónemos de pseudogley. El uso agrícola principal es el monocultivo de cereal de invierno.

Divisorias

Constituyen la línea de interfluvio entre los ríos Perales, Guadarrama, Manzanares y Jarama, principales arterias de agua de la Comunidad de Madrid, y se conocen clásicamente con el nombre de **Alta Campiña**.

Morfológicamente son estrechas y largas cuerdas aplanadas, con dirección general N-S. Se desarrollan entre los 800 y 680 m y corresponden a antiguas superficies de erosión, aunque en ocasiones presentan depósitos asociados de poco espesor. Son anteriores a la formación de los valles fluviales actuales, pero tienen ya una cierta relación con ellos.

Los suelos, en general, son de carácter arenoso, con procesos de hidromorfía en la zona de contacto con los materiales terciarios.

Relieves Intermedios

Se han subdividido en tres unidades: **Plataformas Estructurales, Cerros** y **Cuestas Estructurales.**

Son formas muy singulares en el paisaje de la mitad Sur de Madrid, mereciendo destacar el Ecce-Homo (834 m), Viso (777 m), Almodóvar (726 m), Telégrafo (699 m) y el Cerro de los Angeles (670 m).

Cuestas Estructurales

Forman los relieves desarrollados sobre materiales calcáreos de edad cretácica situados entre los Dominios de La Sierra y La Depresión, en el límite N y NO de la Comunidad, siendo un buen ejemplo la cuesta estructural de Torrelaguna-Patones.

Vega del Jarama

Plataformas Estructurales

Su génesis se debe a un proceso de erosión diferencial en el que las capas más duras quedan preservadas de la denudación total.

Se sitúan al Este y Sureste de la Comunidad y suelen aparecer encajadas alrededor de una veintena de metros por debajo de la unidad de los Páramos, formando grandes escalones que destacan en la topografía.

Cerros

Con un origen similar a las Plataformas Estructurales, suelen estar coronados por un nivel duro, en general de caliza o sílex.

Cuestas estructurales en Torrelaguna

Se originan debido a la existencia de capas duras, resistentes a la erosión, que presentan una cierta inclinación, y la morfología resultante consiste en un plano inclinado a favor de la pendiente de los estratos.

Es frecuente que, sobre estas formas, se sobreimpongan encajamientos fluviales que dan lugar a gargantas y pequeñas hoces.

Depresiones

Fondos endorreicos

Esta unidad fisiográfica tiene su origen en la debilidad litológica existente en los cambios laterales de facies. La erosión fluvial y otros agentes externos modelan formas deprimidas de fondo amplio y plano, unas veces semicirculares o elípticas, y otras de carácter más lineal a favor de los materiales más erosionables. Un ejemplo de depresión lineal es la de Pinto-Arroyo Guaten; mientras que la de Vicálvaro-Coslada presenta contorno semicircular o elíptico.

Cerro Almodóvar

Superficie del páramo y valle del Río Henares

Una particularidad común a estas formas es su drenaje deficiente (semiendorreismo), y los suelos son, en general, obscuros, de carácter vértico.

Valles

Están subdivididos en dos unidades: **Vertientes** y **Vegas.**

Vertientes

Constituyen la forma de enlace entre las Vegas y las Altas Superficies. Su génesis se debe a los diferentes y continuados procesos de erosión, encajamiento y deposición que han tenido lugar a lo largo del Cuaternario.

Esta unidad presenta una morfología escalonada, con rellenos más o menos potentes y escarpes reducidos, y está representada por los **glacis** y las **terrazas (medias y altas)**.

Sus suelos son muy diversos, en función de su posición y antigüedad, encontrándose desde suelos rojos fersialíticos hasta suelos pardos, pasando por todos los tipos intermedios.

Vegas

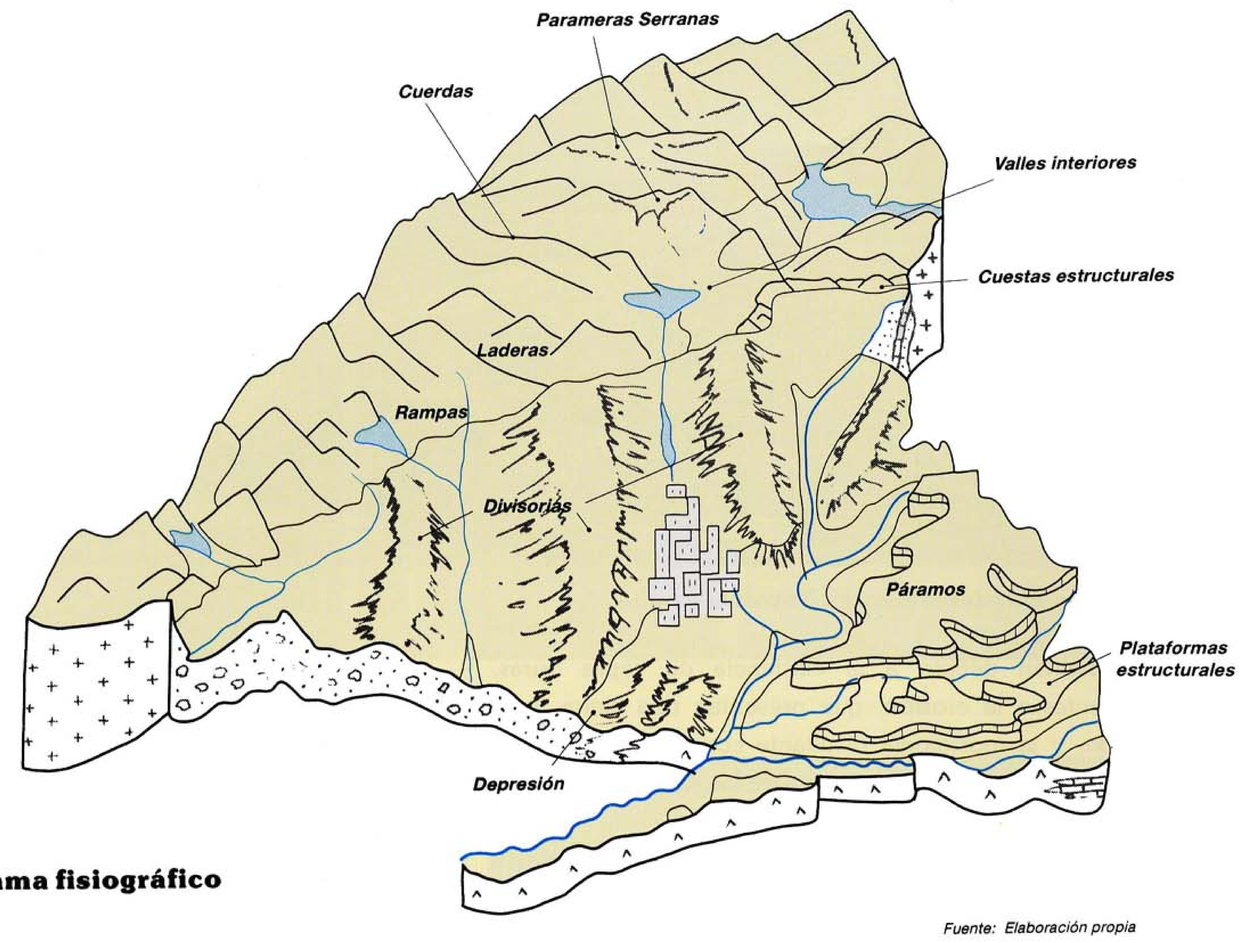
Esta unidad comprende las llanuras de inundación y los fondos de valle. Se han incluído aquí también las **terrazas de campiña**, es decir, las terrazas bajas de amplio desarrollo y morfología muy plana, que pueden definir tierras de

regadío con uso fundamentalmente hortícola, así como de frutales, choperas e, incluso, cultivos remolacheros y de pastizal.

Las Vegas de mayor amplitud son las del Jarama y Henares, siendo de menor desarrollo las del Manzanares, Guadalix, Guadarrama y Perales. Y es característico que gran parte de ellas se encuentran muy afectadas por asentamientos urbanos e industriales.

Se instalan sobre el substrato sedimentario de la cuenca terciaria y los materiales que las forman son, en general, gravas, arenas, limos y arcillas, con desarrollo de suelos aluviales, suelos pardos y suelos rojos mediterráneos en los niveles más altos de las terrazas de campiña.

Por último, hay que señalar la existencia de algunos elementos de interés que aparecen en esta unidad y que se han reflejado en la cartografía, como son los **conos aluviales** de gran tamaño y planitud y los **coluviones o depósitos de pie de talud.**



Bloque - diagrama fisiográfico

Fuente: Elaboración propia

Bibliografía

BASCONES, M. et al (1986).- **Geología, geomorfología, hidrogeología y geotecnia de Madrid.** Temas Urbanos. Ecología 10. Ayuntamiento de Madrid.

GALLARDO, J. y PEREZ GONZALEZ, A. (1983).-**Regiones fisiográficas de la provincia de**Madrid. El Campo. Boletín Información Agraria nº 90. Banco de Bilbao. Madrid.

HERNANDEZ PACHECO, F. (1941).- **Características fisiográficas del territorio de Madrid.** Anales de Ciencias Naturales, nº 36 C.S.I.C. Madrid.

PEDRAZA, J. (1980).- **El medio natural de la Sierra de Guadarrama**. Acta Col. Hispano-Francés sobre áreas de montaña. Ministerio de Agricultura. Madrid.

PEDRAZA, J., CENTENO, J. y ORTEGA, L. (1986).-**Mapa fisiográfico de la Comunidad de Madrid. (Escala 1:200.000)** Consejería de Agricultura y Ganadería. Comunidad de Madrid.

PEREZ GONZALEZ, A.; PEDRAZA, J. y COBOS, R.(1980).- **Introducción sobre los condicionantes físico-geográficos frente a los datos arqueológicos**. II Jornadas de Estudios provinciales de Madrid. Diputación Provincial de Madrid.

PRADO y VALLE, C. DE (1864).- **Descripción física y geológica de la provincia de Madrid.** Edición facsimil del C.I.C.C.P. Junta General de Estadística. Madrid.

VAUDOUR, J. (1979).- **La Región de Madrid, alterations, sols et paleosols.** Ed. Ophrys, París.

Documentación cartográfica utilizada

CABRA, P. FERNANDEZ, P. y GARZON, G. (1984).-**Memoria del mapa de unidades geomorfológicas del término municipal de Madrid a escala 1:25.000.** Ayuntamiento de Madrid-Universidad Complutense (Inédito).

CENTENO, J. (1983).- **Síntesis y clasificación geomorfológicas de la sierra de Guadarrama.** Tesis de Licenciatura. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

PEDRAZA, J. (1978).- **Estudio geomorfológico de la zona de enlace entre las Sierras de Gredos y Guadarrama (Sistema Central Español).** Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid. Madrid.

PEDRAZA, J., PEREZ GONZALEZ, A. y COBO, R. (1984).-**Geología: Unidades fisiográficas de la provincia de Madrid. In:** Madrid en sus orígenes. Consejería de Cultura, Deporte y Turismo. Comunidad de Madrid.

3.- Recursos y Usos del medio natural

Los materiales existentes en la Comunidad y los procesos que sobre ellos actúan dan lugar a una serie de recursos que los seres humanos utilizan para el desenvolvimiento de actividades muy variadas. Estos recursos incluyen, tanto los propios materiales geológicos para su uso como materias primas, como el agua, la energía, el suelo y la vegetación.

A estos recursos, soporte de actividades fundamentalmente productivas, hay que unir otros de carácter geocultural y educativo o recreativo, tales como los yacimientos arqueológicos, fruto de la ocupación humana del territorio de la Comunidad desde los tiempos prehistóricos, y los rasgos naturales de más singularidad e interés, que constituyen la base de actividades culturales y de ocio en contacto con la Naturaleza, las cuales representan una necesidad cada vez más sentida por las poblaciones de los grandes núcleos urbanos, y también son un apoyo importante de actividades productivas de tipo turístico.

El compendio de todos los recursos de una región es la propia superficie terrestre, con sus rocas, relieve, suelos, clima, agua, arqueología, fauna, flora, energía, etc.; y esa superficie terrestre es también un recurso en sí misma, pues proporciona el espacio físico imprescindible para el asentamiento de las actividades humanas.

Pero el uso de este importantísimo recurso espacial presenta una serie de limitaciones, debido a la naturaleza de las rocas y de los suelos que lo constituyen y a los procesos que le afectan, siendo por ésto por lo que se incluye en este capítulo la descripción y representación cartográfica de las características geotécnicas de la Comunidad.

El conjunto de los mapas de Recursos y Usos del Medio Natural son, pues, una parte importante de los Mapas Geocientíficos.

3.1.- Recursos minerales y Rocas industriales

En el conjunto de yacimientos de los que hay constancia en el área de la Comunidad de Madrid se incluyen, tanto las rocas industriales, como los minerales metálicos, no metálicos y aguas minerales.

Los yacimientos se clasifican genéticamente en **exógenos** y **endógenos**. Los procesos **endógenos** se producen en la litosfera como consecuencia de la actuación de factores internos, y los **exógenos** por la acción mutua entre la litosfera, la atmósfera y la hidrosfera.

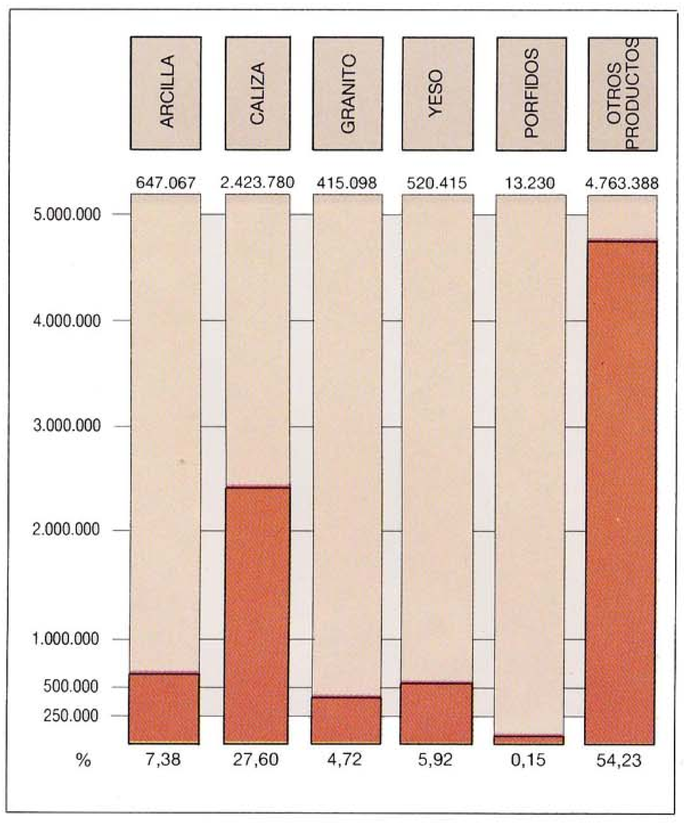
Los **yacimientos magmáticos** se forman por procesos endógenos a partir de la consolidación de un magma, y también los **depósitos metamórficos** están relacionados con esos procesos.

Los **yacimientos sedimentarios** se forman por procesos exógenos. En este grupo se incluyen también los vulcano sedimentarios, originados en su inicio por procesos endógenos.

Un yacimiento puede ser un **indicio mineral** o un **depósito**. **Indicio mineral** se considera toda concentración mineral no explotable en la actualidad, aunque haya sido objeto de explotación anterior, y capaz de suministrar información geológica o mineralógica que muestre la posibilidad de encontrar un depósito.

Por **depósito** se entiende toda acumulación o concentración mineral, esté o no en explotación, que tenga posibilidad de proporcionar rentabilidad económica.

Extracción de productos de cantera (Tn.)



Fuente: Mº de Industria y Energía, (1983)

ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

Se entiende por rocas y minerales industriales las substancias masivas granulares o pulverulentas que tienen alguna forma de aprovechamiento, directamente o tras un proceso de preparación previa, en función de sus propiedades o características y no de las sustancias potencialmente extraíbles de ellas, ni de su energía potencial.

Estas substancias son más comunes y conocidas que los minerales metálicos. Están repartidas por amplias zonas de la Comunidad de Madrid y el valor de muchas de ellas depende más de la posibilidad de su utilización cerca del lugar donde se encuentran que de la substancia en sí, ya que su valor económico está determinado, con frecuencia, por el coste del transporte.

Por sus características varían bastante y admiten una amplia gama de posibles usos, utilizándose generalmente en la forma en que se extraen o con poca elaboración o tratamiento posterior.

El valor bruto anual de las rocas y minerales industriales explotados en la Comunidad rebasa ampliamente el de los minerales metálicos; pero presentan importantes y frecuentes altibajos, ya que dependen de las situaciones coyunturales por las que pasa el desarrollo económico de la región.

Así, a veces se abren canteras o explotaciones a pie de obra que se abandonan cuando ésta termina, por lo que el volumen de estas explotaciones tiene una fuerte dependencia del tipo y número de las obras y construcciones que se lleven a cabo.

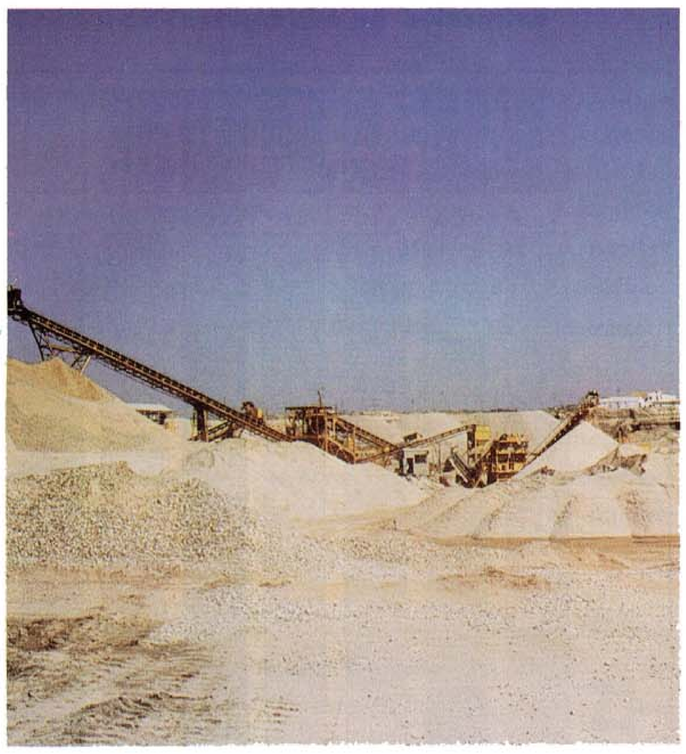
El buen conocimiento de la distribución y características de estos materiales es un factor importante en la planificación territorial, tanto bajo el punto de vista de los recursos, como del posible impacto ambiental que su explotación pueda suponer.

Los indicios y explotaciones activas o inactivas existentes en la Comunidad se han agrupado en clases o familias de rocas, que se asocian según sus características petrográficas y las condiciones de sus yacimientos y/o explotación. Son las siguientes:

1. Arenas y Gravas
2. Arcillas
3. Yeso
4. Calizas
5. Granitos
6. Gneises
7. Pórfidos
8. Magnesita
9. Distena
10. Glauberita-Thenardita
11. Sepiolita y Bentonita

Arenas y Gravas

Las arenas y gravas son rocas de origen detrítico, cuyos componentes están sueltos o ligeramente cementados.



Explotación de gravas

La diferenciación entre arenas y gravas depende de la dimensión de sus granos. Las arenas tienen un tamaño de grano entre 1/16 mm y 2 mm; y las gravas entre 2 mm y 64 mm.

Las explotaciones existentes en la Comunidad se encuentran situadas, mayoritariamente, en las terrazas y llanuras de inundación de los ríos Jarama, Manzanares, Guadarrama, Alberche y Tajo.

En total se explotan más de cincuenta graveras, con una producción conjunta de arena-grava en sus distintos tamaños del orden de los 5.600.000 Tn/año, lo que supone un 21% de la producción nacional.
Casi la totalidad de la producción se destina a hormigón para la construcción, aunque también tiene utilización en cerámica, ladrillo silíceo, calcáreo y tejas.

Las explotaciones más importantes se encuentran en zonas del río Jarama y son:

- En Velilla de San Antonio, Graveras de Velilla S.A., con una producción de 650.000 Tn/año.
- En San Martín de la Vega, Ready Mix-Asland S.A., con una producción de 1.545.000 Tn/año.
- En Rivas-Vaciamadrid, Aridos y Premezclados S.A., con una producción de 525.000 Tn/año.

Otros usos de las arenas, ordenados según el volumen consumido, son: cerámica y vidrio, arena de moldeo, abrasivos, metalurgia, procesos químicos y como filtro.

Arcillas

Actualmente existen en la Comunidad once canteras en activo, que producen 990.000 Tn/año.

Aproximadamente un 53% de la producción se emplea en la fabricación de cemento, y se extrae fundamentalmente de canteras situadas en la zona de Alcalá de Henares, Torres de la Alameda, Loeches y San Fernando de Henares; y en menor cantidad de las existentes en Talamanca del Jarama, Vicálvaro, Perales de Tajuña y Aranjuez. El resto de la producción se dedica a la fabricación de ladrillos, tejas y cerámica en general.

Yeso

Los indicios de yeso en la Comunidad se localizan, fundamentalmente, en la zona Centro-Sureste, en la denominada Cuenca de Madrid, y dentro de esta unidad geológica en sus niveles estratigráficos inferiores, que constituyen la Unidad Evaporítica Basal.

Donde esta unidad aflora con suficiente superficie y bajo contenido en materiales detríticos, se explotan los yesos aprovechando la gran pureza que presentan.

Las principales explotaciones se encuentran en Vallecas, Rivas Vaciamadrid, San Martín de la Vega y Torrelaguna.

En cuanto a las explotaciones actuales, es digna de destacar la cantera de Yece, S.A., que con una producción de 275.000 Tn/año cubre casi el 50% de la producción de la Comunidad, que alcanza las 600.000 Tn/año y representa un 11% de la producción nacional.

El yeso se dedica a la fabricación de cemento (unas 100.000 Tn) y el resto a escayola o para construcción.

Cantera de granito. Colmenar Viejo

Calizas

Las calizas se encuentran en las formaciones del Cretácico y Mioceno. Estas últimas, y concretamente las correspondientes al Mioceno Superior, son las que presentan características más favorables de explotabilidad por la potencia de los niveles, continuidad de los afloramientos, importancia de las reservas, escaso o nulo recubrimiento y estado poco alterado.

Las zonas de Arganda del Rey, Morata de Tajuña, Los Santos de La Humosa, Campo Real, Guadalix de la Sierra y Torrelaguna son donde se encuentran los indicios más importantes y las explotaciones de mayor entidad.

Las calizas de Colmenar de Oreja y Valdelaguna se han utilizado mucho en construcción con fines ornamentales; pero actualmente su explotación está en clara regresión.

Las calizas de Morata de Tajuña y de los Santos de La Humosa se destinan principalmente a cementeras, y debido al importante mercado que supone Madrid y a la elevada demanda, las explotaciones han adquirido un alto grado de mecanización. Así, en Morata de Tajuña se encuentran en actividad diez explotaciones con una producción total de 2.250.000 Tn/año, de las cuales 1.400.000 Tn se dedican a la fabricación de cemento, 150.000 Tn a usos industriales (óxido de calcio o cal viva) y el resto a otros usos.

Para la obtención de árido para la construcción se extrae caliza tanto de las zonas del Sureste, como de varias canteras del área Guadalix-Torrelaguna. Esta zona tiene una producción total de unas 250.000 Tn/año y las explotaciones están, en general, bien mecanizadas.

Explotación de yesos en Torrelaguna

Granitos

El granito es uno de los materiales más abundantes en la Comunidad, estando localizado en toda la zona de Sierra, desde La Cabrera hasta Cadalso de los Vidrios.

Los granitos presentan cambios fuertes, apareciendo como una roca gris con láminas de mica; como el típico granito gris-blanco con laminillas negras y fractura irregular; o con la coloración rosácea característica de una presencia abundante de feldespatos potásicos. En términos generales sus variaciones litológicas oscilan desde el granito común a las granodioritas.

El granito se utiliza en la construcción (mampostería, sillería, bordillos, etc.), como roca ornamental y como materia prima para áridos de construcción.

El número de canteras en actividad en la Comunidad es del orden de 65, aunque el número de las existentes es bastante superior, y la producción total es, aproximadamente, un 13% de la producción nacional.

Las explotaciones son todas a cielo abierto, pero varían desde canteras con frente de más de 300 m de largo y buena mecanización, hasta la explotación artesanal de un **bolo**. También son factores condicionantes para la explotación la localización de la demanda, el grado de fracturación y el relleno de agua que se produce al profundizar en la explotación.

Aproximadamente un 75% del granito se destina a la preparación de áridos.

Las explotaciones de mayor nivel de producción están localizadas en la zona de Collado Mediano-Colmenar Viejo y Navalagamella, y el arranque del material se efectúa mediante explosivos, siendo tratados los bloques en instalaciones de trituración y clasificación. El granito dedicado a sillerías (mampostería, losetas, adoquines, etc.) procede fundamentalmente de canteras de La Cabrera, Bustarviejo, Collado Mediano, Alpedrete, Zarzalejo, Chapinería y Cadalso de Los Vidrios.

Por último, el granito destinado a fines ornamentales es el que tiene menos importancia cuantitativa por el mayor nivel de exigencia que se requiere de la materia prima (no debe presentar fracturaciones, gabarros ni otro tipo de defecto). Procede de canteras situadas en Valdemanco y se trata de un granito compacto, de color gris claro, con biotita esparcida irregularmente, grano de tamaño medio, fractura irregular y escasa alteración.

Se explota en canteras de frentes de longitud media, de las que se extraen bloques de tamaño considerable para su posterior corte y pulido, utilizándose tanto en interiores como en exteriores.

Gneises

Se encuentran en abundancia ocupando una amplia franja a lo largo de toda la Sierra y los indicios se sitúan en Navas del Rey, El Escorial, Valdemorillo, Lozoya, Buitrago y Somosierra.

Las reservas son grandes, pero debido a su composición su uso se limita al de árido para construcción, y concretamente como sub-base de carreteras.

Pórfidos

Son rocas ígneas de tipo filoniano que se presentan atravesando a rocas graníticas y/o metamórficas. Son muy compactas y resistentes, y se utilizan como áridos para construcción y adoquinado.

Las reservas de Colmenar Viejo, Guadalix de la Sierra y Manzanares el Real son de poca entidad, pues en la mayoría de los casos han sido ya explotadas. Hoy su extracción es intermitente, dependiendo de la demanda.

Magnesita

Se encuentra en el macizo metamórfico de El Escorial - Villa del Prado.

Presenta tipo cristalino y se halla dentro de un paquete calcáreo de unos 20-25 m de potencia y espesores desde 2-3 m a 20 m. Su contenido en Mg0 es del 45,5% y las reservas estimadas son del orden de 700.000 Tn.

La explotación del Puerto de la Cruz Verde, cerca de El Escorial, obtenía producciones de 15.000 Tn/año; pero desde 1.983 está parada.

Distena

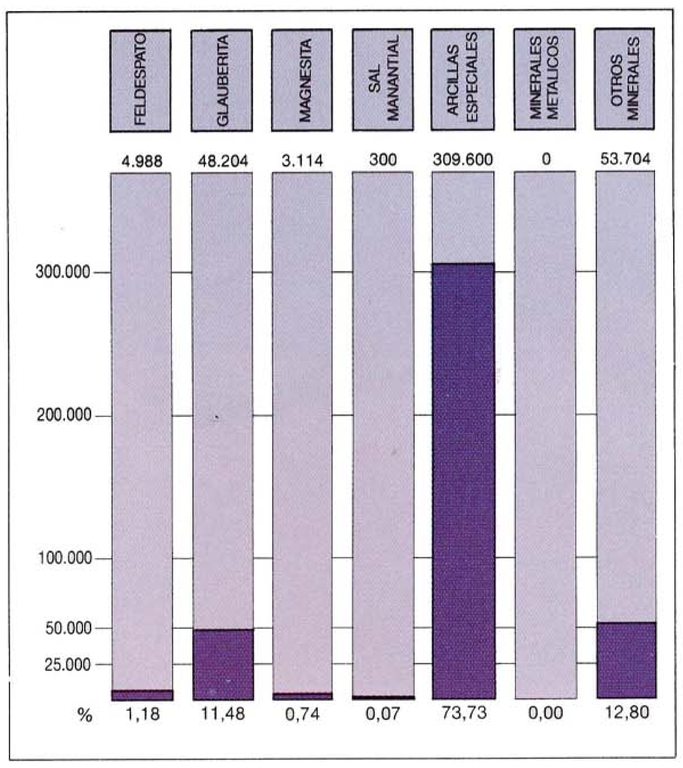
Es un mineral metamórfico característico de esquistos y gneises, también denominado **Cianita**, y de antiguo son conocidas las distenas de La Hiruela, Torrelaguna, Somosierra, Horcajuelo, etc.

Los yacimientos consisten en cristales diseminados o pequeñas masas en gneises o esquistos, aunque también es posible encontrarla en forma de lentejones en diques de pegmatita.

Se emplea en la preparación de materiales refractarios.

Explotación de magnesita. S. Lorenzo de El Escorial

Extracción de minerales (Tn.)



Fuente: Mº de Industria y Energía, (1983)

Glauberita-Thenardita

Son sales sulfatadas sódicas que se encuentran en la zona Sur de Madrid, y en la cuenca del Tajo correspondiente al Mioceno caracterizado por la presencia de importantes masas de materiales evaporíticos.

En Chinchón, Colmenar de Oreja y Villaconejos se localizan los indicios más importantes.

La explotación más significativa es la que se lleva a cabo cerca de Villaconejos, en una capa de Glauberita - Thenardita de unos 20 m de potencia.

Sepiolita y Bentonita

Se incluyen en las denominadas arcillas especiales. Se presentan asociadas, y en numerosas ocasiones los yacimientos de una y otra se encuentran íntimamente relacionados.

Los depósitos se localizan en la cuenca del Tajo, en una faja de transición lateral entre las formaciones detríticas y evaporíticas del Mioceno.

La **sepiolita** se presenta en capas arrosariadas de gran continuidad y conteniendo importantes masas de mineral.

En Vallecas, Vicálvaro y Barajas se encuentran sus principales depósitos, con unas reservas estimadas en 15 millones de toneladas, lo que representa el 80% de las reservas mundiales conocidas.

La producción anual en esta zona es de 400.000 Tn, lo que supone el 90% de la producción nacional. El 95% aproximadamente de la producción es exportado a países de Europa Occidental.

La sepiolita se utiliza como absorbente, aglomerante para piensos, decolorante, soporte de plagicidas y catalizadores, cargas de caucho y filtros de cigarrillos.

Actualmente se están efectuando investigaciones de su utilización en campos como plásticos, papel, pinturas, fármacos, refractarios, ceras, cerámica, cemento y vidrio, cromatografía, cosmética, tintas, clarificación de vinos y purificación de aguas.

La **bentonita** se explota, asociada con la sepiolita, en la zona de Getafe-Pinto-Parla-Valdemoro, con unas reservas estimadas en 5 millones de Tn y una producción del orden de 40.000 Tn/año.
La bentonita se utiliza para lodos de sondeos, fundición, absorbentes, piensos compuestos, portadores de pesticidas, cargas, etc.

MINERALES METALICOS

Todos los indicios de minerales metálicos existentes en la Comunidad de Madrid están relacionados con la Orogenia Hercínica en sus distintas etapas, y la mayoría de las mineralizaciones conocidas están asociadas a granitos postorogénicos, apareciendo como filones, skarns y bandas episieníticas ligadas a leucogranitos y granitos porfídicos de emplazamiento somero y carácter mineralizante.

Aunque la Comunidad de Madrid presenta gran variedad de mineralizaciones y tiene una amplia historia minera, no está considerada como un área con potencial metalogénico importante, ni ha dado lugar a una actividad minera considerable, aunque sí continuada.

Así, en Cercedilla hay evidencia de actividad extractiva desde la dominación árabe. También hay referencias de minería en el siglo XV (Cuesta de la Plata, en Miraflores, 1.417); mientras que en los siglos XVI y XVII hubo minado de filones de plomo y plata en Cenicientos (mina Mónica de Bustarviejo); y en la segunda mitad del siglo XIX y comienzos del XX ciertas medidas gubernamentales favorables a la minería han dado lugar a un aumento de actividad, especialmente en las mineralizaciones de plomo, cinc, cobre y plata para, posteriormente, decaer por la competencia de las minas de Hiendelaencina (Guadalajara).

Tras la guerra civil aumenta de nuevo la actividad minera en pequeñas, pero numerosas, explotaciones de minerales estratégicos (wolframio y estaño) y durante la década de los años 60 continúan activas algunas pequeñas minas como San Eusebio (Flúor-Plomo), La Montañesa (Plomo-Bario), Otero (Wolframio), Cares (Wolframio), Mónica (Plata-Arsénico) y Fernandito (Cobre).

Hay, pues, en la Comunidad de Madrid, numerosos indicios metálicos conocidos, si bien hasta ahora no se ha encontrado ninguno que presente entidad suficiente como para que pueda constituir un depósito de características explotables a gran escala. En la actualidad solo existe alguna pequeña explotación en actividad intermitente, dependiendo del mercado y de la coyuntura económica.

Los indicios más significativos, agrupados por asociaciones minerales **(paragénesis)**, son los que se indican a continuación.

Cobre

En el área de Colmenarejo existe una mina antigua (Mina Sebastián) explotada ya en la época romana y cuya última constancia de actividad es de principios de siglo. Se extraía pirita, calcopirita, arsenopirita y malaquita; y la roca encajante es granito biotítico alterado.

En las proximidades de Lozoyuela se encuentra otra antigua explotación conocida como Mina la Estrella. Aparece calcopirita, arsenopirita, bismutina y bismuto nativo en filoncillos centimétricos de cuarzo encajados en gneises.

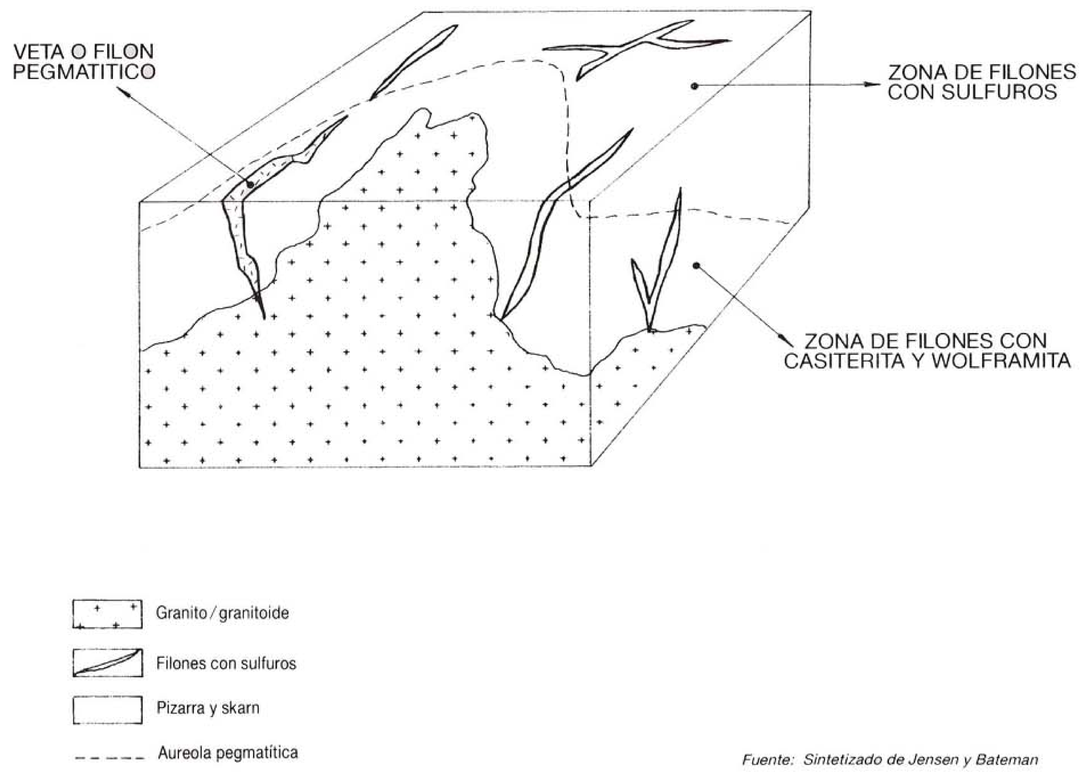
En el término de Colmenar Viejo, en las proximidades del Arroyo de los Maderones, hay restos de labores antiguas en las que se encuentra calcopirita, galena y blenda en un filón de cuarzo de 1,5 a 2 m de potencia y con una corrida de unos 60 m.

En el término de Cabeza de los Montes se encuentra la Mina Fernandito. Hay datos de su explotación desde 1.914; pero permanece cerrada desde 1.963. Tanto el mineral (calcopirita y esfalerita) como otros minerales secundarios (estannita, bismutina y casiterita) aparecen diseminados en vetillas de cuarzo en un gneis milonítico.

Plomo-Cinc

En Gargantilla de Lozoya existe un indicio de galena, blenda, calcopirita, pirita y minerales de plata, diseminados en un filón de cuarzo de 1 a 1,5 m de potencia y unos 600 m de corrida, encajado en gneises. Existe constancia de su actividad minera en el siglo XIX.

Mineralización filoniana



Fuente: Sintetizado de Jensen y Bateman

Plata

En la zona de La Acebeda y Robregordo existen, casi cubiertos por la vegetación, restos de labores que se desarrollaron durante los siglos XVII, XVIII y XIX y cuyo abandono se debió, probablemente, a su falta de competividad frente a las minas de Hiendelaencina. La mineralización es arsenopirita, platas rojas, galena y blenda, y se encuentra dispersa en dos filones de cuarzo de un metro de potencia y unos 100 m de corrida.

En el término de Horcajuelo de la Sierra se encuentra una mineralización de arsenopirita, grafito, platas rojas, galena y tetraedrita, diseminada en un filón de cuarzo de unos 3-4 m de potencia y 300 m de corrida. Parece que con anterioridad al año 1.700 ya existieron pequeñas explotaciones, conservándose restos de labores realizadas en el siglo XIX.

En el área Prádena del Rincón-Montejo de la Sierra existe una mineralización de arsenopirita, pirita, proustita, pirargirita y calcopirita en una estructura filoniana brechoide de cuarzo con una potencia de mineralización de 2 a 15 cm. Parece que se explotó en el siglo XIX por una compañía francesa. En Bustarviejo se encuentra la Mina Mónica, que ya se explotaba en 1.617. Posteriormente, en 1.863, parece que se obtenían leyes de plata entre 11,5 y 17,2 gr por Tn, y en el periodo 1.870-1.890 se extrajeron 540 Tn de mineral de plata, siendo en 1.972 su última época de actividad registrada.

Wolframio

En el término de Lozoyuela existe una explotación a cielo abierto, de época moderna, pero actualmente inactiva. La mineralización es wolframita, calcopirita, arsenopirita y scheelita, y se presenta en el núcleo de una estructura filoniana de cuarzo brechoide, con potencia desde pocos cm a 1 m.

En Guadalix de la Sierra se encuentran varios filones de cuarzo de 1 m de potencia, con wolframita y arsenopirita diseminadas. Se han explotado por trincheras.

En el área de Pedrezuela existe una mineralización de wolframita, casiterita y calcopirita en varios filones de cuarzo situados a lo largo de una zona de fractura.

En Moralzarzal y Cabeza Lijar hay mineralizaciones, en filones de cuarzo, de wolframita y molibdenita, y de wolframita, molibdenita y calcopirita, respectivamente.

En Colmenar Viejo se encuentra una mineralización de wolframita, arsenopirita y calcopirita en un filón de cuarzo. La última actividad constatada es del período 1.953-56.

En Hoyo de Manzanares hay una mineralización de wolframita y arsenopirita en un filón de cuarzo.

Estaño

Los indicios más representativos se presentan en mineralizaciones filonianas o en aluviones. A las primeras corresponde el indicio que se encuentra en Hoyo de Manzanares, con numerosos filoncillos centimétricos con cuarzo y casiterita, y que ha tenido actividad en época moderna.

Los indicios en aluvión se localizan en los términos de Molino de la Hoz (casiterita, ilmenita y circón), Arroyo de las Viñas (casiterita y wolframita) y Colmenar Viejo (casiterita, scheelita y wolframita). El primero no ha tenido mucha actividad explotadora y el segundo se ha explotado hasta 1.970. En el tercero se encuentra la Mina Asturias, con funcionamiento intermitente y actualmente inactiva desde finales de 1.984. En 1.983 se extrajeron unas 20 Tn de casiterita con el 70% de estaño y un valor de venta de unos 8 millones; y en 1.984 unas 15 Tn de mineral con similar contenido metal. Tiene unas reservas probadas de 1.200 Tn.

Bario-Plomo

En la zona Suroeste de la Comunidad, en Cenicientos, Colmenar del Arroyo y Navalagamella, aparecen filones con más de 2 km de corrida y unos 8 m de potencia, con barita y galena como minerales principales y esfalerita, fluorita, pirita y calcopirita como accesorios.

OTROS MINERALES

Además de los minerales y rocas industriales descritos, aparecen en la Comunidad indicios de otros minerales que hasta hoy no ofrecen rentabilidad para ser explotados por su escasa representatividad; pero se citan a continuación con carácter anecdótico y testimonial.

Uranio

En Torrelodones se encuentra una metalización asociada a brechas filonianas, posteriormente alteradas. Los minerales son cuarzo, malaquita y minerales radiactivos.

En Colmenar Viejo existen filones de cuarzo de hasta 1,5 m de potencia, con autunita y torbernita, y hay labores de exploración antigua.

En el término de Paracuellos del Jarama hay minerales de uranio dispersos en materiales detríticos (arcillas, arcosas y areniscas) con materia orgánica (restos de vertebrados) e indicios de materiales radiactivos.

Otros indicios anecdóticos de minerales de uranio se encuentran en los términos de La Cabrera, Valdemanco y Bustarviejo.

Berilo

En el Valle de Cuelgamuros, en una cantera de granito, hay pequeñas intercalaciones de pegmatitas con berilo.

Mica

En el término de Horcajuelo de la Sierra se ha extraído recientemente moscovita de un dique de pegmatitas.

Xilópalos

En la zona de Esquivias-Valdemoro se están estudiando indicios de silicificaciones con aporte de materia orgánica, que dan lugar a la formación de xilópalos. Se encuentran en niveles lentejonares del Mioceno y, dependiendo del contenido en materia orgánica, varían los tonos y colores. Pueden tener aplicación como piedra semipreciosa, en ornamentación y decoración.

AGUAS MINERALES

Aguas minero industriales

Las Salinas de Carcaballana, en el término de Villamanrique de Tajo, vienen explotándose desde el año 1.872. El agua sale a la superficie por una galería de captación y lleva en disolución cloruro sódico, sulfato sódico y otras sales, obteniéndose por precipitación unas 100 Tn/año de sulfato sódico.

Aguas minero medicinales

En el término municipal de Carabaña existen las aguas de igual denominación. Llevan en disolución sulfato sódico, se captan por medio de pozos y se transportan por bombeo hasta la planta de embotellamiento. Se utiliza principalmente como purgante y para hacer jabón, alcanzando una producción anual de 150.000 litros.

En el término municipal de La Cabrera existe un manantial de agua minero-medicinal con una planta de embotellamiento y una capacidad de producción de 7.000.000 litros/año.

Bibliografía

COMISION DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA (1918).- **Nota sobre algunos criaderos argentíferos de los términos de Acebeda y Robregordo.** Boletín, Tomo XXIII. Madrid.

FEBREL, T. (1972).- **Criaderos y yacimientos minerales.** Apuntes de la E.T.S. de Ingenieros de Minas. Madrid.

JENSEN M.L. y BATEMAN A.M. (1981).- **Economic Mineral Deposits.** John Wiley and Sons, (3a Edic.) EE.UU.

LOCUTURA RUPEREZ, J. Y TORNOSARROYO, F. (1985).- **Consideraciones sobre la metalogenia del sector medio del Sistema Central Español.** Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas y Naturales de Madrid. Tomo LXXIX, cuaderno 4º. Madrid.

MENENDEZ ORMAZA, J. (1933).- **Estudios de criaderos metalíferos en las cercanías de Bustarviejo.** Boletín Oficial de Minas y Metalurgia, nº 139. Madrid.

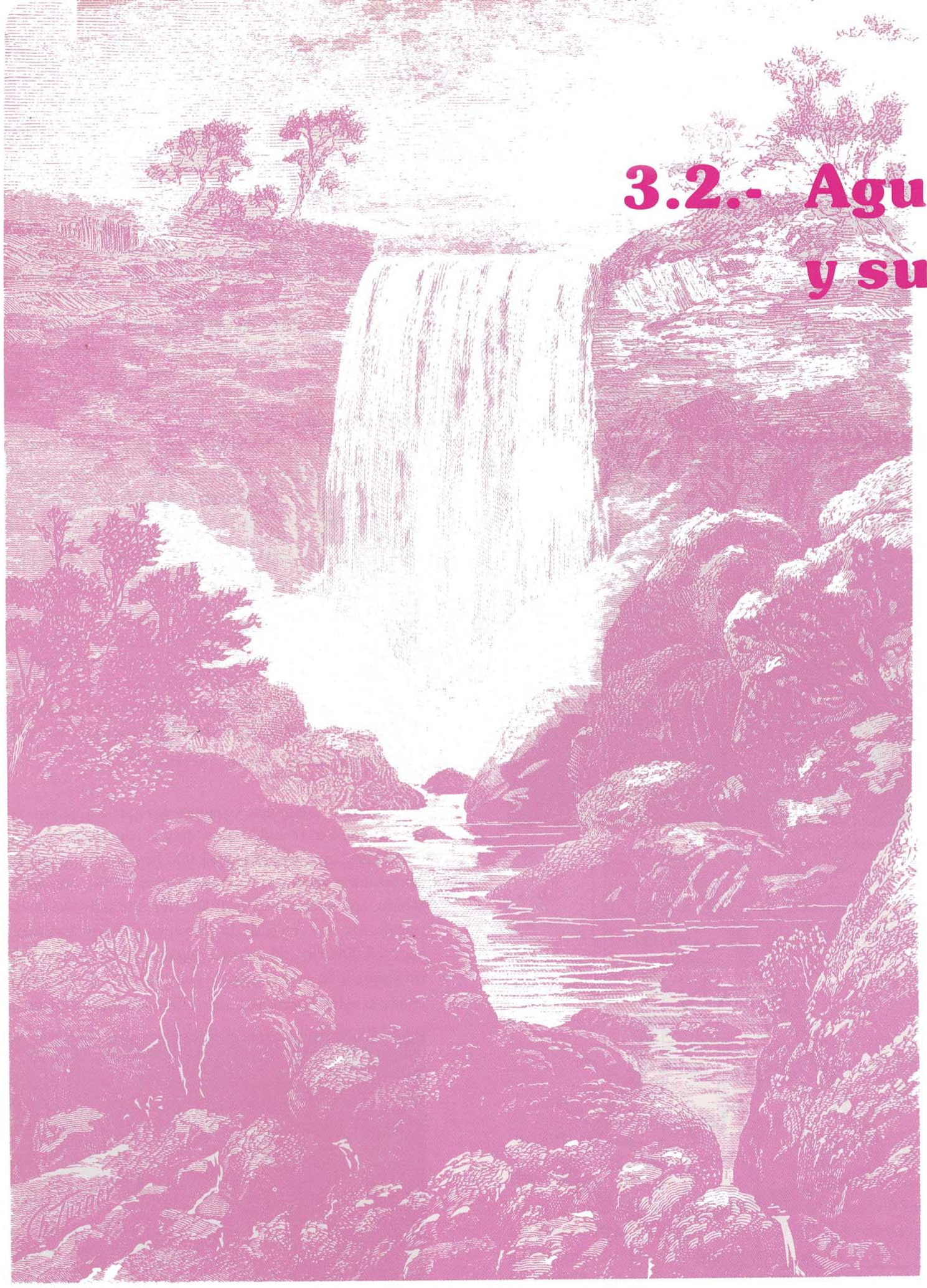
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA (1983).- **Estadística minera de España.** Madrid.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA (1983).- **La Minería en la provincia de Madrid.** Comunidad de Madrid. Madrid. (Inédito).

Documentación cartográfica utilizada

IGME (1973 y 1974).- **Mapas de rocas industriales nos.** 38 y 45. (Escala 1:200.000). Madrid.

IGME (1984).- **Mapas metalogenéticos de España nos.** 38 y 45.(Escala 1:200.000). (Inéditos). Madrid.



3.2.- Aguas superficiales y subterráneas

El tema del agua se plantea en sus dos facetas de aguas superficiales y de aguas subterráneas, y su importancia como recurso es sobradamente conocida.

Las aguas superficiales son importantes, además de por ser un factor de gran incidencia climática, porque contribuyen al modelado del territorio y suponen un recurso, tanto por su utilización directa en abastecimientos, regadíos etc., cuanto por su capacidad de generación de energía hidroeléctrica.

Las aguas subterráneas se han convertido en un recurso fundamental que, actualmente, se estudia con detalle y se intenta aprovechar racionalmente.

Los primeros planteamientos de estudio de las aguas subterráneas de la Cuenca de Madrid se deben a Cristóbal Bordiú, Ministro de Gobernación, en 1.830, y el primer estudio científico de las aguas artesianas de Madrid fué realizado por Casiano de Prado en 1.864. Posteriormente, en 1.913, el ingeniero agrónomo Rafael Janini informó de una serie de pozos artesianos abiertos en el Real Patrimonio de El Pardo y en los que, mediante sondas de vapor, se consiguió hacer salir agua a la superficie.

Desde estos intentos hasta la década de los años 60 se abandonó prácticamente este tema; pero a partir de esas fechas se reemprendieron las perforaciones y se estudió, mediante modelos analógicos y digitales, la circulación del agua por el terreno. Desde entonces, la investigación y explotación de los recursos subterráneos ha tenido un desarrollo muy importante.

AGUAS SUPERFICIALES

La Comunidad de Madrid está comprendida en la cuenca hidrográfica del río Tajo, cuyo cauce constituye parte de su límite con las provincias de Cuenca y Toledo.

El río Tajo penetra en la Comunidad por Estremera, riega las vegas de Fuentidueña, Villamanrique, Colmenar Viejo y Aranjuez, sale de Madrid por las proximidades de la Estación de Algodor y, en todo este recorrido, atraviesa las arcillas y yesos del Terciario presentes en la Comunidad.

La red hidrográfica comunitaria es tributaria del río Tajo por su margen Norte, con dirección predominante N-S desde sus nacimientos en la Sierra, y está compuesta por los ríos Jarama, Guadarrama y Alberche como afluentes principales, contando cada uno de ellos con sus correspondientes subafluentes:

Río Jarama: Lozoya
Henares
Manzanares

Río Guadarrama: Venta
Aulencia

Río Alberche: Cofio
Perales
Arroyo Tórtoles
Arroyo Parrales

El Tajo recibe a todos los ríos que drenan la Comunidad, bien dentro de ella o bien después de pasar a la provincia de Toledo.

Su principal afluente es el Jarama, que nace en Somosierra, cerca del Pico Ocejón, y cuyo cauce forma límite con la provincia de Guadalajara en la parte inicial de sus 100 km de curso.

Cuando el río Jarama entra en el Tajo lleva también las aguas del Lozoya, Guadalix y Manzanares, que tienen su origen en la Comunidad de Madrid, así como las del Henares y Tajuña, que lo tienen en la provincia de Guadalajara.

En el punto de confluencia, la superficie vertiente y la aportación del Jarama son, paradójicamente, mayores que las del Tajo, por lo que puede decirse que es el río que centra la hidrología de la Comunidad de Madrid.

Su aprovechamiento con fines agrícolas se lleva a cabo a partir del Puente de Viveros, donde comienza una red de canales y acequias que permiten el riego de las vegas de San Fernando, Mejorada, Rivas de Vaciamadrid, Velilla de San Antonio, San Martín de la Vega y Ciempozuelos.

Otro importante curso de agua de la Comunidad es el río Guadarrama, que nace en el Puerto de la Fuenfría, en la Sierra de Siete Picos y, tras recibir al Aulencia, abandona la Comunidad cerca de Batres. Su caudal es de escasa importancia y, debido a ello, el aprovechamiento de sus aguas se limita al riego de pequeñas zonas en Cercedilla, Los Molinos y Villaviciosa de Odón.

Por último, el río Alberche entra en la Comunidad cerca de San Martín de Valdeiglesias, procedente de Avila. Riega la zona de Aldea del Fresno y Villa del Prado y sale de la Comunidad hacia Talavera.

En la figura de la red hidrográfica se ve que los límites de la Comunidad no coinciden con los límites naturales de cuencas, excepto en la mayoría de la zona de la Sierra.

Los cauces de la red fluvial, a su entrada en la Comunidad de Madrid, llevan aguas recogidas en una superficie más de dos veces superior a la del territorio comunitario.

En la tabla siguiente se dan los datos más relevantes de las superficies de las cuencas y en ella se observa que, aún prescindiendo del Tajo, cuya situación en el límite Sur de la Comunidad y bajo nivel altimétrico hacen relativamente reducida su utilización, el territorio comunitario se beneficia de una cuenca vertiente cuya superficie es el doble de la suya propia; y si se incluye el río Tajo, más del triple.

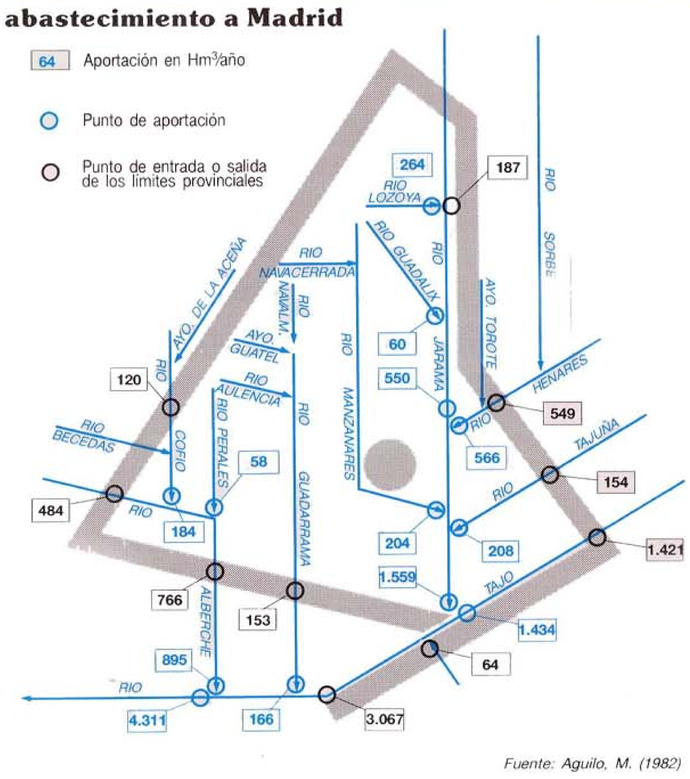
CUENCA	SUPERFICIE (KM²)		
	A LA ENTRADA	INTERIOR	A LA SALIDA
Jarama	6.275	5.322	11.597
Guadarrama	—	993	993
Alberche	1.648	976	2.624
Directa al Tajo	10.774	704	11.478
Total	18.698	7.995	26.692

Embalse de El Vado (Guadalajara), incluído en la red de abastecimiento a Madrid

El caudal medio anual del río Tajo varía entre 20 y 40 m³/sg; mientras que los caudales de los otros ríos de la Comunidad son muy variables, en función de las condiciones climáticas que se hayan dado a lo largo del año, y oscilan entre los 35 m³/sg del río Jarama y los 3 m³/sg del río Manzanares.

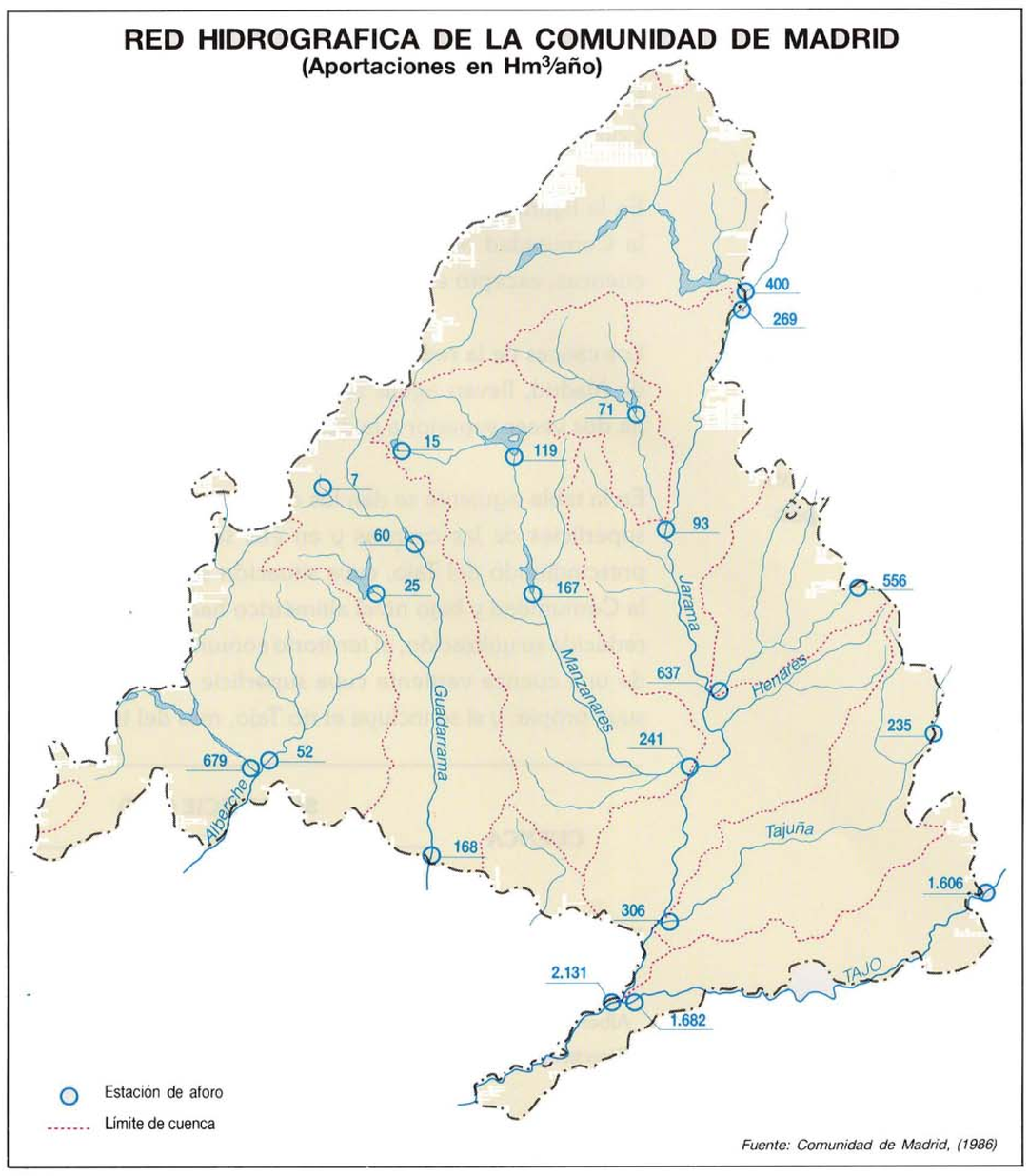
El conjunto de la red hidrográfica está regulada mediante embalses y obras hidraúlicas realizadas en todo el área de la Comunidad y destinadas, bien para abastecimiento de agua a poblaciones, bien para generación de energía eléctrica. En el primer caso, el río Manzanares es el gran colector de la Comunidad, ya que ve incrementadas sus aguas con las derivadas para Madrid del Jarama, Sorbe, Lozoya, Guadalix, Guadarrama y Alberche.

En lo que respecta al río Lozoya, es el receptor de todo el agua procedente de la cuenca interior de la Sierra, lo que explica la serie de embalses que regulan su curso.



Fuente: Aguilo, M. (1982)

Aportaciones en régimen natural



Fuente: Comunidad de Madrid, (1986)

Las aportaciones en régimen natural en puntos de interés de los principales cursos de la Comunidad se indican en el siguiente esquema.

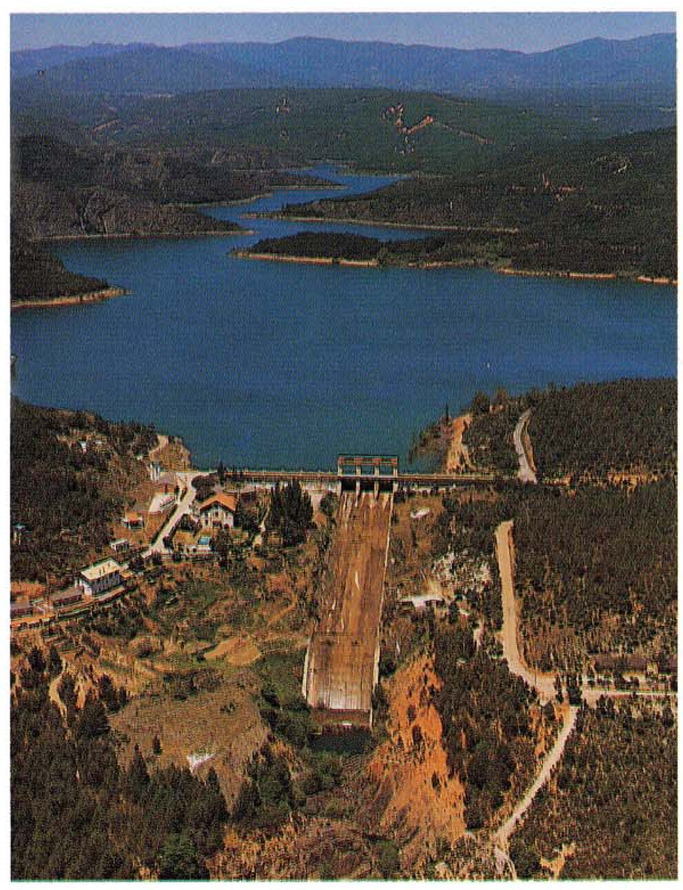
Las cifras dadas corresponden a recursos hidráulicos totales, suma de superficiales y subterráneos, ya que el agua que se infiltra a través de la superficie del terreno, si no es extraída por la acción humana (pozos o sondeos) termina en los cursos de agua, prescindiendo de la que pueda evaporarse.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha realizado la siguiente tabla de aportaciones para los principales ríos:

CUENCA	APORTACION EN REGIMEN NATURAL (HM³AÑO)		
	A LA ENTRADA	INTERIOR	A LA SALIDA
Jarama (1)	890	669	1.559
Guadarrama	—	153	153
Alberche	604	162	766
Directa al Tajo	1.485	23	1.508
Total	2.979	1.007	3.986

(1) Incluídos Lozoya, Guadalix, Henares y Tajuña.

En términos generales, cuando los ríos alcanzan la Comunidad han recogido agua de una superficie de unos 19.000 km², que aporta unos 3.000 Hm³ al año; y dentro del territorio comunitario drenan otros 8.000 km² recogiendo, aproximadamente, 1.000 Hm³/año más. Así pues, cuando los ríos salen de la Comunidad dejan tras ellos unos 27.000 km² de cuenca vertiente, con unos 4.000 Hm³/año. Todo ésto se entiende en la hipótesis de que el régimen hidrológico fuese el natural, pero la realidad es



Embalse de El Vellón

que el aprovechamiento y regulación de la cuenca se lleva a cabo mediante una serie de embalses del Canal de Isabel II que distorsionan estos valores y cuyo volumen de agua embalsada en los últimos años, a fecha 30 de septiembre y en Hm³, es el siguiente:

EMBALSE / AÑOS	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
TOTAL AGUA EMBALSADA	**656,9**	**631,5**	**597,5**	**633,6**	**389,5**	**318,3**	**233,3**	**495,4**
Pinilla	35,3	26,6	21,4	23,0	24,4	26,4	9,7	33,9
Riosequillo	29,4	25,8	6,9	25,5	11,8	41,9	25,3	10,3
Puentes Viejos	44,3	32,8	13,9	25,2	29,1	13,2	42,5	21,2
El Villar	20,8	22,6	12,3	17,7	2,2	2,6	21,6	22,6
El Atazar	387,7	328,5	355,5	399,4	198,9	102,9	55,1	235,9
El Vado	22,7	28,1	14,1	21,5	24,7	17,3	22,3	14,7
El Vellón	32,7	25,7	39,3	32,8	24,5	23,8	14,9	22,0
Santillana	58,4	66,9	51,3	47,5	44,1	31,3	12,7	70,4
Valmayor	25,6	74,5	82,8	41,0	29,8	39,9	29,2	64,4

AGUAS SUBTERRANEAS

Para el estudio de las aguas subterráneas es necesario conocer las características geológicas de la zona, pues la estructura y la litología condicionan las formas de almacenamiento y circulación del agua subterránea, e implican diferentes requerimientos para su extracción y uso.

Por ello, en base a la geología del área de la Comunidad, se han diferenciado nueve **Unidades** en relación con los recursos hídricos subterráneos.

En el mapa hidrogeológico se han trazado las líneas isopiezométricas en base a captaciones de menos de 50 m de profundidad, las cuales informan de la situación del límite superior de la zona saturada en los acuíferos de los que se tienen sufientes datos. Asimismo se indican las áreas de máxima extracción del principal sistema acuífero (Terciario Detrítico); e igualmente se han representado las direcciones preferentes de flujo.

Para tener una valoración cualitativa de los recursos subterráneos se señala también, en este capítulo, su calidad natural, que condiciona los usos, y en capítulo aparte se analiza la vulnerabilidad de las distintas unidades ante la implantación de actividades contaminantes.

UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Unidades 1 y 2. Sistema hidrogeológico de la Sierra de Madrid.

La Sierra, con una extensión de unos 3.000 km^2 en el área de la Comunidad de Madrid, está ocupada, en su mayoría, por rocas intrusivas y metamórficas (veáse apartado de geología). Las primeras forman la Unidad 1 y las segundas la Unidad 2, siendo similares sus características en cuanto a la captación de aguas subterráneas.

En estos materiales se localizan los recursos hídricos subterráneos a favor de fracturas, que se conectan entre sí en áreas en las que el proceso de alteración de las rocas haya producido importantes zonas con porosidad suficiente, y en depósitos de arenas y gravas dejados por los ríos y arroyos.

La importancia de estos recursos a nivel regional es poco significativa, y menos aún si se los compara con los de las aguas superficiales, ya que el sistema de embalses en la Sierra es la principal fuente de abastecimiento para la Comunidad de Madrid. No obstante, dado el grado de regulación y aprovechamiento de las aguas superficiales, las subterráneas deberán ser objeto de evaluación y protección, sobre todo teniendo en cuenta su capacidad para satisfacer pequeñas demandas de tipo unifamiliar.

En general el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos es sencillo: a partir de la infiltración del agua de lluvia o de la escorrentía superficial en las zonas elevadas, el agua circula a través de fracturas y zonas arenizadas hasta descargar en los valles.

La Sierra cuenta con numerosos manantiales de caudales muy variables, pero normalmente inferiores a un litro por segundo. También se han construído numerosos pozos, generalmente de sólo 5 ó 6 m de profundidad y gran diámetro. Así, a través de salidas naturales o por la acción humana, se aprovechan, en parte, estos recursos.

Unidad 3. Acuíferos cretácicos.

En los sedimentos cretácicos tienen interés los tramos calcáreos y, en especial, los de la formación superior karstificada, que están incluídos en el Sistema Acuífero Nacional n^0 17 del Instituto Geológico y Minero de España "Borde Mesozoico del Guadarrama".

Estos tramos karstificados presentan en afloramiento unos 80 km^2; pero hay que contar con otros 130 km^2 cubiertos por materiales más recientes.

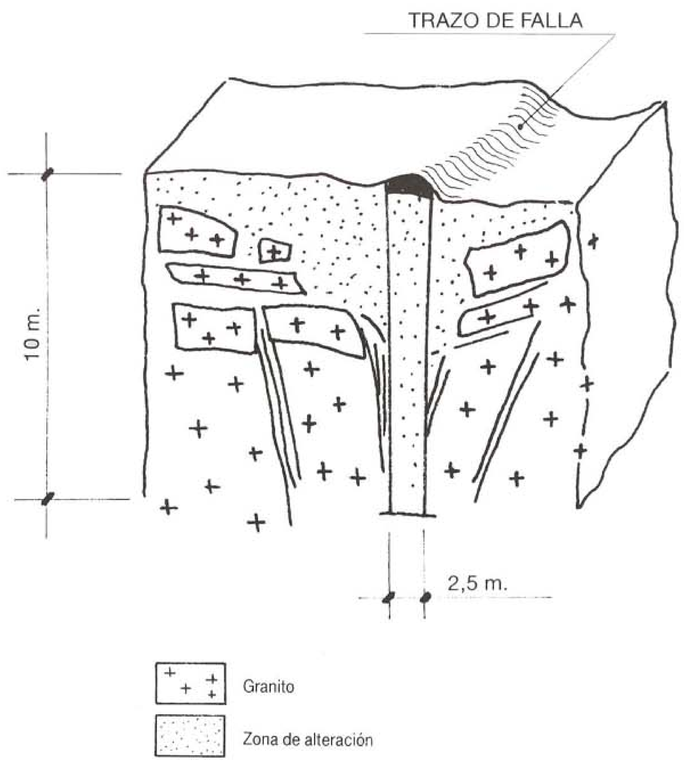
Frecuentemente se presentan compartimentados y desconectados hidráulicamente entre sí, siendo este proceso más acusado hacia el Este de Torrelaguna.

La recarga de los acuíferos se produce por infiltración de la lluvia, por aportes laterales y por infiltración de los arroyos situados por encima del nivel piezométrico. La descarga se realiza por manantiales a los ríos situados a cotas menores y también a través de los bombeos, que aportan caudales entre 200 y 250 l/s, con destino mayoritariamente al Canal de Isabel II.

Los pozos perforados en estos acuíferos pueden proporcionar caudales por encima de los 100 l/s siempre que su ejecución sea correcta, recomendándose realizar los sondeos a percusión o por sistema mixto (circulación-percusión).

La transmisividad y permeabilidad de estos acuíferos son variables en función del grado de karstificación que presenten. Como valores orientativos pueden darse, para la transmisividad, cifras de 800 a 1.000 m^2/día, y en zonas poco karstificadas entre 10 y 50 m^2/día. La permeabilidad oscila entre 10 y 50 m/día, reduciéndose a 0,2 m/día para las zonas de menor karstificación.

Captación en la Unidad 1
(Rocas intrusivas en la Sierra de Madrid)



Fuente: Elaboración propia

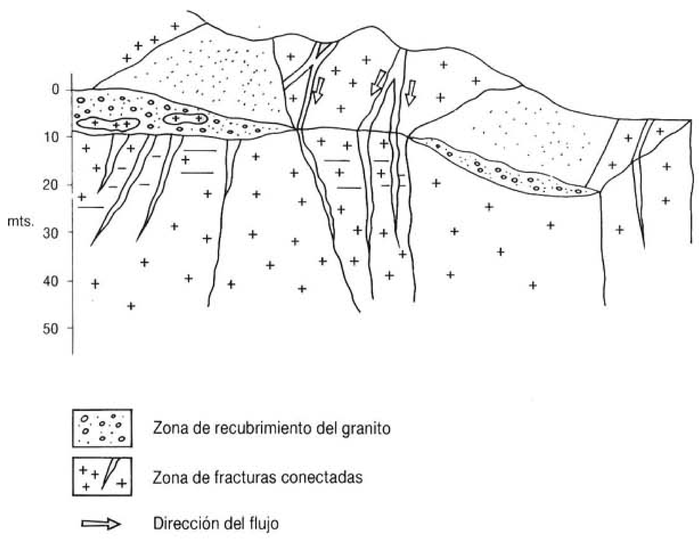
Los recursos anuales renovables de estos acuíferos no son excesivos (unos 25 Hm^3), pero la conexión hidráulica que presentan con los ríos y embalses puede ofrecer la posibilidad de su regulación al actuar el acuífero como embalse subterráneo, explotándolo en épocas de estiaje y recargándolo cuando existan excedentes. Este posible uso puede ser particularmente interesante para regular el río Jarama aguas abajo de los actuales embalses.

Unidad 4. Acuitardo Paleógeno.

Los materiales más antiguos de edad terciaria en la Comunidad de Madrid son de litología variada, predominando los yesos y margas con niveles de conglomerados. Aparecen en pequeñas áreas al borde de la Sierra (próximos al curso del río Alberche) y en la fosa del río Guadalix.

En conjunto son un acuitardo que recarga, en ocasiones, a los acuíferos limítrofes, como las calizas cretácicas infrayacentes o los depósitos detríticos terciarios; pero, en cualquier caso, sus recursos hídricos extraíbles son prácticamente inexistentes.

Zonas favorables a la circulación del agua subterránea en las Unidades 1 y 2



Fuente: Elaboración propia

Unidad 5. Conjunto evaporítico.

Engloba los sedimentos del Terciario de origen químico (con excepción de las Calizas del Páramo), dominando los yesos, margas, arcillas y carbonatos.

Se extiende al Sur del Municipio de Madrid, a ambos lados del curso del Jarama a partir de la desembocadura del Henares, y es el soporte de los valles del Tajo y Tajuña. Aflora en unos 1.300 km^2, pero alcanza hasta 2.300 km^2 al disponerse por debajo de otras unidades. El espesor de estos depósitos es de 500 m de media; pero, al tratarse de rocas solubles, la circulación del agua sólo es posible a través de la disolución en zonas superficiales lavadas o en las zonas karstificadas, que alcanzan generalmente los 20 m más superficiales y aumentan de espesor hacia el Sur.

Por otra parte, la karstificación es un proceso muy variable y, comúnmente, no existe una conexión hidráulica para todo el conjunto, sino que se originan diferentes acuíferos.

La recarga se produce por infiltración directa del agua de lluvia o a través de los materiales que lo recubren, en especial si se trata de calizas; mientras que la descarga se realiza por manantiales y a los cauces fluviales a través de los depósitos permeables de los ríos.

A pesar de la mala calidad natural de sus aguas, se explota mediante numerosos pozos de poca profundidad, e históricamente se han aprovechado algunos manantiales como mineromedicinales.

Sus parámetros hidrogeológicos son muy variables, y los datos de que se dispone son escasos y muy puntuales.

Unidad 6. Acuífero del Terciario Detrítico de Madrid.

Es el sistema acuífero más importante con que cuenta la Comunidad de Madrid, no solo por su extensión (2.600 km^2) y potencia (más de 3.000 m), sino por la cuantía y calidad de sus recursos. Además, es el acuífero más explotado.

Forma parte del Sistema Acuífero Nacional n^0 14 del Instituto Geológico y Minero de España, "Terciario Detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres".

Está formado por arcosas, arcillas arenosas, limos y conglomerados y, en conjunto, funciona como un acuífero libre, heterogéneo y anisótropo, que se recarga por infiltración del agua de lluvia en los interfluvios y se descarga en los valles de los ríos, constituyendo el río Tajo el eje regional de descarga.

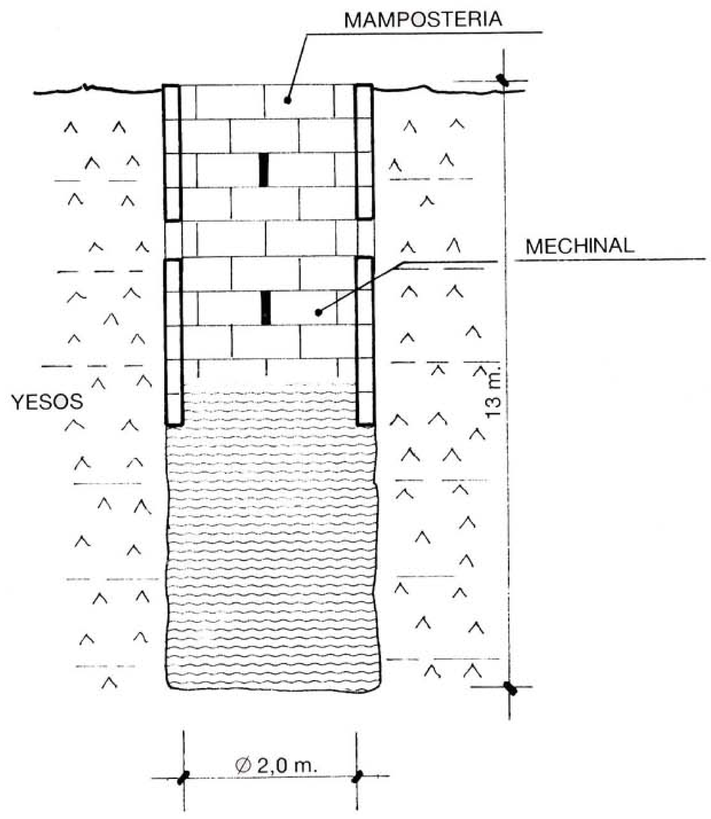
Son numerosas las captaciones, tanto de pozos excavados como de sondeos profundos. Estos alcanzan una media de 200 m y son los realmente significativos en cuanto a caudales extraídos, que por otra parte son muy variables, dependiendo de la granulometría y de la correcta ubicación y construcción de los pozos. El método de perforación más adecuado es por circulación inversa.

Los caudales específicos varían entre 0,1 y 3 l/s/m, y las transmisividades más frecuentes oscilan entre 5 y 50 m^2/día, siendo las máximas superiores a 200 m^2/día.

Actualmente se calcula un volumen de explotación entre 75 y 95 Hm^3/año, distribuídos según los usos en:

- ☐ Abastecimiento: 35 Hm^3/año, pero al paralizarse los bombeos para el Canal de Isabel II ha descendido a unos 15-20 Hm^3/año.
- ☐ Industrias: de 25 a 30 Hm^3/año.
- ☐ Urbanizaciones: unos 25 Hm^3/año.
- ☐ Agricultura: de 10 a 20 Hm^3/año. La mayor parte del agua para riego se obtiene a partir de cursos superficiales, o de aluviales directamente relacionados con los mismos.

En función del contenido en materiales finos se ha diferenciado esta unidad en tres subunidades que, de mayor a menor permeabilidad, son 6-A, 6-B y 6-C. Los límites entre ellas no son netos y se basan, en gran parte, en datos proporcionados por las perforaciones.



Captación en la Unidad 5
(Conjunto evaporítico)

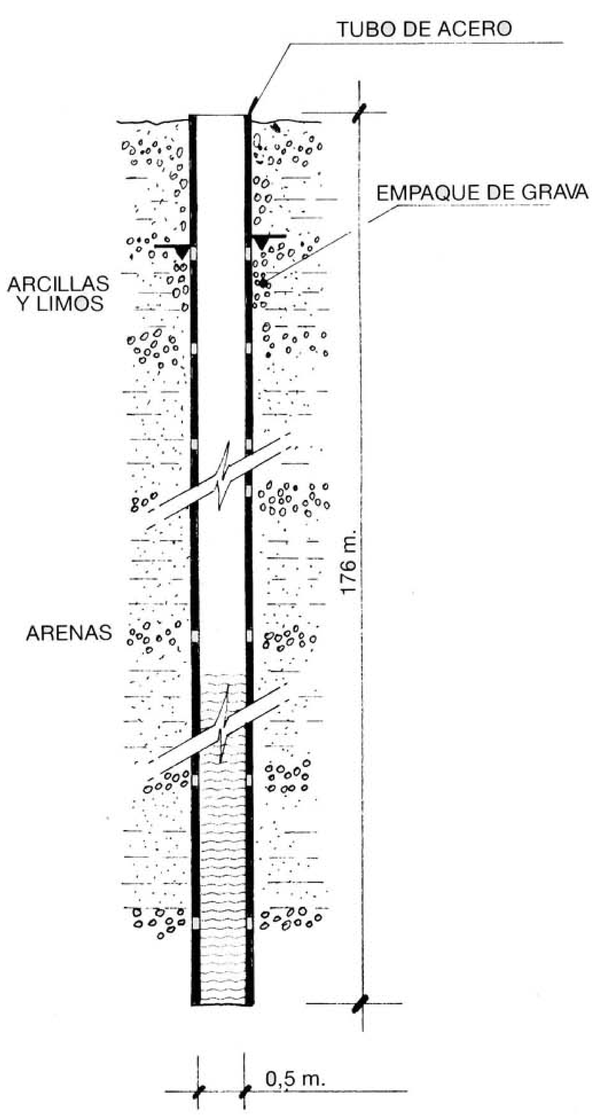
Fuente: Elaboración propia

Asimismo, quedan englobados en cada subunidad materiales detríticos producto de procesos posteriores, como depósitos de raña, terrazas desconectadas de los ríos y depósitos superficiales que normalmente recargan a las subunidades. Pueden ocasionar, sin embargo, por diferencia de permeabilidad, tanto pequeños manantiales relacionados estrechamente con la precipitación, como áreas de infiltración más lenta.
También se han incluído en la Unidad 6 los materiales detríticos del Oligoceno Superior-Eoceno depositados en la fosa del Lozoya, pues sus características litológicas y comportamiento hidrogeológico son similares, aunque no pertenecen al mismo complejo acuífero.

Unidad 7. Unidad de Transición.

Se desarrolla al Sur del casco urbano de Madrid y al Este y Sureste de la Comunidad.

Tiene litología muy variada y compleja, tanto en vertical como lateralmente, y no constituye una unidad acuífera de interés.



Captación en la Unidad 6
(Acuífero del Terciario detrítico)

Fuente: Elaboración propia

Está formada, fundamentalmente, por carbonatos, margas y arcillas, y sólo los primeros metros permiten la circulación de agua, recargándose por infiltración directa de la lluvia y a partir de los materiales que la cubren. En consecuencia los pozos son de poca profundidad, con caudales específicos variables entre 0,1 y 1,4 l/s/m y correspondiendo los tramos productivos solo a los primeros metros, muy lavados y con niveles de arenas y carbonatos, mientras que en profundidad los materiales son prácticamente impermeables.

Cuando se sitúa esta unidad sobre materiales yesíferos, si su potencia no es considerable permite el flujo hacia la Unidad 5 **(Conjunto Evaporítico)**.

Unidad 8. Acuíferos del Páramo.

Las parameras situadas al Sureste del territorio de la Comunidad de Madrid tienen una extensión de unos 550 km^2 y están constituídas por calizas algo margosas, intercaladas por un tramo detrítico que no siempre es contínuo y desaparece entre el Tajo y el Tajuña.

El conjunto de estos materiales presenta un espesor máximo de 70 m, siendo las calizas inferiores las más interesantes para la obtención de agua.

Los acuíferos son de tipo kárstico y la recarga se produce por infiltración directa de la lluvia. El sentido del flujo es centrífugo (hacia los bordes de los escarpes), percolando a través de depósitos de laderas y coluviones, por lo que son frecuentes los manantiales o rezumes a media ladera.

Las calizas no constituyen un acuífero contínuo, sino que se encuentran fracturadas, karstificadas, erosionadas y compartimentadas. Por ello los pozos tienen características muy variables, con caudales entre 1 y 12 l/s y transmisividades desde 1 m^2/día hasta más de 25 m^2/día.

El método de perforación más adecuado es el de percusión y si bien los rendimientos obtenidos en los pozos no son muy prometedores, un buen conocimiento de cada acuífero puede mejorar los resultados futuros.

Unidad 9. Acuíferos Cuaternarios

Se engloban en esta unidad los depósitos ligados a la red de drenaje principal y conectados hidráulicamente con ella.

Litológicamente corresponden a los materiales sobre los que se encajan los cauces fluviales, por lo que están compuestos por limos, arcillas, gravas cuarcíticas o calizas, arenas, fragmentos yesíferos y margas.

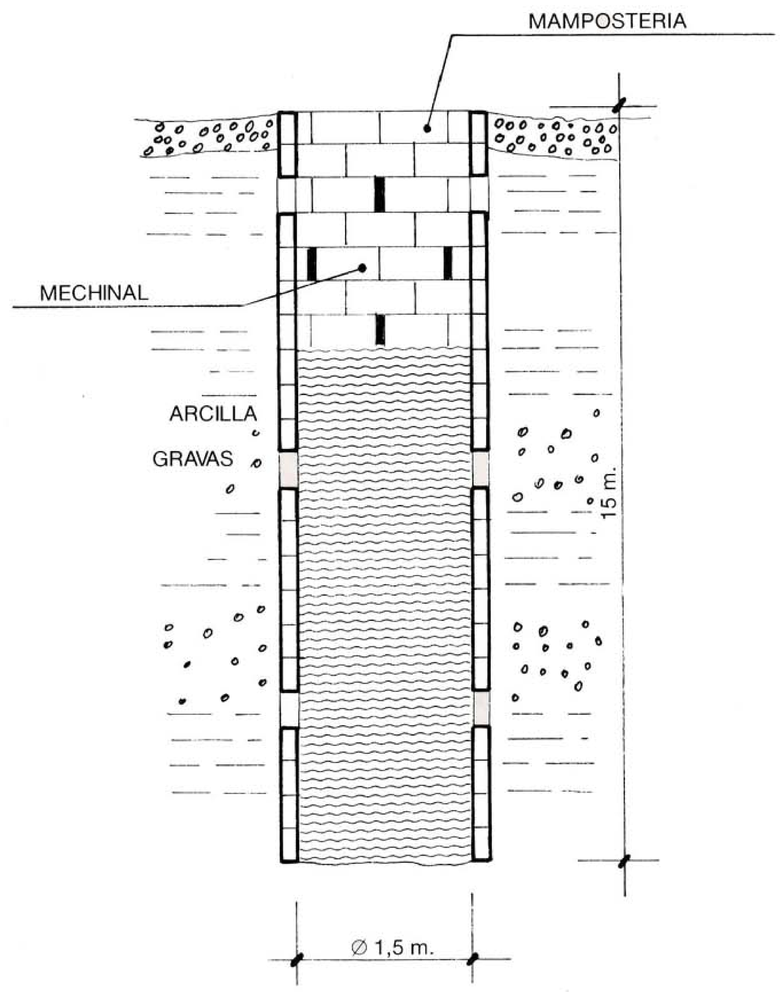
El espesor de estos acuíferos es de 12 m como máximo cuando se sitúan sobre la Unidad 6, y alcanzan más de 30 m cuando se ubican más al Sur (Unidad 5). Presentan siempre nivel freático alto, con oscilaciones en función de la explotación, del grado de conexión con el cauce y de la recarga inducida por los regadíos.

Esta unidad se recarga por la infiltración de los cursos superficiales, por el agua de lluvia y a través de las unidades infrayacentes; y descarga en los ríos y a través de las extracciones.

Existen numerosos pozos de escasa profundidad cuyos caudales dependen de la conexión hidráulica con el cauce y que, en las condiciones más favorables, presentan caudales específicos muy altos (10 a 18 l/s/m).

CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

El agua tiene una alta capacidad de disolución y por ello, en su estado natural, suele contener gran cantidad de substancias disueltas. En el caso del agua subterránea, y aparte de las contaminaciones inducidas por la actividad humana, el tipo y cantidad de las substancias depende de la composición de las rocas por las que circula, de la solubilidad de sus componentes y del tiempo de circulación.

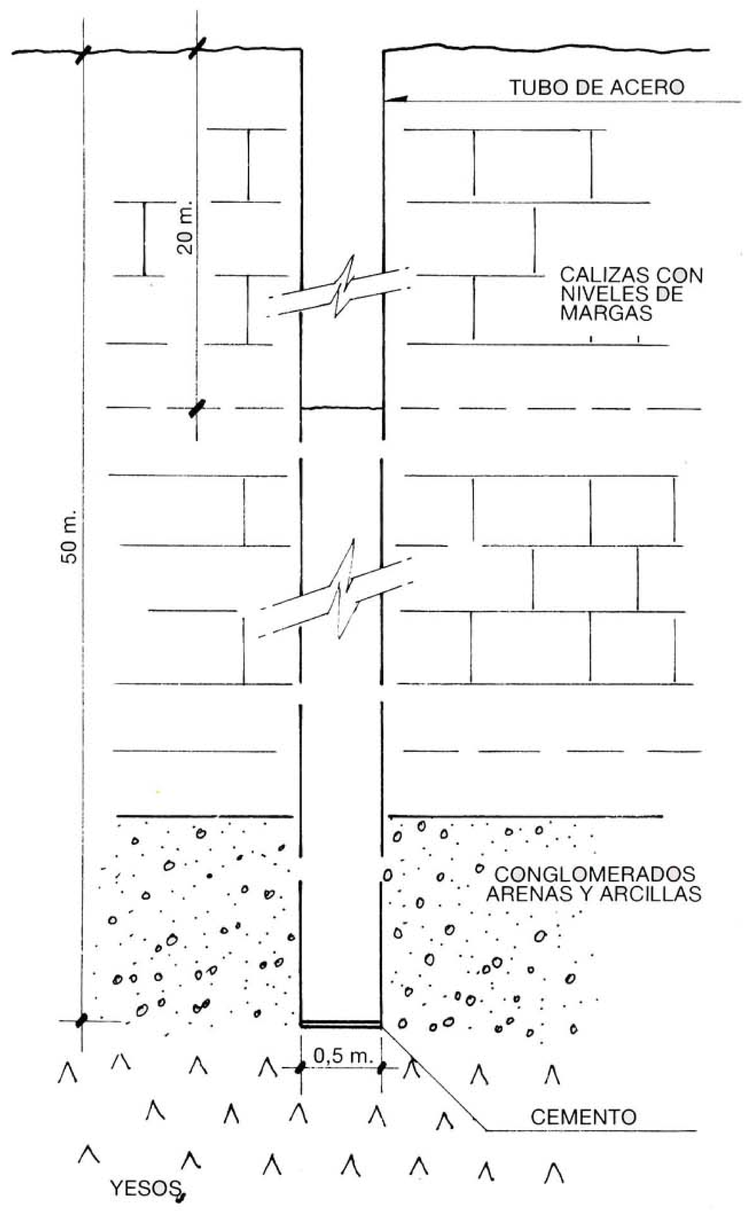


Captación en la Unidad 7
(Unidad de transición)

Fuente: Elaboración propia

Como visión general de la calidad del agua se han diferenciado cinco zonas dentro de la Comunidad, en función del Total de Sólidos Disueltos en las aguas (TSD) en partes por millón (ppm) o, lo que es lo mismo, en miligramos por litro. Este parámetro indica el grado de mineralización del agua y, por tanto, su calidad química de forma global.También se han diferenciado las áreas en función del contenido en sulfatos (como anión más significativo) y de la dureza.

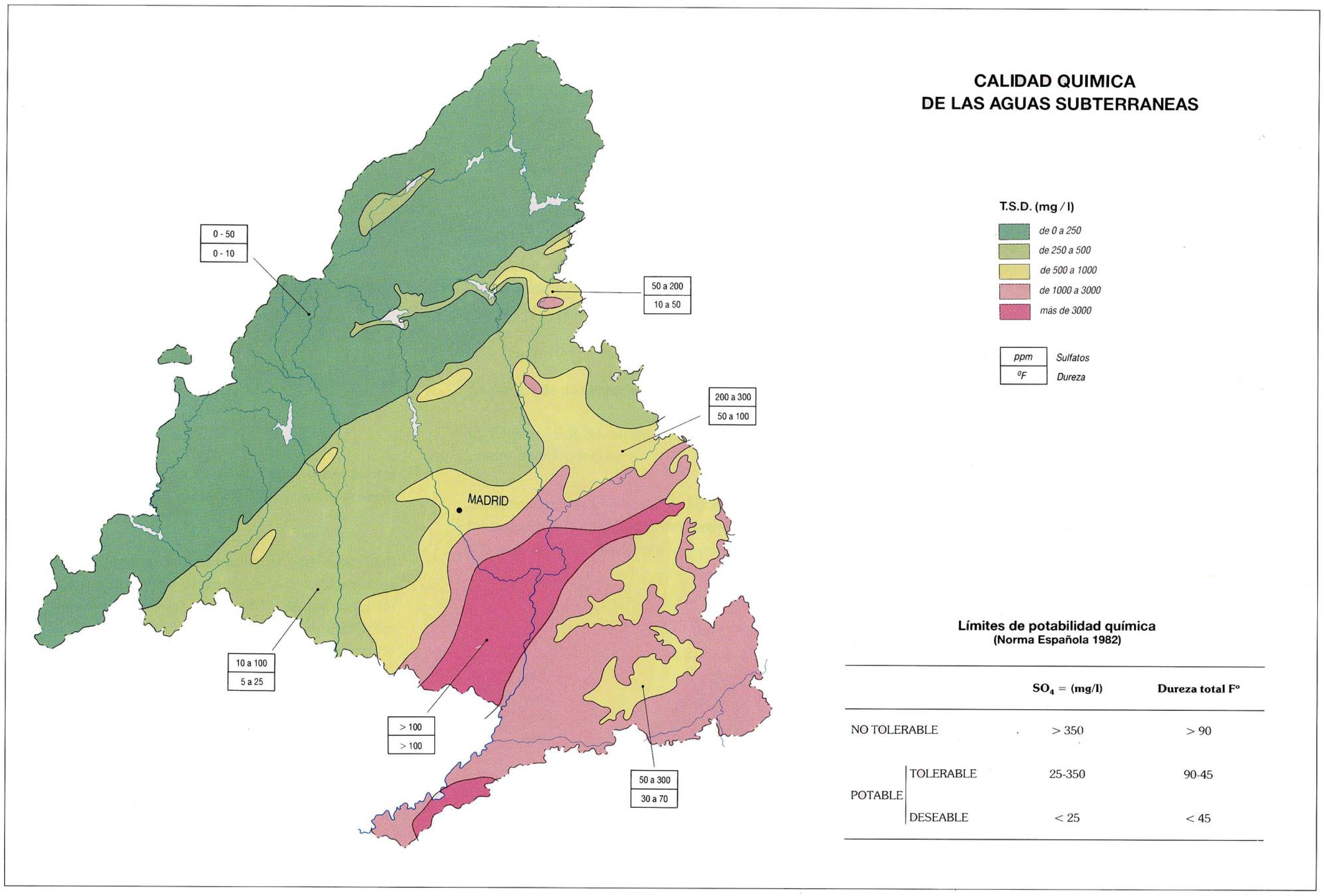
En la Sierra los manantiales y pozos presentan una calidad de agua buena y uniforme, salvo cuando aparecen contaminaciones antrópicas por actividad agrícola, ganadera o vertederos incontrolados.



Captación en la Unidad 8
(Acuífero del páramo)

Fuente: Elaboración propia

Los acuíferos kársticos del Cretácico se diferencian por un aumento en el total de sólidos disueltos y en la dureza, y aunque en condiciones naturales no sobrepasan los límites de potabilidad química, en ocasiones puede existir un aumento importante del contenido de sulfatos en las aguas de la Unidad 3, si los pozos atraviesan los yesos suprayacentes sin las medidas oportunas de protección.



En el sistema acuífero del detrítico del Terciario las aguas son de buena calidad química y aptas para cualquier uso; aunque se produce un empeoramiento de Noroeste a Sureste por aumento en sales disueltas. También tiene lugar un proceso general de evolución química de las aguas desde los interfluvios (recarga) hacia los valles (descarga), que se manifiesta en un aumento de mineralización. Por otra parte, en zonas muy profundas del sistema, por debajo de la cota del nivel del mar, se conocen concentraciones muy altas de aniones y cationes, que corresponden a aguas de circulación muy lenta o nula y de mayor antigüedad.

En el tercio Sur de la Comunidad de Madrid, en los acuíferos del conjunto evaporítico, la concentración en algunos iones se eleva muy por encima de los límites tolerables; mientras que en la zona Suroriental, en los acuíferos calizos karstificados del Páramo, las aguas se encuentran menos mineralizadas gracias a su rápida circulación, debiendo protegerse esta calidad evitando penetrar con los pozos en los yesos infrayacentes.

Por último, la Unidad 9 presenta una gran variabilidad en la calidad del agua. En primer lugar está condicionada por los materiales infrayacentes y así, el acuífero instalado sobre un substrato detrítico es apto para cualquier uso en condiciones naturales; pero si se sitúa sobre yesos, su calidad es similar a la de las aguas de estos materiales. En segundo lugar, es difícil encontrar aguas que no estén afectadas en mayor o menor medida por contaminantes (agrícolas, industriales, vertidos líquidos o sólidos, etc), si bien se va progresando en la desaparición de los focos de contaminación, tanto por la depuración de los vertidos líquidos, como por la disminución de los puntos de residuos sólidos incontrolados. No obstante, los resultados tardarán tiempo en hacerse notar.

Bibliografía

AGUILO, M (1982).- **El agua de Madrid.** Diputación de Madrid.

COMUNIDAD DE MADRID-CANAL DE ISABEL II (1986).-**Jornadas sobre la explotación de aguas subterráneas en la Comunidad de Madrid.** (Varios autores). PIAM, Vol. 12. Madrid.

CORCHON RODRIGUEZ, F. (1976).- **Estudio hidrogeológico del Cretácico de los alrededores de Torrelaguna (Madrid y Guadalajara).** Servicio Geológico del MOPU. Boletín nº 40. Madrid.

DIPUTACION DE MADRID (1982).- **El agua en la región.** Serie Monografías, Vol. 2. Madrid.

DIPUTACION DE MADRID. AREA DE URBANISMO Y ORDENACION TERRITORIAL (1983).-**El agua en Madrid.** Madrid.

IGME (1981).-**Investigación hidrogeológica de la cuenca del Tajo.** Madrid.

IGME (1984).- **Calidad química de las aguas subterráneas de la cuenca del Tajo.** Madrid.

IGME (1984).- **Evolución piezométrica de los acuíferos de la cuenca del Tajo.** Madrid.

IGME (1985).- **Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Informe de Síntesis.** Madrid.

LOPEZ-CAMACHO, B. (1983).-**Geohidrología de las grandes cuencas sedimentarias continentales.** Boletín del Servicio Geológico del MOPU. Madrid.

LOPEZ-CAMACHO, B.; BASCONES ALVIRA, M. y DE BUSTAMANTE, I. (1986).- **Las aguas subterráneas de Madrid. Hidrogeología del término municipal. El antiguo abastecimiento a la villa y corte: Los viajes de agua.** Boletín del Servicio Geológico del MOPU (En prensa). Madrid.

LOPEZ VERA, F. (1977).- **Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid.** Memoria del IGME, Vol. 91. Madrid.

LOPEZ VERA, F. (1985).- **Las aguas subterráneas en la Comunidad de Madrid.** PIAM, Vol. 7. Madrid.

LLAMAS, M. R. (1976).- **La utilización de aguas subterráneas en Madrid. De los "mayrat" musulmanes a los modelos digitales.** Estudios Geológicos, nº 32. Madrid.

MARTINEZ ALFARO, P. E. (1977).- **Hidrogeología de los materiales terciarios y cuaternarios del río Manzanares. Las aguas subterráneas de Madrid.** Tésis doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (Inédito). Madrid.

OCTAVIO DE TOLEDO, F. y LOPEZ CAMACHO, B. (1980).- **El papel de las aguas subterráneas en la ordenación del Alfoz de Madrid.** 1a Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Santander.

REBOLLO FERREIRO, L. F. (1977).- **Estudio hidrogeológico regional de la cuenca media y baja del río Guadarrama.** Tésis Doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (Inédito). Madrid.

SASTRE MERLIN, A. (1978).- **Hidrogeología regional de la cuenca terciaria del río Alberche.** Tésis Doctoral. Instituto Lucas Mallada. C.S.I.C. Madrid.

SASTRE MERLIN, A. (1981).- **Los modelos antiguos de flujo de las aguas subterráneas en la cuenca de Madrid.** Libro jubilar J.M. Ríos, Tomo 2. IGME. Madrid.

VILLARROYA GIL, F. (1977).- **Hidrogeología regional del Neógeno detrítico y Cuaternario de la cuenca del río Henares.** Tésis Doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (Inédito). Madrid.

Documentación cartográfica utilizada

AYUNTAMIENTO DE MADRID (1984).- **Estudio hidrogeológico del Término Municipal de Madrid.** (Inédito).

IGME (1980).- **Atlas hidrogeológico de la provincia de Madrid.** (5 mapas. Escala 1/200.000) Madrid.

IGME (1986).- **Hoja hidrogeológica de Villaviciosa de Odón** (Escala 1:200.000) (Inédito). Madrid.

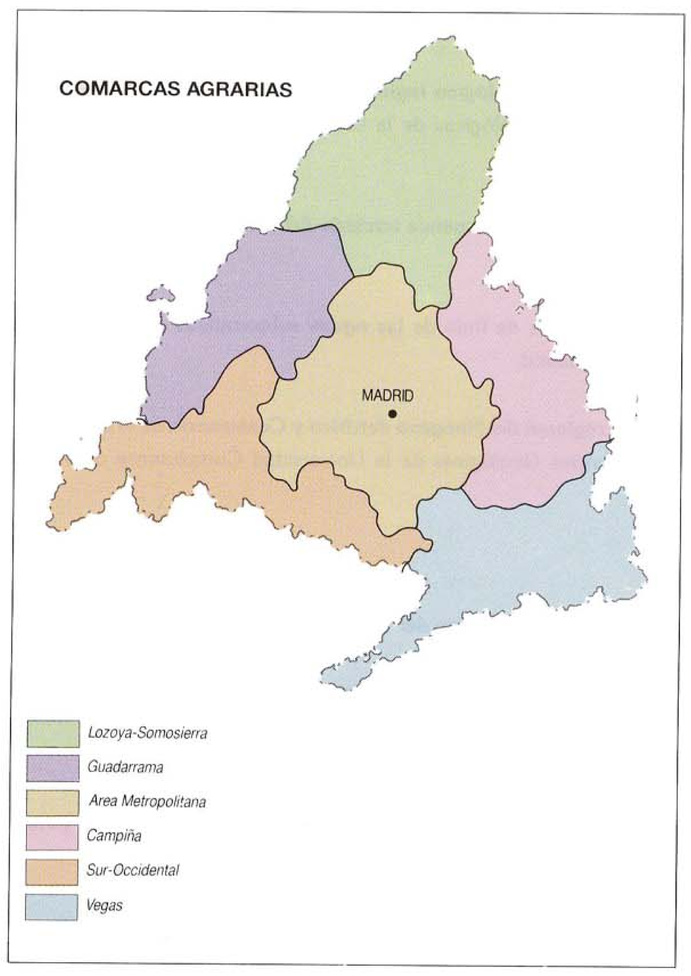
S.G.O.P.U. (1982).- **Recopilación y análisis de los estudios y datos existentes en la cuenca del Tajo para el Plan Hidrológico.** Mapas a escala 1:2.000 (Inédito). Madrid.

S.G.O.P.U. (1982).- **Estudio de la utilización actual de las aguas subterráneas del Terciario Detrítico de Madrid** (Inédito). Madrid.

3.3.- Suelo y Vegetación

La vegetación es, tal vez, el factor que define de manera más clara el conjunto de relaciones existentes entre los distintos elementos del Medio Natural.

Las comunidades vegetales naturales que aparecen en cada zona son reflejo de las condiciones climáticas y del suelo existentes y éste, a su vez, se ha formado como consecuencia de una serie de procesos de meteorización de las rocas, controlados fundamentalmente por su naturaleza, el relieve y el clima. Se tiene así que el conjunto suelo-vegetación natural es un exponente de la naturaleza geológica y climática y de la evolución geomorfológica de cada zona.
Geomorfología, clima, suelo y vegetación han sido, desde los tiempos más antiguos, factores fundamentales para el asentamiento del hombre y para el desarrollo de sus actividades, especialmente las de tipo agrario. Por ello, los cultivos y aprovechamientos agrarios son, en gran parte, reflejo de los factores anteriores.



El mapa geobotánico es pues, en cierto modo, un esbozo de mapa de Síntesis Geocientífica, pero una síntesis que ha sido hecha por las propias comunidades florísticas y por los habitantes de la región, al adaptarse a las condiciones antedichas.

Este mapa refleja los tipos de vegetación más característicos y los cultivos más representativos de la Comunidad de Madrid, habiéndose elaborado a partir de información de Organismos Centrales y Autonómicos, simplificando y generalizando las áreas representadas para adecuarlas a la escala de este trabajo.

Hay que resaltar y recomendar, para ampliación de datos, los excelentes trabajos documentales y cartográficos publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, así como por la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Comunidad de Madrid.

En este capítulo se describen, además, los principales tipos de suelos que aparecen en la región.

La Comunidad de Madrid está dividida en 178 municipios que se agrupan, de acuerdo con las normas de Comarcalización Agraria dadas por la Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en las seis Comarcas Agrarias siguientes:

Comarca agraria	N.º municipios que comprende	Superficie (Ha)
I. Lozoya-Somosierra	46	153.715
II. Guadarrama	21	95.621
III. Area Metropolitana de Madrid	23	173.576
VI. Campiña	31	107.548
V. Sur-Occidental	34	139.540
VI. Vegas	21	129.500
TOTAL COMUNIDAD	176	799.500

EDAFOLOGIA

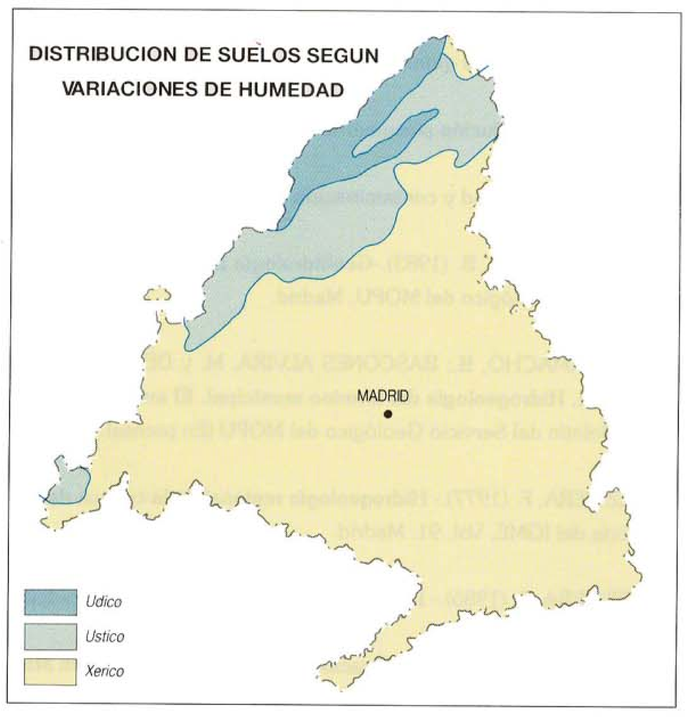
Los suelos de la Comunidad de Madrid se clasifican en los siguientes tipos, de acuerdo con los criterios establecidos por la SOIL TAXONOMY:

Según variaciones térmicas

a) Cryc.- Suelos con una temperatura media anual comprendida entre 0^0 y 8^0 C y una temperatura media estival inferior a 15^0 C, a 50 cm de profundidad.

b) Mesic.- Suelos con temperatura media anual comprendida entre 8^0 y 15^0 C y diferencia entre las temperaturas medias de verano e invierno superior a 5^0 C, a 50 cm de profundidad.

c) Termic.- Suelos con temperatura media anual entre 15^0 y 22^0 C.



Según variaciones de humedad

a) Udico.- Suelos con precipitaciones anuales medias de 1.500 mm o superiores, y sin prácticamente estación seca.

b) Ustico.- Suelos con precipitaciones anuales medias de unos 1.000 mm y con una estación seca bien diferenciada.

c) Xérico.- Suelos con dos máximas pluviométricas (primavera y otoño), agotándose las reservas de agua durante más de 45 días definidos en los cuatro meses siguientes al solsticio de verano.

Según relieve y litología

a) Zona de la Sierra

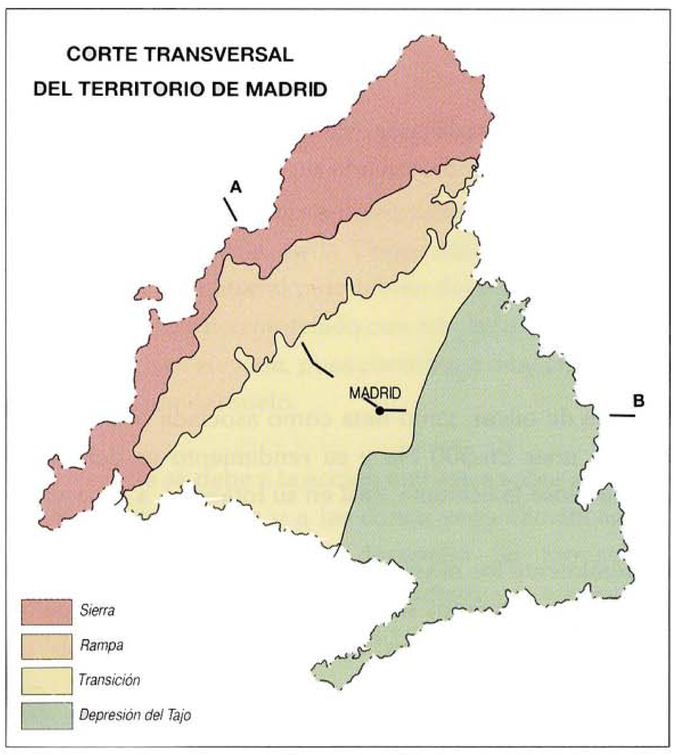
Los suelos se asientan, en su mayor parte, sobre fuertes pendientes, lo que ha motivado un acusado proceso erosivo.

Tienen textura arenosa, con agregados de poca estabilidad y estructura escasamente desarrollada. Son suelos ácidos y de profundidad escasa, a excepción de las zonas de acumulación de arrastres, y su contenido en elementos nutritivos es bajo, con pobre capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico.

Su aprovechamiento más conveniente es para ganadería o forestal.

b) Zonas de la Transición y Depresión

Sus suelos y características más representativas son:



Llanuras aluviales.- Están constituídos por aluviones que forman suelos profundos y bien aireados, y comprenden prácticamente todas las zonas de regadío de la Comunidad.

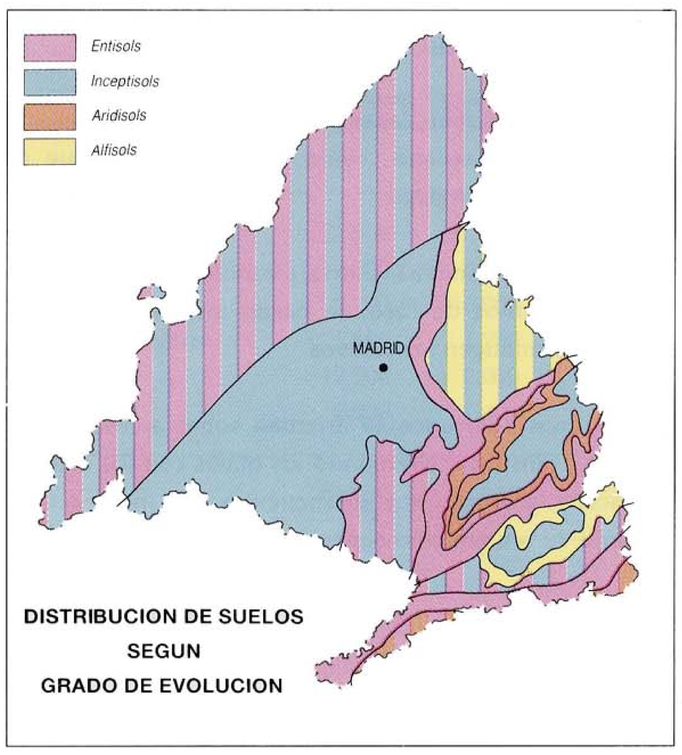
Suelos pardos.- Se dan en amplias zonas del Sureste. Presentan textura arenosa y estructura granular, retienen bien el agua y son ricos en bases, por lo que resultan adecuados para la agricultura.

Suelos rojos o marrones.- Se dan en la zona central y por encima de los 800 m, sobre substratos constituídos por calizas, margas, yesos y arcillas.

Según grado de evolución

a) Entisols.- Son los suelos más modernos y, por tanto, los menos evolucionados.

Se distinguen dos formas: los de los valles, que conforman las cuencas de los ríos, y los que se encuentran en los cerros y laderas de fuerte pendiente.



Los primeros son suelos permeables y profundos, y están formados por los aportes recientes de los ríos. Los segundos están sometidos a fuerte erosión, siendo poco profundos y pobres.

b) Inceptisols.- Son suelos con un grado de evolución intermedio y ocupan posiciones fisiográficas diversas; aunque su mayor representación tiene lugar en las llanuras miocenas.

c) Aridisols.- Se localizan en el Sureste de la Comunidad, siendo pobres y muy limitados para los cultivos.

d) Alfisols.- Son los suelos más desarrollados debido a encontrarse en zonas geomorfológicamente muy estables.

Presentan un alto contenido en elementos minerales y son profundos.

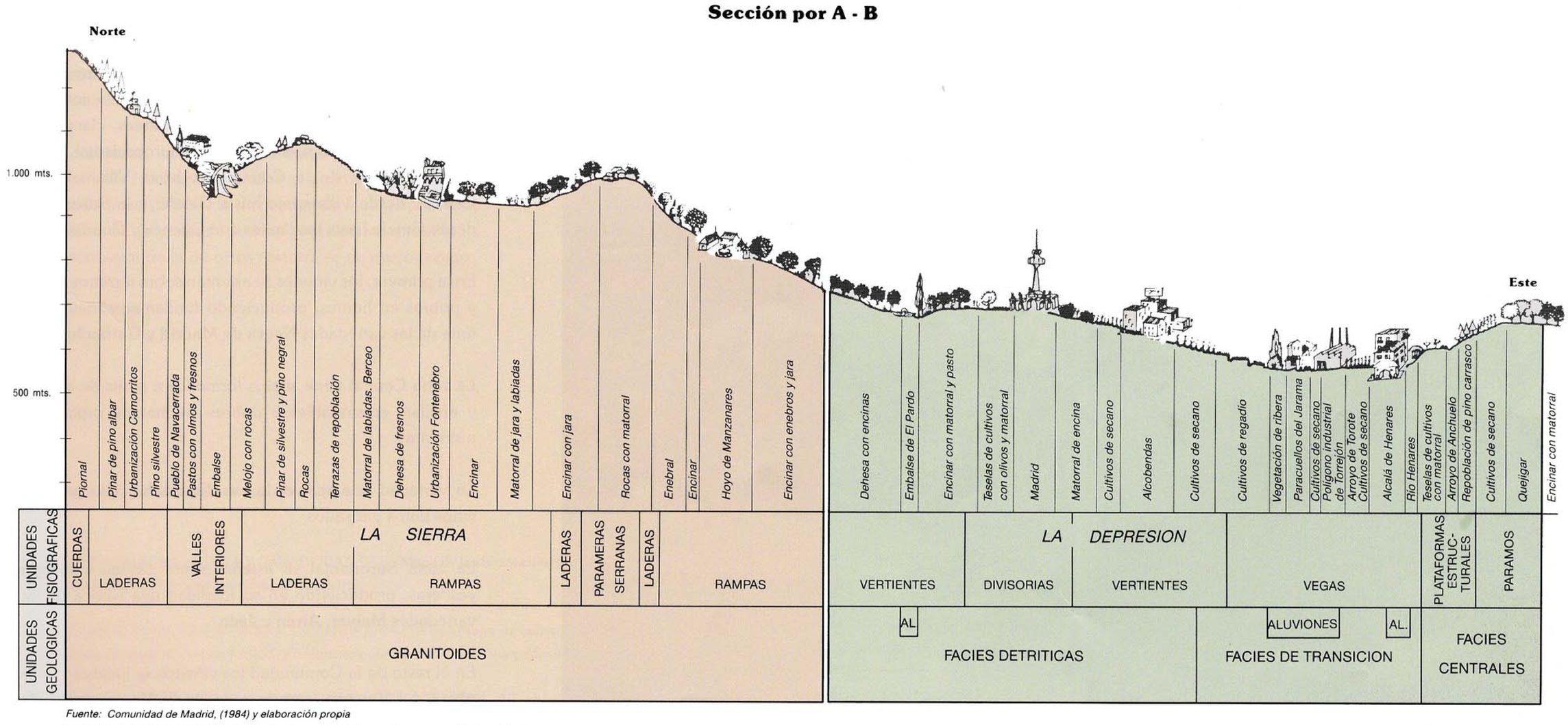
FORMACIONES VEGETALES Y APROVECHAMIENTO DEL SUELO

La distribución de superficies, según los tipos de cultivos y su utilización, es la que se indica en el siguiente cuadro.

TIPOS DE CULTIVOS Y APROVECHAMIENTOS

	% s/t Total Comun.	% s/t Regadío
Superficie labrada		
• Regadío	4.02	100.00
— Cultivo Herbáceo	3.86	96.17
— Frutal	0.16	3.83
• Secano	31.26	100.00
— Cultivo Herbáceo	24.89	79.62
— Frutal	0.05	0.16
— Olivar	2.88	9.21
— Viñedo	3.00	9.60
— Olivar + Viñedo	0.44	1.41
Superficie no labrada		
• Terreno Productivo	50.64	100.00
— Prado natural	1.45	2.86
— Pastizal	14.82	29.26
— Matorral	21.56	42.58
— Forestal	12.81	25.30
• Terreno Improductivo	14.08	100.000

Sección por A - B



Fuente: Comunidad de Madrid, (1984) y elaboración propia

Nota: La escala horizontal de la Sierra es doble que la de la Depresión por necesidades gráficas

La evolución de los cultivos en los últimos años ha sido:

	1979 (Ha)	1981 (Ha)	1983 (Ha)
Cultivos de regadío			
Herbáceo	28.500	28.300	30.900
Frutal	2.000	1.600	1.200
TOTAL	30.500	29.900	32.100
Cultivos de secano			
Herbáceo	195.000	197.000	199.000
Olivar	26.000	25.000	23.000
Viñedo	27.500	26.000	27.500
Frutal	450	430	430
TOTAL	248.950	348.430	249.930

Y su distribución por Comarcas Agrarias es:

Comarcas	Regadío (Ha)		Secano (Ha)	
	Herbáceo	Frutal	Herbáceo	Olivar
Lozoya-Somosierra	1.600	—	9.250	247
Guadarrama	260	15	500	3
Area Metropolitana	5.450	195	49.000	972
Campiña	3.990	90	63.750	4.303
Sur-Occidental	3.000	160	41.500	2.825
Vegas	16.600	740	35.000	14.650
TOTAL	30.900	1.200	199.000	23.000

A continuación se describen los diferentes tipos de cultivos agrupados, según la clasificación realizada, en superficie labrada **(riberas y cultivos de regadío, y cultivos de secano)** y superficie no labrada.

SUPERFICIE LABRADA

Riberas y cultivos de regadío

Las formaciones vegetales de ribera se distribuyen por toda la Comunidad, aunque con diferentes características.

En las zonas adyacentes a los ríos se encuentran álamos, chopos, sauces, alisos, rebollos y fresnos; y los juncares y pastizales se dan en las zonas inundables de las vegas y en el entorno de los embalses.

En las zonas abarrancadas de la sierra se encuentra únicamente vegetación **en galería**.

La mayoría de los cultivos de regadío se asientan en terrazas y vegas de ríos, aunque también se dan en valles o vaguadas con suelo favorable, así como en zonas donde, además de un suelo adecuado, es viable el riego por existir un nivel freático alto y suficiente caudal de agua, como ocurre en Leganés, Humanes y Fuenlabrada.

Más de la mitad de los cultivos se localizan en la Comarca de Las Vegas, siendo Aranjuez la zona donde se encuentran los más antiguos regadíos, ampliados y protegidos por Carlos III.

Los cultivos herbáceos son trigo (25%), cebada (25%), maíz (15%), patata (10%), alfalfa (10%) y hortícolas (15%).

Los cultivos frutales han experimentado una fuerte regresión a partir de 1.975 debido, fundamentalmente, a su poca competitividad económica. Las principales especies son manzano (40%), peral (25%), ciruelo (20%), guindo y cerezo (10%) y melocotonero (5%).

Cultivos de Secano

Se incluyen aquí, tanto las superficies ocupadas totalmente por cultivos de secano, como aquéllas en las que se mezclan con matorrales.

En las zonas próximas a la Sierra, y a medida que aumentan los afloramientos de roca, se hacen más frecuentes los pastos y disminuyen los cultivos.

Los terrenos cultivados se asientan sobre arcosas en la zona de Transición, alternando los olivos con los cultivos herbáceos, y entre éstos se encuentra con frecuencia el matorral. El rendimiento agrícola no es elevado.

En el Páramo y en los terrenos ondulados del Sur se explotan cultivos herbáceos, viñedos y olivares, con buen rendimiento agrícola.

En el Sureste se encuentran cultivos herbáceos y olivos junto con matorrales sobre terrenos calizos o yesíferos, especialmente en Cuestas y Taludes. Estas zonas son de escasa productividad.

Cuando los taludes son muy desarrollados se presenta una distribución de cultivos-matorrales en **raspa de sardina**. Otras veces los cultivos se encuentran sobre pequeñas mesetas y el matorral se da en las laderas.

Monte de El Pardo

Hacia el Oeste aparecen las encinas cada vez en mayor proporción, en zonas adehesadas con cultivos de secano o barbecho.

A continuación se describen los diferentes cultivos de secano.

Cultivos herbáceos

Los cultivos herbáceos de secano de la Comunidad se agrupan en tres grandes zonas.

a) En la Campiña y Vegas se encuentran los mejores suelos y, por tanto, los que permiten una más amplia gama de cultivos. En ellos el 60% de la superficie dedicada a cereales corresponde a cebada (2.000 kg/Ha) y el 40% restante a trigo (1.600 kg/Ha).

Entre los cultivos de barbecho se da el garbanzo (900 kg/Ha), la lenteja (900 kg/Ha), el girasol (600 kg/Ha) y la veza (800 kg/Ha), además del melón, sandía y leguminosas.

b) Las zonas del Area Metropolitana de Madrid y Sur-Occidental son principalmente cerealistas, dándose el barbecho, que ocupa aproximadamente la mitad de la superficie de cultivo; el trigo (30%), la cebada (17%) y la avena y el centeno (5%).

c) En las zonas de Lozoya-Somosierra y Guadarrama son casi inexistentes los cultivos herbáceos. En las estribaciones y donde el suelo se asienta sobre basamento granítico o de calizas, se da el centeno.

Frutales

Las 430 Ha ocupadas por este cultivo están prácticamente dedicadas al almendro, siendo sus rendimientos bajos (700 a 800 kg por Ha).

Olivar

La zona de olivar, tanto neta como asociada con viñedos, supone unas 26.500 Ha y su rendimiento es deficiente, dedicándose la aceituna, casi en su totalidad, a almazara.

Generalmente los olivares se asientan sobre yesos, arcillas y margas, en terrenos sometidos a fuerte erosión y que no presentan características favorables para otro tipo de cultivo.

Viñedo

La superficie de viñedo, asociada o no con olivares, es de 27.500 Ha, localizándose la mayor parte en la zona Sur de la Comunidad, donde hay tres áreas claramente diferenciadas por su suelo y clima: la Suroccidental, desde el límite Oeste de la Comunidad hasta Villamanta; la Central, desde Villamanta hasta Getafe; y la Suroriental, desde Getafe hasta los límites con Cuenca y Guadalajara.

En la primera, los viñedos se asientan sobre terrenos ácidos y pobres en humus, produciendo fundamentalmente uva tinta de las variedades **Negra de Madrid y Garnacha**.

La zona Central tiene suelos formados a partir de arcosas y arcillas, erosionables y pobres en materia orgánica y nutrientes.

La variedad principal es la uva **Garnacha**, que produce vinos tintos y rosados.

La zona Suroriental se asienta sobre calizas y margas yesíferas, produciendo en su totalidad uva blanca de las variedades **Malvar**, **Airén** y **Jaén**.

En el resto de la Comunidad los viñedos se localizan en la ribera del Henares y en la zona de El Molar, ambas de bastante menos importancia que las de la franja Sur.

SUPERFICIE NO LABRADA

Prado natural

Los prados ocupan unas 11.600 Ha y se localizan fundamentalmente en la Comarca de Lozoya-Somosierra. Son zonas de gramíneas y leguminosas para alimentación de ganado y, con alguna frecuencia, en estas praderas se encuentran fresnos y nogales.

Pastizal

Los pastizales se desarrollan en unas 118.000 Ha distribuídas por Comarcas de la forma siguiente:

Lozoya-Somosierra	33.000 Ha
Area Metropolitana de Madrid	31.000 Ha
Guadarrama	22.000 Ha
Sur-Occidental	19.000 Ha
Campiña	7.000 Ha
Vegas	6.000 Ha

Como se ve, los pastos se encuentran preferentemente en las zonas de presierra y sierra, dándose pastos de baja calidad, ganados al encinar, en las zonas bajas de transición de las arcosas.

Por encima de los 1.200 m los pastos se encuentran en áreas sin árboles ni matorrales; y sobre los 2.000 m sólo son aprovechables en primavera y verano.

Matorral

Los matorrales ocupan, aproximadamente, una quinta parte de la superficie de la Comunidad, distribuídos en 127.000 Ha de matorral puro y bien definido y 45.000 Ha de matorral genérico mezclado con arbolado. Su importancia ecológica es elevada, pues contribuye muy eficazmente a la protección del suelo.

Su presencia se debe a la acción antrópica sobre el bosque inicialmente existente y a las condiciones climáticas, que no permiten o limitan el desarrollo de formaciones arbóreas. Por ello, las especies características son indicativas de las distintas etapas de regresión.

Así, matorrales de la familia de las Labiadas, como aliagares, salviares, esplegares, tomillares, romerales y cantuesares, ocupan aproximadamente unas 20.000 Ha sobre substratos básicos (calizas, margas y yesos), procediendo de la degradación de encinares, quejigares y coscojares, o bien se dan en zonas de cultivos antiguos abandonados.

Otras Labiadas, como los tomillares y cantuesares, se asientan sobre substratos ácidos y sedimentos detríticos, ocupando unas 15.000 Ha. Proceden de la regresión, muy avanzada, de encinares, pinares y melojares primero, y posteriormente de la de otros matorrales de mayor rango.

La familia de las Cistáceas, con la Jara pringosa y la Jara estepa, ocupan unas 25.000 Ha en las laderas y rampas de la sierra, sustituyendo a formaciones de robles y encinas, y son características de áreas que han sufrido incendios.

Las Leguminosas (piornales, escobonales y retamares) se encuentran, fundamentalmente, sobre arenas arcósicas en las zonas bajas.

Los retamares ocupan unas 20.000 Ha; los escobonales unas 8.000 Ha y los piornales y matorrales de altura se asientan sobre unas 15.000 Ha en la parte alta de la sierra, fundamentalmente en solanas, y son el piorno y el jabino sus especies dominantes.

Las Ericáceas tienen como especie dominante el brezo, blanco y rojo. Ocupan unas 1.000 Ha y se dan sobre terrenos silíceos en zonas donde las talas han producido una importante disminución del espacio arbolado. Tienen gran importancia por su función reconstructora del substrato arbóreo.

Forestal

La superficie arbolada, agrupada fundamentalmente en Coníferas y Frondosas, ocupa unas 102.000 Ha distribuídas por Comarcas de la siguiente manera:

Comarcas	Coníferas (Ha)	Frondosas (Ha)	Bosque Mixto (Ha)
Lozoya-Somosierra	22.500	12.000	1.600
Guadarrama	17.500	3.000	2.000
Sur-Occidental	3.700	16.000	250
Area Metropolitana	1.500	1.200	—
Campiña	12.700	2.000	3.800
Vegas	2.000	400	—
TOTAL	59.900	34.600	7.350

as Coníferas son mezcla de formaciones naturales introducias y repoblaciones artificiales recientes, y se encuentran representadas todas las especies peninsulares:

El Pino silvestre o Pino albar (*Pinus sylvestris*) se extiende por Guadarrama y Somosierra entre los 1.500 y 2.000 m.

El Pino negral o Pino rodeno (*Pinus pinaster*) abunda especialmente en las áreas Central y Suroccidental de la sierra. Tiene valor económico (madera, resina, caza y pasto) y ecológico.

El Pino piñonero (*Pinus pinae*) se asienta en las estribaciones meridionales de la sierra y, en gran medida, se debe a repoblación artificial.

El Pino Carrasco (*Pinus halepensis*) crece en superficies erosionadas y Cuestas del área Suroriental de la Comunidad, llegando hasta el río Jarama. Su difusión es artificial y destaca el pinar de La Encomienda Mayor de Castilla.

El Pino Laricio (*Pinus nigra*) ocupa laderas en altitudes medias a elevadas al Norte de la Comunidad. Su presencia se debe a repoblación.

Las Frondosas ocupan algo más de 34.000 Ha, destacando la encina, quejigo y rebollo. En las orillas de los ríos se encuentran también fresnos, chopos, álamos, olmos, etc.

- La Encina (*Quercus ilex*) se encuentra muy extendida y son representativos los encinares al Oeste del río Alberche y los del Monte de El Pardo.

- El Quejigo (*Quercus lusitanica*) se distribuye fundamentalmente en dos zonas. Una entre los ríos Henares y Tajo; y otra al Norte y Noreste de la Comunidad, entre los 700 y 1.200 m de altitud.

- El Rebollo o Roble Melojo (*Quercus pyrenaica*) es conocido en la sierra como **roble** y se encuentra desde la Rampa de la sierra hasta los 1.700 m de altitud, mezclado principalmente con fresnos. Salvo en casos concretos (Cercedilla, Lozoya y puertos de Canencia y La Morcuera), aparece en forma de matas o de monte bajo, debido a la explotación de que ha sido objeto. Actualmente su área ha sido ocupada por pinares de repoblación artificial.

El Enebro (*Juniperus oxycedrus*) es muy abundante en toda la Comunidad en los pinares y encinares, y dada su gran capacidad de adaptación llega a desplazar a la encina.

La Sabina (*Juniperus thurifera*) es poco abundante y se presenta mezclada con la encina en el valle del río Lozoya.

La Coscoja (*Quercus coccifera*) se da muy ampliamente y cumple una importante función ecológica enriqueciendo suelos de sequedad extrema o con exceso de yesos.

- El Alcornoque (*Quercus suber*) queda restringido al límite con la provincia de Avila, al Norte de Hoyo de Manzanares y a las cercanías de Torrelaguna. También se da aisladamente en la Casa de Campo y Monte de El Pardo.

- El Fresno (*Fraxinus angustifolia*) se desarrolla en la parte baja de las laderas de la sierra, en el piedemonte y en las zonas de recubrimiento detrítico. Se presenta sobre pastos húmedos en forma arbustiva y en las galerías de ribera de ríos y arroyos.

- El Castaño (*Castanea sativa*) se da en las laderas de la sierra, en el Suroeste de la Comunidad y, con menor entidad, en las cercanías de El Escorial, presentándose mezclado con el rebollo y pino negral.

- El Acebo (*Ilex aquifolium*) se presenta aislado como resto de un bosque antiguo, o en masa junto a otras especies, y no suele sobrepasar los 1.500 m de altitud. Se emplea en ebanistería, tornería y marquetería, siendo una especie protegida en el territorio de la Comunidad.

- El Haya (*Fagus sylvatica*) se da entre 1.000 y 1.700 m de altitud, siendo característica su abundancia de hojas, que con el tiempo supone un importante aporte al enriquecimiento del suelo.

Se encuentra cerca de la cabecera del río Jarama, en el término de Montejo de la Sierra y, como consecuencia de repoblación, en los alrededores de San Lorenzo de El Escorial, monte Abantos y Cercedilla. Su madera es dura y apta para ebanistería y parquet.

Bibliografía y Documentación cartográfica utilizada

CONSEJERIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA (1984).- **Mapa de las formaciones vegetales y usos actuales del suelo.** (Escala 1:200.000) Comunidad de Madrid.

DIRECCION GENERAL DE LA PRODUCCION AGRARIA (1985).- **Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Madrid.** (Escala 1:200.000) Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO-COPLACO (1979).- **Atlas básico del Area Metropolitana de Madrid.** Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO-COPLADO (1980).- **Atlas climatológico de la subregión de Madrid.** Madrid.

U.S.D.A., SOIL CONSERVATION SERVICE (1975).- **Soil Taxonomy 7th Aproximation.** Agriculture Handbook nº-436, Diciembre 1975.

3.4.- Suelo para fines constructivos: Geotecnia

El comportamiento de la superficie terrestre y su respuesta ante las obras humanas que en ella se asientan, es uno de los problemas que desde hace muchos años recibe la atención de distintos especialistas en Ciencias de la Tierra.

Dicho comportamiento depende de las propiedades físicas y químicas de las rocas, de los materiales de cobertera, de la estructura geológica y de los procesos activos en cada zona.

En este Atlas se incluyen en el apartado de geotecnia dos mapas: el de cartografía geotécnica de la Comunidad de Madrid a escala 1/200.000 y el del Area Metropolitana de Madrid a escala 1/100.000.

Con el fin de determinar los problemas geológico-geotécnicos que afectan a la construcción, se analizan para cada zona geotécnica las condiciones de cimentación y los problemas puntuales que pueden influir en las edificaciones; así como las condiciones mecánicas para la ejecución de obras de tierra.

CONDICIONES PARA LA CIMENTACION

Las características geomecánicas de los materiales de cada zona geotécnica se han establecido a partir de la recopilación y análisis de investigaciones (sondeos y reconocimientos) puntuales efectuadas para estudios anteriores.

Los problemas con incidencia en la construcción que se han considerado son:

- Alteración
- Tectonización
- Heterogeneidad litológica
- Deslizamientos
- Hundimientos
- Oquedades subterráneas
- Baja capacidad de carga
- Asientos elevados o diferenciales
- Expansividad
- Presencia de sulfatos
- Presencia de materia orgánica
- Nivel freático próximo al área de cimentación

Asímismo, a partir de la información recopilada se ofrecen, con carácter orientativo, intervalos de presión admisible en cimentaciones para cada zona geotécnica.

Es bien conocida la dificultad que supone pasar de valores puntuales a valoraciones medias, con las limitaciones que imponen las escalas de trabajo; pero, en cualquier caso, las presiones admisibles indicadas en el mapa se enfocan hacia anteproyectos y estudios de planificación global y nunca hacia obras puntuales.

CONDICIONES PARA OBRAS DE TIERRA

Se analiza cada zona geotécnica desde los seis aspectos siguientes que afectan a las Obras de Tierra.

1.- **Excavabilidad (E):** Los terrenos se han clasificado en:

NORMAL (N): Fácilmente excavable con métodos manuales o con pala retroexcavadora. Se trata de materiales sueltos.

RIPABLE (R): Dificultad de excavación con retroexcavadora y fácilmente atacable con martillo picador o "ripper". En este grupo entran rocas muy alteradas o con alto grado de tectonización, arcillas muy compactas, etc.

VOLABLE (V): No atacable fácilmente con "ripper", siendo preciso el uso de explosivos para su excavación.

2.- **Estabilidad de taludes (T):** Se ha estimado la estabilidad de los taludes naturales a partir de los factores que pueden alterar su equilibrio, considerándose entre éstos la erosión superficial, drenaje, vegetación, resistencia al corte, etc.

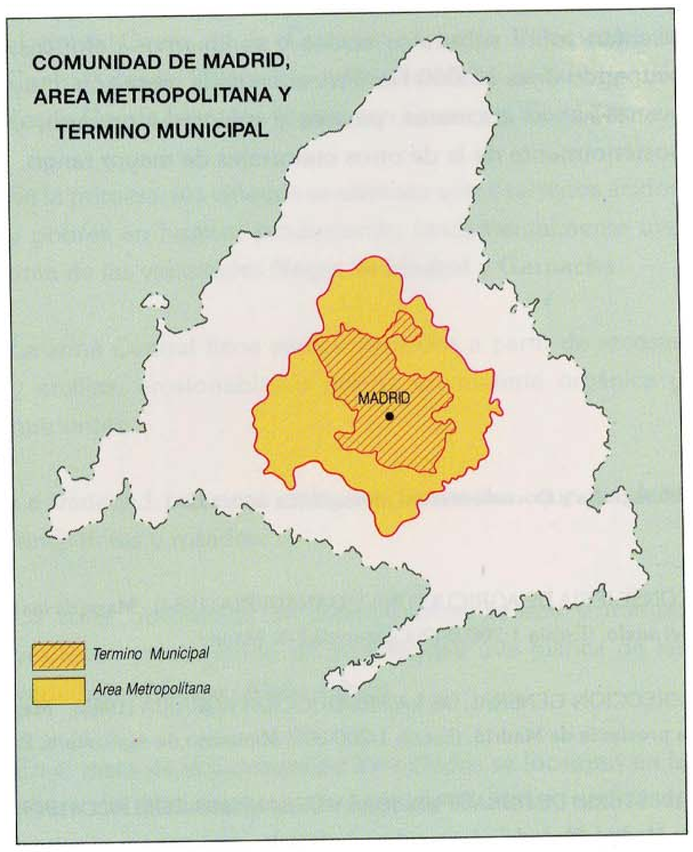
A partir de estos factores se clasifica la estabilidad en tres grupos: ALTA (A) (taludes en los que no es probable se produzcan condiciones de inestabilidad), MEDIA (M) (en los que la estabilidad puede ser precaria ocasionalmente, pero que, en general, son estables) y BAJA (B) (taludes con condiciones de equilibrio no favorables).

3.- **Empujes sobre contenciones (C):** Se utilizan los términos ALTOS (A), MEDIOS (M) y BAJOS (B) en función de los empujes que las contenciones del terreno natural hayan de soportar.

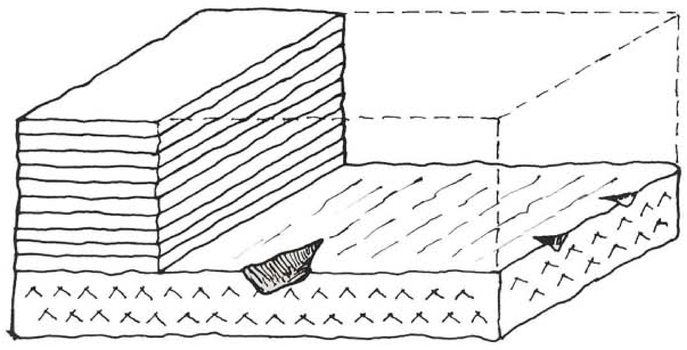
4.- **Dificultad de sostenimiento y excavación en obras subterráneas (O.S.):** Se define como ALTA (A) para terrenos blandos o muy blandos situados bajo el nivel freático; MEDIA (M) para las zonas que poseen una cierta capacidad de autosoporte, las que ocasionalmente presentan problemas de nivel freático y las que el frente de excavación puede progresar con cierta normalidad; y BAJA (B) para los terrenos sin empujes fuertes, con capacidad de sostenimiento (autosoporte) y con problemas puntuales de nivel freático.

5.- **Aptitud para préstamos (A.P.):** Se utiliza el término BAJA (B) para terrenos no adecuados; MEDIA (M) para materiales que unas veces son inadecuados y otras tolerables; y ALTA (A) para los materiales adecuados. Los tipos de terrenos se corresponden con los del Pliego de Prescripciones Técnicas del MOPU.

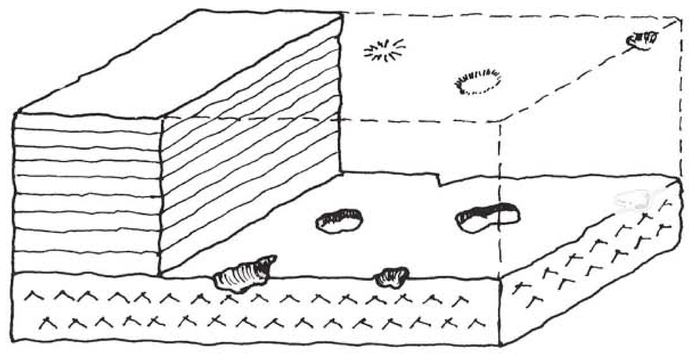
6.- **Aptitud para explanaciones (A.E.):** Los términos ALTA (A), MEDIA (M) y BAJA (B) definen la capacidad del terreno para constituir explanaciones.



a) Agua circulante a favor de grietas en el substrato yesífero



b) Creación de conductos a favor de grietas preexistentes que evolucionan, por disolución, a formas redondeadas (dolinas)



Oquedades en arcillas por karstificación del nivel inferior de yesos

Fuente: Elaboración propia

RESTRICCIONES GEOLOGICAS A LA CONSTRUCCION

La valoración cualitativa de los aspectos considerados permite establecer para la Comunidad de Madrid tres niveles de restricción desde el punto de vista constructivo, a partir de los cuales se establece un mapa tipo "semáforo" en el que se señala cada zona geotécnica con un color determinado que indicará su grado de restricción.

PROBLEMAS GEOMECANICOS QUE AFECTAN A LA COMUNIDAD DE MADRID

En la Comunidad de Madrid no se presentan problemas geotécnicos graves, destacando los derivados de la presencia de materiales yesíferos y de la circulación de agua a través de ellos, que originan aguas agresivas a los hormigones asientos bruscos de las estructuras e, incluso, colapsos.

Relacionada también con la circulación de agua en materiales solubles destaca la facilidad con que se producen disoluciones, que degeneran en oquedades y cuyo progreso puede dar lugar a bruscos hundimientos.

Otro tipo de problemas derivan de la presencia de niveles arcillosos de alta **expansividad**, que, unidos a oscilaciones del nivel freático y a las variaciones estacionales de humedad, desencadenan cambios de volumen que pueden colapsar las estructuras.

Por último, en áreas de litologías heterogéneas pueden producirse asientos diferenciales si los apoyos de un edificio están situados sobre materiales que poseen distinta capacidad de carga. En este sentido, presentan problemas los abundantes vertederos del Area Metropolitana.

ZONIFICACION GEOTECNICA

La Comunidad de Madrid se divide en tres grandes áreas geotécnicas que coinciden, sustancialmente, con las determinadas en la cartografía geológica.

A continuación se exponen algunas peculiaridades de cada zona, cuyas características geotécnicas se indican adecuadamente en el plano y en las leyendas que lo acompañan.

AREA I

Está formada por los depósitos de edad cuaternaria, como son los producidos por el transporte de los ríos que atraviesan la Comunidad, y los depósitos de ladera y coluviones.

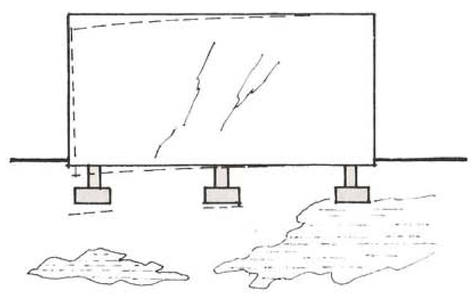
Se han distinguido en este área siete zonas geotécnicas en la cartografía del Area Metropolitana a escala 1/10.000; pero se han reducido a seis en el mapa de la Comunidad de Madrid por limitaciones de escala.

Zona I_1

Se localiza en puntos de reducida extensión en el borde oriental de la Comunidad, en las inmediaciones de Vicálvaro, en el área de Carabanchel-Villaverde, etc.

Está formada por depósitos de raña, fondos semiendorreicos, glacis y conos de deyección. La litología dominante son arcillas de plasticidad media-alta y arenas arcillo-limosas de plasticidad media, con algunos niveles de cantos de tamaño variable. El drenaje es variable, dependiendo del componente arcilloso de los depósitos, y en las rañas es claramente deficiente.

a) Zapatas apoyadas sobre terrenos de distinta naturaleza, asientos diferenciales y grietas



Fuente: Elaboración propia

Se trata de materiales con baja capacidad de carga (0,5-1,5 kg/cm^2) y, como norma, cabe esperar que el nivel freático o niveles colgados de alguna entidad afecten al área de cimentación.

Zona I_2

Se encuentra a lo largo de los valles fluviales de la zona septentrional de la Comunidad, abarcando parte de la Sierra y del sector Norte de la Depresión.

Está formada por los depósitos de fondo de valle y terrazas bajas conectadas a los cauces actuales, y su litología dominante son arenas-limosas pardas en las que la arcilla y la materia orgánica intervienen en proporciones variables, y niveles de gravas. La plasticidad es variable y las condiciones resistentes no son elevadas, por lo que esta zona no es favorable para cimentar.

Se trata de materiales muy explotados como áridos, lo cual ha motivado que, en algunos casos, estén desmantelados y alterados, con el consiguiente impacto sobre el Medio Natural.

Zona I_3

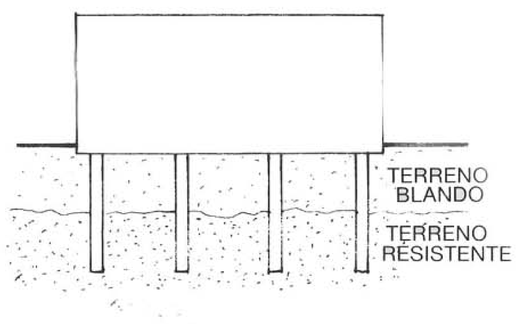
Se desarrolla de forma semejante a la zona I_2, agrupándose en este tipo las terrazas medias y altas descolgadas de los cauces actuales, situadas sobre los materiales detríticos de la Depresión.

Tanto su heterogeneidad litológica (gravas con arena, arcilla y limo) como la presencia puntual del nivel freático o de aguas colgadas próximas a la superficie, implican una capacidad de carga baja-media (1-2 kg/cm^2) con posibles asientos diferenciales.

Zona I_4

Se localiza en el Sector Sureste de la Comunidad a lo largo de los valles fluviales de los ríos Manzanares, Jarama, Henares, Tajuña y Tajo, y está formada por depósitos de fondo de valle y terrazas bajas conectadas al cauce actual.

b) Zona con baja capacidad de carga, cimentación profunda (pilotes)



Fuente: Elaboración propia

Se ha diferenciado de la zona I_2 porque se trata de materiales de origen similar, pero dispuestos sobre un substrato evaporítico (yesos), por lo que su comportamiento está condicionado por la naturaleza de dicho substrato.

La litología dominante está formada por arenas y limos en proporciones variables y niveles de gravas con espesores de 2 a 5 m como media. Se estiman como tensiones admisibles cargas inferiores a 1,0 kg/cm^2.

Pueden tener arcillas muy plásticas y el nivel freático está situado próximo a la superficie lo que, unido a la presencia de yesos en el substrato, motiva que las aguas tengan contenido alto en sulfatos, con el riesgo de corrosión que supone para los aglomerantes convencionales. Asimismo, las estructuras pueden sufrir asientos importantes o diferenciales a causa de la heterogeneidad litológica, y posibles colapsos por oquedades en el substrato yesífero.

Zona I_5

Se han agrupado en esta zona las terrazas medias y altas descolgadas de los cauces actuales, situadas sobre los depósitos yesíferos del S y SE de la Comunidad.

Explotación de áridos en las terrazas del Río Jarama (Velilla de S. Antonio), zona I_2

Coluvión al pié de un escarpe yesífero en la zona sureste, zona I_6

Su composición ofrece una amplia gama de granulometrías, que oscila desde gravas hasta arcillas de plasticidad elevada; mientras que sus características mecánicas son variables, dependiendo del grado de cementación de las terrazas.

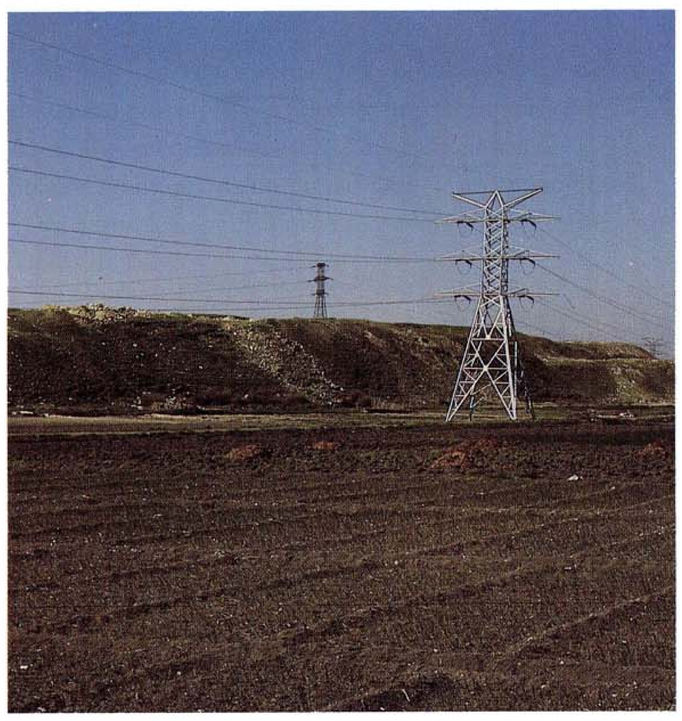
Suelen existir niveles de agua próximos a la superficie (aguas colgadas) con posibilidad de que sean de tipo selenitoso y ocasionen peligro de corrosión para los hormigones convencionales.

Tienen plasticidad alta-media y pueden producirse asientos diferenciales, por lo que no son áreas adecuadas para albergar cimentaciones.

Zona I_6

Está constituída por los coluviones y conos de deyección que se sitúan sobre los yesos del sector SE de la Comunidad, resultado de los procesos de alteración y hundimiento que sufren éstos.

Está formada por arcillas de alta plasticidad que engloban cantos de yeso y se encuentra generalmente al pie de laderas, por lo que el factor topográfico contribuye a la inestabilidad y formación de deslizamientos. Presentan problemas similares a I_4.



Depósitos de origen antrópico al sur de Madrid

Zona I_7

Esta zona sólo se ha reflejado en la cartografía del Area Metropolitana de Madrid a escala 1/100.000, ya que una escala menor impide su adecuada representación.

La forman los materiales denominados depósitos antrópicos (basureros, escombreras, terraplenes, etc.), y se localizan en torno a Madrid y bajo su casco urbano, alcanzando espesores de hasta 20 m con un valor medio de 5 m. Por ello está constituída por una amplia gama de materiales que abarca desde arenas, yesos y arcillas hasta cascotes, residuos sólidos, etc.

Posee características mecánicas muy heterogéneas y niveles altos de agresividad, estimándose, en general, una presión de cimentación admisible inferior a 1 kg/cm^2, por lo que es poco favorable para cimentar.

Se han diferenciado también como Zona I_7 las áreas de relleno de los aeropuertos; pero sus características mecánicas son especiales, pues los procesos de selección y compactación se efectúan de forma muy cuidadosa, por tratarse de áreas que requieren condiciones resistentes especiales.

AREA II

Engloba todas las formaciones terciarias del tipo **rocas blandas** que corresponden a la Depresión.

La delimitación de zonas geotécnicas se ha regido por la semejanza geológica de los depósitos, que presentan una litología muy variada (yesos, arenas, arcillas, calizas, etc.) y que han permitido diferenciar ocho zonas.

Zona II_1

Aparece en el borde de la Comunidad. Está formada por yesos masivos, yesos tableados, arcillas y margas, recubiertos por los depósitos procedentes de su alteración, ya descritos anteriormente.

Sus características mecánicas son variables, presentando tensiones admisibles medias comprendidas entre 1-5 kg/cm^2.

Cuando los yesos no están alterados, su competencia es aceptable; pero, debido a su solubilidad, se pueden presentar asentamientos apreciables e, incluso, hundimientos de las estructuras que sustenten, además de que el agua que por ellos discurre presenta una agresividad importante. Por todo ello, sus características para obras de tierra están muy condicionadas al grado de karstificación, que suele manifestarse en superficie por diversos tipos de hundimientos.

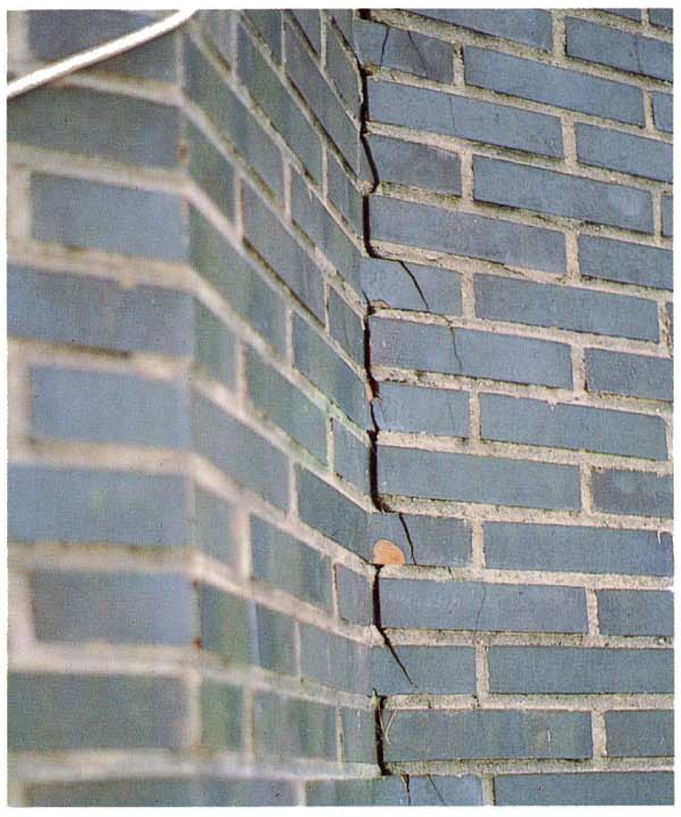
Los yesos se explotan en muchos puntos como material para construcción.

Zona II_2

Aparece en la margen derecha del río Henares y su litología dominante son arcillas de plasticidad media, muy compactas y en las que se intercalan arenas y limos en cantidad variable, así como niveles finos de yesos.

Los suelos y las aguas que pueden circular poseen un alto contenido en sulfatos, por lo que su agresividad es elevada.

Se trata de una zona en la que pueden presentarse



Rotura por asientos diferenciales en una edificación cimentada en materiales antrópicos

deslizamientos de tipo puntual, y en la que la heterogeneidad litológica condicionará la existencia de asientos en las estructuras que se apoyen en esta zona.

Zona II_3

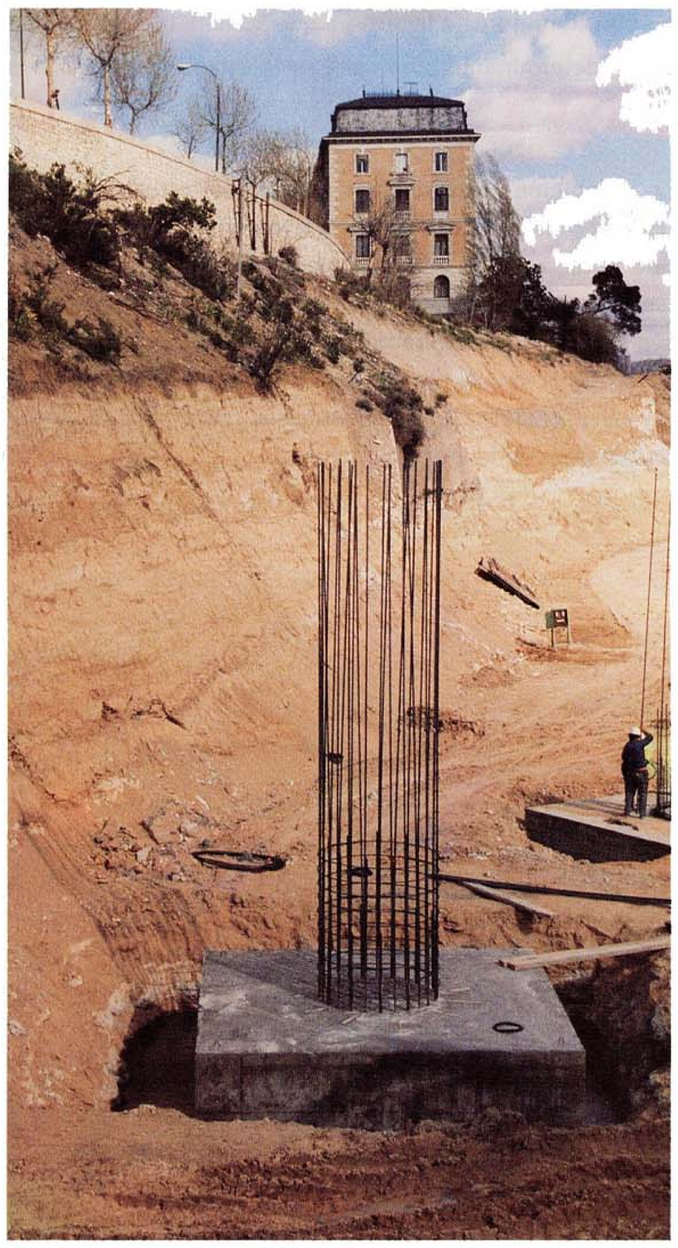
Se sitúa en el borde de la sierra, junto al Macizo de San Pedro, y está formada, principalmente, por arenas feldespáticas y gravas de tamaño variable, con intercalaciones locales de limos y arcillas.

Presenta escasa resistencia a la erosión, un alto grado de estabilidad y problemas de drenaje cuando el contenido en arcillas es alto.

Zona II_4

Está formada por arenas feldespáticas, arcillas, limos y gravas en las que la fracción arenosa es predominante.

Yesos de la zona II_1, en el área de Tielmes



Cimentación en la zona II_5, "tosco" de Madrid (Estación de Atocha)

Pertenece al conjunto denominado **Facies Madrid**, que en la literatura geotécnica clásica se conoce como **Arena de Miga.** Es la zona más extensa dentro del ámbito de los materiales terciarios.

Las características geotécnicas están condicionadas por su variable granulometría, y puesto que en el desplazamiento del Noroeste al Sureste los tamaños de grano disminuyen, también se ha diferenciado en la cartografía a escala 1/100.000 la zona II_4* (arcosas con bolos), pues aunque tanto litológica como geotécnicamente poseen similares características mecánicas, la escala de trabajo y la información disponible permite esta diferenciación.

Se trata de materiales de compacidad apreciable, a excepción de la parte superficial decomprimida. En esta zona se pueden presentar problemas de drenaje derivados de la presencia de niveles colgados relacionados con zonas menos permeables. No es previsible que se produzcan asientos importantes.

Zona II_5

Aflora en el sector central de la Comunidad y ocupa parte de la ciudad de Madrid.

Esta unidad, conocida geotécnicamente como **tosco**, es predominantemente limo-arcillosa, con niveles arenosos que desaparecen en profundidad dando paso a intercalaciones carbonatadas y a arcillas de alta plasticidad y potencial expansivo.

Puede presentar problemas originados por la presencia de agua en áreas próximas al bulbo de presiones de las cimentaciones, así como por las arcillas con potencial expansivo y que aparecen ligadas al paso de las arcillas ocres a las más carbonatadas de tonos verdosos.

Generalmente estos materiales tienen capacidades de carga superiores a 2 kg/cm^2; pero es necesario verificarlas en cada punto.

Zona II_6

Se sitúa en la mitad SE de la Comunidad, descansando sobre el tramo yesífero. Está formada por arcillas muy compactas de tonos verdosos, alternantes con bancos de arcillas carbonatadas de tonos claros, y en profundidad tiende a enriquecerse en yesos. Abundan las arcillas plásticas y también con alto potencial expansivo.

En geotecnia es conocida como **peñuela**, nombre que originariamente designaba los términos más carbonatados de la zona, ampliándose luego, hasta su uso generalizado, para las arcillas situadas sobre los depósitos salinos de la cuenca terciaria.

Su competencia mecánica es apreciable, siendo las tensiones admisibles normalmente superiores a 4 kg/cm^2, si bien presenta problemas geotécnicos debido tanto a la naturaleza arcillosa de los materiales (que conllevan localmente problemas de deslizamientos y de expansividad), como a la existencia de los yesos infrayacentes, que implican la circulación de aguas agresivas, hundimientos **(dolinas)** e, incluso, áreas colapsadas.

Zona II_7

Se trata de los conglomerados que constituyen la base del Páramo y que se presentan bordeándolo.

Litológicamente es un conjunto formado por conglomerados de cantos redondeados y cementados por una matriz calco-arcillosa, que alternan ocasionalmente con bancos de areniscas de pequeña potencia. Su competencia mecánica es apreciable y su capacidad de carga media varía entre 1,5 y 5 kg/cm^2.

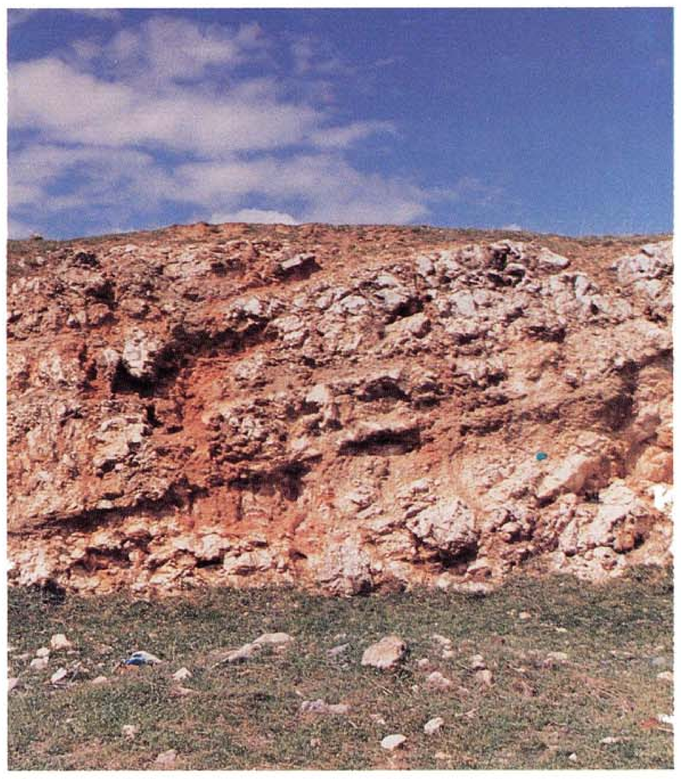
Los problemas geotécnicos son ocasionados por la circulación de agua, favorecida por la alta permeabilidad; y por las diferencias de comportamiento mecánico que supone en los suelos el estado sumergido o no, hechos que en algún punto han dado lugar a deslizamientos (Camporreal).

Zona II_8

Se localiza en el extremo oriental de la Comunidad y está formada por paquetes horizontales de calizas en bancos de un metro que, generalmente, se hallan recubiertos por arcillas rojas **(terra rossa)** con cantos, procedentes de la alteración química y fracturación de los paquetes calizos.

Están muy diaclasadas, por lo que en los bordes pueden presentarse desprendimientos de bloques.

Las características de fracturación y disolución, típicas de estos materiales, dan lugar a procesos de karstificación, por lo que hay cierto riesgo de que existan oquedades subterráneas o se produzcan hundimientos a favor de éstas.



Calizas del páramo con arcillas de decalcificación en la zona II_8 (Pozuelos del Rey)

AREA III

Engloba este área a las **rocas duras** localizadas en la Sierra, incluyendo tanto las plutónicas y metamórficas que forman el zócalo paleozoico, como las pequeñas bandas de calizas, margas y arenas del Mesozoico, diferenciándose cuatro zonas.

Granito descompuesto en la zona III_1 (Collado Mediano)

Zona III_1

Está formada por las rocas plutónicas (granitos, leucogranitos y adamellitas) que afloran en la Sierra.

Se trata de materiales de permeabilidad prácticamente nula y condicionada a la fracturación, y donde la meteorización provoca recubrimientos de arenas de grano grueso mezcladas con bolos.

Su competencia mecánica es muy elevada y los problemas geotécnicos quedan reducidos a las zonas en que se acumulan materiales de alteración.

Zona III_2

Aflora en el borde Norte de la Comunidad y está formada por gneises y ortogneises entre los que pueden presentarse micacitas y, en las proximidades de El Escorial, mármoles.

Su esquistosidad es acusada y la permeabilidad y los recubrimientos están ligados a la tectonización, tratándose de un conjunto de buenas condiciones resistentes.

Zona III_3

Situada en el vértice Norte de la Comunidad, está formada por un conjunto de filitas y pizarras micáceas entre las que pueden localizarse paquetes de cuarcitas.

Es un conjunto muy afectado por la esquistosidad, muy fracturado y que, debido a la tectonización, puede presentar, aisladamente, niveles de acumulación de agua que ocasionan problemas de drenaje.

Es igualmente la tectonización, cuando coincide con las pendientes topográficas, el factor ocasionante de las enormes acumulaciones de depósitos de alteración (coluviones y piedemontes) que dificultan el acceso a la roca sana y poseen una competencia mecánica sensiblemente inferior a la del substrato rocoso.

Zona III_4

Se han agrupado en esta zona las bandas mesozoicas que afloran entre Torrelaguna y Soto de El Real, así como los vestigios que aparecen en el borde de la Sierra al Suroeste de la Comunidad. Son unidades litológicas de naturaleza diversa, agrupadas por la dificultad de representación que supone su reducida extensión.

Está formada por una alternancia de arenas y areniscas de coloración blanquecina, poco resistentes a la erosión y coronadas por otra alternancia de calizas, dolomías y margas, todas de edad Cretácico Superior.

Aunque las arenas son inestables en algunos puntos, no se ha considerado este factor, ya que su falta de continuidad no es determinante para calificar la estabilidad de toda la zona.

Los problemas constructivos potenciales estarán determinados por la karstificación de los materiales carbonatados, que pudiera ser el factor desencadenante de colapsos en las estructuras, aunque no es de esperar que el problema sea frecuente (sin embargo no debe olvidarse la existencia de cuevas como la de El Reguerillo, en Patones). Pero si la karstificación no se manifiesta, estas rocas tienen excelentes condiciones resistentes.

Bibliografía

AYALA CARCEDO, F.J.; y ABAD FERNANDEZ, J. (1974).- **La cartografía geotécnica, estudio básico para el desarrollo.** Revista de Economía Industrial. Madrid.

ECHEVARRIA CABALLERO, M. (1973).- **Evolución histórica de los mapas geotécnicos en el mundo**. Boletín del IGME. Madrid.

ESCARIO, V. (1970).- **Los suelos de Madrid**. Laboratorio del transporte y Mecánica del Suelo. Publicación n^0 25. Madrid.

JIMENEZ SALAS, J.A. et al. (1971, 1976 y 1979).- **Geotecnia y cimientos**. 3 Vol. Ed. Rueda. Madrid.

TERZAGHI Y PECK, R.B. (1967).- **Mecánica de suelos en la ingeniería práctica**. El Ateneo. Buenos Aires.

RODRIGUEZ ORTIZ, J.M. et al. (1982).- **Curso aplicado de cimentaciones**. Servicio de Publicaciones del C.O.A.M. Madrid.

Documentación cartográfica utilizada

AYUNTAMIENTO DE MADRID (1984).- **Estudio de síntesis y planos geotécnicos a escala 1/10.000 del término municipal de Madrid**. Madrid (Inédito).

IGME (1972).- **Mapa geotécnico general. Escala 1/200.000** Hojas 5-7 (Toledo), 5-6 (Madrid), 5-5 (Segovia), 6-6 (Guadalajara-Cuenca) y 4-6 (Avila). Madrid.

IGME (1974).- **Mapa geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid**. Hojas 9-11 (San Lorenzo de El Escorial), 9-12 (Navalcarnero), 9-10 (Segovia), 10-9 (Riaza), 10-10 (Torrelaguna), 10-11 (Madrid), 10-12 (Getafe), 10-13 (Mora) y 11-11 (Guadalajara). Madrid.

IGME (1987).- **Estabilidad de taludes en las formaciones blandas de la Comunidad de Madrid**. Madrid.

3.5.- Energías renovables

Las fuentes de energía representan uno de los recursos más importantes de una región, y concretamente las fuentes energéticas de carácter renovable muestran posibilidades de utilización que dependen, fundamentalmente, de los factores descritos en los capítulos anteriores. Así, la energía solar presenta mayores o menores posibilidades en función de las condiciones climáticas, de la pendiente y de la orientación de la superficie; la energía eólica depende también de factores climáticos, etc.

La posibilidad de utilización en la Comunidad de Madrid de energías renovables de carácter estríctamente físico es una alternativa que cada vez cobra mayor interés y que está siendo objeto de amplios estudios por organismos oficiales y privados, a la vista de la potencialidad que ofrecen.

La Comunidad consumió en 1.984, en energía primaria equivalente, un total de 6,31 millones de toneladas equivalentes de petróleo (TEP), lo que supuso un gasto de más de 330.000 millones de ptas. Cada madrileño, por término medio, gastó algo más de 70.000 ptas. en energía, cifra en la que se incluyen los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, así como la electricidad.

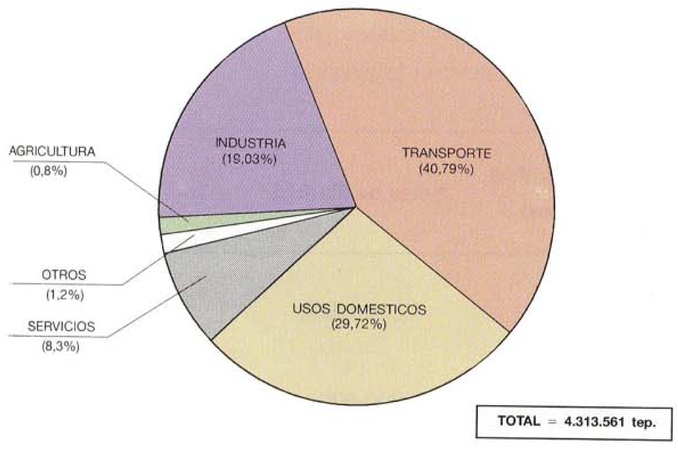
Madrid apenas produce energía (0,45% del consumo de energía primaria en 1.984), siendo su dependencia energética casi total. Por lo que se refiere al consumo final, lo más destacable, como se aprecia en el gráfico adjunto, es el bajo porcentaje que corresponde a la agricultura y a la industria, frente a un alto consumo del transporte, servicios y usos domésticos.

Del análisis del consumo se deduce que ciertos sectores de demanda actual y futura podrían ser cubiertos con la utilización de las energías renovables. Así, sólo la energía solar a baja temperatura podría llegar a sustituir teóricamente al 9,2% del consumo final.

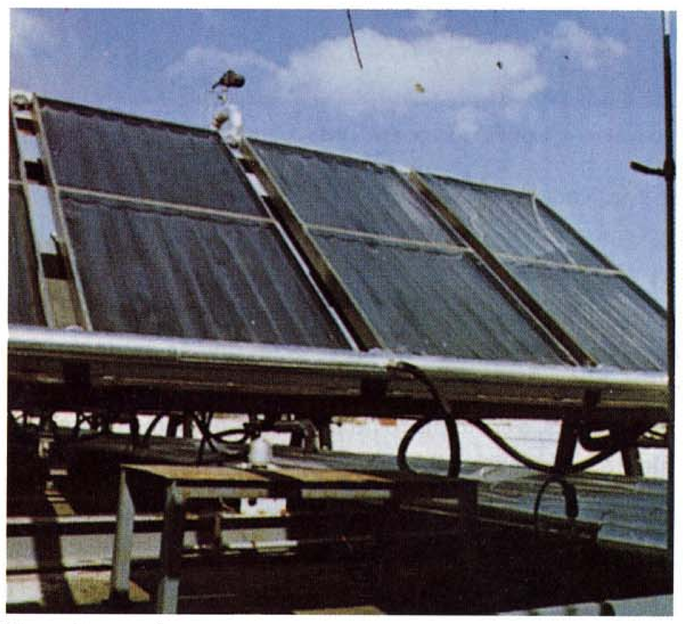
ENERGIA SOLAR

La Energía Solar es la fuente directa o indirecta de todas las energías renovables, así como de gran parte de las no renovables.

Consumo de energía en la Comunidad de Madrid en 1984 por sectores



Fuente: Comunidad de Madrid, (1985)



Paneles solares

El potencial solar en la Comunidad de Madrid se determina en base a los datos climáticos y/o radiométricos existentes en los observatorios situados dentro del territorio de la Comunidad y en sus proximidades.

Los valores medios anuales del potencial solar en el territorio de la Comunidad de Madrid se encuentran dentro de un rango que oscila entre 3,7 y 4,6 kwh/m²/día, resultando unos recursos anuales, en los 7.995 km² de la Comunidad, entre $0{,}9 \times 10^9$ y $1{,}5 \times 10^9$ TEP. Este potencial representa, aproximadamente, 200 veces la demanda energética actual total de la Comunidad.

Dentro de las aplicaciones posibles de la Energía Solar, están aquéllas en las que las tecnologías de conversión se encuentran, bien en fase comercial, bien en fase de ensayo y evaluación de resultados.

En fase comercial se sitúan las aplicaciones de la Energía Solar a baja temperatura (ESBT) y, en parte, la Energía Solar fotovoltáica (ESFV).

En fase de ensayo y evaluación de resultados se encuentran las aplicaciones de la Energía Solar a media y alta temperatura para la generación de vapor hasta 260 C⁰ para usos industriales, y generación eléctrica en plantas termosolares.

La ESBT tiene como aplicaciones:

a) Sector residencial y terciario: Producción de agua caliente sanitaria (ACS), calefacción de locales y piscinas climatizadas.

b) Sector Agrícola: Invernaderos, secadores de grano y calefacción de granjas.

c) Sector industrial: Precalentamiento de fluídos, calefacción de naves industriales y edificios auxiliares, y agua caliente para otros usos.

Los precios medios por metro cuadrado de superficie instalada referidos al año 1.984 son de 55.000 ptas, por lo que sólo son competitivos dentro del sector residencial y terciario los usos destinados al calentamiento de agua, y en aquéllos de medianos o grandes consumos.

El ahorro posible en el sector de calentamiento de agua se estima en un 40-60% para la Comunidad de Madrid en el sector doméstico (la Comunidad de Madrid consume 280.000 TEP/año para la producción de ACS) y en el sector servicios (se consume del orden de 60.000 TEP/año en agua caliente).

En el sector agrícola la implantación de los sistemas activos de Energía Solar es escasa o marginal, aunque se ha estimado una demanda potencial futura que producirá un ahorro de 2.700-4.000 TEP/año. El aprovechamiento pasivo de la Energía Solar en invernaderos, y el secado mediante exposición directa, han sido técnicas tradicionales y de gran uso potencial con los nuevos materiales y diseños.

En el sector industrial, el mayor potencial de la demanda lo constituye el precalentamiento de fluídos que intervienen en procesos térmicos hasta una temperatura de 70-80^0 C.

Actualmente el estado de implantación de esta tecnología en la industria es escaso y hay pocos datos reales de su utilización. Sin embargo, la demanda potencial a medio plazo, atendible por Energía Solar a media temperatura para procesos térmicos en la industria, se estima en 130.000 TEP/año.

La Energía Solar fotovoltáica (ESFV) puede tener utilidad en aplicaciones de muy baja potencia (hasta 10 WP) y baja potencia (hasta 10 KWP), como son viviendas aisladas y electrificación rural, aplicaciones agrícolas y ganaderas, alimentación de equipos de comunicación, señalización y estaciones remotas.

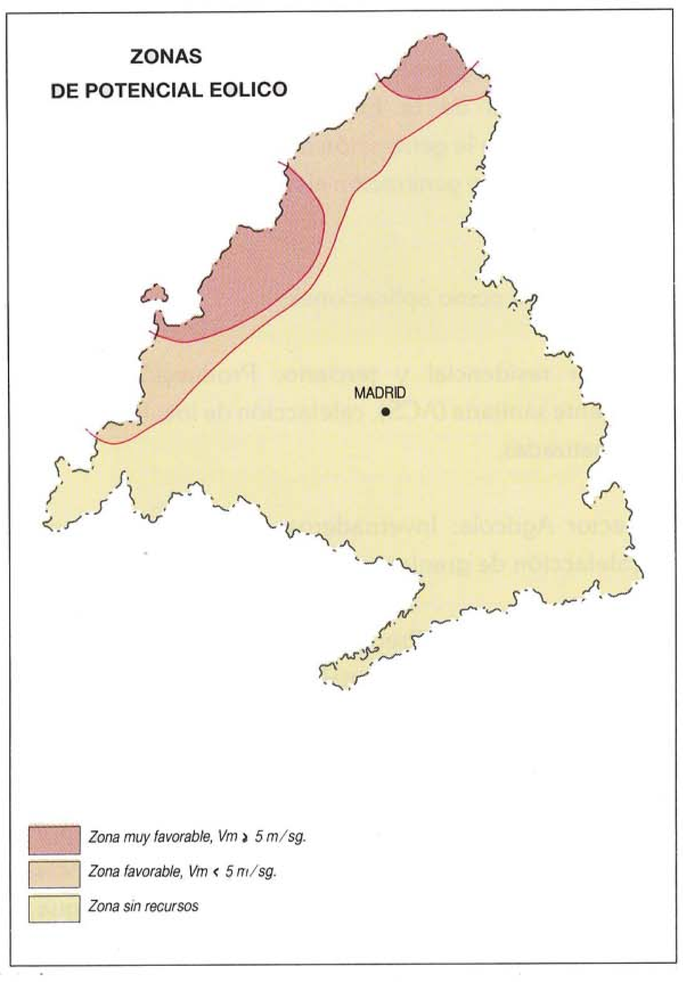
Estudios sobre su utilización están siendo llevados a cabo por el Instituto de Energías Renovables del CIEMAT-JEN.

En las aplicaciones agrícolas y ganaderas puede ser competitiva frente a los grupos electrógenos de pequeña potencia para riego y otros usos. Su posibilidad de utilización depende de su rentabilidad económica, y para llegar a niveles de competitividad el aumento anual del coste de la energía debe superar el 15%; pero no sucede lo mismo con otras aplicaciones como iluminación, vigilancia, etc., donde, para ser competitiva, el índice del coste solo debe superar el 8% de aumento anual.

ENERGIA EOLICA

En el área de la Comunidad no se dispone de datos suficientes y fiables para evaluar el potencial eólico, pero una primera aproximación permite afirmar que existen zonas favorables en parte de la Sierra de Guadarrama.

A medio y largo plazo, el potencial eólico regional podría ser aprovechado mediante aerogeneradores de mediana potencia conectados a la red, así como por aerogeneradores pequeños susceptibles de ser utilizados en electrificación rural aislada, segunda residencia, bombeo de agua, regadíos etc.



Aprovechamiento eólico tradicional. Campo de Criptana.

ENERGIA GEOTERMICA

Los yacimientos geotérmicos se clasifican en función de la temperatura que alcanzan sus aguas.

Se definen como de baja entalpía cuando la temperatura no supera los 100^{0}C; de media cuando la temperatura se sitúa entre 100 y 150^0 C (vapor); y de alta entalpía cuando la temperatura es superior a 150^0 C.

A efectos de aprovechar el calor contenido en el acuífero es necesario hacer una perforación hasta el foco térmico, y si hay que devolver el agua al yacimiento se hace inyectando el agua ya enfriada por otro pozo situado a la distancia requerida por el yacimiento, denominándose al conjunto de los dos pozos doblete geotérmico.

geotermia podría aportar unas 30.000 TEP al balance energético madrileño, fundamentalmente para calefacción y agua caliente sanitaria.

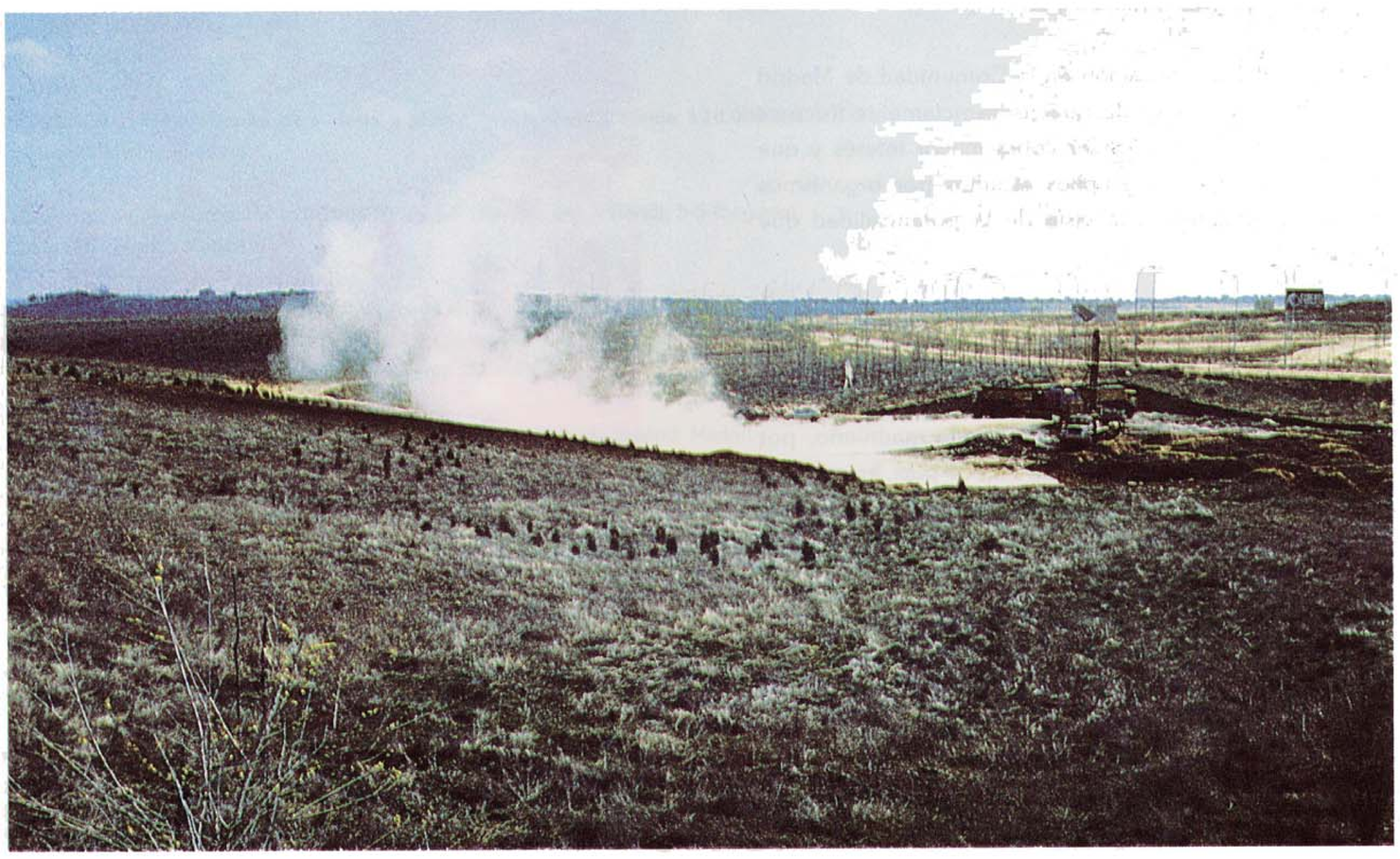
En la Comunidad se han realizado varios sondeos con diversos resultados.

El sondeo petrolífero de Tielmes abrió la posibilidad, posteriormente no confirmada, de almacenes geotérmicos en el Cretácico. También fueron positivas las pruebas realizadas en el sondeo petrolífero Pradillo n^0 1 y en el sondeo perforado en Tres Cantos por el IGME, y posteriormente se efectuó el sondeo de San Sebastián de los Reyes, promovido por ENADIMSA, con resultados también positivos pero sin alcanzar los mínimos económicos hoy requeridos.

Por los resultados de los sondeos se deduce que de los yacimientos geotérmicos localizados en la cuenca de Madrid solamente es interesante la formación detrítica terciaria (Oligoceno-Mioceno), pues las formaciones carbonatadas cretácicas, aunque se encuentran a elevada temperatura (140^0 C en el sondeo Pradillo), tienen una permeabilidad muy baja.

La profundidad del techo de la formación detrítica considerada, su espesor y su temperatura, varían según se indica en la tabla siguiente:

En ella se observa que el espesor de almacén existente es muy variable, oscilando desde los 50 m al Sur de Madrid (Pinto y Arganda) hasta quizá los 600 m en el área de Tres Cantos, próxima a la Sierra de Guadarrama.



Sondeo geotérmico en Tres Cantos

Las aplicaciones del calor así captado dependen del nivel de temperatura a que se encuentre el agua.

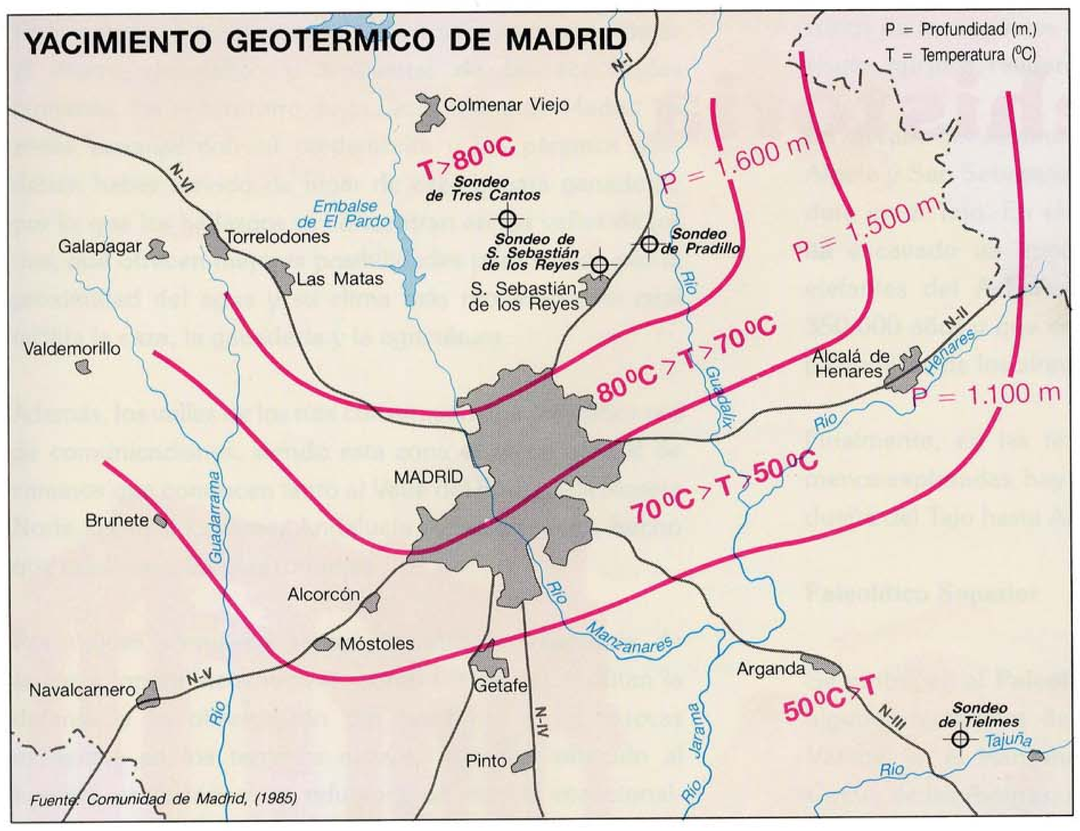
En el área de la Comunidad de Madrid se han estudiado, hasta el momento, los recursos geotérmicos existentes en la zona Norte de Madrid y, aunque los resultados son interesantes, a corto plazo no parece factible un aprovechamiento económicamente rentable de esta energía.

A medio plazo, y en base a que Madrid parece contar con un buen mercado potencial, la Energía Geotérmica puede ser una alternativa energética válida en toda la zona Norte de la Comunidad (Majadahonda, Aravaca, Las Rozas, Fuencarral, Mirasierra, etc.). Así, para el año 2.000 la

La temperatura estimada para el acuífero, en base a los datos de gradiente geotérmico y profundidad, varía desde los 50^{0}C en las zonas más al Sur, hasta más de 90^{0}C en las zonas del Norte, más profundas.

En cuanto a la calidad química del agua, es muy variable en función de la profundidad del acuífero y se encuentra entre 20.000 y 100.000 ppm de sólidos disueltos, por lo que en todos los casos se estima necesaria la explotación mediante dobletes, los cuales, por otra parte, resultan necesarios para mantener la presión.

CARACTERISTICAS	Sur de Madrid (Pinto y Arganda)	Este de Madrid (Autopista Barajas)	Oeste de Madrid (Móstoles)	Norte de Madrid	Tres Cantos
Profundidad del techo (m)	700	1.300-1.700	1.300-2.000	1.500-2.500	—
Espesor (m)	50	130-250	150-250	200-600	600
Temperatura (T°)	50	80°	70-90°	> 80°	> 90°



Puntos interesantes que podrían hacer factible su explotación bajo ciertos condicionantes técnico-económicos son las inmediaciones de la autopista de Barajas, donde el acuífero podría tener temperaturas de 75-80ºC, así como las áreas próximas a la carretera de Extremadura (pueblo de Móstoles) donde el acuífero podría presentar los valores indicados en la tabla.

En cuanto a la productividad esperada, a la vista de las pruebas realizadas en los sondeos Pradillo, Tres Cantos y San Sebastián de los Reyes, y sólo a nivel orientativo, se puede indicar que la producción de un sondeo sería del orden de 150-250 m³/hora, con nivel dinámico de los acuíferos situado entre 150 y 300 m de profundidad.

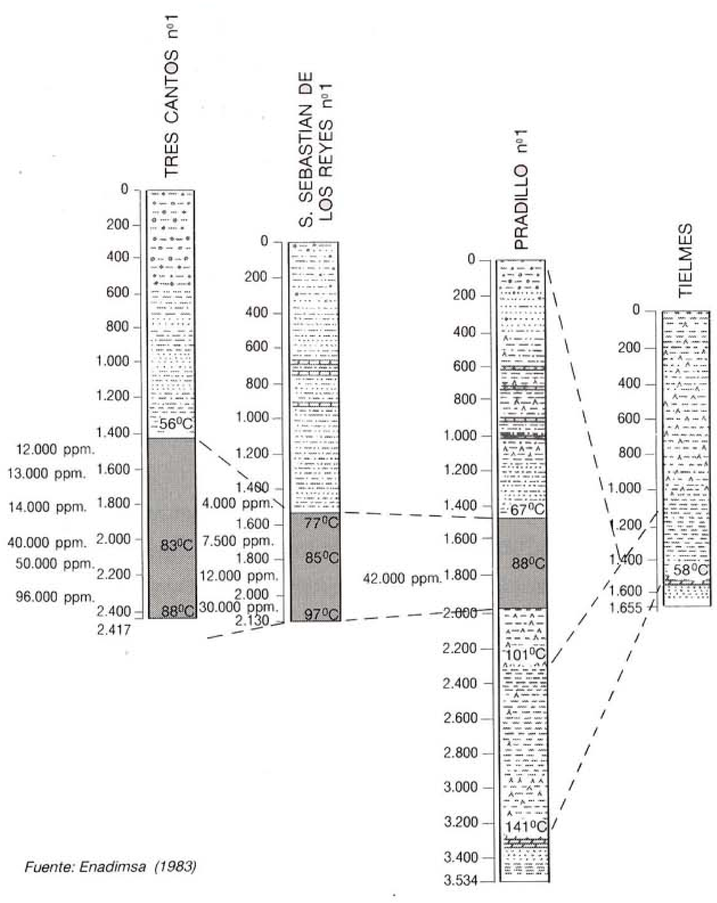
Hay que hacer notar que por encima de esta formación existen otras, también permeables y con posibilidades acuíferas, pero a temperaturas menores de 40ºC, por lo que podrían también explotarse energéticamente con el empleo de bomba de calor.

ENERGIA HIDROELECTRICA

El panorama de aprovechamiento hidroeléctrico en la Comunidad de Madrid está muy directamente relacionado, dentro de sus posibilidades, con la utilización del agua para usos agrícolas y abastecimientos urbanos, prevaleciendo, en caso de conflicto, la utilización para riegos y abastecimientos sobre el uso hidroeléctrico.

En el territorio de la Comunidad existen un total de 26 centrales hidroeléctricas de las que sólo hay siete en funcionamiento, ya que a lo largo de los últimos 25 años se han ido cerrando o han dejado de funcionar las otras 19. La principal razón de estos cierres ha sido su poca competitividad frente a las grandes centrales termoeléctricas, basada sobre todo en el envejecimiento de los equipos y en los altos costes por la muy escasa automatización de sus instalaciones.

Correlación entre columnas de los sondeos efectuados

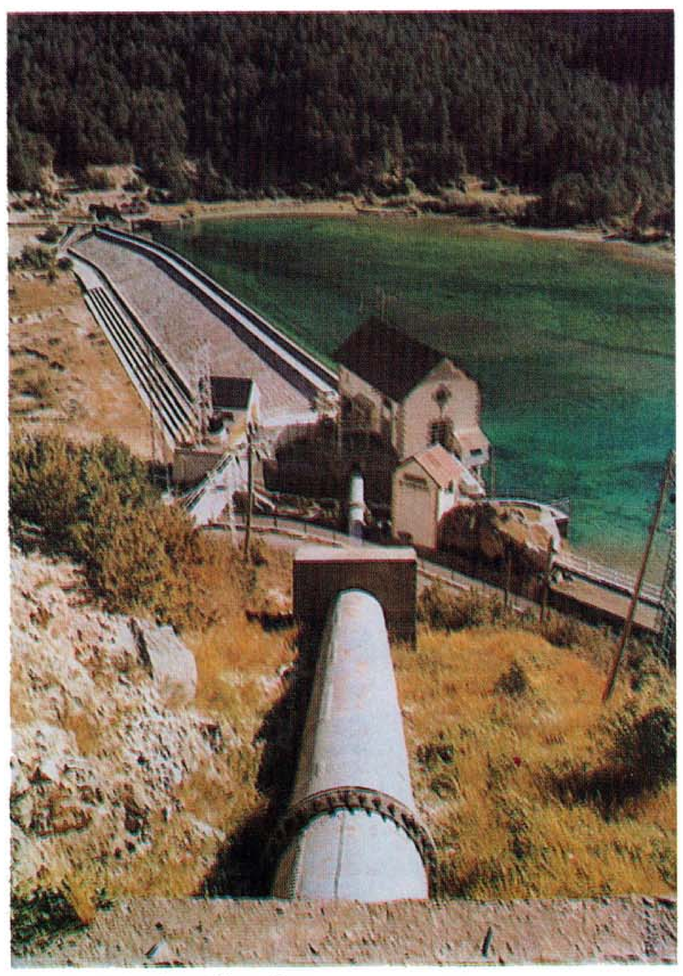


Las Centrales en funcionamiento son las siguientes:

- El Paular
- Buenamesón
- Navallar
- Torrelaguna
- San Juán
- Las Picadas
- Valderribas

Actualmente se plantea la utilización del potencial técnicamente aprovechable de centrales pequeñas (entendiendo por tales aquellas instalaciones con una potencia comprendida entre 250 kw y 5.000 kw) a la vista de las innovaciones tecnológicas existentes (automatización y estandarización de los grupos generadores) y de los precios de los combustibles.

En este sentido parece que, al menos, las tres centrales situadas sobre el río Tajo: Embocador (U.E-Fenosa), Mejías (Elect. Mejías) y Estremera (Hidrola), muestran una clara viabilidad de puesta en funcionamiento. Por ello está en marcha un plan de rehabilitación de las mismas, que supondría una potencia instalada conjunta de 2.013 kw.



Central hidroeléctrica

Bibliografía

CONSEJERIA DE ORDENACION DEL TERRITORIO, MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA (1985).-**Posibilidades de energías renovables en el territorio de la Comunidad de Madrid**. Comunidad de Madrid. (Inédito).

ENADIMSA (1983).- **Evaluación de los recursos geotérmicos en la cuenca de Madrid**. Madrid.

IGME (1985).- **La energía geotérmica**. Madrid.

SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES (1986).- **Plan de energías renovables**. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.

3.6.- Arqueología y Prehistoria

El amanecer de la Historia del Hombre está íntimamente relacionado con la evolución geológica, siendo necesario mirar hacia atrás, a los últimos once millones de años de la Era Cenozoica, para comprender el mundo físico que la humanidad iba a heredar.

Mientras que el escenario geográfico en el que se iba a iniciar la representación de la historia humana tomaba forma durante la Era Cenozoica, otro tanto sucedía con los seres vivientes, siendo lo más destacado el apogeo de los mamíferos con una tendencia muy significativa: el aumento de la masa cerebral.

Desde este punto de vista, los primates y el Hombre no hicieron más que seguir las líneas generales de los mamíferos.

Pero un factor primordial en el desarrollo del Hombre lo interpretó el clima, con las fuertes variaciones acaecidas hace 700.000 años, cuando aparecía el género **Homo**. El primer enfriamiento gradual de la Tierra, seguido de tres grandes etapas glaciares e interglaciares, supuso un reto para la supervivencia y un factor selectivo de las especies, acelerando los procesos de adaptación y la evolución del Hombre. Muchas especies, más robustas y resistentes que la humana, sucumbieron ante estas variaciones, y fué el cerebro del hombre, que aumentaba de volumen a medida que se enfrentaba a nuevas pruebas, el que hizo posible su supervivencia.

Por todo ello, la Prehistoria del Hombre se encuentra extrechamente relacionada con las formaciones geológicas recientes (sedimentos de ríos, lagos, etc), pues sus asentamientos estaban condicionados por el clima y por espectativas de supervivencia tales como abundante caza y pesca, vegetación, cuevas donde guarecerse del frío, etc., y de hecho los estudiosos de la Arqueología y Prehistoria han de acudir con frecuencia al conocimiento de ciertos rasgos geológicos para conocer las condiciones ambientales en las que se desenvolvía la vida del hombre.

Análogamente, los datos arqueológicos proporcionan información muy útil sobre las características climáticas y de otros tipos en el pasado, constituyendo aportaciones valiosísimas para la comprensión de los procesos geológicos que han originado distintas formas y materiales.

En el cuadro adjunto se han correlacionado los datos geológicos, de flora y fauna con los evolutivos del Hombre y los arqueológicos.

Madrid ofrece una gran riqueza de yacimientos y una larga tradición en estudios prehistóricos, lo cual explica la importancia de su carta arqueológica. Aunque la ciudad no ofrezca un orígen muy antiguo ni romano ni celtibérico, sin embargo su proximidad ha permitido descubrir desde el siglo XIX el yacimiento de Manzanares, uno de los más importantes de toda Europa y al que se añade casi un millar de otros hallazgos prehistóricos repartidos por toda la Comunidad, a pesar de lo cual algunas zonas de la mísma permanecen hoy todavía prácticamente inexploradas desde el punto de vista arqueológico.

Todo resto arqueológico representa un documento histórico del pasado que, independientemente de su posible valor crematístico o artístico, permite reconstruir con toda objetividad las actividades y la vida de los hombres a los que corresponde. Así es como el arqueólogo reconstruye el pasado.

Hachas del Achelense final. S. Isidro (Madrid)

En la investigación arqueológica es fundamental considerar el marco geográfico y ambiental de las actividades humanas. En el territorio de la Comunidad de Madrid las zonas serranas con su piedemonte y los páramos solo deben haber servido de lugar de caza o para ganadería, por lo que los hallazgos se concentran en los valles de los ríos, que ofrecen mejores posibilidades para la vida por la proximidad del agua y su clima más moderado, lo cual facilita la caza, la ganadería y la agricultura.

Además, los valles de los ríos constituyen una magnífica red de comunicaciones, siendo esta zona el cruce natural de caminos que conducen tanto al Valle del Ebro y a la Meseta Norte como a Levante, Andalucía y Extremadura, hecho que confirman las vías romanas.

Por último, conviene tener presente la existencia de factores topográficos locales, como cerros que facilitan la defensa y la observación del territorio, y las cuevas existentes en los terrenos calizos, que han ofrecido al hombre prehistórico un refugio y un marco intencionalmente buscado para sus actividades rituales y funerarias.

Se tiene así, que tanto el asentamiento del Hombre como el desarrollo de sus distintas actividades estuvieron condicionados, desde los tiempos más antiguos, por el marco físico resultante de la evolución geomorfológica de la región. Las fluctuaciones climáticas de los tiempos paleolíticos-neolíticos dieron lugar a variaciones de las condiciones físicas que se reflejaron en cambios florísticos y faunísticos y, por supuesto, en cambios de asentamiento y de actividades por parte de los seres humanos.

Paleolítico Inferior y Medio

Fué en 1.862 cuando Casiano de Prado identificó por primera vez al Paleolítico en Madrid, y desde entonces no han dejado de producirse hallazgos a favor de la explotación de graveras para la construcción en las proximidades de Madrid.

La mayor concentración de ellos se sitúa en el Manzanares, desde San Isidro hasta su desembocadura en el Jarama; y su importancia se explica por lo abrigado del valle, el tamaño medio del río y la riqueza de la zona en sílex, valiosa materia prima para fabricar utensilios.

También se han señalado entre Vallecas, Coslada y Riba de Jarama industrias de superficie interpretables como talleres de sílex.

El conjunto de hallazgos se sitúa cronológicamente desde el **Achelense Medio** hasta el **Musteriense** (350.000 a 30.000 años A.C.) y constituyen, en su conjunto, uno de los más importantes yacimientos paleolíticos del mundo.

Por su relevancia destaca el yacimiento de San Isidro, el más antiguo descubierto y el más famoso. Otros lugares renombrados son El Sotillo, Orcasitas, Las Delicias y los areneros de Trasfesa, Oxígeno, La Aldehuela y Arriaga.

En la mayoría de ellos se han determinado lugares de ocupación dedicados a la caza de grandes mamíferos, con restos de fauna, útiles de piedra como bifaces o hachas de mano, núcleos, raederas, lascas, etc.

En el Valle del Jarama se han encontrado hallazgos desde Algete y San Sebastián de los Reyes hasta su desembocadura en el Tajo. En el yacimiento de Aridos (Arganda) se ha excavado un importante lugar de descuartizado de elefantes del **Achelense Medio,** fechado hace más de 350.000 años y que es una de las más antiguas industrias paleolíticas de los alrededores de Madrid.

Finalmente, en las terrazas del Tajo, peor conocidas y menos exploradas, hay hallazgos esporádicos desde Fuentidueña del Tajo hasta Aranjuez.

Paleolítico Superior

Se atribuyen al **Paleolítico Superior** (desde 30.000 A.C.) algunos materiales de los areneros de El Sotillo y Los Vascos, en el Manzanares, y los restos solutrenses de la Cueva de las Avispas, mientras que en la Cueva de Pinilla del Valle apareció un diente humano y en la del Reguerillo existen posibles grabados rupestres, evidenciando todo ello la mayor importancia de los yacimientos en cueva a partir de este período.

Mesolítico

Peor conocido es el **Mesolítico** o **Epipaleolítico** (desde 8.000 A.C.), correspondiente al final de las culturas de pueblos cazadores, ya contemporáneas del período climático actual y diferente de los períodos glaciares en que se desarrolla el Paleolítico.

No hay evidencia de hallazgos de este período, si bien pudieran corresponder al mísmo algunos talleres de sílex superficiales.

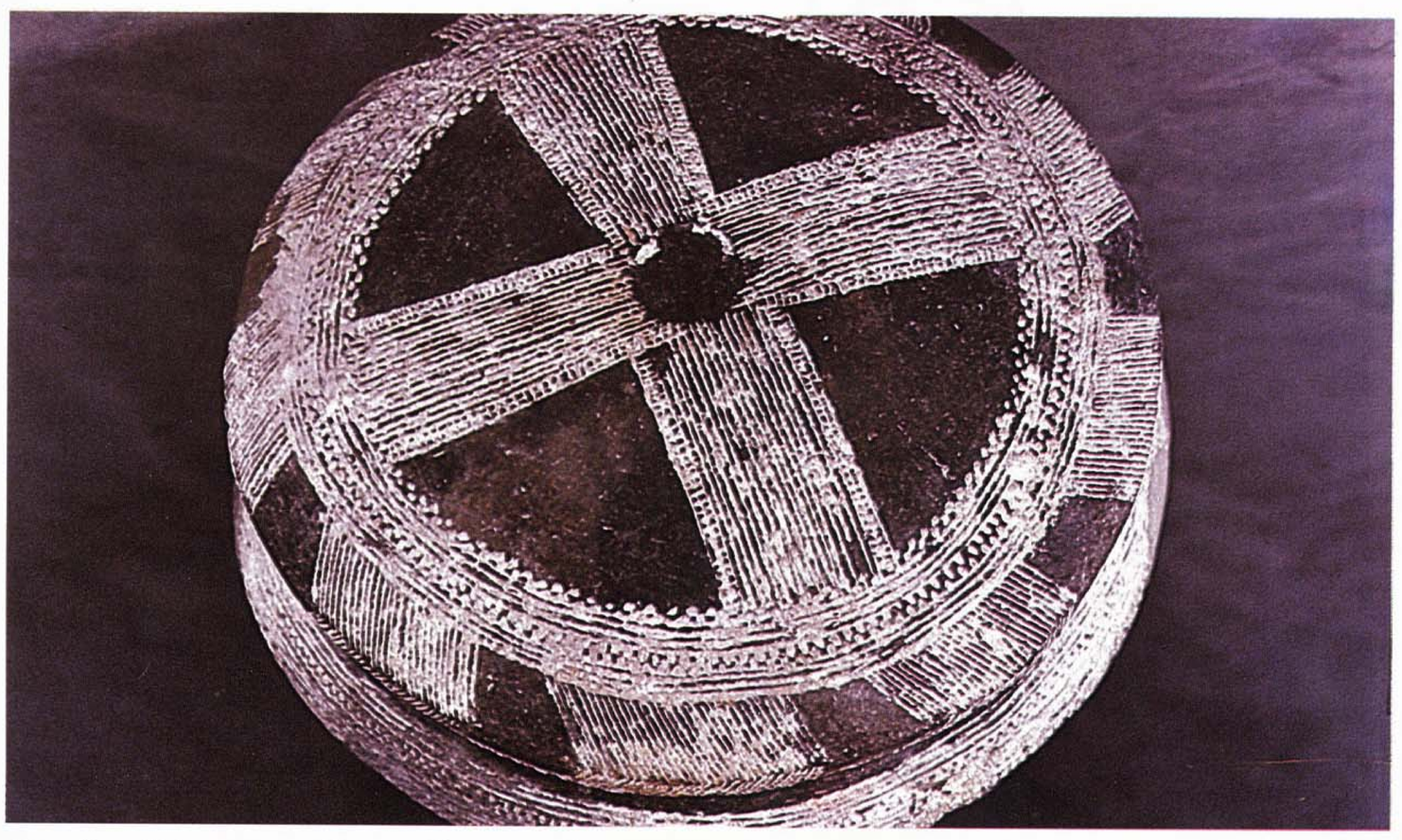
Neolítico

Se caracteriza por la aparición de la agricultura y la ganadería como nuevas formas básicas de subsistencia, así como por la introducción de la cerámica y el pulimento de la piedra como elementos más característicos.

Las más antiguas cerámicas neolíticas de la Meseta parecen remontarse al IV milenio A.C. y se caracterizan por formas cerradas y, en especial, por decoraciones incisas. Estos materiales son raros y en la Comunidad de Madrid se encuentran en la Cueva del Aire, así como en algunos hallazgos dudosos de las terrazas del Manzanares, que evidencian el inicio de la tradición de los fondos de cabañas.

Edad del Bronce

Esta etapa está mucho mejor representada, caracterizándose por poblados de fondos de cabañas, llamados así los yacimientos que aparecen en llanuras aluviales o de los páramos y que se componen de hoyos cavados en el terreno, rellenos de detritus y restos arqueológicos, y que suponen la iniciación a lo largo del III milenio A.C. de formas de vida que perduraron hasta plena Edad del Hierro.



Vaso Eneolítico campaniforme. Ciempozuelos

La industria lítica es pobre y la cerámica se caracteriza por formas lisas, generalmente abiertas, o cuencos de pared reentrante que se consideran contemporáneas de los albores de la metalúrgia.

El **Campaniforme** está caracterizado por ricas cerámicas decoradas y representa la definitiva introducción de la metalúrgia, hecho atestiguado por el hallazgo de un crisol de fundición en El Ventorro. A este período corresponden los yacimientos de Cantarranas, Las Carolinas, El Sotillo, Esgaravita, Ecce Homo, Cerro de La Cervera, Tejar del Sastre y los areneros de Euskalduna, Loma de Chiclana y Valdivia, donde se descubrió una sepultura individual. Pero el yacimiento más destacable es el de Ciempozuelos, consistente en una necrópolis que por su riqueza ha dado nombre a todo un estilo de esta cerámica.

También se atribuye a esta época el importante yacimiento de la Cueva de Estremera y del poblado y cueva de Juan Barbero (Tielmes) que evidencian la existencia de enterramientos colectivos en cueva.

Digno de destacar es un dólmen, hoy destruído, en Entretérminos, cuyo ajuar evidencia su uso hasta el período Campaniforme Inicial. Su interés estriba en ser el único monumento de este tipo dedicado a enterramiento colectivo que se ha encontrado en esta zona de la Meseta.

De la posterior Edad del Bronce destaca la espada de la Perla, del **Bronce Medio**, y los enterramientos en urna de los areneros de Euskalduna y del Tejar del Sastre, que pueden suponer contactos con la **Cultura de El Argar**.

Aspecto importante de esta etapa es la continuidad cultural. Se siguen utilizando cuevas como la de Estremera o la del Aire; pero lo más característico son los fondos de cabañas, que a partir de este período aparecen abundantemente en las llanuras aluviales, en los páramos y en sitios elevados (Ecce Homo, El Viso, etc.).

Vaso exciso - inciso (urna). Manzanares

En estos poblados es cada vez más frecuente la aparición de cerámicas decoradas incisas y excisas, que caracterizan la **Cultura de Cogotas I**, la cual perdura hasta la **Edad del Bronce Final** y que por su personalidad han llamado poderosamente la atención. Sin embargo los objetos metálicos son raros, habiéndose encontrado solamente un hacha de bronce en Meco y un brazalete de oro en el arenero de La Torrecilla, ambos de la **Edad del Bronce Final.**

Edad del Hierro

La Edad del Hierro representa las últimas evoluciones culturales de la etnia prerromana, que en esta zona corresponde a los Carpetanos.

La Cultura de Cogotas I es substituída al final de la Edad del Bronce (inicios del I milenio A.C.) por cerámicas lisas, a veces carenadas, o por cerámicas decoradas con incisiones o pintadas de colores rojo y amarillo, que se han

Brazalete. Torrecilla, Getafe

atribuído a la Edad del Hierro, aunque este metal no aparece utilizado normalmente hasta mucho después. Estos materiales se encuentran en Ecce Homo, Perales del Río, arenero de La Aldehuela, en el Manzanares, etc.; esto es, en los mismos valles de los ríos que los yacimientos de fondos de cabañas, tan característicos de todas las culturas con metalúrgia.

En torno al siglo VI A.C. aparecen los primeros elementos de hierro asociados a cerámicas lisas con formas de casquete y troncocónicas, seguramente influenciadas por la **Cultura de los Campos de Urnas**, que se caracteriza por la incineración y deposición de los restos en una urna y debió influir al menos en los ritos funerarios, pues a partir de este momento se generalizan en la Meseta las necrópolis formadas por urnas cinerarias de cerámica, conocidas como necrópolis celtibéricas, si bien en Madrid sólo se conoce una sepultura en La Torrecilla (Getafe).

Lo más característico es la aparición, en la segunda mitad del último milenio, de la cerámica hecha a torno y de pastas claras de influencia ibérica, que se conoce como **cerámica celtibérica.** Se encuentra en fondo de cabañas en llanuras aluviales siguiendo la tradición anterior (Cantarranas, zona del Manzanares y de Perales a Carabaña).

También son novedad los poblados elevados, que perduran prácticamente hasta la romanización. El más conocido es el Cerro del Viso, la antigua **Complutum**, que debió controlar toda la zona baja del Henares incluído el Ecce Homo, que a partir de ese momento se despuebla.

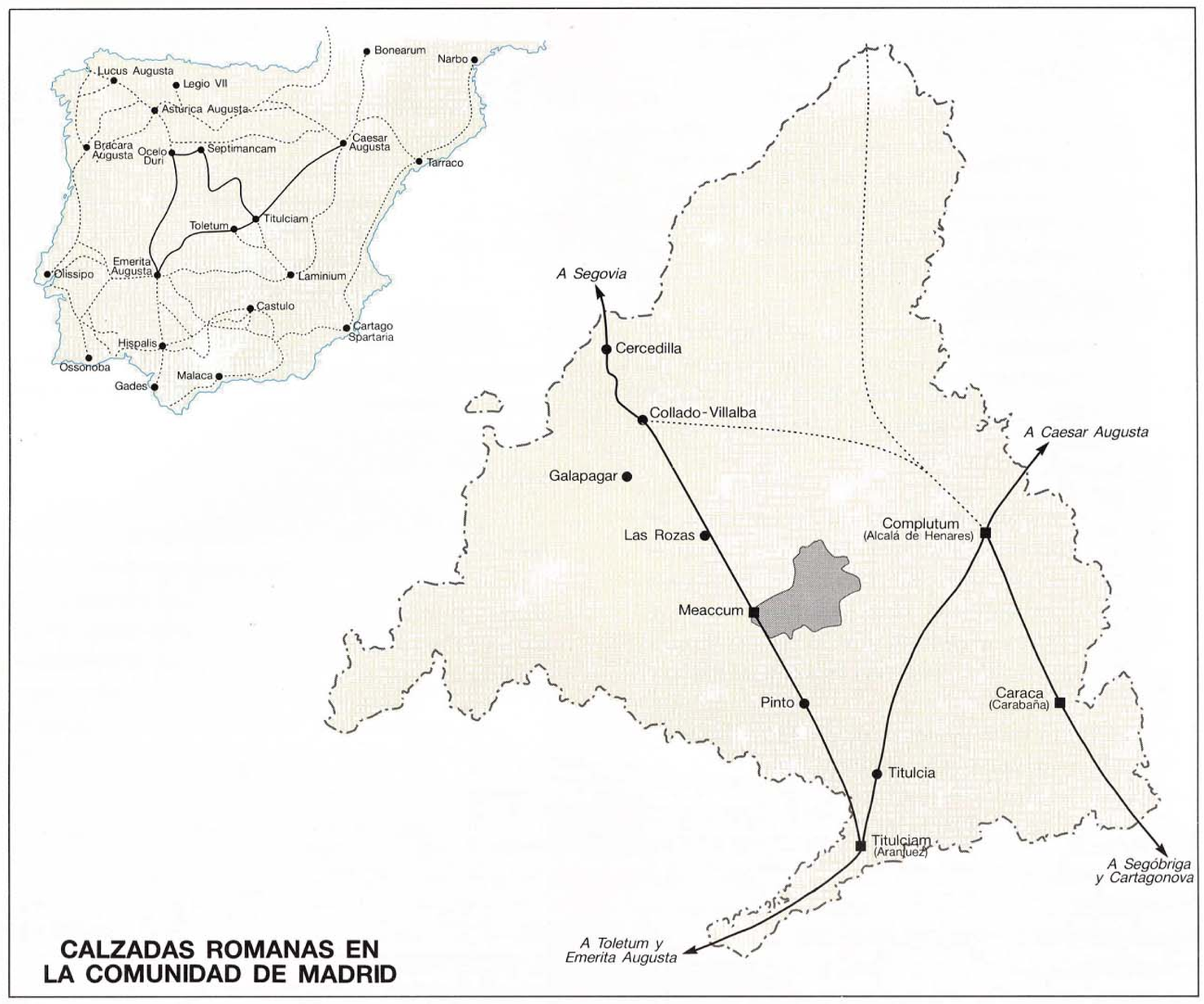
Algunos **castros** son de gran extensión, como el de la Dehesa de la Oliva, de unas diez hectáreas y con calles bien trazadas. Otros son más pequeños, como el de Titulciam y el del Cerro Redondo, de donde procede la fíbula más hermosa de la Comunidad de Madrid.

Otros restos interesantes son los habitats rupestres de Perales de Tajuña, a los que tal vez hace referencia un conocido episodio de "Las Guerras" de Sertorio.

En estos yacimientos, además de las cerámicas celtibéricas aparecen, esporádicamente, cerámicas griega ática, itálica, helenística o ibérica andaluza de barniz rojo, lo cual evidencia la apertura creciente de estas comarcas del interior peninsular a las corrientes comerciales y culturales del Mediterráneo, que alcanzan su máxima expresión con la conquista romana, la cual representa la apertura de estas tierras a la Historia escrita dentro de una nueva etapa cultural que representa el final de la Prehistoria.

La Romanizacion

La llegada de los ejércitos de Roma a la Carpetania a partir del año 182 A.C. inicia la etapa en la que esta región

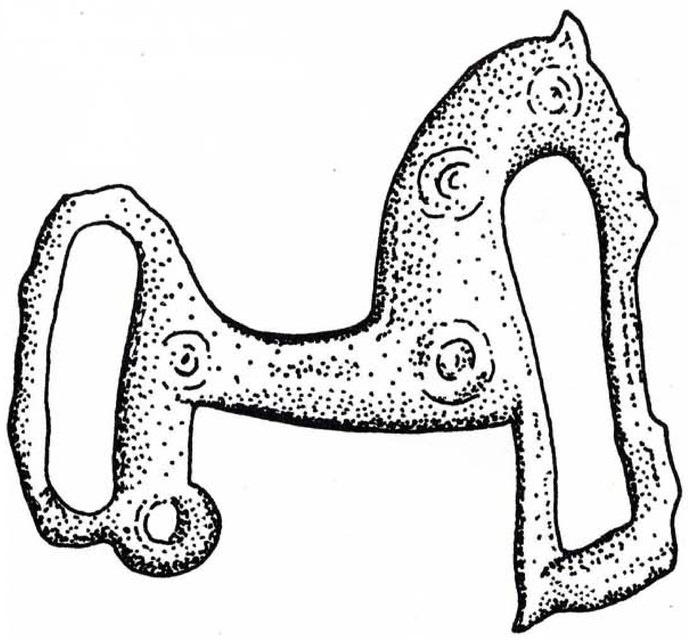


CALZADAS ROMANAS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

acabará siendo absorbida política, económica, social y culturalmente por Roma. Este complejo fenómeno, que se conoce como **romanización**, representa la incorporación de estas tierras a la superior cultura urbana que Roma representa y se produce, al mismo tiempo, una deculturación de las tradiciones indígenas, que tienden a desaparecer, salvo algunos elementos que perduran asimilados a la cultura romana.

Los primeros indicios de la presencia romana son las cerámicas campanienses o itálicas, que aparecen ocasionalmente en poblados indígenas, traídas por los romanos.

La romanización representa, pues, un profundo cambio cultural, con transformaciones tan significativas como la aparición de centros rurales de explotación agraria intensiva, las famosas villas romanas, o de poblaciones en llano junto a las vías de comunicación y en las tierras más productivas. El mejor ejemplo de ello es Complutum (Alcalá de Henares), única ciudad de la Comunidad de Madrid cuya población prerromana, situada en el Cerro de El Viso, desciende a la llanura del Henares. Así se explica el profundo cambio en el registro arqueológico que supone el final de la Prehistoria y el paso al Mundo Romano y Medieval en esta Comunidad.



Fíbula celtibérica de bronce

Otro hecho igualmente muy destacado es la construcción de las **vías romanas**, que atraviesan el territorio y lo comunican con el resto del imperio. Por la Comunidad de Madrid cruza el gran eje que unía Tarraco (Tarragona) y Caesar Augusta (Zaragoza) con Emerita Augusta (Mérida), pasando por Complutum (Alcalá de Henares) y Titulcia, cerca de Aranjuez. Pero el tramo mejor conservado corresponde a la vía que cruza la Sierra de Guadarrama, cerca de Cercedilla, hacia Segovia. Un ramal secundario va desde Complutum hasta Cartagonova (Cartagena) pasando por Segobriga (Saelices, Cuenca) y otro, muy probablemente, saldría de Complutum para enlazar con la citada vía de Cercedilla o cruzar el Puerto de Somosierra

Consideraciones Finales

El análisis de los yacimientos prehistóricos de la Comunidad de Madrid permite exponer algunas consideraciones de interés.

En primer lugar, destaca su concentración en las vegas de los ríos y el hecho de que los más de mil yacimientos arqueológicos inventariados deben considerarse solo una parte de los probablemente varios miles existentes. Estas cifras revelan la riqueza de Madrid y sus alrededores en yacimientos arqueológicos y su interés para el hombre prehistórico.

En segundo lugar, hay que resaltar la necesidad de salvaguardar estos restos arqueológicos ante el inminente peligro que representa la proximidad de Madrid y de los grandes núcleos urbanos, que transforman la superficie en la que hasta ahora se habían conservado.

Por último, todos debemos asumir nuestra responsabilidad ante las generaciones futuras de colaborar en la conservación de estos vestigios, cuya pérdida es irreparable para un mejor conocimiento de la Historia del Hombre.

Bibliografía

ALMAGRO-GORBEA, M. et al. (1985).- **Presente y futuro de la prehistoria madrileña**. Madrid, Objetivo Cultural. Madrid.

ALMAGRO-GORBEA, M. y FERNANDEZ-GALIANO, D. (1980).- **Excavaciones en el cerro Ecce Homo**. Arqueología, nº 2. Madrid.

CABALLERO, L. (1984).- **Inventario de los yacimientos de valor arqueológico y delimitación cartográfica de sus áreas de protección** (Inédito). Comunidad de Madrid.

COMUNIDAD DE MADRID (1987).- **130 Años de arqueología madrileña**. Madrid.

DIPUTACION PROVINCIAL DE MADRID (1979).- **I Jornadas de estudios sobre la provincia de Madrid**. Madrid.

DIPUTACION PROVINCIAL DE MADRID (1980).- **II Jornadas de estudios sobre la provincia de Madrid**. Madrid.

MARTINEZ NAVARRETE, M.I. (1984).- **El comienzo de la metalurgia en la provincia de Madrid: el cerro y la cueva de Juan Barbero (Tielmes, Madrid)**. Trabajos de Prehistoria, nº 41. Madrid.

MUSEO MUNICIPAL (1982).- **I Estudios de prehistoria y arqueología madrileña**. Madrid.

MUSEO MUNICIPAL (1983).- **II Estudios de prehistoria y arqueología madrileña**. Madrid.

MUSEO MUNICIPAL (1984).- **III Estudios de prehistoria y arqueología madrilena**. Madrid.

MUSEO MUNICIPAL (1985).- **IV Estudios de prehistoria y arqueología madrileña**. Madrid.

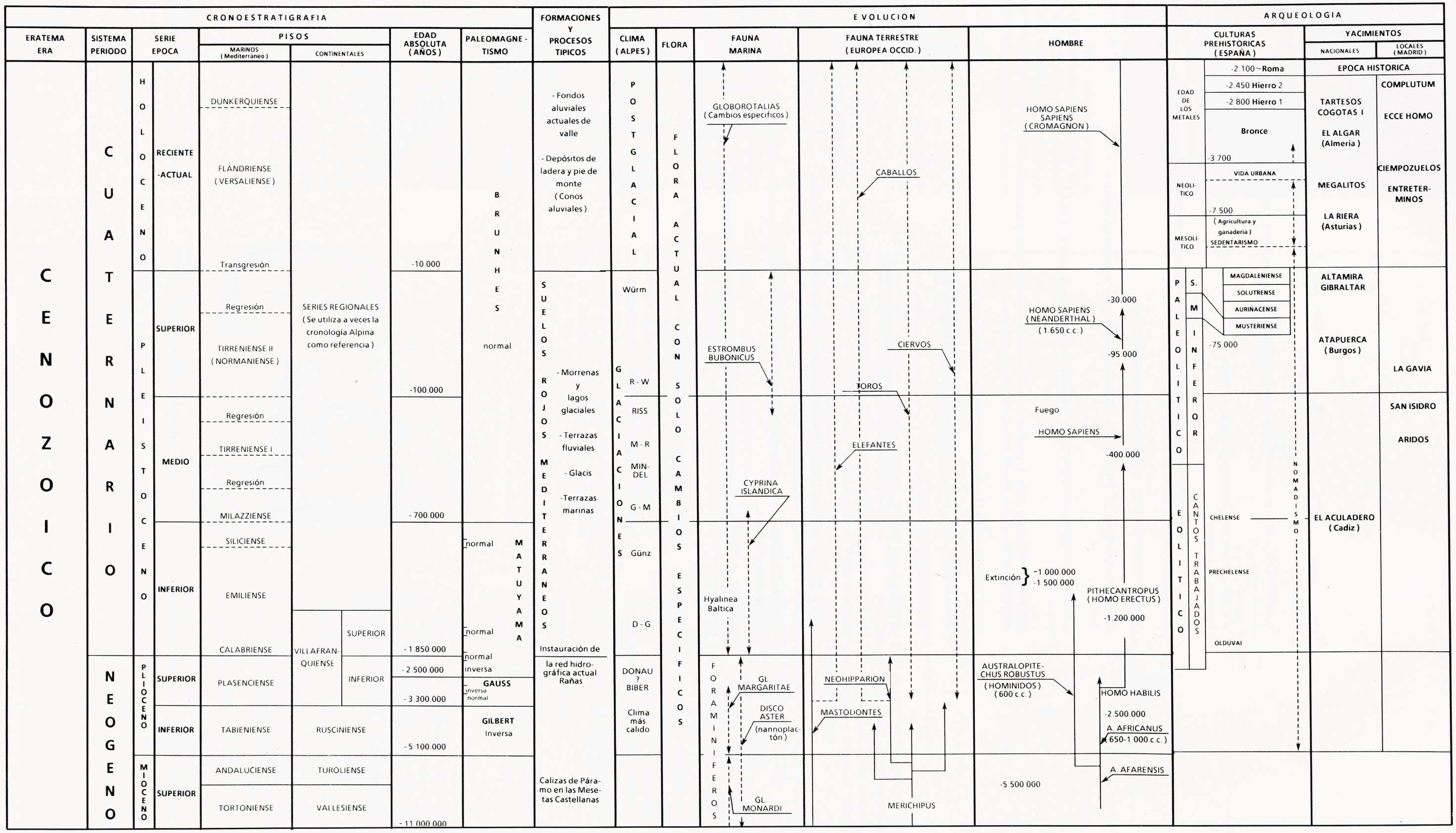
PEREZ DE BARRADAS, J. (1929).- **Los yacimientos prehistóricos de los alrededores de Madrid**. Boletín del IGME, nº 51. Madrid.

PRIEGO, M.C.; QUERO, S. et al. (1980).- **Prehistoria y Edad Antigua en el área de Madrid**. Catálogo-Exposición. Madrid, testimonio de su historia hasta 1875. Madrid.

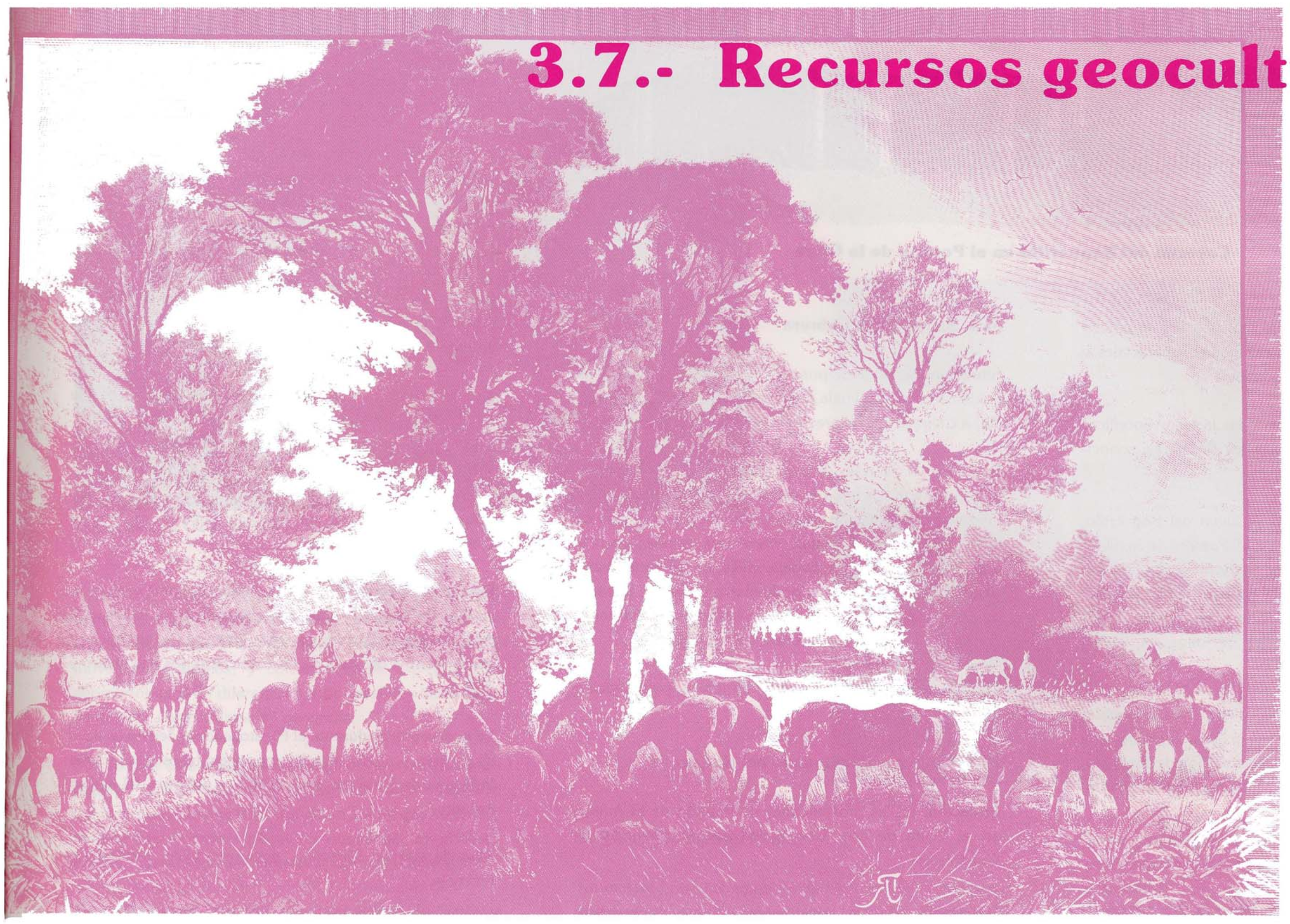
SANCHEZ MESEGUER, J. et al. (1983).- **El Neolítico y la Edad del Bronce en la región de Madrid**. Arqueología y Paleoecología, nº 3. Madrid.

SANTONJA, N.; LOPEZ MARTINEZ, N. y PEREZ GONZALEZ, A. (1980).- **Ocupaciones achelenses en el valle del Jarama**. Arqueología y Paleoecología, nº 1. Madrid.

GEOLOGIA Y EVOLUCION



3.7.- Recursos geoculturales.



Tradicionalmente, el término **Recursos naturales** ha tenido un significado de tipo utilitario, aplicándose fundamentalmente a los materiales que se empleaban en actividades de carácter productivo. Sin embargo, en la actualidad esta acepción se ha ampliado a otros elementos del entorno natural que le sirven al hombre para ampliar el conocimiento de su propia historia y enraizamiento en el Medio, o para satisfacer toda una serie de necesidades de carácter espiritual o intelectual.

Así, las actividades educativas, culturales, de recreo, etc. que se desarrollan utilizando toda una serie de elementos del Medio Natural, han dado lugar a que sea de aceptación general el concepto de recursos naturales de cosas tales como playas, paisajes notables, zonas de montaña, ecosistemas singulares, árboles monumentales o lugares con características geológicas singulares. En general, el uso de estos recursos no entraña su agotamiento o destrucción, si bien pueden sufrir un deterioro grave por causas diversas, y de ahí el interés de su catalogación y protección.

En el mapa de recursos geoculturales se han reflejado los lugares de la Comunidad de Madrid que presentan valores más sobresalientes desde el punto de vista de su conocimiento o utilización con fines culturales, educativos y científicos.

El tratamiento metodológico de estos puntos o áreas se comenzó en 1.978 con el inicio del Inventario Nacional de Puntos de Interés Geológico, desarrollado por el Instituto Geológico y Minero de España.

En la actualidad se han catalogado en España unas 3.000 áreas de interés, estudiándose con detalle trescientas de ellas en la Cordillera Cantábrica (1.979-1.980), Galicia (1.980), Maestrazgo (1.982), Prebético Oriental (1.983) y Valencia y Norte de Albacete (1.984).

En la Comunidad de Madrid existen antecedentes importantes, como son:

a) El Plan Especial de Protección del Medio Físico (ICONA y COPLACO, 1.975) donde se recogen 23 sitios de interés geológico y se presenta un ensayo de normativa legal para su conservación, que incluye áreas y niveles de protección. Este inventario ha sido ampliado en diferentes fases hasta 1.985, cuando se publican las Directrices de Ordenación Territorial de la Comunidad de Madrid.

b) En el marco del "Convenio de Colaboración Técnica y Cultural para el conocimiento de las características del suelo y subsuelo del Término Municipal de Madrid", se inventariaron y estudiaron 25 áreas, definiéndose itinerarios geológicos, áreas y niveles de protección y formas de uso. Muchas de estas propuestas han sido recogidas en el Plan General de Madrid (Mapa de Protección y Servidumbre), encontrándose en fase de desarrollo su utilización didáctica y divulgativa.

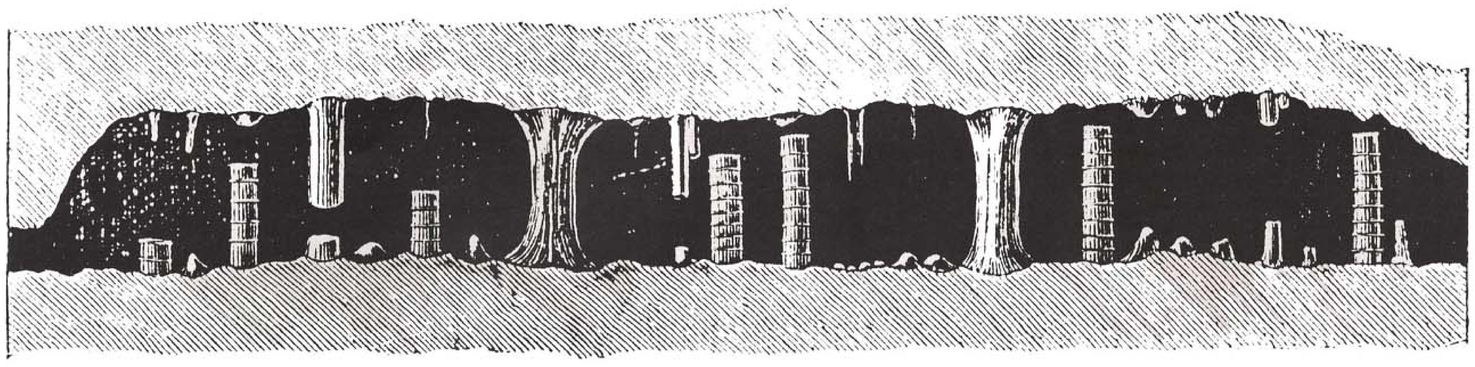
Sierra de la Cabrera

AREAS SINGULARES SELECCIONADAS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Sobre un inventario previo de 150 áreas singulares se han seleccionado como más interesantes veintinueve, indicándose en el mapa correspondiente su situación geográfica y el tipo de interés que tienen, para lo cual se ha utilizado la normativa definida por el IGME en 1.978.

Además de estas veintinueve áreas, es indudable que existen otras de interés (macizo metamórfico de El Escorial, encajamiento del río Cofio, etc) incluídas en el inventario; pero es obvio que la reseña completa de las singularidades no puede incluirse en este Atlas.

También son dignos de mención aquellos puntos que revisten o han revestido indiscutible importancia en el conocimiento geológico de la Comunidad, pero que en algunos casos, por haber desaparecido, tienen carácter histórico. Tal es el caso de los yacimientos paleontológicos del Puente de Toledo, San Isidro y Puente de Vallecas, en Madrid. Otros yacimientos paleontológicos, inaccesibles actualmente, están pendientes de recuperación, como el de O'Donnell-Ciudad Pegaso.



Caverna del Reguerillo en el Pontón de la Oliva

Respecto a las cavidades de origen kárstico, la Comunidad de Madrid no es rica en manifestaciones superficiales y subterráneas debidas a estos fenómenos.

Unicamente las calizas cretácicas y las facies evaporíticas terciarias presentan algunas cavidades de interés, conocidas desde tiempos prehistóricos.

De entre ellas destaca la famosa Cueva del Reguerillo, situada en las calizas cretácicas del Pontón de la Oliva (Patones) y la Cueva dc Estremera, denominada también Cueva de Pedro Fernández o Cueva-Sima de las Yeseras; pero existen también otras cavidades en la caliza cretácica del valle del río Lozoya, amén de otras de escasa importancia.

Las características de las veintinueve áreas escogidas quedan reflejadas en el plano y cuadro adjuntos, y a continuación se realiza una breve descripción de ellas para, posteriormente, sugerir algunos itinerarios para su reconocimiento.

M-1 Puerto de Somosierra

Situación: En la carretera N-I, bajando del puerto de Somosierra en dirección a Segovia, a la salida del túnel del ferrocarril.

Descripción: Cantera de sillimanita en materiales paleozoicos. Su entorno geomorfológico corresponde a Laderas y Cuerdas del Dominio de la Sierra.

Tipo de interés: Didáctico y minero

M-2 Valle del Lozoya-La Pinilla

Situación: Valle Alto del río Lozoya (El Paular), entre el Macizo de Peñalara y los puertos de Canencia y La Morcuera.

Descripción: Se trata de un valle sobre una depresión (graben) en el Dominio de la Sierra, donde afloran materiales paleógenos y cretácicos cubiertos, en parte, por depósitos cuaternarios.

M-3 Sierra de La Cabrera

Situación: Se extiende por los municipios de La Cabrera, Valdemanca y Lozoyuela, limitando al Sur con la carretera de La Cabrera a Miraflores de la Sierra, y al Este con la N-I.

Descripción: Se trata de una macizo formado por rocas plutónicas con dos tipos de granito: uno de grano fino que tuvo una consolidación rápida; y otro de grano grueso de lenta consolidación. Estas diferencias condicionan la evolución y el tipo de paisaje, pues en las zonas bajas predominan las formas redondeadas propias de las rocas de grano grueso, mientras que en las cumbres, formadas por las de grano fino, las formas son más agudas.

Tipo de interés: Didáctico, geomorfológico, petrológico y turístico.

M-4 Meandro abandonado del río Lozoya

Situación: En las proximidades de la presa de El Atazar, en el límite de esta Comunidad con la provincia de Guadalajara.

Descripción: Es un inmejorable ejemplo de meandro abandonado y su visualización desde cotas elevadas respecto al nivel del río permite una interpretación muy clara de la dinámica fluvial en su curso medio.

Tipo de interés: Didáctico y geomorfológico.

M-5 Cueva del Reguerillo

Situación: En las proximidades de Torrelaguna, en el cerro conocido como Dehesa de la Oliva, a orillas del río Jarama. Su acceso queda restringido por la necesidad de obtener un permiso.

Descripción: Es la cavidad de mayor desarrollo de la Comunidad. Se encuentra en la banda cretácica que bordea la Sierra del Norte de Madrid formada por calizas y calizas margosas del Turonense-Cenomanense, con estructura isoclinal de dirección NE-SO y con un exokarst con pisos superpuestos en la vertical. En la actualidad la entrada artificial más frecuentada se halla a 40 ó 50 metros sobre el nivel del río Lozoya, en el Pontón de la Oliva. Desde ella se accede al segundo piso y se pueden recorrer sus galerías, que totalizan 8.268 metros.

La dirección de la caverna es hacia levante, con una ligera inclinación que a veces se acentúa hasta tomar la de las capas del terreno. Y aunque en los los últimos conductos no se puede penetrar por su estrechez, en el resto es bastante espaciosa y presenta anchuras de más de 30 m.

Contiene abundantes fósiles (**carnívoros, perisodáctilos y artiodáctilos**) y es un buen ejemplo de la degradación del patrimonio natural debido a usos inadecuados.

Tipo de interés: Didáctico, geomorfológico, paleontológico y turístico.

M-6 Laguna y Macizo de Peñalara

Situación: En el límite con Segovia, entre los puertos de Cotos y Navafría.

Descripción: Atravesando el valle alto del río Lozoya son visibles las impresionantes Laderas y Cuerdas del Macizo de Peñalara, excavadas en rocas ígneas y metamórficas y que forman la divisoria de las cuencas de los ríos Duero y Tajo.

La acción glaciar durante el Pleistoceno ha dejado testigos de su gran actividad (circos, morrenas, lagos, etc.), como la laguna de Peñalara, situada al Sur del pico del mismo nombre.

Tipo de interés: Didáctico, geomorfológico, tectónico y turístico.

M-7 Tránsito del Ordovícico (Paleozoico) al Cretácico (Mesozoico) en Patones

Situación: En las inmediaciones del cementerio de Patones de Arriba.

Descripción: Discordante bajo la orla de arenas basales cretácicas que afloran en esta zona, se localiza una alternacia de cuarcitas y pizarras ordovícicas con buzamiento vertical o subvertical, que cambian su composición mineralógica y aumentan su grado de metamorfismo al acercarse al macizo granítico.

Tipo de interés: Petrológico, tectónico, estratigráfico, didáctico y científico.

M-8 Sierra de la Cuerda Larga. Macizo de La Pedriza

Situación: En el Valle del Alto Manzanares, término municipal de Manzanares el Real.

Descripción: Fué declarado Sitio Natural de Interés Nacional en 1.930, y en la actualidad forma parte del Parque Natural de la Cuenca Alta del Río Manzanares.

Meandro abandonado del Río Lozoya

Antes de acceder al valle por el puerto de La Morcuera se contempla un paisaje de Paramera Serrana en los Llanos de la Morcuera.

Tipo de interés: Didáctico, geomorfológico, tectónico y turístico.

Macizo de Peñalara

Tránsito del Ordovícico al Cretácico. Patones.

La Pedriza está fragmentada en bloques claramente individualizados (Pedriza Anterior y Pedriza Posterior) como consecuencia de las fallas producidas por los movimientos alpinos, y constituye todo un repertorio geomorfológico de diferentes y espectaculares modelados de granito, único en nuestra geografía.

Son formas características los **pilancones** o **marmitas de gigante**, que favorecen el proceso de descomposición química de los feldespatos, así como los de **gelivación**. Y también son comunes pequeñas oquedades de diversas formas y tamaños llamadas **estrías, taffonis** o **alveolos**.

Tipo de interés: Didáctico, geomorfológico, tectónico y turístico.

M-9 Valle de La Fuenfría, Puerto de Navacerrada y Collado de Siete Picos

Situación: Entre las carreteras de Segovia y La Coruña (N-IV), limitando por el Noroeste con la Provincia de Segovia (Puertos de Navacerrada y de La Fuenfría), al Sur con Cercedilla y al Suroeste con La Peñota.

Descripción: Se trata de un valle que conserva características de circo nivoglacial, y desde algunas de las cumbres que lo bordean se observan panorámicas de gran belleza. Así, desde Siete Picos se dominan el valle de La Fuenfría y la llanura de Los Molinos-Guadarrama, y desde Peña Aguila se tienen magníficas panorámicas de La Mujer Muerta, los montes de El Espinar y la Sierra de Gredos.

Areas ocupadas por granitos de grano fino, como es el caso de Siete Picos, presentan relieve abrupto y descarnado; mientras que en Cerro Ventoso, formado por granitos de grano más grueso, los relieves están más suavizados.

Tipo de interés: Didáctico, geomorfológico, petrológico y turístico.

Macizo de La Pedriza

En el punto kilométrico 49,6 se alcanza el flanco Norte del anticlinal que formaba el Macizo de San Pedro, donde la serie cretácica aflora discordante sobre los gneises y forma un **relieve en cuesta** constituída por niveles de arenas en la base (facies Utrillas) y una alternancia de margas y calizas hacia el techo.

A partir de la desviación a Torrelaguna afloran, concordantes con la serie cretácica, materiales más blandos del Paleógeno.

Cerro S. Pedro

M-10 Cerro de San Pedro

Situación: Entre los embalses de Manzanares El Real y El Vellón.

Descripción: Se trata de un cerro o relieve residual, tipo **inselberg**, localizado sobre la Rampa que une la Sierra con la Depresión Terciaria.

Tipo de interés: Didáctico y geomorfológico.

M-11 Gneises del Macizo de San Pedro y serie cretácica de Venturada

Situación: Entre la localidad de El Molar y el acceso a la Urbanización Cotos de Monterrey, por la carretera N-I

Descripción: Se trata de una gran bóveda orlada de materiales cretácicos y que presenta gran variedad de tipos de gneises con numerosas estructuras e intrusiones filonianas.

En el punto kilométrico 48,3 de la Carretera N-I, pasado el desvío a Pedrezuela, aparecía un espectacular pliegue tumbado (pliegue Zalesky) de migmatitas cruzadas por abundantes filones de pegmatitas.

En el punto kilométrico 49,1 se observan los gneises replegados y atravesados por numerosos diques y filones de pegmatitas que se cruzan entre sí.

Tanto las calizas como las arenas son explotadas mediante canteras a cielo abierto que suponen un impacto ambiental importante.

Tipo de interés: Didáctico, petrológico y geomorfológico.

M-12 Falla de El Molar

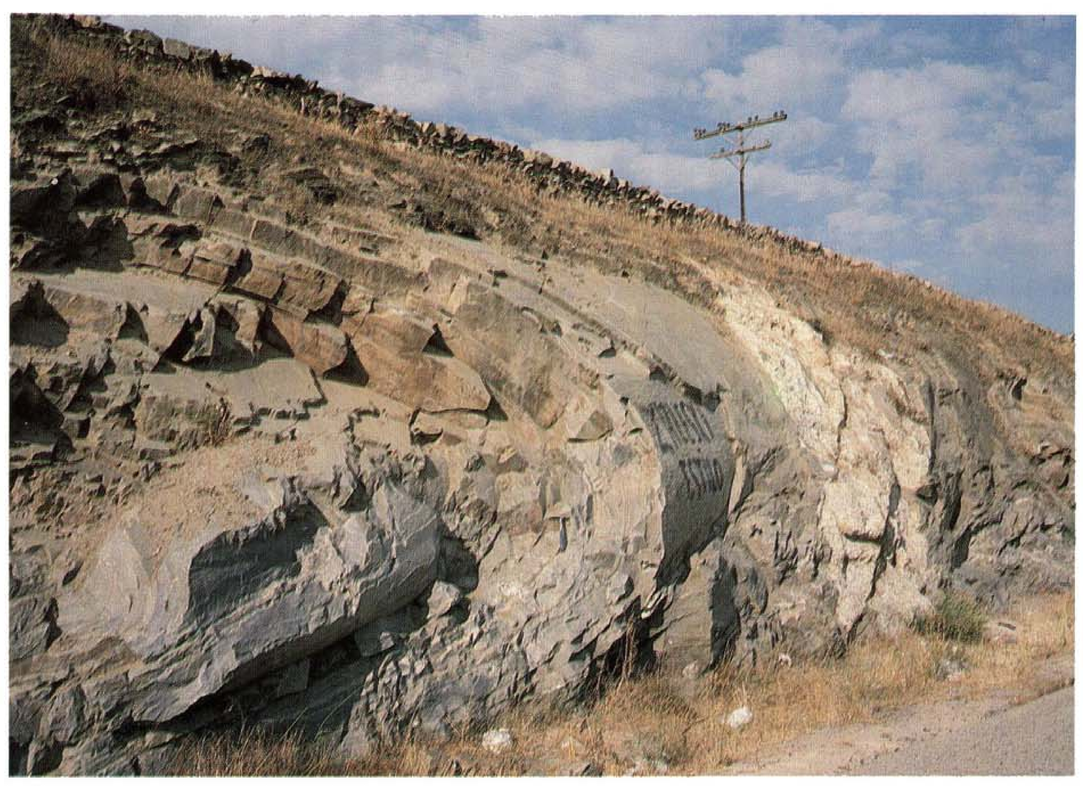
Situación: En el km 42 de la Carretera N-I.

Descripción: Se trata de un punto clásico en la geología de esta Comunidad, ampliamente conocido y divulgado. A la entrada del pueblo de El Molar, como consecuencia de las obras realizadas para la construcción de la carretera N-I, es visible un buen afloramiento de materiales cretácicos discordantes sobre los gneises del Macizo de San Pedro, a los que se superponen, también discordantemente, los miocenos. Este Cretácico está constituído por niveles de arena en la base, sobre los que se ha sedimentado una alternancia de margas y calizas. Aparece afectado por una falla que elimina parte de la serie.

Tipo de interés: Didáctico y tectónico.

M-13 Canteras de granito de Colmenar Viejo

Situación: En los alrededores de Colmenar Viejo, muy próximas a la carretera C-607. Es preciso pedir permiso para entrar en la explotación.



Pliegue tumbado "Zalesky"

Falla de El Molar

Descripción: Las canteras de granito repartidas a lo largo de casi toda la Sierra son ejemplo de la importancia que tiene la extracción de este material, que se destina a la construcción, mampostería y ornamentación.

Del total extraído en esta Comunidad a través de casi 60 canteras en explotación, el 90% se extrae de tres canteras de Colmenar Viejo y Navalagamella. El resto se reparte entre pequeñas canteras en las localidades de Alpedrete, Cadalso de los Vidrios, Chapinería, El Escorial, Zarzalejo, Cabanillas de la Sierra y Lozoyuela.

Tipo de interés: Didáctico, minero y económico.

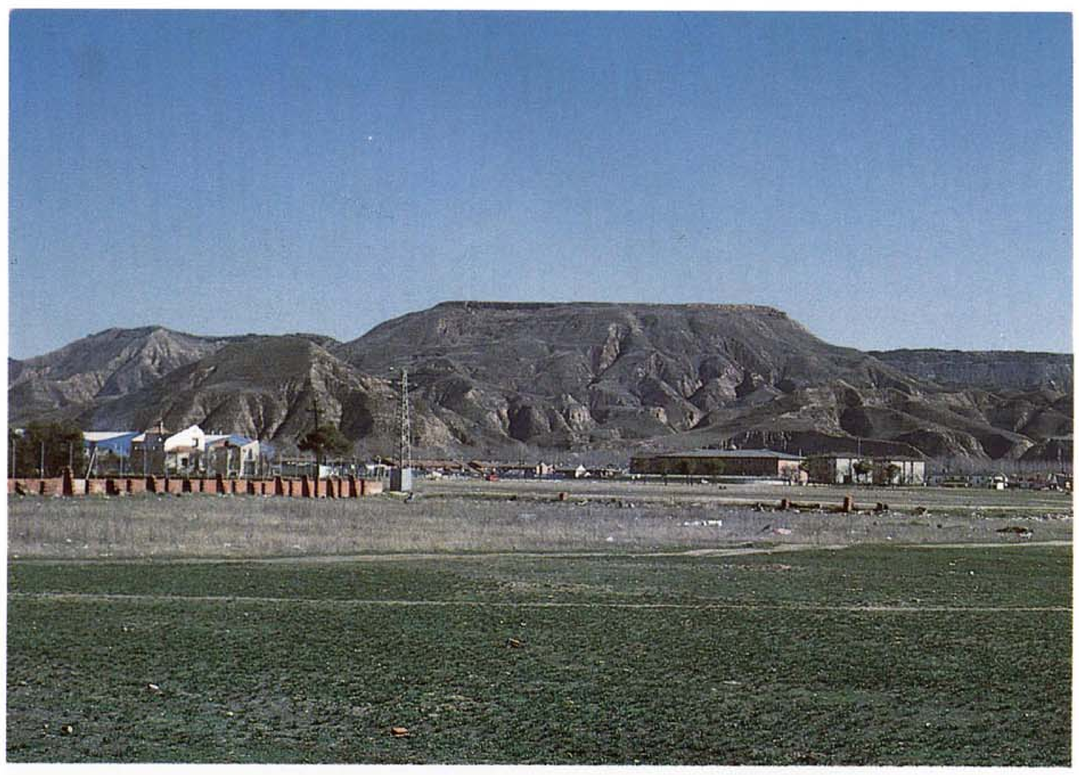
M-14 Viaje de Agua de la Fuente del Rey

Situación: En el Municipio de Madrid, a la entrada de la Ciudad Residencial "La Rinconada", junto a la Carretera de Castilla.

Viaje de agua de la Fuente del Rey

Descripción: Los viajes de agua son un método de captación de agua subterránea con antecedentes en Armenia desde el siglo VI AC. Consiste en galerías subterráneas que lamen la zona saturada y recogen las aguas de infiltración mediante un complicado sistema de galerías de conducción que, finalmente, las traslada a las fuentes públicas.

La Fuente del Rey es el único caso conocido en Madrid donde se ve en superficie el trazado de un viaje de agua con todos sus elementos: capirote, pozo de aireación y entrada de registro.



Los Santos de la Humosa

Este viaje fué construído durante el reinado de Fernando VII y se desarrolla en dirección NE-SO, a favor de la pendiente del terreno.

Tipo de interés: Didáctico, científico e hidrogeológico.

M-15 Paracuellos del Jarama

Situación: En las proximidades de la confluencia de los ríos Jarama y Henares, en Paracuellos del Jarama.

Descripción: Es el lugar idóneo para estudiar la variación lateral y vertical de los materiales (litofacies) de las unidades inferior y media del Mioceno Medio, observándose una transición completa desde depósitos típicos de abanicos aluviales hasta zonas encharcadas. Los yacimientos de vertebrados permiten datar estos depósitos.

Tipo de interés: Didáctico, geomorfológico, sedimentológico y científico.

M-16 Los Santos de La Humosa

Situación: En el límite Este de la Comunidad de Madrid, con acceso directo desde la carretera N-II a través de la carretera local que une las localidades de El Encin y los Santos de La Humosa.

Descripción: Se accede a los Santos de La Humosa por una carretera que va desde los niveles de arcillas y arenas que son final de la base de Mioceno Medio, hasta las Calizas del Páramo. Existen además, sobre estas laderas, buenos ejemplos de glacis.

Desde el extremo Norte de esta localidad se domina una excelente perspectiva del valle del Henares, en el que se observa la plataforma estructural que forman los conglomerados, arenas y arcillas de la red fluvial intramiocena, y el Páramo.

Los sistemas kársticos desarrollados sobre el Páramo aparecen coronados por una formación detrítica, de posible edad pliocena, con grandes probabilidades de contener restos de micromamíferos fósiles.

Tipo de interés: Científico, didáctico, geomorfológico y estratigráfico.

M-17 Cerro de El Viso

Situación: Entre Torrejón de Ardoz y Alcalá de Henares, a la derecha de la carretera N-II desde Madrid.

Descripción: Es típica su morfología de Mesa con laderas de fuerte pendiente pues el techo, constituído por Calizas del Páramo, ha permitido su preservación ante los procesos erosivos; mientras que en sus laderas se distinguen las facies intermedias constituídas, fundamentalmente, por arcillas y arenas.

El límite inferior de la Unidad Intermedia queda definido por el fuerte incremento de niveles terrígenos gruesos, hecho que se aprecia perfectamente en la base del cerro.

El Viso tiene, además, un importante valor como cornisa (o punto de excepcional visión), pues domina el valle del Henares y parte del valle del Jarama hasta el casco urbano de Madrid.

Tipo de interés: Didáctico, geomorfológico, sedimentológico y científico.

M-18 Cerro de Almodóvar

Situación: A la salida de Madrid por la carretera N-III, frente al Barrio de Santa Eugenia y al lado de la autovía.

Descripción: Constituye un punto clásico de parada de la geología madrileña. Morfológicamente es un buen ejemplo de cerro testigo; económicamente ha servido de fuente de sepiolita; paleontológicamente ha constituído un importante yacimiento de tortugas fósiles y, por último, en sus laderas se observan los materiales arcósicos característicos de la mayor parte del casco urbano de Madrid.

Cerro de El Viso

Pico Granja

Un nivel de sílex, hoy desmantelado, que cubría el techo del Cerro, le previno de la erosión y lo convirtió en importante cornisa sobre la Depresión.

Tipo de interés: Didáctico, geomorfológico, minero y económico.

M-19 Pico Granja

Situación: Entre Torrejón de Ardoz y Loeches, por la carretera comarcal que une ambas localidades.

Descripción: Los materiales corresponden a facies detríticas de la unidad intermedia del Mioceno, presentes a lo largo de más de 2 km de frente de cantera. Las arenas micáceas son características y están ampliamente repartidas en las facies transicionales, entre depósitos arcósicos asociados a los bordes de la cuenca, y depósitos carbonatado-lutíticos de las posiciones más centrales.

Tipo de interés: Didáctico, estratigráfico y científico.

M-20 Cerro del Telégrafo

Situación: Por la carretera N-III, con desvío a la izquierda en las proximidades de Rivas Vaciamadrid.

Descripción: Es un lugar idóneo para el estudio de la unidad intermedia del Mioceno en la zona Sur de Madrid y su relación con la unidad inferior.

La unidad intermedia se apoya en discordancia sobre los materiales yesíferos de la unidad infrayacente, discontinuidad que se manifiesta por un paleorrelieve con desarrollo de formas kársticas.

Tipo de interés: Didáctico, sedimentológico y científico.

M-21 Perales del Río. Valle del río Manzanares

Situación: Valle inferior del río Manzanares, al Sur del Término Municipal de Madrid. Los accesos desde la carretera que une Madrid con San Martín de la Vega son deficientes, formados por caminos de tierra.

Cerro del Telégrafo

Descripción: Llama la atención el perfil transversal del río claramente disimétrico, con una margen derecha que presenta casi exclusivamente niveles de terrazas y una margen izquierda con un fuerte escarpe excavado en materiales yesíferos de edad miocena.

rica en yacimientos paleontológicos de vertebrados cuaternarios, y en yacimientos arqueológicos.

Tipo de interés: Científico, geomorfológico y paleontológico.

M-22 Sima de las Yeseras o Cueva de Pedro Fernández

Situación: La entrada se encuentra entre el río Tajo y el arroyo Salado, en Estremera, y su acceso está condicionado a la concesión de permiso por Bellas Artes.

Descripción: Es un complejo kárstico desarrollado en yesos del Mioceno. La sima de entrada se debe al hundimiento de la bóveda de una de las salas centrales del complejo.

Abierta en materiales evaporíticos miocenos, es la segunda cavidad en cuanto a desarrollo en yesos en España, de cuyo hecho procede su excepcionalidad.

La estructura general consiste en un laberinto de pasillos y salas que se entrecruzan entre sí, siendo las salas consecuencia del ensanchamiento de las galerías, o bien generadas a partir de hundimientos.

Su desarrollo (que oscila según las fuentes de información entre 3.600 y 4.000 metros), está configurado por una red de conductos perfectamente condicionados por la fracturación, que parecen haber evolucionado con un régimen freático basal.

Esta cueva alberga un yacimiento arqueológico de la edad del Bronce, por lo que está protegida su entrada.

Las terrazas se caracterizan por presentar una disposición de encajamiento para los niveles altos y en solape para los bajos.

Todo este conjunto de superposiciones se conoce como terrazas complejas. Los yesos de la margen izquierda adquieren una morfología muy espectacular, con formación de agujas, pináculos y torreones por disolución, a favor de planos de mayor debilidad. Se trata de una zona

Tipo de interés: Didáctico, paleontológico y científico.

M-23 Canteras de caliza de Colmenar de Oreja

Situación: Por la carretera que une las localidades de Chinchón y Colmenar, en las proximidades de esta última. Su acceso, difícil, se realiza a través de caminos de tierra.

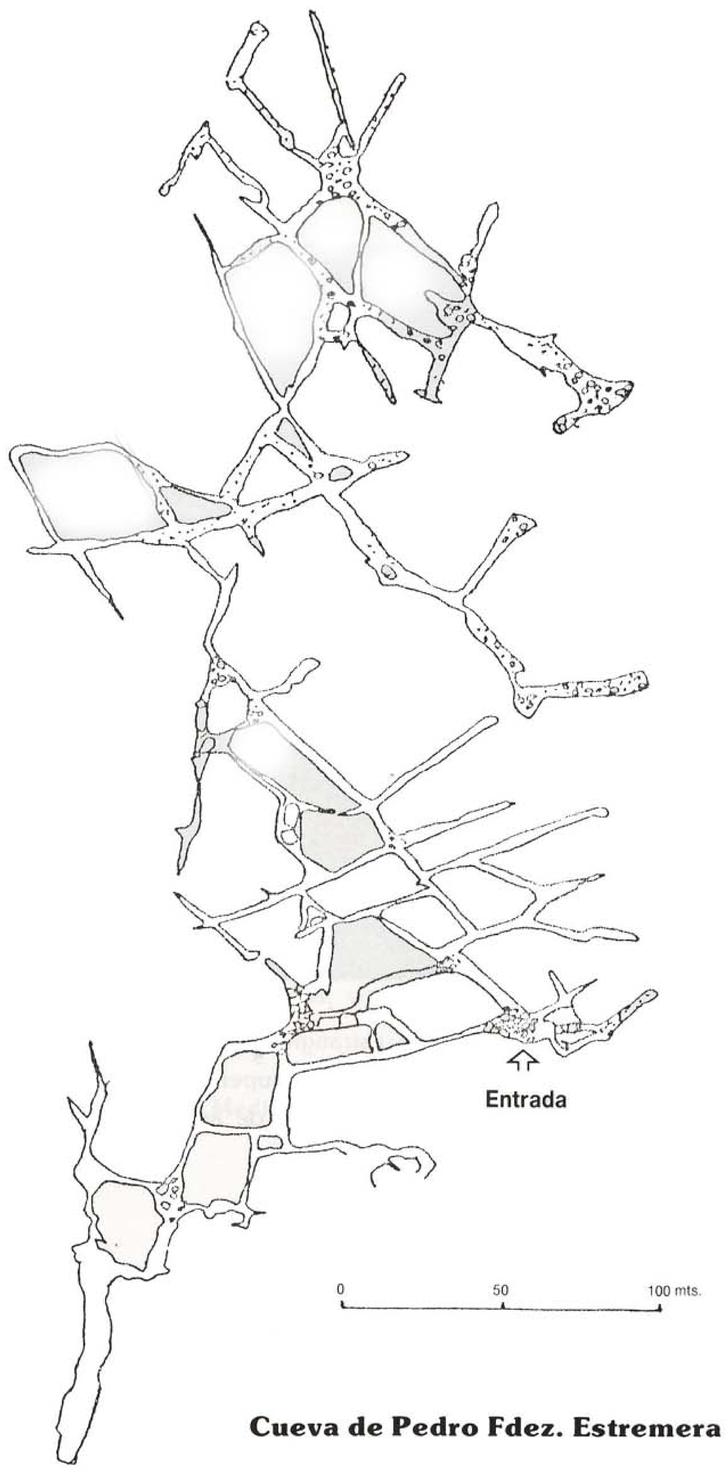
Descripción: Es famosa la extracción de calizas conocidas como **caliza blanca** o piedra de Colmenar; y aunque actualmente son pocas las explotaciones activas y solo se usan como material básico para la obtención de cal, su interés histórico es importante. Con esta piedra se construyeron numerosas obras de interés arquitectónico, entre las que destacan los Palacios de Aranjuez y el Palacio Real de Madrid.

La explotación se iniciaba a cielo abierto y continuaba a través de galerías, y los frentes existentes permiten un completo estudio de la formación de las **Calizas del Páramo.**

Tipo de interés: Didáctico, minero y económico

M-24 Glauberita de Villaconejos

Situación: Al Sureste de la localidad de Villaconejos.



Cueva de Pedro Fdez. Estremera

Fuente: Federación Española Espeleología, (1981)

Descripción: La Glauberita-Thenardita se explota en la región central de la cuenca del Tajo en los niveles evaporíticos del Mioceno, concentrándose la explotación en Colmenar de Oreja-Villaconejos y Chinchón.

En Villaconejos se explota una capa de 20 a 25 m de potencia, casi horizontal, con recubrimiento de 22 m de margas yesíferas, mediante la apertura de piscinas de 100 m x 45 m y 45 m de profundidad, disgregando la capa mediante explosivo y lixiviando el material "in situ". El mineral bruto producido es un tercio de la producción nacional.

Tipo de interés: Didáctico, minero y económico

Los cuatro puntos de interés siguientes corresponden a zonas de yacimientos paleontológicos, es decir, con presencia de fósiles.

Los primeros fósiles vertebrados de que hay noticia en Madrid se encontraron en 1.808 durante las obras para la construcción del Puente de Toledo, y posteriormente los ingenieros de minas Ezquerra del Bayo (1.838) y Casiano de Prado (1.862) dan a conocer nuevos fósiles en distintos lugares. Desde entonces Madrid pasa a ser una de las áreas más importantes, a nivel europeo, de la Paleontología de Vertebrados, localizándose más de setenta yacimientos en toda la Comunidad, con presencia de **Micromamíferos, Perisodáctilos** y **Artiodáctilos.**

M-25 Yacimiento paleontológico de la estación de O'Donnell

Situación: Está en el límite Sur de Ciudad Pegaso, paralelo a la línea férrea. Su acceso es actualmente imposible, por encontrarse cubierta la zanja que permitió su descubrimiento y posterior estudio en 1982.

Descripción: Es un yacimiento típico de micromamíferos de ambientes áridos, desconocidos en Europa septentrional y escasos en el resto del continente. Es interesante la abundancia de restos que se encontraron (entre los que se diferenciaron hasta doce especies) así como sus peculiares condiciones de acumulación.

Los restos fósiles encontrados se hallan actualmente en el Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas de Madrid, y en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid).

En este yacimiento se pudo observar, por primera vez en afloramiento, la relación estratigráfica de los conjuntos típicos del área de Madrid: uno superior formado por arcosas, y otro inferior compuesto de arenas, arcillas y carbonatos.

Explotación de glauberita

Tipo de interés: Científico y paleontológico.

M-26 Yacimiento paleontológico de San Isidro.

Situación: Aunque la localización exacta del yacimiento no es conocida, se sitúa en la base del cerro del mismo nombre, en la margen derecha del río Manzanares, dentro del casco urbano de Madrid.

Descripción: Su interés actual es básicamente histórico, por tratarse de uno de los primeros yacimientos con vertebrados fósiles del Terciario conocidos en España.

Los primeros datos sobre su fauna fueron publicados en 1.840 por José Ezquerra del Bayo, pasando desde entonces a ser un clásico en la paleontología europea de vertebrados.

La litología dominante de este yacimiento son margas y arcillas, datándose como Orleaniense Medio-Superior.

Las especies más representativas son: *Gomphotherium angustidens* (Cuvier,1.806); *Anchitherium aureliznense* (Cuvier 1.825); *Triceromeryx pachecoi* (Villalta, Crusafónt y Lavocat, 1.946); y *Miotragocerus* sp.

La mayoría de los restos fósiles se han perdido, encontrándose algunos en el Museum of Comparative Zoology (Cambridge, USA) y en la colección Villalta (Barcelona).

Tipo de interés: Didáctico, paleontológico y científico.

M-27 Yacimiento paleontológico del Puente de Vallecas

Situación: Su situación exacta se desconoce. Recientes estudios hacen suponer que se pudo encontrar en la confluencia de las calles Dolores Felgueras y Josefa Díaz, cerca de la estación actual del Metro de Portazgo, en el distrito de Vallecas.

Descripción general: La primera noticia de este yacimiento la dió Hernández Pacheco en 1.921, citando una fauna excepcionalmente rica en micromamíferos; y posteriormente Royo Gómez ofrece una descripción pormenorizada.

La litología dominante de este yacimiento son arcosas y arcillas, estando datada su edad como Orleaniense Medio-Superior, análogamente al yacimiento de San Isidro.

Las especies más representativas son: *Gomphoterium angustidens* (Cuvier,1.806), *Anchiterium aurelianense* (Cuvier, 1.825), *Bunolistriodon lockarti* (Pomel, 1.899), *Palaeomerycidae cf. magnus* (Lartet, 1.851) y *Amphicyon major* (Blaimoille, 1.841).

Los restos fósiles se conservan en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid) y en el Instituto de Paleontología de Sabadell (Colección Villalta).

Tipo de interés: Paleontológico y científico.

M-28 Yacimiento paleontológico del Puente de Toledo

Situación: Las capas fosilíferas de donde se extrajeron los primeros restos desaparecieron al realizarse la cimentación del puente que ha dado nombre al yacimiento.

Descripción general: Las primeras citas de este yacimiento se deben a Pronst (1.806) y Ezquerra (1.841), existiendo descripciones figurativas de los fósiles por Casiano de Prado (1.864).

Los fósiles fueron localizados en margas y arcillas grises o verdosas, datándose como Orleaniense Medio-Superior; y sus especies más representativas son: *Gomphoterium angustidens* (Cuvier, 1.806), *Anchiterium avrelianense* (Cuvier, 1.825), *Hispanotherium matritense* (Prado, 1.864), *Bunolistriodon lockarti* (Pomel, 1.899) y *Triceromeryx pachecoi* (Villalta, Crusafónt y Lavocat, 1.946).

Los fósiles se encuentran en el Instituto Geológico y Minero de España (Madrid).

Tipo de interés: Didáctico, paleontológico y científico.

M-29 Museos del Instituto Geológico y Minero de España, Nacional de Ciencias Naturales, Municipal y Nacional Arqueológico.

Situación: En diferentes puntos de Madrid capital.

Descripción: Estos cuatro museos acogen en sus colecciones datos relacionados con los temas reseñados en este Atlas, y especialmente numerosos ejemplares de rocas, minerales y fósiles que, junto a sus publicaciones, son un complemento ineludible.

Tipo de interés: Didáctico, geológico y minero.

ITINERARIOS GEOLOGICOS PROPUESTOS

Los itinerarios que se sugieren a continuación se desarrollan a través de las áreas singulares que se acaban de desbribir; por lo que sólo se especifica en ellos el desarrollo del itinerario y sus rasgos generales más característicos.

Itinerario A.- Madrid, El Molar, Venturada, Patones, Embalse de El Atazar y Sierra de La Cabrera

Desarrollo: Salida de Madrid por la Carretera N-I pasando por El Molar y Venturada. En el km 50 se toma la carretera L-103 que atraviesa Torrelaguna y a 6 km de esta localidad desde Patones de Abajo se accede a Patones de Arriba. A continuación se retrocede para alcanzar El Berrueco y La Cabrera.

Rasgos generales: Vegas, vertientes, cuestas estructurales, rampas, cerros, relieves residuales y parameras serranas.

Materiales: Rocas graníticas, metaplutónicas, facies Utrillas y calizas cretácicas.

Edad: Paleozoico, Cretácico, Paleógeno, Neógeno y Cuaternario.

Itinerario B

b_1: Madrid, Colmenar Viejo, Guadalix de La Sierra, Manzanares El Real y Collado Villalba

b_2: Madrid, Colmenar Viejo, Guadalix de La Sierra, Rascafría y Puerto de Navacerrada

Desarrollo: Hasta Miraflores de la Sierra el desarrollo es el mismo para ambos itinerarios. La salida de Madrid se realiza por la carretera C-607 hasta Colmenar Viejo y desde allí a través de carreteras locales hasta Guadalix y Miraflores de la Sierra.

Itinerario b_1.- Desde Miraflores de la Sierra existe una carretera local a través de la cual se accede a las proximidades de la Sierra de la Cuerda Larga. Volviendo a Miraflores por la carretera C-614 se llega a Soto del Real y desde allí, a través de las Carreteras C-612 y C-611, se alcanza Manzanares el Real. Pasada esta localidad, a la derecha está la desviación por la que se accede al Parque Natural de la Cuenca Alta del Río Manzanares. El regreso se efectúa siguiendo la carretera C-611 hasta Cerceda y de allí a Collado Villalba por la C-609.

Itinerario b_2.- Desde Miraflores de la Sierra se asciende hasta los puertos de La Morcuera y Rascafría y desde allí, a través de la carretera C-604, se llega a los puertos de Cotos y Navacerrada.

Rasgos generales: Vegas, vertientes, divisorias, rampas, laderas, cuerdas, valles interiores y parameras serranas.

Materiales: Rocas graníticas y metaplutónicas. Canteras de granito.

Edad: Cámbrico, Precámbrico y Mioceno Medio.

Itinerario C.- Madrid, Villaviciosa de Odón, San Martín de Valdeiglesias, Cenicientos, Navalcarnero y Valdemoro.

Desarrollo: Desde Madrid por la carretera N-V, con desviación hacia Villaviciosa de Odón por la carretera C-501 hasta San Martín de Valdeiglesias y Rozas de Puerto

AREAS SINGULARES DE INTERES	Tipo de Interés									Tipo de Utilización			
N.º NOMBRE	Estratigráfico	Paleontológico	Tectónico	Hidrgeológico	Petrológico	Sedimentológico	Minero-Mineralógico	Museos-Colecciones	Geomorfológico	Turístico	Científico	Didáctico	Económico
1 Puerto de Somosierra							□		○			□	○
2 Valle del Lozoya-La Pinilla	△	□	□						□	□	○	□	
3 Sierra de la Cabrera			△		□				□	□	○	□	
4 Meandro abandonado del río Lozoya			△	○	○				□	○		□	
5 Cueva del Reguerillo	○	○							□	○	○	○	
6 Laguna y macizo de Peñalara			○		□				□	□	○	□	
7 Tránsito ordovícico-cretácico en Patones	□	○	□		○				□	○	□	□	
8 Sierra de La Cuerda Larga-La Pedriza			□		□				□	□	○	□	
9 Valle de La Fuenfría, Puerto de Navacerrada, Siete Picos			□		○				□	□	○	□	
10 Cerro de San Pedro									□	△		□	
11 Gneises del macizo de S. Pedro			□		□				○		△	□	
12 Falla de El Molar	○		○		○						△	□	
13 Canteras de granito de Colmenar Viejo					○		□					○	□
14 Viaje de agua de la Fuente del Rey				□						○	□	○	
15 Paracuellos del Jarama	□	□				□			○		□	□	
16 Los Santos de la Humosa	□	□							□		□	□	
17 Cerro de El Viso	□								□		□	□	
18 Cerro de Almodovar	□	○			○		□	○	□		○	□	□
19 Pico Granja	□					□			○		□	□	
20 Cerro del Telégrafo	□					○			○		□	□	
21 Perales del Río. Valle del río Manzanares	□	□						□	○	○	□	○	
22 Sima de Las Yeseras o cueva de Pedro Fdez.		○							□		□	□	
23 Canteras de caliza de Colmenar de Oreja	□						□		○		○	□	□
24 Glauberita de Villaconejos							□		○		○	□	□
25 Yacimiento paleontológico de O'Donnell	□	□		△	○		○		△		□		
26 Yacimiento paleontológico de S. Isidro	○	□						□	○		□		
27 Yacimiento paleontológico del Puente de Vallecas		□						□			□		
28 Yacimiento paleontológico del Puente de Toledo	○	□						□			□		
29 Museos		□					□	□		△		□	

INTERES ALTO □ MEDIO △ BAJO ○

Real, desde donde se alcanza Cenicientos y Cadalso de los Vidrios por carreteras locales. Paralela al límite provincial discurre la carretera Cadalso-Navalcarnero, y desde allí se toma la carretera C-404 hasta Valdemoro.

Rasgos generales: Vertientes, vegas, depresiones y divisorias, rampas, laderas, parameras serranas, cerros y relieves residuales.

Materiales: Rocas graníticas y metaplutónicas.

Edad: Cámbrico, Precámbrico, Mioceno Medio y Cuaternario.

Itinerario D.- Madrid, San Martín de La Vega, Aranjuez, Villaconejos, Colmenar de Oreja, Villarejo de Salvanés y Arganda.

Desarrollo: Desde Madrid por la carretera local que pasa por San Martín de la Vega y Ciempozuelos, hasta Aranjuez. Desde esta localidad hasta Villarejo de Salvanés por Villaconejos, Colmenar y Belmonte de Tajo. Ya en la N-III, desviación a Tielmes en las proximidades de Tajuña, para retroceder luego hasta la N-III y volver a Madrid por Arganda.

Rasgos generales: Vegas, vertientes, cerros, plataformas estructurales y páramos.

Edad: Mioceno Medio y Supernior, Plioceno Superior y Cua(ternario.

Itinerario E.- Madrid, Paracuellos, Alcalá de Henares, Los Santos de La Humosa, Torrejón de Ardoz, Mejorada del Campo y Arganda

Desarrollo: Por la carretera N-II con desviación en Barajas hasta Paracuellos del Jarama y Daganzo de Arriba. Desde aquí por la C-100 hasta Alcalá de Henares y de nuevo por la carretera N-II hasta Torrejón de Ardoz, con desvío hacia Mejorada del Campo y Arganda.

Rasgos generales: Vegas, vertientes, cerros, plataformas estructurales y páramos.

Edad: Mioceno Medio y Superior, Plioceno y Cuaternario.

Bibliografía

AELLEN, V. y STRINATI, P. (1978).- **Guía de las grutas de Europa.** Editorial Omega. Barcelona.

AGUEDA, J.; ELIZAGA, J.A.; PALACIO, J.; SANCHEZ DE LA TORRE, J.; SUAREZ, C. y VALENZUELA, M. (1985).- **Puntos de interés geológico de Galicia**. IGME. Madrid.

AGUIRRE, E.; GOY, A.; COMAS-RENGIFO , M.J.; HERNAZ-SANZ, J. y MORALES. J. (1974).-**Informe a COPLACO sobre conservación de sitios de interés geológico y paleontológico en la** Región Central. COPLACO (Inédito). Madrid.

ALFEREZ, F.; MALDONADO, E. y MOLERO, G. (1984).-**Descripción de áreas singulares de interés geológico. Yacimiento de San Isidro, Puente de Vallecas y Puente de Toledo**. Ayuntamiento de Madrid-Universidad Complutense (Inédito). Madrid.

ALMENDROS, M.A. y ANTON, F.J. (1983).- **El complejo kárstico-yesífero subterráneo "Pedro Fernández" (Estremera, provincia de Madrid)**. VI Reunión do Grupo Español de Trabajjo de Queaternario. Cuadernos do Laboratorio Xeologico de Laxe, n 5. Laxe (La Coruña).

ALONSO, M.A.; CALVO, J.P. y GARCIA DEL CURA, M.A. (1986).- **Sedimentología y petrología de los abanicos fluviales y facies adyacentes en el Neógeno de Paracuellos de Jarama**. Madrid.

BASCONES, M. y DE BUSTAMANTE, I. (1984).- **Descripción de áreas singulares de interés geológico: Fuente del Rey**. Area de Recursos Geológico-Culturales. Ayuntamiento de Madrid-Universidad Complutense (Inédito). Madrid.

BLANCO, A.; CEÑAL, Ma. A.; ESCRIBANO, R. y GLARIA, G. (1982).- **Guía del valle de la Fuenfría**. Diputación de Madrid.

BLANCO, A.; CEÑAL, Ma. A.; ESCRIBANO, R. y GRARIA, G. (1982).- **Guía del Alto Manzanares.** Comunidad de Madrid.

CABRA, P.; CALVO SORANDO, J.P. y LOPEZ, N. (1984).-**Descripción de áreas singulares de interés geológico: Cerro de Almodóvar**. Ayuntamiento de Madrid-Universidad Complutense (Inédito). Madrid.

CALVO SORANDO, J.P.; GOY, J.L.; HOYOS, M.; CABRA, P. y ZAZO, C. (1984).-**Descripción de áreas singulares de interés geológico: Zona de Perales del Río**. Ayuntamiento de Madrid-Universidad Complutense (Inédito). Madrid.

CATEDRA DE PLANIFICACION Y PROYECTOS DE LA E.T.S. de INGENIEROS DE MONTES. (1982).- **Guía de La Cabrera**. Diputación de Madrid.

COMAS RENGIFO, M.J.; GALLEGO, F.; GARCIA JORA, F. y GOY, A. (1984).- **Memoria del inventario de áreas singulares de interés geológico en el municipio de Madrid**. Ayuntamiento de Madrid-Universidad Complutense (Inédito). Madrid.

COMITE REGIONAL CASTELLANO CENTRO DE ESPELEOLOGIA (1979).- **Avance a los catálogos de cavidades de las provincias de Madrid y Segovia**. Madrid.

CONSEJERIA DE CULTURA, DEPORTES Y TURISMO (1983).- **Madrid en sus orígenes.** Comunidad de Madrid.

DUQUE, L.C. y ELIZAGA, E. (1983).- **Puntos de interés geológico en el sector oriental de la Cordillera Cantábrica**. IGME. Madrid.

DUQUE, L.C.; ELIZAGA, E. y VIDAL ROMANI, J.R. (1983).- **Puntos de interés geológico de Galicia**. IGME. Madrid.

DUQUE, L.C.; MURCIA, V; ABRIL, J; GARCIA SALINAS, F. y ELIZAGA, E. (1978).-**Proyecto previo de puntos de interés geológico**. IGME (Inédito). Madrid.

DURAN, J.J. y del VAL, J. (1984).- **El karts yesífero en España: Condicionantes geológicos y problemática territorial, ambiental y geotécnica.** I Congreso Español de Geología, Tomo I. Segovia.

ELIZAGA, E.; ABRIL, J.; DUQUE, L.C.; GARCIA SALINAS, F. y MURCIA, V. (1979).-**Los puntos de interés geológico -minero de interés singular como Patrimonio Natural; su inventario y metodología de estudio**. I Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Santander.

GALLEGO, E. y GARCIA JORAL, F. (1984).- **Descripción de áreas singulares de interés geológico: Museos**. Ayuntamiento de Madrid-Universidad Complutense (Inédito). Madrid.

HERRERO, N. (1979).- **Esquema geológico de los alrededores de Torrelaguna (Madrid)**. Jumar, nº 3. Madrid.

IGME (1987).- **Mapa nacional del karst de España**. Escala 1:1.000.000. Madrid.

LOPEZ, N.; SESE, C. (1984).- **Descripción de Areas Singulares de Interés Geológico. Yacimiento de O'Donnell**. Ayuntamiento de Madrid-Universidad Complutense. (Inédito). Madrid.

MADOZ, P. (1845).- **Diccionario geográfico-estadístico -histórico de España y sus posesiones de ultramar**. 16 volúmenes. Madrid.

MELENDEZ, F.; MORILLO-VELARDE, M.J. y MELENDEZ, I. (1979).- **Excursiones geológicas por la región central de España,** Ed. Paraninfo. Madrid.

PEDRAZA, J.; PEREZ GONZALEZ, A. y COBO, R. (1984).-**Geología: Unidades fisiográficas de la provincia de Madrid. Madrid en sus orígenes**. Consejería de Cultura, Deporte y Turismo. Comunidad de Madrid.

PRADO, C. de (1864).- **Descripción física y geológica de la provincia de Madrid**. Ed. Junta General de Estadística, XVI, 219. Ed. facsimil del Colegio de Ingenieros de C.C. y P. Madrid.

PUIG Y LARRAZ, G. (1896).- **Cavernas y simas de España**. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico. 2 serie: I. Madrid.

PUIG Y LARRAZ, G. (1896).- **Catálogo geográfico y geológico de las cavidades naturales y minas primordiales de España**. Anales de la Sociedad Española de Historia Natural. Serie II, T. 5º (XXV) Madrid.

ROYO y GOMEZ, J. (1929).- **Memoria explicativa de la hoja geológica 559.** IGME. Madrid.

TALLADA, N. y FERNANDEZ, M. (1982).- **Catálogo de grandes cavidades de España**. Federación Española de Espeleología. Madrid.

VIDAL BOX, C. (1976).- **Guía de los recursos pedagógicos en Madrid y sus alrededores** C.S.I.C. Madrid.

3.8.- Patrimonio natural. Espacios protegidos y protegibles

El concepto de Patrimonio Natural incluye los parajes naturales de gran belleza, ecosistemas representativos, reductos de fauna o flora y formas geológicas del alto interés; y su protección por parte de los diferentes organismos de la Administración son la mejor demostración de la consideración social de recursos que reciben estas zonas.

Además de los valores intrínsecos que de por sí califican determinadas áreas como espacios naturales o enclaves singulares, se considera también su valor como recurso científico o educativo, por lo que es preciso dotarlos de una infraestructura acorde con las posibilidades de dichos usos.

Concretamente en la Comunidad de Madrid, existen numerosas áreas con valores naturales notables, especialmente en el Dominio de la Sierra.

MARCO LEGAL

El objetivo de los estudios del Medio Físico es establecer una distribución óptima de actividades y usos del suelo en función de las características físicas del territorio. Así pues, se contempla en ellos la conservación y protección de espacios naturales o singulares que forman parte del patrimonio natural de un país.

La Ley de Espacios Naturales Protegidos de 1.975 establece cuatro modalidades o categorías:

- Reservas integrales de interés científico
- Parques nacionales
- Parajes naturales de interés nacional
- Parques naturales

de las cuales las tres primeras se crean por ley y la última, los Parques Naturales, por decreto.

EL PATRIMONIO NATURAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Atendiendo a esta última modalidad se creó en la Comunidad de Madrid el Parque Natural de la Cuenca Alta del Río Manzanares, por Real Decreto del 4 de diciembre de 1.978, con una superficie total de 4.304 Ha. Este parque, en función de las atribuciones dadas a las Comunidades Autónomas, fué ampliado por Ley 1/1.985 del 23 de enero por dicha Comunidad.

Por otra parte, el Monte de El Pardo, uno de los espacios naturales más característicos y polémicos de esta Comunidad, aparece integrado en el Patrimonio Nacional por Ley 23/1.982 del 16 de julio. Su tratamiento en la Ley del Parque Natural de la Cuenca Alta del Río Manzanares se refleja en la disposición adicional cuarta, al proponerse una coordinación de objetivos y actuaciones con el Consejo de Administración del Patrimonio Nacional.

Pero una labor imprescindible antes de promulgar cualquier normativa legal es la elaboración de inventarios o catálogos que recojan tanto la distribución como el estado del patrimonio natural. En este sentido, los pasos seguidos en la región madrileña hasta 1.987 son los siguientes.

En 1.979 el Instituto para la Conservación de la Naturaleza realiza el primer inventario para esta Comunidad, denominado "Inventario Abierto de Espacios Naturales de Protección Especial". Sus objetivos son detectar aquellos lugares que por sus excepcionales cualidades requieren una especial atención por parte de los encargados de conservar nuestro patrimonio natural y, al mismo tiempo, dar la voz de alarma sobre las amenazas que sobre ellos pesan.

Se definen así catorce espacios con una superficie total de 179.407 Ha, es decir, el 21,6% de la superficie de la Comunidad, cifra tres veces superior a la media del conjunto del territorio nacional.

En el mapa destaca el alto valor natural de amplias zonas del Dominio de la Sierra, así como el ya mencionado Monte de El Pardo y su entorno. Los factores singulares de estas áreas se sintetizan en fauna, vegetación, paisaje, arqueología y geomorfología; correspondiendo a entornos fisiográficos de alta y media montaña, llanuras, ríos, lagunas y embalses.

Las razones de protección son, en orden de importancia: defensa de valores intrínsecos, zona verde con gran presión humana y ecosistemas amenazados.

Posteriormente, en 1.985, sin aprobación definitiva y en proceso de desarrollo, la Consejería de Ordenación Territorial, Medio Ambiente y Vivienda de la Comunidad de Madrid publica el Documento previo de las Directrices de Ordenación para este ámbito territorial, donde se inserta un nuevo inventario de 147 espacios madrileños a proteger, todavía sin una delimitación geográfica exacta.

Parque Natural de la Cuenca Alta del Río Manzanares (La Pedriza)

Real Sitio del Monte de El Pardo

Los valores analizados son: florístico, morfológico, paisajístico,
faunístico, arqueológico, mineralógico, paleontológico y ecológico; y define áreas de máxima protección que se sustraen al normal desarrollo de las actividades urbanas; áreas naturales escasamente modificadas, enclaves naturales singulares y áreas con masas arboladas de relativa conservación; todo ello sintetizado en el mapa de este Atlas.

También existen otros trabajos e inventarios sobre los espacios naturales de esta Comunidad, destacando el Plan Especial de Protección del Medio Físico (ICONA-COPLACO), y todos han servido de base documental para estas directrices.

Por último, ya en 1.987, la Comunidad de Madrid elabora, en base a los inventarios antes citados, un catálogo de 72 enclaves naturales con el fin de mantenerlos al margen de actividades que los transformen, protegiéndolos de manera adecuada y según usos compatibles con su preservación, de forma que puedan ser fuente educativa y cultural.

En el mapa adjunto se representan dichos enclaves, así como los cinco espacios naturales que han sido objeto de protección bajo diferentes figuras legislativas:

- Cumbre, circo y lagunas de Peñalara (P-1), declarado Sitio Natural de Interés Nacional por Real Orden del Ministerio de Fomento de 30 de septiembre de 1.930.

- Peñas del Arcipreste de Hita (P-2), declaradas Monumento Natural por Real Orden de 30 de septiembre de 1.930.

- Pinares de Abantos y zona de La Herrería (P-3), declarado Paraje Pintoresco por Decreto 2418/1961 de 16 de noviembre.

- Hayedo de Montejo (P-4), declarado Sitio Natural de Interés Nacional por Real Decreto de 30 de agosto de 1.974.

Cerro Garabitas, en la Casa de Campo

- Parque Nacional de la Cuenca Alta del Río Manzanares (P-5), declarado por Ley 1/1.985 de 23 de enero, de la Asamblea de Madrid.

De ellos, en los cuatro primeros se procederá en breve a su reclasificación para adecuarlos a la vigente Ley de Espacios Naturales Protegidos de 1.975.

		FL	G	P	P
1.	Acebeda de Robregordo	X		X	
2.	Alameda de Quijorna			X	
3.	Alcornocal de Torrelaguna	X			
4.	Aliseda de Mirabel	X		X	
5.	Alto Jarama	X		X	
6.	Arroyo de La Puebla			X	
7.	Arroyo de Valdesalices	X	X	X	
8.	Arroyo de Valdeyernos		X		X
9.	Bosque de Collado Cerrado	X		X	
10.	Cárvacas del río Perales		X		X
11.	Carrascal de Arganda	X			
12.	Castañares de Rozas de Puerto Real	X		X	
13.	Cerro de Almodóvar	X	X		
14.	Cerro de la Almenara	X	X		
15.	Cerro de la Herradura		X		
16.	Cerro de los Guardias		X		
17.	Cerro de El Viso	X			
18.	Cristo de Rivas	X			
19.	Cuelgamuros	X		X	
20.	Cuenca de El Atazar	X	X	X	X
21.	Cueva de El Reguerillo		X		
22.	Cultivos de Colmenar de Oreja + secanos de C. Oreja-Belmonte Chinchón			X	
23.	Cumbres de Somosierra	X			
24.	Dehesa de Brea de Tajo	X		X	
25.	Dehesa de Fuentelámparas	X			
26.	Dehesa La Golondrina	X			
27.	Dehesa de Moncalvillo	X			
28.	Dehesa de Navalquejigo	X			
29.	Dehesa de Somosierra	X			
30.	El Regajal				X
31.	Valle de Miraflores y Bustarviejo	X		X	
32.	Encinar de Batres	X		X	
33.	Encomienda Mayor de Castilla	X		X	X
34.	Fuentevieja	X			X
35.	Garganta de Picadas	X	X		X
36.	Jarama y Bajo Manzanares		X		X
37.	Laguna de Casasola	X	X	X	X
38.	Laguna de San Juan y Torca de Valmayor	X	X	X	X
39.	La Maliciosa y La Barranca		X		
40.	Las Cabreras		X		
41.	Las Machotas	X	X	X	
42.	Mar de Ontígola	X			X
43.	Meandro del Alberche en Aldea del Fresno		X		X
44.	Melojares de Cercedilla				X
45.	Monte de El Pardo	X		X	X
46.	Monte de Los Belgas	X			X
47.	Patones		X	X	
48.	Peñas de Cadalso		X		
49.	Peñas de Cenicientos y Lacharrasa	X	X	X	
50.	Pinares de La Jarosa	X			
51.	Pinares de Navafria	X		X	X
52.	Pinares de Robledo de Chavela				X
53.	Pinares de Valdequemada				X
54.	Pontón de la Oliva		X	X	X
55.	Rampa de Galapagar		X		
56.	Robleda de la Hiruela	X		X	
57.	Sabinar de Lozoya	X		X	
58.	Secanos de Camporreal-Valdilecha				X
59.	Secanos de Cobeña-Daganzo-Meco				X
60.	Secanos de Talamanca				X
61.	Secanos de Valdemoro				X
62.	Sierra de La Cabrera	X	X	X	
63.	Sierra de La Morcuera	X	X	X	
64.	Soto del Lugar	X	X	X	X
65.	Sotomayor	X			
66.	Sotos de Aranjuez	X			
67.	Sotos del río Guadarrama	X			
68.	Suertes Viejas	X			
69.	Terrazas de Mejorada		X		
70.	Valdepiélagos			X	
71.	Valle de la Fuenfría	X	X		
72.	Villamejor	X			X

Bibliografía

CONSEJERIA DE ORDENACION DEL TERRITORIO, MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA (1985).- **Ley del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares**. Comunidad de Madrid.

DIRECCION GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE (1985).-**Medio ambiente en España. Espacios protegidos**. Mº de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.

ICONA-COPLACO (1975).- **Plan especial de protección del medio físico.** Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO-CEOTMA (1982).- **Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología. Recursos culturales**. Serie manuales, nº 3. Madrid.

Documentación cartográfica utilizada

CONSEJERIA DE ORDENACION DEL TERRITORIO, MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA (1985).-**Directrices de ordenación territorial. Documento previo.** Comunidad de Madrid.

CONSEJERIA DE ORDENACION DEL TERRITORIO, MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA; Y CONSEJERIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA (1987).- **Mapa de espacios naturales de la Comunidad de Madrid**. (Escala 1:200.000). Comunidad de Madrid.

ICONA (1979).- **Inventario abierto de espacios naturales de protección especial** (Inédito). Madrid.

4.- Procesos activos en el medio geológico

En puntos anteriores se ha tratado de los procesos que dan lugar a la formación del relieve del área de la Comunidad de Madrid. En éste se indica la forma en que actualmente, y en un futuro, pueden incidir en el Medio y modificarlo, a fin de perfilar los peligros que su acción supone, tanto para el mismo Medio, como directamente para el hombre.

Esta consideración, sin embargo, es recíproca, ya que el hombre en el transcurso de su acontecer cotidiano incide (muchas vecesen forma negativa) sobre el Medio, dando lugar a un deterioro del mismo que en algunos casos es controlable, pero en otros es irreversible.

La metodología seguida ha sido la de exponer en primer término las características meteorológicas que se dan en la Comunidad de Madrid, ya que los fenómenos atmosféricos tienen una clara incidencia en los procesos que se desarrollan en la superficie terrestre. Después se han considerado los riesgos geológicos a través de los distintos aspectos con que pueden presentarse (movimientos del terreno, inundabilidad, expansividad y sismicidad) y seguidamente la vulnerabilidad del medio en sus diversas formas: erosionabilidad, contaminación de acuíferos y zonas de influencia por actividad antrópica, principalmente en casos de explotaciones a cielo abierto.

4.1.- Meteorología y Climatología

METEOROLOGIA

La dinámica actual del medio natural depende, de forma importante, del clima y de sus variaciones, pues el clima influye directamente en el carácter y funcionamiento de la red hidrográfica, en la alteración de las rocas, en el tipo de cobertera vegetal y en el modelado de la superficie.

Por ello se exponen a continuación algunas características de los principales factores meteorológicos, como introducción a una somera descripción del clima en la Comunidad.

Para el estudio climático se cuenta con la información facilitada por los observatorios repartidos por toda la Comunidad y que suman un total de 54, distribuídos en las siguientes clases:

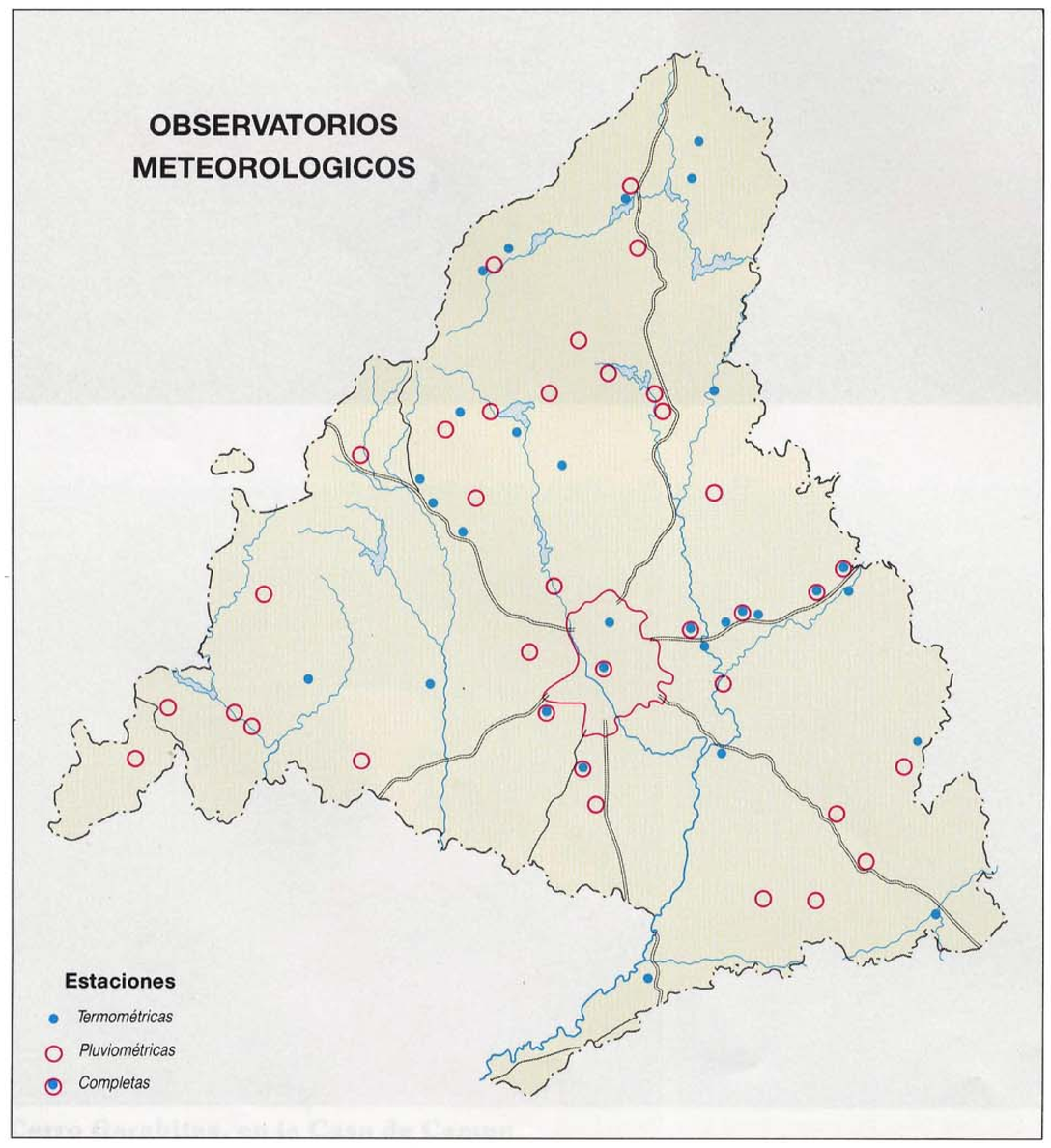
Observatorios completos	7
Observatorios termométricos	18
Observatorios pluviométricos	29

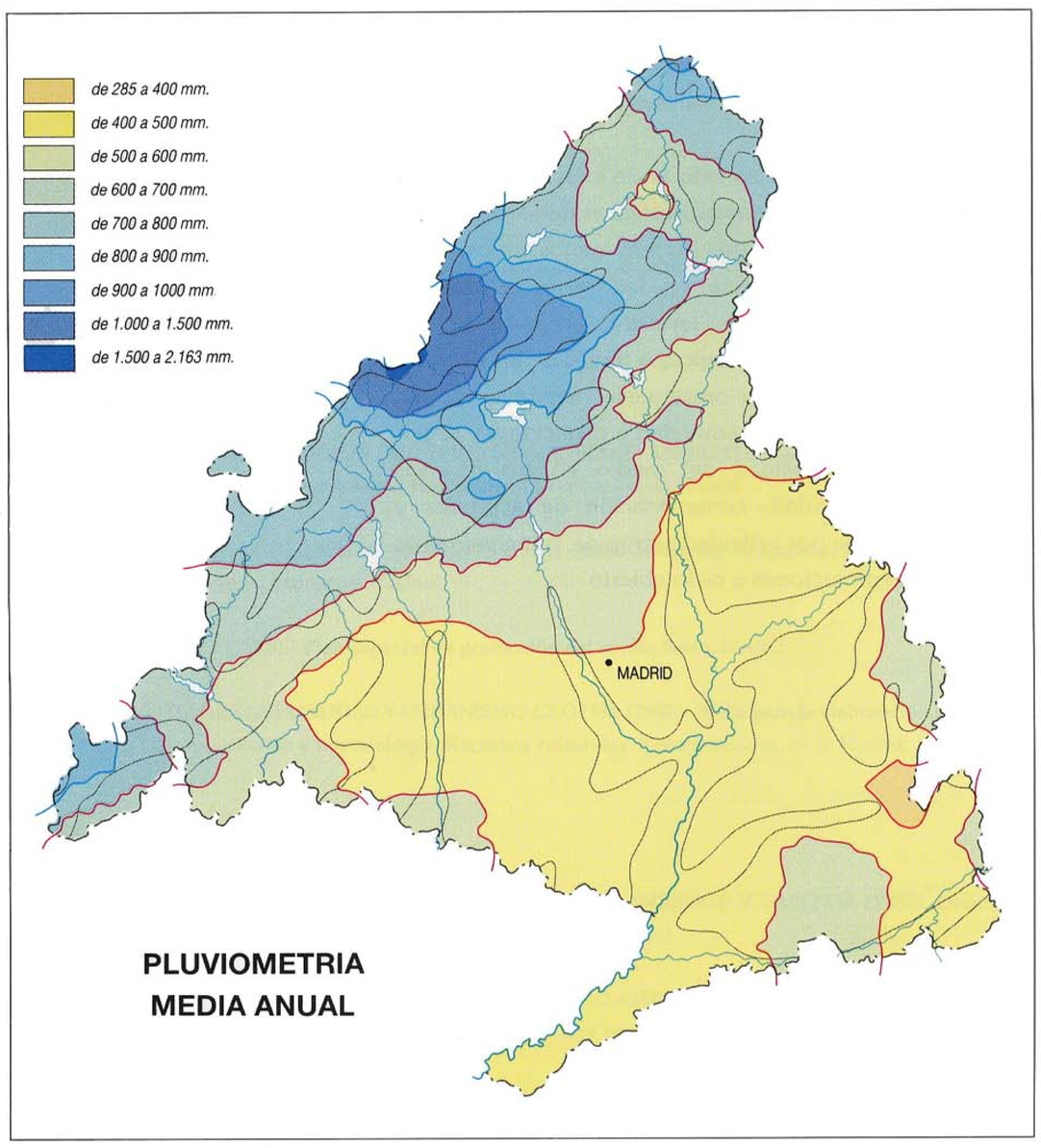
y en base a sus informaciones se obtienen los datos para la elaboración de los distintos mapas representativos de las distintas características meteorológicas, como son pluviometría, temperatura, niebla, nieve, insolación, viento etc.

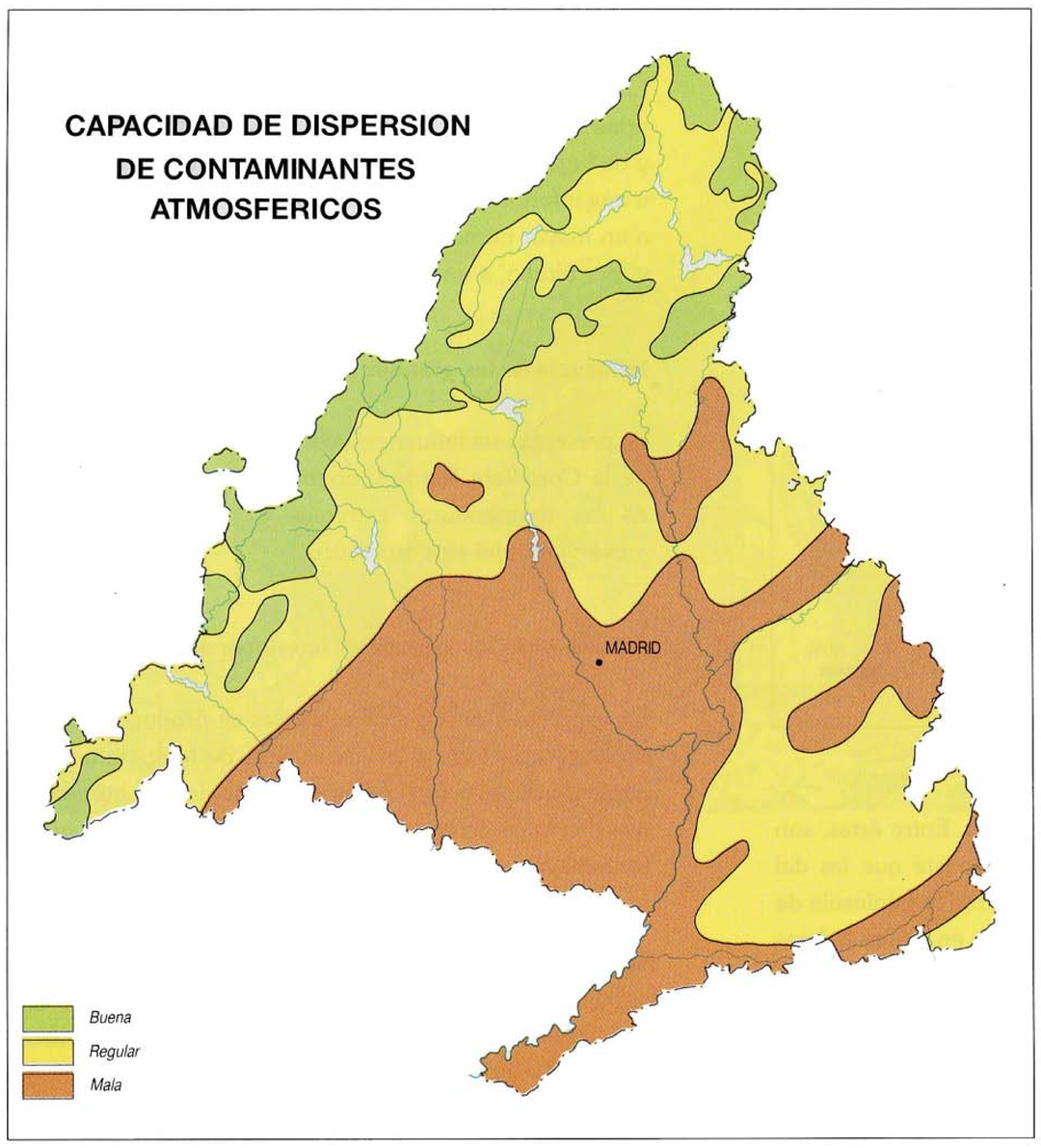
Pluviometría

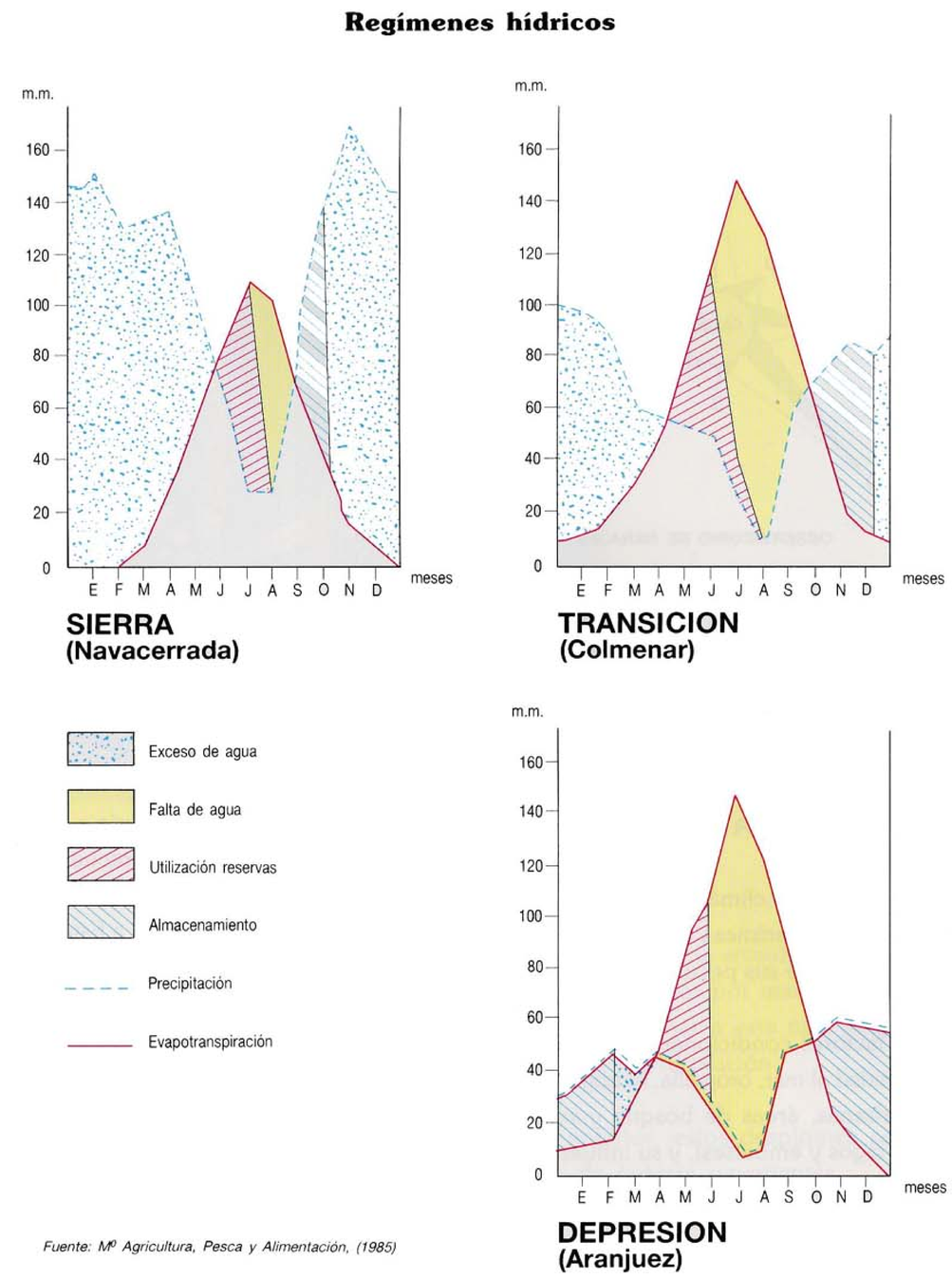
Los regímenes hídricos característicos de las zonas de Sierra, de Transición y de Depresión se indican en los gráficos adjuntos.

Se aprecia que las zonas de Sierra presentan excedentes de agua durante casi todo el año; mientras que la zona de Transición acusa fuertes necesidades de agua en verano, aunque durante cinco meses tiene excedentes de agua. Por último, la zona de Depresión muestra una marcada carencia de agua a lo largo del año, muy acusada en verano y con suficiente agua en solo un período de tres meses.









Fuente: Mº Agricultura, Pesca y Alimentación, (1985)

Por otra parte, la pluviosidad media anual presenta fuertes variaciones de unas zonas respecto a otras, como se aprecia en el gráfico adjunto. Los fenómenos tormentosos en las zonas de Transición y Depresión son frecuentes, sobre todo en primavera y verano, debido a las grandes diferencias térmicas que se dan entre las cumbres frías de la Sierra y los valles soleados y más templados del Sur. Y dado que las tormentas van acompañadas frecuentemente de granizo, pueden perjudicar notablemente la agricultura de los valles del Tajo, Jarama y Henares.

Temperatura

En general, la elevada altitud media de la Comunidad y su carácter continental dan lugar a una fuerte oscilación térmica y a rápidos calentamientos y enfriamientos del suelo, según la insolación recibida.

En otoño e invierno son característicos los fenómenos de inversión térmica en las capas atmosféricas más próximas al suelo, debidos a su fuerte enfriamiento nocturno. En zonas bajas, por acumulación de masas de aire frío, las temperaturas llegan a ser de hasta 5^0 y 7^0 C bajo cero, dándose la paradoja de que en las primeras horas de la mañana las temperaturas en Madrid (660 m) son más bajas que en Navacerrada (1.888 m). En estas circunstancias, y si existe humedad, se hace difícil la difusión de los contaminantes atmosféricos, que pueden permanecer durante varios días en una capa de varios cientos de metros de espesor junto al suelo.

Esto tiene especial significación en el área urbana de Madrid, ya que por sus particulares características de foco emisor de calor y de elementos contaminantes, produce un microclima dentro del clima general de su entorno.

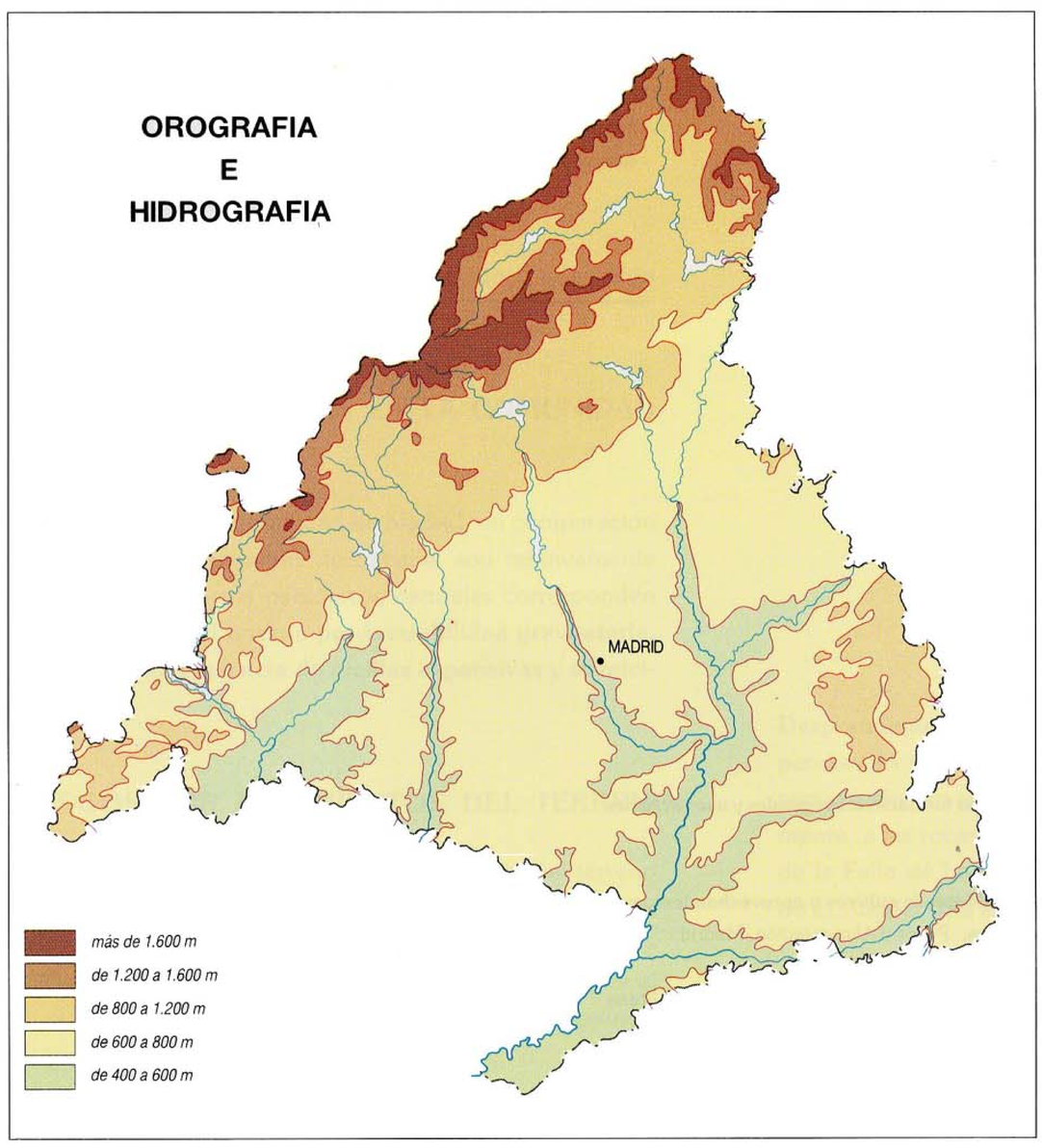
La depresión del Tajo da lugar, en ciertos puntos, a las cotas más bajas de toda la Comunidad (alrededor de los 400 m), y coincidiendo con ellas se producen las temperaturas más altas en verano y primavera.

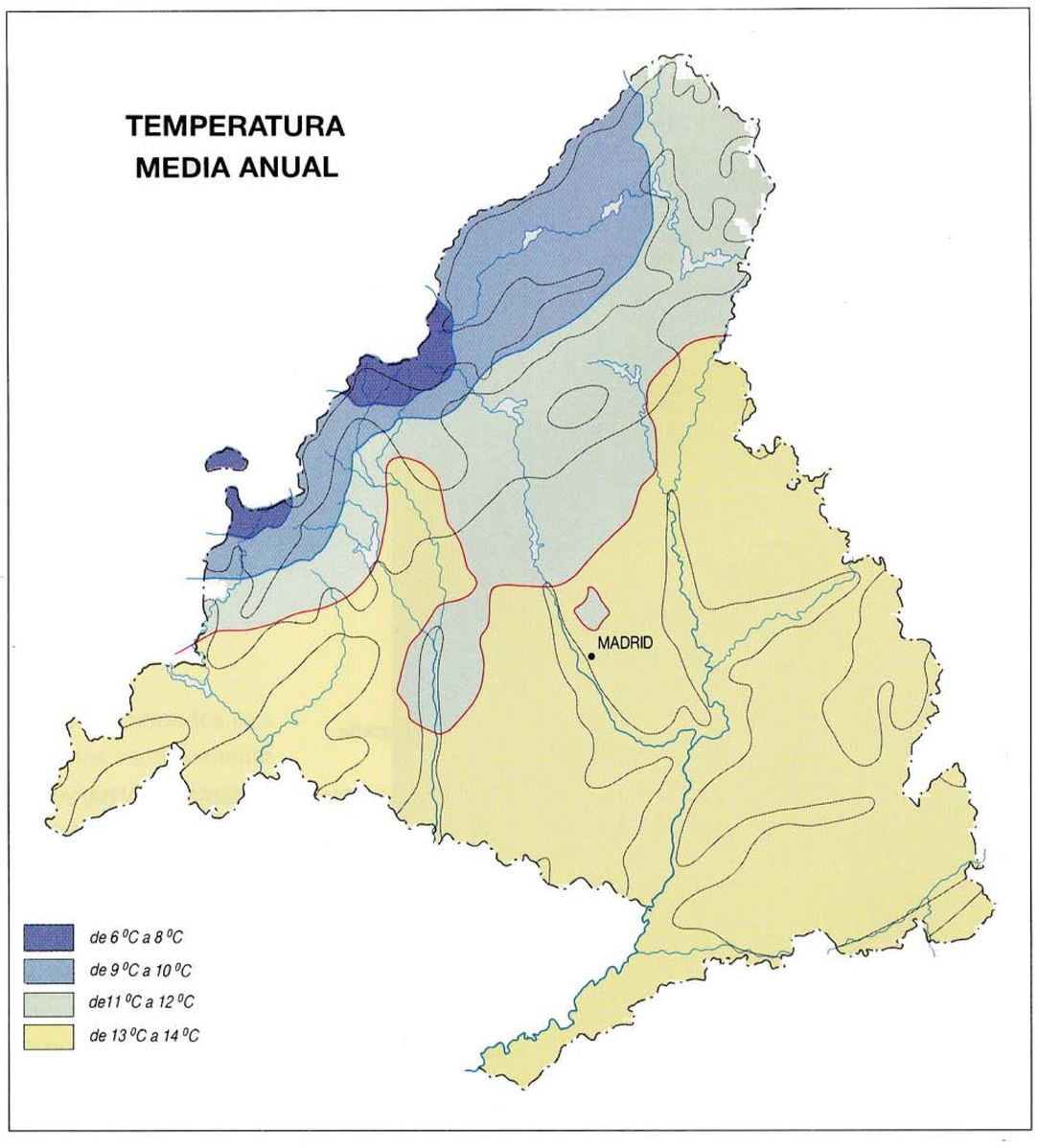
Insolación

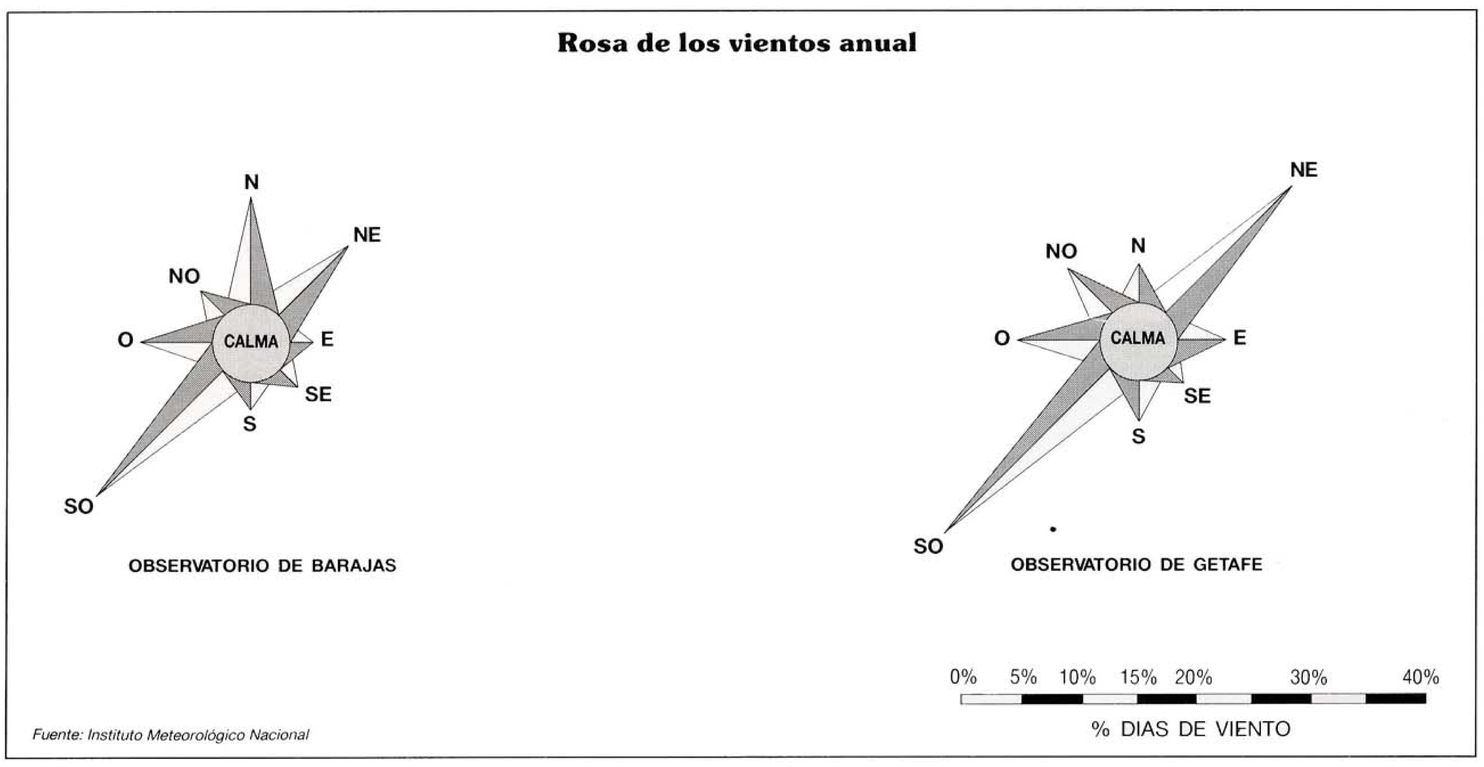
Para el estudio de la insolación se han utilizado datos de los observatorios de Navacerrada, Madrid (Retiro y Ciudad Universitaria), Getafe y Guadalajara, y a partir de ellos se determina un índice de radiación por km^2 según el flujo de energía radiante que incide sobre el terreno, considerando su pendiente, orientación y altitud. Este nivel de radiación se expresa en kwh/m^2/día (kilowatios-hora por metro cuadrado de superficie y por día). La distribución de la insolación en la Comunidad de Madrid aparece reflejada en el mapa que se incluye en el capítulo de Energías Renovables.

Vientos

Respecto a los vientos, tanto los dominantes como su frecuencia, en el gráfico adjunto se indica su distribución, determinada en los observatorios de Barajas y Getafe.







CLIMATOLOGIA

Las condiciones climáticas de una zona dependen de una serie de características de la mísma que la condicionan y son la razón de sus peculiaridades.

Estos factores condicionantes son, en términos generales, proximidad al mar, orografía, hidrografía, altitud, concentraciones urbanas, áreas de bosque y superficies interiores de agua (lagos y embalses), y su influencia conjunta conforma las características climáticas de la zona considerada.

Influencia marítima

La situación de la Comunidad, en la zona central de la península y alejada de las costas, da lugar a un clima de tipo claramente continental, con largos períodos de sequía y fuertes variaciones térmicas.

Sin embargo, y pese a este alejamiento (a 300 km del Mediterráneo, a 500 km del Atlántico, a 400 km del Cantábrico y a 600 km del Estrecho de Gibraltar), la influencia marítima es considerable, aunque bastante desigual. Concretamente la influencia del Atlántico se manifiesta en los temporales de lluvia que desde él llegan al centro de la península, dando lugar a la mayor parte de la nubosidad y precipitaciones que se producen.

Influencia orográfica

Junto con esta influencia marítima hay que considerar la de la orografía, que en este caso tiene su máximo exponente en la Cordillera Central, que con dirección SO-NE y elevaciones que superan en algunos puntos los 2.400 m actúa a modo de barrera de contención a la penetración, dentro del territorio de la Comunidad, de las masas de aire frío procedentes del Norte y Noroeste.

Además de la nubosidad y precipitaciones, otro efecto que producen los temporales que traen los vientos procedentes del Atlántico es el Foehn, consistente en una elevación de temperatura y ausencia de nubosidad en la ladera contraria a la trayectoria de las borrascas. Entre éstas, son más frecuentes las de procedencia Noroeste que las del Sureste y solo cuando las borrascas cruzan la península de Oeste a Este se producen precipitaciones en ambas laderas de la Sierra.

La influencia del Mediterráneo, por el contrario, es muy escasa, y son muy pocos los temporales que con esa procedencia afectan a la Comunidad, originando principalmente nubosidad, pero pocas veces lluvias.

Influencia hidrográfica

Otro factor condicionante del clima, aunque de menor importancia que los anteriores, es la red hidrográfica. La cuenca del Tajo atraviesa la Comunidad de Este a Oeste y orienta los vientos del Oeste (**ponientes**) y del Suroeste (**ábregos**) que dan lugar a los temporales de lluvia en otoño.

La red hidrográfica secundaria orienta los vientos de baja velocidad, así como el movimiento de los núcleos tormentosos que se forman en la Sierra; y para el área urbana de Madrid tiene importancia local su influencia sobre el efecto de brisa, que en verano da lugar a vientos que durante el día soplan con dirección Suroeste y a primeras horas de la mañana y por la tarde lo hacen con dirección Noroeste.

Influencia de la altitud

La altitud tiene muy estrecha relación con las condiciones térmicas de las distintas zonas de la Comunidad.

Así, en las zonas de montaña se dan temperaturas medias anuales de 6^0-8^0 C, con período libre de heladas de dos a cuatro meses; mientras que en la zona de Transición las medias anuales oscilan entre los 11^0-13^0 C, presentando períodos libres de heladas de cuatro a seis meses.

Por último, en la zona de la Depresión las temperaturas medias anuales llegan a los 15^0-18^0 C, con períodos libres de heladas superiores a los seis meses.

Influencia de las grandes concentraciones urbanas

La incidencia en el clima de las grandes agrupaciones urbanas es característico del Area Metropolitana de Madrid, y da lugar a un aumento en el número de días con niebla, a una inferior insolación debido a la opacidad atmosférica, a un mayor número de días con pequeñas precipitaciones y, por último, a un efecto de "isla de calor".

Influencia de las grandes áreas de bosques

Se presenta esta influencia en las zonas boscosas de umbría de la Cordillera Central, originando un amortiguamiento de las temperaturas extremas y mayor dificultad de movimiento del aire catabático.

Influencia de las superficies interiores de agua

En los alrededores de los embalses se produce un efecto de amortiguación de las variaciones de temperatura y un aumento de las brisas. Así mismo, debido a la humedad a que dan lugar, se originan en invierno nieblas y, en verano, tormentas.

Tipos de clima

Del conjunto de características orográficas, hidrográficas, de altitud y de lejanía de las costas, se derivan unos rasgos climáticos en la Comunidad que se concretan en tres tipos:

- Mediterráneo frío, característico de zonas montañosas elevadas como Somosierra y Guadarrama, principalmente.
- Mediterráneo templado, más o menos frío y húmedo según la altitud, y característico de zonas de Rampa Serrana así como de la franja Norte de la zona de Transición.
- Mediterráneo templado seco, con inviernos frescos y característico de la Depresión y de la zona de Transición.

El siguiente cuadro esquematiza los distintos tipos de clima, relacionándolos con las zonas asociadas y la altitud.

CLIMA		ALTITUD (m)	ZONA
Mediterráneo de montaña	Frío Templado-frío Perhúmedo	2.300 1.600	Alta montaña
Mediterráneo templado-frío	Húmedo	1.100	Sierra Rampa de Sierra
	Subhúmedo	800	
Mediterráneo templado-seco	Semiseco a seco	300	Depresión Páramos Cuestas Vegas

Bibliografía

CONSEJERIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA (1984).- **Mapa de las formaciones vegetales y usos actuales del suelo. (Escala 1:200.000)**. Comunidad de Madrid.

DIRECCION GENERAL DE LA PRODUCCION AGRARIA (1985).- **Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Madrid. (Escala 1:200.000)**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO-COPLACO (1979).- **Atlas básico del Area Metropolitana de Madrid**. Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO-COPLACO (1980).- **Atlas climatológico básico de la subregión de Madrid**. Madrid.

4.2.- Peligrosidad Geológica

Se entiende por **riesgo geológico** la probabilidad de que una zona se vea afectada por un proceso geológico violento y potencialmente destructivo.

Los riesgos geológicos se derivan de aquellos procesos relacionados con la dinámica de la Tierra que inciden sobre la actividad humana, y se engloban en dos grandes grupos:

- Derivados de Procesos de la Geodinámica Interna: Terremotos, maremotos, erupciones volcánicas, etc.

- Derivados de Procesos de la Geodinámica Externa: Movimientos del terreno (deslizamientos, hundimientos, etc.), inundaciones, etc.

El primer paso a dar en el estudio de los riesgos geológicos es la elaboración de mapas que delimiten zonas con diversos niveles de riesgo y que indiquen, a ser posible, su probabilidad y periodicidad. Estos mapas constituyen la predicción espacial del riesgo, siendo factible su inclusión en cartografías de temática más amplia (por ejemplo, en mapas geocientíficos) y su uso se hace imprescindible, tanto para técnicos de planeamiento, como para responsables de protección civil.

Una vez realizados los mapas de riesgos geológicos, los pasos a seguir aparecen definidos en las conclusiones del 1er. Congreso Español de Geología (Segovia, 1.984) y se resumen en:

- Adopción de sistemas de vigilancia y predicción temporal de catástrofes.

- Elaboración de planes correctores o medidas preventivas capaces de mitigar los posibles daños.

- Promulgación de normas legales.

- Realización de campañas de información y educación dirigidas a la población.

RIESGOS GEOLOGICOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Los terrenos de la Comunidad de Madrid, en comparación con los de otras regiones de España, son relativamente estables, y los riesgos geológicos naturales corresponden a **movimientos del terreno por inestabilidad gravitatoria, inundabilidad, presencia de arcillas expansivas y sismicidad**.

RIESGOS POR MOVIMIENTOS DEL TERRENO

Las variables que inciden en los movimientos del terreno son, fundamentalmente, la litología, la tectónica y las pendientes; pero en estudios a escala menor es imprescindible tener en cuenta el factor climático (especialmente el nivel pluviométrico), los tipos de vegetación y la potencia de los recubrimientos.

Las características litológicas y tectónicas se definen en el capítulo de geología; y en cuanto a las pendientes, los intervalos considerados han sido:

Zonas planas: entre 0 y el 7 %.
Zonas intermedias: entre el 7 y el 15%.
Zonas abruptas: entre el 15 y el 30%.
Zonas montañosas: superiores al 30%.

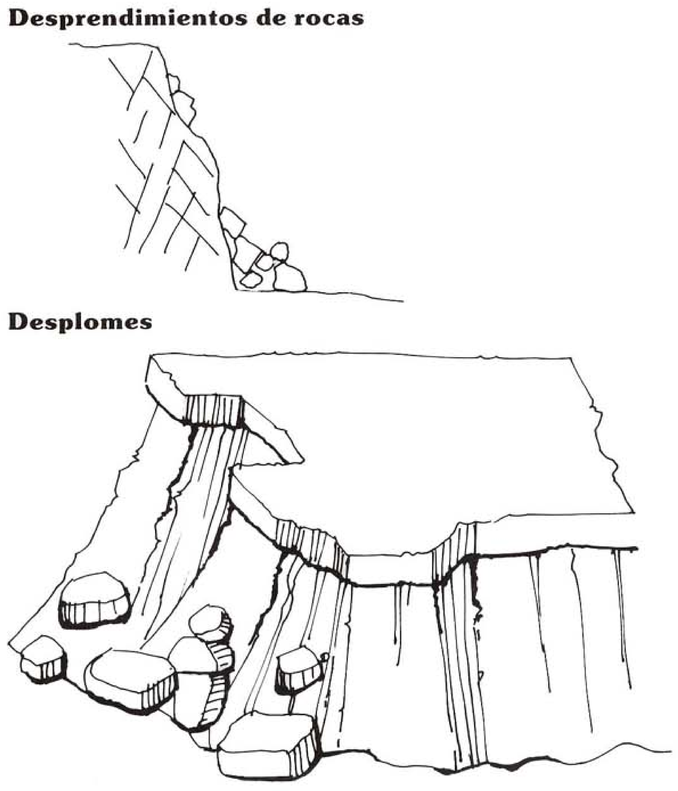
Los procesos que dan lugar a este tipo de riesgos en la Comunidad de Madrid, se han clasificado en tres categorías: caídas, colapsos y deslizamientos.

Caídas

Se trata de la caída libre de masas a favor de áreas de elevada pendiente, y tanto el tamaño como el volumen del material afectado es muy variable, dependiendo de su naturaleza y del modo de fracturarse.

La caída ocasiona la acumulación de materiales al pie de taludes y vertientes y, como consecuencia, su posible deslizamiento. En la Comunidad de Madrid se presentan los tres tipos de caídas que se describen seguidamente.

Desprendimientos de rocas



Caídas

Desprendimientos de rocas.- Aparecen relacionados con pendientes superiores al 15%, y en zonas especialmente tectonizadas en el Dominio de la Sierra. Afectan, principalmente, a las rocas metamórficas que se encuentran al Este de la Falla de La Berzosa, en los alrededores de la presa de El Atazar. Otra zona típica es la de La Cabrera.

Desplomes por descalce.- Se producen en los bordes de los afloramientos de las calizas terciarias situadas en la parte alta de los escarpes que forman el Páramo (al Sureste de la Comunidad), y en las calizas cretácicas que dan lugar a los relieves en cuesta de Torrelaguna.

La inestabilidad es ocasionada por la erosión de los niveles inferiores del escarpe, constituídos por materiales menos competentes, y suelen acompañar a este tipo de caídas, favoreciéndolas, procesos de disolución.

Igual que en el caso anterior, estos desplomes pueden generar deslizamientos de laderas y vertientes.

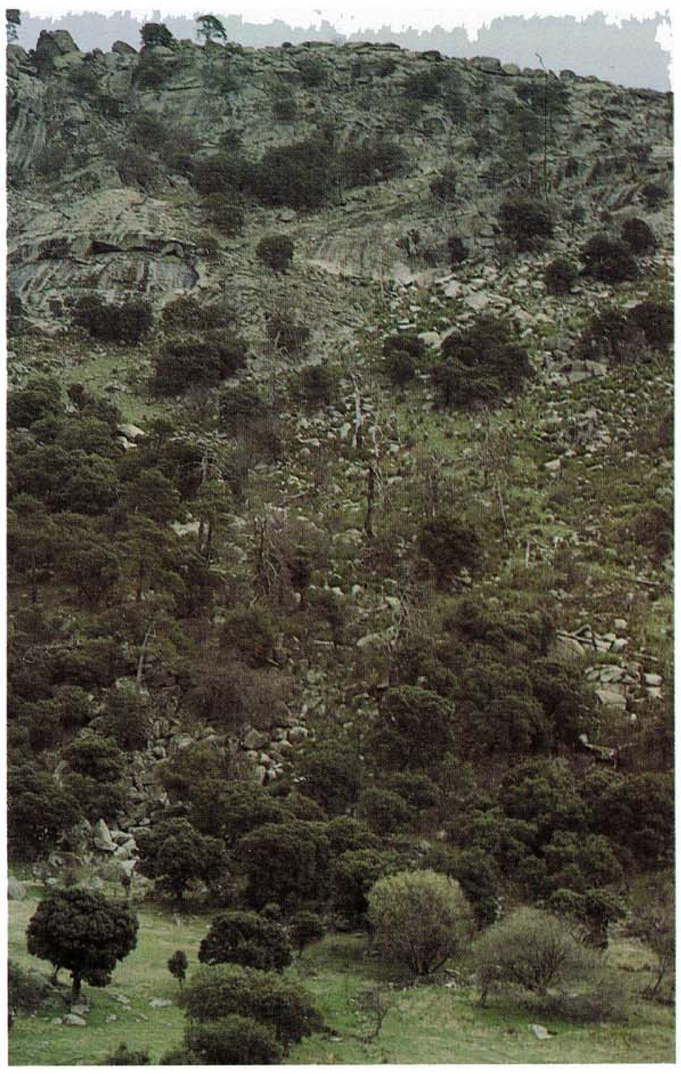
Despegues de losa.- Este concepto se usa tradicionalmente para rocas fuertemente diaclasadas, pero por su morfología se ha atribuído aquí a la caída de niveles de yesos, masivos y tableados, relacionados con elevadas pendientes e importantes procesos de disolución.

Estos despegues son muy espectaculares en todas las vertientes yesíferas de los grandes ríos (Manzanares, Jarama y Henares) y generalmente forman, antes de su caída, altas torres de forma cilíndrica individualizadas del resto del escarpe. En otros casos, por efecto de la disolución caen directamente como grandes bloques, sin dar lugar a la formación de dichas torres.

Colapsos

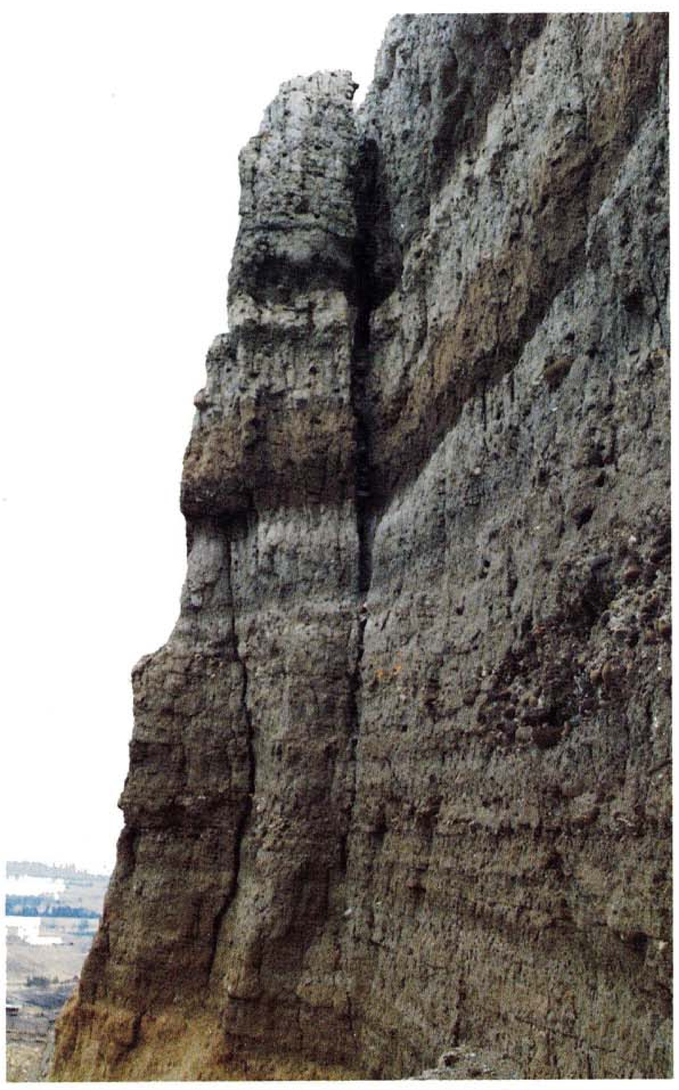
Se trata de movimientos ligados a materiales solubles (yesos y calizas) cuando presentan una topografía casi horizontal, y los hundimientos sobrevienen por la pérdida y desaparición de material en el subsuelo, como consecuencia de la acción de las aguas subterráneas.

La disolución progresiva da lugar a una morfología



Caída de bloques de granito (cerro Almenara)

Desplome de calizas cretácicas



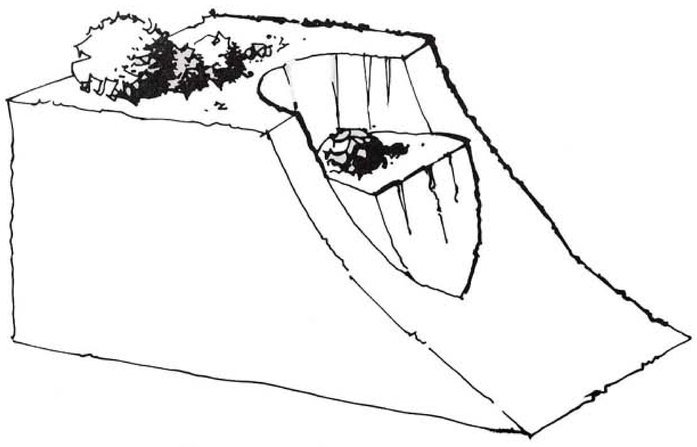
Despegue en losa (cerro del Telégrafo)

característica con gran número de dolinas, visibles tanto en la superficie del Páramo como en las facies de yesos masivos y tableados.

Deslizamientos

Los factores dominantes en la generación de deslizamientos son: estratificación, fracturación, esquistosidad, pendiente, tipo de material (en especial la alternancia de materiales competentes e incompetentes) y presencia de agua.

Los deslizamientos debidos a la esquistosidad se presentan en el área de los materiales metamórficos del Dominio de la Sierra, mientras que en el resto de la Comunidad los factores determinantes de los deslizamientos son la alternancia de materiales de distinta competencia, asociados a zonas de fuerte pendiente o con un nivel freático alto. En estas circunstancias, es en las áreas con litología predominantemente arcillosa o alternante con otros materiales donde



Deslizamientos

más frecuentemente se producen estos fenómenos, habiéndose evaluado los daños por deslizamientos en el área de la Comunidad de Madrid, para el periodo 1.986-2.016, en tres mil millones de pesetas.

En cualquier caso, los diferentes tipos de riesgos descritos no se suelen presentar de forma individual, sino que normalmente aparecen ligados entre sí.

AREAS POTENCIALMENTE INESTABLES

En función de la presencia de los fenómenos descritos se reflejan en el mapa de riesgos las áreas potencialmente inestables. Para ello, además de la existencia puntual de estos fenómenos se han tenido en cuenta la litología dóminante, las pendientes, la presencia de agua subterránea y la tectónica.

La escala del mapa, así como la comparación con otras zonas de la península (Granada, Almería, etc.) hace que no se considere adecuada la delimitación de áreas de inestabilidad manifiesta, cuya existencia en esta Comunidad se debe más a la acción antrópica que a la naturaleza de los fenómenos exógenos que en ella se producen.

Areas potencialmente inestables en la Sierra

Quedan definidas por la interrelación de los siguientes factores:

- Pendientes elevadas, superiores al 15%.
- Materiales con esquistosidad elevada o fracturación.
- Niveles pluviométricos altos, saturando las rocas a favor de la esquistosidad.

La desestabilización de los materiales provoca, fundamentalmente, el desprendimiento de rocas y los deslizamientos, pudiendo ser favorecidos éstos por la esquistosidad si coincide con las pendientes naturales.

Torres en yesos (Rivas Vaciamadrid)

Areas potencialmente inestables en la Depresión

El factor fundamental de inestabilidad en los depósitos del relleno Terciario de la Cuenca de Madrid es la litología, y actúan como factores complementarios la topografía y la solubilidad de los materiales. Es por ésto que las áreas potencialmente inestables se desarrollan en las unidades yesíferas y carbonáticas, teniendo mayor relevancia estos procesos en las vertientes de los ríos, debido a que las pendientes son más elevadas y alcanzan, ocasionalmente, la verticalidad.

Los procesos exógenos característicos de este área son los deslizamientos y colapsos; pero de forma más restringida aparecen también fenómenos de desplome en los bordes de la Caliza del Páramo, en ciertos afloramientos de yesos y, en grado todavía menor, en las calizas cretácicas de las cuestas de Torrelaguna.

RIESGOS POR INUNDABILIDAD Y ENCHARCABILIDAD

La red hidrográfica principal que surca la Comunidad tiene un nivel de regulación bastante alto; pero excepcionalmente se podrían presentar problemas de encharcabilidad en las zonas bajas, por lo que los cultivos y la cobertera vegetal podrían verse afectados.

Las áreas con problemas de inundabilidad potencial se reparten en tres grandes grupos, cuya representación gráfica se incluye juntamente con las zonas vulnerables a la erosión. El primero coincide con las vegas de los ríos Jarama, Henares y Manzanares, a favor de los sistemas de Terrazas Bajas y Medias, con topografía horizontal o muy suave y condiciones desfavorables para el drenaje.

El segundo corresponde a las formaciones de rañas, con nivel freático alto y baja capacidad de drenaje.

El tercer grupo se sitúa en collados y depresiones de la Sierra, con problemas de drenaje en épocas de deshielo.

Colapso y deslizamiento en yesos (Rivas Vaciamadrid)

al coincidir gran número de cursos fluviales intermitentes con un substrato impermeable.

Estas áreas se han definido en base a los estudios de Capacidad de Uso del Suelo (COPLACO, 1.973) y, en general, su capacidad de drenaje es baja y no se han adoptado métodos de defensa contra las inundaciones.

Los daños por inundabilidad en el área de la Comunidad de Madrid, para el periodo 1.986-2.016, se han estimado en unos tres mil ochocientos millones de pesetas.

RIESGOS POR ARCILLAS EXPANSIVAS

La expansividad es un fenómeno común a todas aquellas rocas o suelos en los que el componente mineralógico fundamental son las arcillas o la anhidrita.

Se basa la expansividad en la alta capacidad de modificación molecular que los materiales arcillosos poseen debido a su peculiar estructura interna, que permite la adsorción o sustitución de moléculas no pertenecientes a su estructura primitiva.

El agua en forma molecular es, generalmente, el principal invasor de la estructura de los materiales arcillosos y, por lo tanto, el más importante de los agentes generadores de expansividad.

La capacidad expansiva de un suelo depende no sólo del agua, sino que también está relacionada con la naturaleza mineralógica (illitas, montmorillonitas y esmectitas poseen diferentes estructuras y, por lo tanto, diversos potenciales expansivos), con el tipo de clima de génesis (paleoclima) y

con las oscilaciones de humedad estacionales que sufren actualmente, así como también es importante la proximidad del nivel freático.

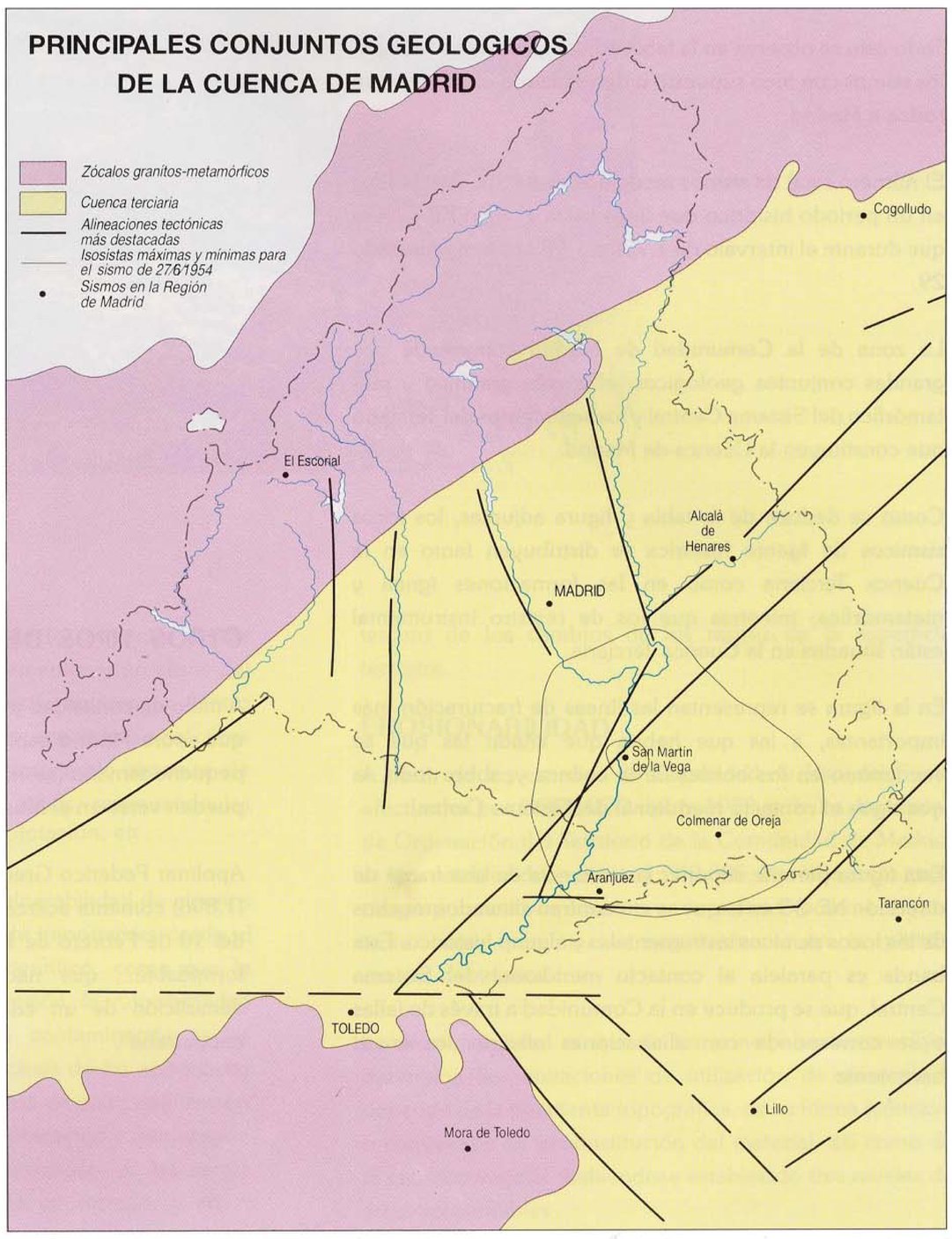
El Mapa Previsor de Riesgos por Arcillas Expansivas que han realizado el Instituto Geológico y Minero de España y el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX a escala 1/ 1.000.000, se ha abordado a partir de la estimación de los Indices de Lambe en un serie de muestras seleccionadas, y permite clasificar las arcillas expansivas en varios niveles de riesgo.

Este ensayo ofrece resultados relativamente fiables en muestras inalteradas y con ellos se puede definir el Cambio Potencial de Volumen (C.P.V), lo que permite agrupar los índices de hinchamiento de una muestra de tal manera que se puede establecer, casi directamente, el grado de expansividad que presenta una arcilla, según la relación siguiente:

C. P. V.	Grado de expansividad
No crítico	Bajo
Marginal	Medio
Crítico	Alto
Muy crítico	Muy alto

Puede concluirse, como resúmen, que cuanto más montmorillonítica es la mineralogía, mayor la proporción arcillosa del suelo o de la roca, menor la edad de formación y el clima más árido, tanto más alta es la probabilidad de que el grado de expansividad sea elevado.

Desprendimientos en rocas metamórficas (El Atazar)



Desplome de calizas en el Páramo

En el mapa adjunto se observa cómo las arcillas de riesgo bajo se distribuyen en la Comunidad de Madrid a lo largo de una banda adosada al borde de la Sierra; mientras que las de riesgo moderado lo hacen en otra franja que bordea a la anterior progresando hacia el centro de la Cuenca Terciaria. El tercio Suroriental de la Comunidad está ocupado por calizas del Páramo y arcillas de riesgo alto a muy alto, estas últimas centradas fundamentalmente en el eje Madrid-Aranjuez.

Como consecuencia del fenómeno de la expansividad se presentan, en las estructuras cimentadas sobre arcillas expansivas, una serie de deformaciones y agrietamientos que no ofrecen apariencia catastrófica, pero que se agravan progresivamente y pueden implicar graves consecuencias humanas y económicas.

Para evitar los daños producidos por las arcillas expansivas puede recurrirse a tres tipos de estructuras: palafito, flexibles o rígidas.

Se estima que en Estados Unidos se producen al año daños por más de dos mil millones de dólares, lo que supone una cifra superior al coste medio anual originado por daños de inundaciones, huracanes, terremotos, etc.

En la Comunidad de Madrid, las pérdidas previstas para el periodo 1.986-2.016 superan los veintitres mil millones de pesetas.

RIESGOS POR SISMICIDAD

La región central de la península se considera zona de baja sismicidad (magnitud esperable menor de VI en la Escala de Richter) y como tal se expresa en los mapas que recogen estos índices, lo cual no excluye que, en determinados puntos, se haya producido un foco sísmico.

La red nacional de observatorios geofísicos capaz de medir magnitudes se instaló en España en 1.920, por lo que las noticias sobre movimientos locales anteriores a esta fecha son informaciones referentes a lo sentido por las personas y el efecto causado en construcciones, fenómenos naturales, etc., que pueden interpretarse en términos de intensidad con la debida prudencia.

Así pues, para tiempos históricos cada vez más antiguos el número de sismos conocidos va decreciendo progresivamente debido a la falta de información.

Todo esto se observa en la tabla adjunta, donde se recogen los sismos con foco supuesto o determinado en el área que rodea a Madrid.

El número total de sismos recogidos es de 32, distribuídos en un período histórico que llega hasta el siglo XII y en el que durante el intervalo de 1.700 a 1.982 se han registrado 29.

La zona de la Comunidad de Madrid comprende dos grandes conjuntos geológicos: el zócalo granítico y metamórfico del Sistema Central y los sedimentos del Terciario que constituyen la Cuenca de Madrid.

Como se deduce de la tabla y figura adjuntas, los focos sísmicos de fuente histórica se distribuyen tanto en la Cuenca Terciaria como en las formaciones ígnea y metamórfica; mientras que los de registro instrumental están situados en la Cuenca Terciaria.

En la figura se representan las líneas de fracturación más importantes, a las que habría que añadir las que se encuentran en los bordes de la cuenca y, sobre todo, la que sigue el contacto meridional del Sistema Central.

Esta figura permite suponer la existencia de una franja de dirección NE-SO en la que se encuentran alineados muchos de los focos sísmicos instrumentales y alguno histórico. Esta banda es paralela al contacto meridional del Sistema Central, que se produce en la Comunidad a través de fallas y se corresponde con alineaciones observables en el basamento.

Sismos registrados por datos históricos ó instrumentos en la región centrada en Madrid

1113, 2 ABR.	I =	P =	Toledo
1169, 18 FEB.	I =	P =	Toledo
1221, — DIC.	I =	P =	Toledo
1755, 24 AGO.	I = V	P =	Mora de Toledo (TO)
1755, 4 OCT.	I = IV	P =	Mora de Toledo (TO)
1755, 4 NOV.	I =	P =	El Escorial-Madrid
1804, 6 FEB.	I =	P =	Cogolludo (GU)
1804, 16 FEB.	I =	P =	Cogolludo (CU)
1845, — —	I =	P =	Madrid
1853, 19 ABR.	I =	P =	Madrid
1856, 7 ENE.	I =	P =	Madrid
1856, 19 ENE.	I =	P =	Madrid
1860, 8-9 OCT.	I =	P =	Barajas de Melo (CU)
1909, 25 NOV.	I =	P =	Alcalá de Henares (M)
1922, 30 ENE.	I =	P =	Pastrana (GU)
1922, 3 JUL.	I = V +	P =	Valdeconchas (GU)
1922, 3 JUL.	I = V	P =	Pastrana (GU)
1922, 4 JUL.	I =	P =	Pastrana (GU)
1922, 13 AGO.	I =	P =	Pastrana (GU)
1944, 8 FEB.	I =	P =	Pastrana (GU)
1954, 27 JUN.	I = V+	P =	S. Martín de la Vega (M)
1957, 13 ABR.	I = III	P =	Las Pedroñeras (CU)
1969, 4 JUN.	I =	P = 33	Lillo (TO)
1969, 4 JUN.	I =	P = 20	Colmenar de Oreja (M)
1979, 30 JUN.	I =	P = 10	Alcocer (GU)
1979, 30 JUN.	I =	P =	Alcocer (GU)
1980, 16 FEB.	I =	P = 5	Tarancón (CU)
1980, 19 FEB.	I =	P = 5	Tarancón (CU)
1980. 8 JUL.	I =	P = 5	Cogolludo (GU)
1982, 23 FEB.	I = V	P = 5	Gascueña (GU)
1982, 7 ABR.	I =	P = 5	Garcinarro (CU)
1982, 23 AGO.	I =	P = 5	Cifuentes (GU)

I: Intensidad en el epicentro P: Profundidad, en kms.

Fuente: M. Escorza, (1985)

OTROS TIPOS DE RIESGOS

A título de curiosidad y para cerrar este capítulo, cabe citar que sobre Madrid capital han caído varios meteoritos de pequeño tamaño (menos de 200 gr), algunos de los cuales pueden verse en el Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Apolinar Federico Gredilla, en Anales de Historia Natural (1.896) comenta acerca del caído a las 9,30 de la mañana del 10 de Febrero de 1.896: "...el estruendo fué.... tan ... formidable... que nadie dudó... no se tratara de la demolición de un edificio al sitio próximo al que se encontraba".

También parece manifestarse otro alineamiento en dirección NO-SE, definida por otros focos, desde El Escorial.

Algunos focos sísmicos aislados, como el de Cogolludo, podrían relacionarse con accidentes regionales (falla del borde meridional del Sistema Central) o con la existencia local de una estructura circular con anillos concéntricos todavía activa.

Los datos aquí recogidos no desdicen la clasificación de zona sísmica "tranquila" para el área de la Comunidad de Madrid, pero hacen ver que no es un área "muerta".

Bibliografía

AGUEDA, J.A.; CENDRERO, A.; ELIZAGA, E.; MARTIN VIVALDI, J.A. y PUIG DE FABREGAS, C. (1985).-**Panorama actual de la geología ambiental 1er.** Congreso Español de Geología, Tom. 5. Segovia.

AYALA CARCEDO, F.J. (1985).- **Geología y prevención de daños por avenidas.** IGME. Madrid.

CAPOTE, R. y FERNANDEZ CASALS, M. (1978).- **La tectónica postmiocena del Sector Central de la Depresión del Tajo**. Bol. Geológico y Minero nº 89. IGME. Madrid.

CENDRERO, A. (1980).- **Bases doctrinales y metodología**. 1 Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Volúmen Ponencias. Santander.

CONSEJERIA DE ORDENACION DEL TERRITORIO, MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA (1984).-**Características generales de las clases de uso agrológicas**. (Inédito). 2Comunidad de Madrid.

CONSEJERIA DE ORDENACION DEL TERRITORIO, MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA (1985).-**Documento previo. Directrices de Ordenación del Territorio.** Comunidad de Madrid.

COPLACO (1973).- **Cartografía, edafología y capacidad de uso del suelo de la subregión de Madrid**. CSIC. (Inédito). Madrid.

GONZALEZ LASTRA, J.R.; DIAZ DE TERAN, J.R. y GONZALEZ LASTRA, J. (1980).-**Ensayo de un método de predicción y cartografía de riesgos geológicos. Aplicación a los deslizamientos superficiales**. 1 Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Tomo 1. Santander.

GREDILLA, A.F. (1896).- **Estudio petrográfico del meteorito de Madrid.** Anales de Historia Natural. Madrid.

INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL (1969-82).- **Boletín de sismos próximos**. Años 1969, 1979, 1980 y 1982. Madrid.

IGME (1980).- **Mapa de riesgos naturales ligados a movimientos del terreno**. Escala 1:25.000. Zona de Granada. Madrid.

IGME (1987).- **Problemas geotécnicos del karst**. Madrid.

IGME (1987).- **Estabilidad de taludes en las formaciones blandas de la Comunidad de Madrid.** Madrid.

IGME (1987).- **El impacto económico y social de los riesgos geológicos en España**. Madrid.

IGME-CEDEX (1987).- **Mapa nacional previsor de riesgos por arcillas expansivas. Escala 1:1.000.000**. Madrid.

MARTIN ESCORZA, C. (1985).- **Sismicidad en el área de Madrid**. Revista El Geólogo nº 12. Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO-CEOTMA (1982).- **Procesos Riesgos. In**: Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología. Serie manuales, nº 3. Madrid.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO-CEOTMA (1982).- **Riesgo por arcillas expansivas**. Madrid.

4.3.- Vulnerabilidad e impactos sobre el medio geológico

Se ha comentado en capítulos anteriores la influencia que el Medio Natural tiene sobre los seres humanos, condicionando los lugares y formas de asentamiento, aportando los recursos necesarios para muy diversas actividades, o presentando una dinámica que da lugar a riesgos naturales importantes.

Pero, como es bien sabido, existe también una notable influencia de los seres humanos sobre el Medio, el cual ha sufrido y sufre profundas transformaciones como resultado de las actuaciones humanas. Baste recordar el hecho, ya mencionado anteriormente, de que el Hombre es hoy el principal agente geomorfológico que actúa en la Comunidad de Madrid.

Las modificaciones que sufre el Medio como resultado de las acciones humanas implican, con frecuencia, un deterioro del mísmo. Esto es así porque los distintos elementos del Medio Natural tienen una cierta **vulnerabilidad** ante estas actuaciones, de tal manera que los cambios introducidos por ellas pueden constituír **impactos** que superen la capacidad de acogida del Medio, produciéndose el consiguiente deterioro, a veces de carácter irreversible.

Los impactos negativos sobre el Medio Natural adoptan muy diversas formas. Puede ser el agotamiento o destrucción de ciertos recursos no renovables (el suelo), la pérdida de calidad o de productividad de otros recursos renovables (aguas, bosques), el deterioro estético del entorno o la acentuación de procesos que entrañan algún tipo de riesgos geológicos (desestabilización de laderas, aumento de inundaciones), etc. En general, dada la relación y dependencia que existe entre los diferentes elementos del Medio y los procesos que en él operan, una determinada actuación produce impactos bastante variados sobre los recursos y sobre la dinámica terrestre.

Afortunadamente, existen vías de solución para evitar estos efectos negativos, los cuales no son, como a veces se piensa, una consecuencia inevitable del desarrollo. Esas vías de solución son, fundamentalmente, de dos tipos:

a) Zonificación del territorio para ubicar las distintas actividades en lugares que presenten escasa vulnerabilidad ante ellas, para lo cual resultan imprescindibles los mapas geocientíficos.

b) Toma de medidas correctivas de los impactos de las acciones humanas sobre los elementos y procesos del Medio Natural, a fin de que éstos se mantengan dentro de límites tolerables. Por ejemplo, acudiendo a prácticas antierosión en la agricultura, instalando sistemas de depuración de vertidos en las aguas, restaurando las zonas mineras al concluir su explotación, etc.

En este apartado se comenta la vulnerabilidad de algunos elementos del Medio especialmente importantes desde el punto de vista del análisis geocientífico, como son la vulnerabilidad del suelo ante la erosión, la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación y las alteraciones del medio natural a causa de las actividades extractivas. En el primer caso se trata de una modificación del equilibrio en los procesos de generación y denudación del suelo; en el segundo de la alteración de las características químicas o biológicas de un recurso, y en el tercero de los cambios de los rasgos de la superficie terrestre.

EROSIONABILIDAD

A partir de los estudios de Capacidad de Uso del Suelo efectuados por COPLACO desde 1973, y de las directrices de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, se han establecido, a escala 1:500.000, aquellas áreas cuyo riesgo potencial de erosión es lo suficientemente importante como para incidir negativamente en la planificación del territorio.

La erosionabilidad es uno de los principales factores que determina las limitaciones de utilización de un suelo y depende de la pendiente topográfica, de su forma (cóncava o convexa) y de la constitución del material, así como de la cubierta vegetal, habiéndose establecido tres niveles de áreas erosionables.

Vertidos en la zona sur de Madrid

Depuradora de aguas de Collado - Villalba

Zonas de erosionabilidad moderada

Se trata de las zonas con menor riesgo de erosión y se encuentran en posiciones de pendiente plana o suave (0-5%), por lo que no precisan, en principio, de defensas cuando se cultivan. La presencia de surcos, acarcavamientos, etc. no es frecuente; el espesor del suelo es superior a 45 cm.

Zonas de erosionabilidad elevada

Incluye aquellas zonas que tienen riesgos de erosión moderados a acentuados debido a la escasa potencia de los suelos (25-30 cm) o a la acentuación de las pendientes (6-15%). Son frecuentes las áreas con surcos y acarcavamientos que precisan de defensa (reforestación, canalización de torrentes, etc.) para evitar su erosión.

Zonas de erosionabilidad muy elevada

Son áreas que, en general, no pueden ser cultivadas y deben ser defendidas mediante vegetación de carácter permanente y gran desarrollo de la zona radicular. Generalmente los suelos no superan los 25 cm de espesor y se desarrollan sobre pendientes moderadamente acentuadas a muy acentuadas (9-25%).

La existencia de surcos y acarcavamientos requiere tomar medidas urgentes de defensa (reforestación, etc.). Por último, cabe indicar que los daños por erosión previstos en la Comunidad de Madrid para el periodo 1.986-2.016 alcanzan la cifra de cuatro mil quinientos millones de pesetas.

VULNERABILIDAD DE LOS ACUIFEROS ANTE LA CONTAMINACION

La contaminación de los acuíferos por medio de la introducción de aguas ya contaminadas o de otro tipo de sustancias es una de las consecuencias que el desarrollo de ciertas actividades humanas ha producido en los últimos años.

Mientras que la depuración de las aguas superficiales es factible sin dejar graves secuelas sobre los cursos fluviales, eliminar los contaminantes del agua de un acuífero es un proceso que se encuentra aún en vías de investigación y, en cualquier caso, no parece posible hasta transcurrido largo tiempo y con resultados aún impredecibles.

Por ello, las aguas subterráneas necesitan de especial atención y precisan de una normativa y vigilancia activa que preserve los acuíferos de posibles contaminaciones, siendo necesario conocer la capacidad intrínseca que cada acuífero posee para resistir a la contaminación, es decir, la llamada vulnerabilidad de los acuíferos. Para la implantación de actividades que pueden llegar a ser perjudiciales para la calidad del agua subterránea, es preferible contar con factores naturales que impidan el perjuicio y que ayuden a la eficacia de las medidas técnicas y de obras protectoras, que depender sólo de éstas.

Las Unidades Hidrogeológicas definidas en el apartado correspondiente lo han sido en base a sus características litológicas y de permeabilidad. Se puede aceptar que este criterio establece por sí mismo una adecuada clasificación desde el punto de vista de su susceptibilidad o vulnerabilidad frente a la contaminación, sin olvidar que se trata, por la escala del mapa y los objetivos del mísmo, de una generalización y aproximación al problema. La aptitud para casos concretos debe obtenerse a través de un estudio detallado.

Los terrenos más vulnerables a la contaminación corresponden a la Unidad 9 (Cuaternario). Estos acuíferos presentan la máxima vulnerabilidad debido a la propagación relativamente rápida de los contaminantes que puedan entrar en ellos. Su poder autodepurador frente a la contaminación orgánica y bacteriológica es limitado, y por ello debe evitarse la implantación sobre estos terrenos de actividades contaminantes, como vertederos de residuos sólidos, vertidos líquidos en superficie o profundidad y cementerios. Por último, ha de vigilarse también la posible contaminación por prácticas agrícolas inadecuadas (exceso de abonos nitrogenados, pesticidas, etc).

Los acuíferos existentes a favor de calizas karstificadas, tanto de la Unidad 3 (Cretácico) como de la Unidad 8 (Páramo), presentan una rápida circulación del agua y su litología no favorece la descontaminación natural, por lo que debe prohibirse cualquier ubicación de actividades contaminantes en los afloramientos de estas unidades.

La Unidad 6 del Terciario Detrítico no es homogénea. Así, la unidad 6A presenta una alternancia de terrenos permeables y poco permeables con importante capacidad de autodepuración frente a la contaminación bacteriológica y orgánica, pero nula en cuanto a la de carácter químico, por lo que algunas actividades deberán evitarse y otras precisarán un estudio de detalle.

En los terrenos poco permeables en general, pero de naturaleza granular, correspondientes a las unidades 6B y 6C (Unidad Detrítica) la contaminación sólo afectará a los metros más superficiales (lo que repercute claramente en los pozos poco profundos) y a algunas pasadas de arenas, que será preciso proteger alejando de ellas los focos contaminantes. En esta Unidad también se deberán tomar precauciones, aunque el riesgo de contaminación es menor. El examen de cada caso podrá reducir el rigor de las medidas a tomar.

Las cacterísticas litológicas de la Unidad 7 (Unidad de Transición) la hacen prácticamente impermeable, por lo que la contaminación queda limitada a las aguas más someras. Sin embargo, debe tenerse en cuenta la posible instalación de pozos en los primeros metros, que pueden presentar variaciones locales, por lo que debe realizarse un análisis puntual de cada caso.

Debido al alto contenido en sales solubles (sulfatos y cloruros sódico y magnésico, principalmente) del Conjunto Evaporítico y del Paleógeno yesífero (Unidad 4 y 5), las aguas circulantes por estos materiales presentan calidad generalmente inadecuada para cualquier tipo de uso, y empeoran sensiblemente la calidad del agua obtenida en otras unidades si se cortan estos materiales al realizar las captaciones. Las áreas donde no se desarrollan acuíferos son favorables para la implantación de actividades potencialmente contaminantes, y en las que existe karstificación (Unidad 5) hay que tener en cuenta la posible afección a las aguas subterráneas.

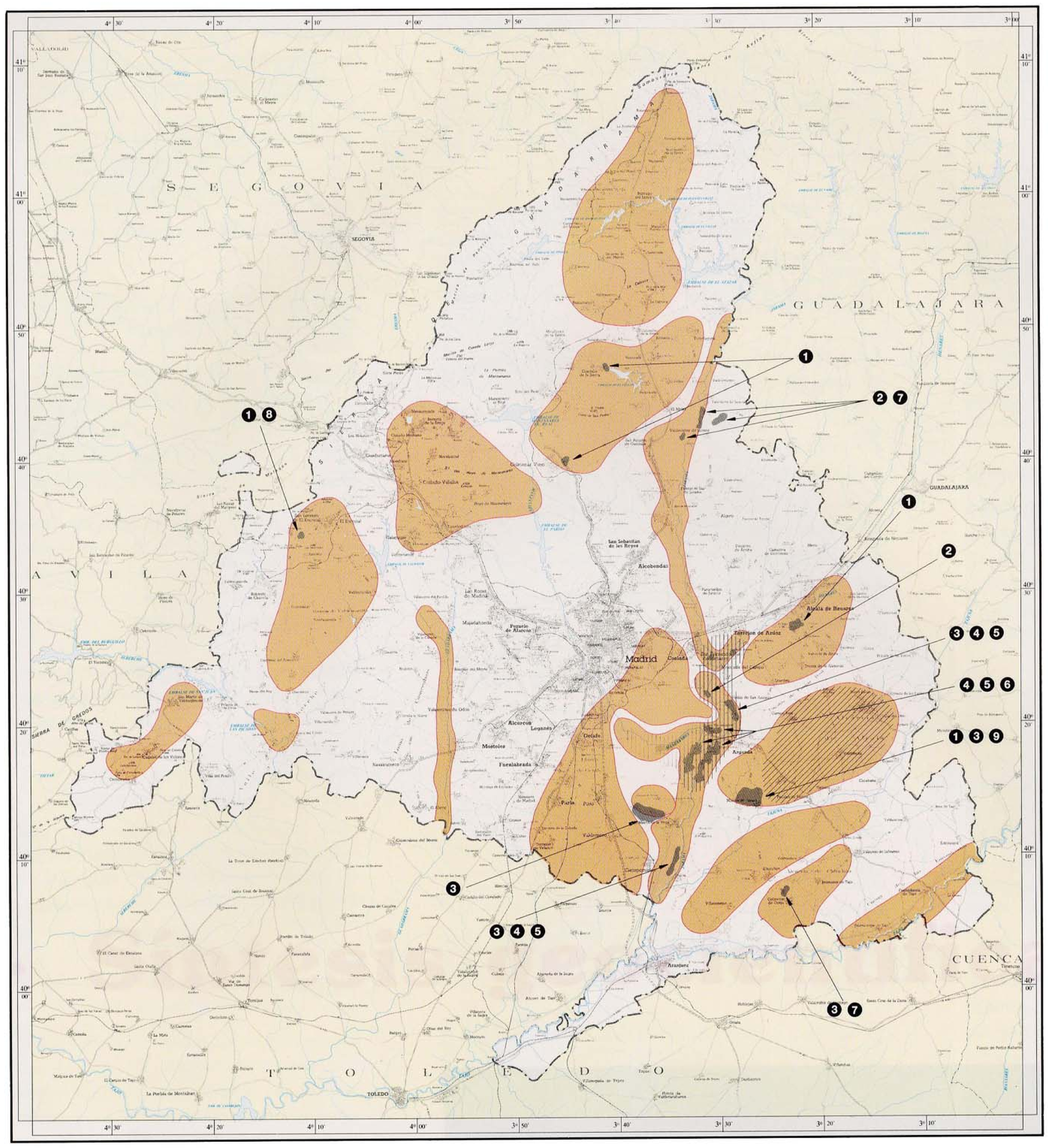
La Unidades 1 y 2, formadas por rocas intrusivas y metamórficas de la Sierra, con escasos acuíferos y de importancia reducida, deben considerarse a nivel regional poco vulnerables. Sin embargo, es el necesario reconocimiento puntual el que alertará sobre el posible efecto negativo de una actividad contaminante sobre determinada zona, debiendo tenerse en cuenta los pequeños, pero numerosos, aprovechamientos existentes.

ALTERACIONES POR ACTIVIDADES EXTRACTIVAS

Aunque en la Comunidad de Madrid ha habido escaso desarrollo minero, existen amplias áreas de actividad extractiva, algunas con antigüedad de siglos, que en varios casos afectan a parajes singulares y sobresalientes.

Actualmente existe más de un centenar de explotaciones activas, y las inactivas o abandonadas pasan de mil.

Afección por industrias extractivas



ZONAS DE ACTIVIDAD MINERA E IMPACTO AMBIENTAL

- Zonas de actividad minera
- Zonas de mayor alteración y concentración de explotaciones
- Zonas de formación de grandes huecos dispersos
- Zonas de impacto ambiental
- 1 *Alteración del paisaje*
- 2 *Decantación de lodos en río. Alteración del cauce*
- 3 *Formación de grandes huecos*
- 4 *Formación de lagunas*
- 5 *Pérdida de suelo fértil*
- 6 *Depresión de acuíferos*
- 7 *Acumulación de estériles*
- 8 *Contaminación física del agua*
- 9 *Posibles corrimientos de recubrimientos arcillosos*

ESCALA 1:800.000

0 10 20 30 Km.

Las principales alteraciones producidas por estas actividades son:

- Pérdida de suelo. Este proceso afecta no solo al área de extracción, sino a toda la zona de trabajo, y es especialmente grave en áreas de alto valor agrícola, como las vegas.

- Pérdida de la vegetación y fauna asociada.

- Generación de huecos y desmontes. Provoca cambios importantes en volúmenes, formas y color que afectan a la calidad paisajísticas, y muchos huecos se utilizan como depósitos de basuras y escombros, con el riesgo de contaminación que ello supone.

- Alteraciones en el drenaje superficial y subterráneo, afectando a la calidad de los acuíferos.

- Formación de áreas encharcadas, que pueden dar lugar a problemas de sanidad debido a procesos de eutrofización.

- Emisión de polvo y partículas que afectan al medio aéreo e incluso a la vegetación próxima.

- Emisión de ruídos.

- Riesgos por caída de bloques y desprendimientos a favor de los frentes de explotación.

Dadas las condiciones climáticas de la Comunidad de Madrid y la pérdida de suelo que ocasionan algunas de estas actividades, es difícil la recuperación natural de las áreas afectadas.

Por ello, y pese a su elevado coste económico, la recuperación artificial es la vía más utilizada, bien para devolver al Medio sus condiciones naturales, bien para orientarle hacia un uso específico: agrícola, forestal, ganadero, de recreo público, para vertedero, etc.

Cada caso conlleva un tratamiento específico, pero los procesos de recuperación deben ser siempre acordes con las características del medio natural circundante.

Bibliografía

CONSEJERIA DE ORDENACION DEL TERRITORIO, MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA (1985).-**Documento previo. Directrices de ordenación del territorio**. Comunidad de Madrid.

IGME (1980).- **Atlas hidrogeológico de la provincia de Madrid a escala 1:200.000**. Madrid.

IGME (1986).- **Informe de síntesis sobre calidad y contaminación de aguas subterráneas en España**. Madrid.

IGME (1987).- **Criterios geoambientales para restauración del medio natural afectado por explotaciones mineras en la Comunidad de Madrid**. Madrid.

IGME (1987).- **El impacto económico y social de los riesgos geológicos en España**. Madrid.

Documentación cartográfica utilizada

CONSEJERIA DE ORDENACION DEL TERRITORIO, MEDIO AMBIENTE Y VIVIENDA (1984).- **Mapa de capacidad de uso agrario del suelo**. (Escala 1:200.000). (Inédito). Comunidad de Madrid.

COPLACO (1973).- **Cartografía, edafología y capacidad de uso del suelo de la subregión de Madrid**. C.S.I.C. Madrid.

IGME (1986).- **Situación de instalaciones y zonas mineras (1:300.000)**. Madrid.

IGME (1987).- **Impactos geoambientales producidos por la minería. (1:300.000)**. Madrid.

5.- Síntesis geocientífica

Los mapas de Síntesis Geocientífica o de Unidades Geoambientales Homogéneas pretenden reflejar de manera integrada el conjunto de las características de la superficie terrestre que se representan en forma de elementos separados en los distintos mapas temáticos.

La idea central es que la superficie terrestre funciona como un todo unitario, como un sistema en el que los rasgos que habitualmente se consideran por separado, a causa de la necesidad de especialización a que obliga el desarrollo científico, están en realidad integrados y funcionan íntimamente relacionados.

5.1.- Introducción

Un punto del territorio está caracterizado por las rocas que existen en el substrato, las estructuras geológicas, los suelos, los rasgos morfológicos, el clima, los recursos de agua y minerales, la flora y fauna, etc.

Por ello, si se delimitan zonas en las que todos esos rasgos, o la mayor parte de ellos, sean similares, se tendrán unidades homogéneas desde el punto de vista geocientífico, y estas unidades, en principio, tendrán un potencial del Medio Natural equivalente para las actividades humanas, y similar respuesta ante las mismas.

Un mapa que muestre ese tipo de unidades y su descripción adecuada constituirá, pues, una síntesis de la información geocientífica, y servirá para proporcionar una imagen de conjunto del territorio representado.

Naturalmente, la homogeneidad absoluta no existe, ya que no hay dos puntos, aunque sean adyacentes, en los cuales todos los rasgos sean exactamente iguales. Esa homogeneidad debe entenderse dentro de ciertos intervalos de variación para los distintos parámetros considerados, intervalos que serán tanto menores cuanto mayor sea la precisión requerida y el detalle de la escala utilizada para los mapas.

Por ejemplo, a escala 1:200.000 puede considerarse homogénea una unidad con pendientes entre el diez y el treinta por ciento, constituída por areniscas y arcillas y cubierta de matorral y pastizal. Sin embargo, a escala 1:25.000 sería preciso considerar variaciones de pendientes menores (10-15%, 15-20%, 20-25%, 25-30%), separar las zonas de arcillas de las de areniscas, y las áreas de matorral de las de pastizal. Se tendría así que lo que era una sola unidad a escala 1:200.000 se dividiría en varias unidades al utilizar una escala de mayor detalle.

Esta limitación debida a la escala de los mapas es, en realidad, común a todo tipo de representación cartográfica, si bien aparece de forma algo más acusada en los Mapas de Síntesis Geocientífica, por la necesidad de considerar de manera conjunta distintos elementos, cada uno con sus ámbitos de variación.

Antecedentes de los actuales Mapas Geocientíficos de Síntesis se encuentran desde principios de siglo, pues distintas combinaciones de criterios fisiográficos, climáticos, geológicos, edafológicos, etc. han sido aplicadas para la división del territorio en unidades más o menos homogéneas por autores como Bowman (1.914), Bourne (1.931) y Linton (1.951), entre otros.

En los años cincuenta se desarrolla en Australia el procedimiento de los "Land Systems", que puede considerarse como un antecedente mucho más próximo, en el tiempo y en la metodología, de la cartografía geocientífica.

Más tarde, a principios de los años setenta, surge el concepto de "resource capability units", que sirve de base a la elaboración del Atlas Geológico Ambiental de la Costa de Tejas.

Paralelamente, en Alemania aparecen los Mapas Geocientíficos del Potencial del Medio Natural, desarrollados por el grupo de Lüttig y colaboradores. Y a partir de estas fechas surgen en distintos países otros ejemplos de mapas geocientíficos o geológico-ambientales de carácter sintético, con finalidades bastante variadas.

En España, los primeros intentos de cartografía geocientífica sintética (aunque sin utilizar este nombre) aparecen en la primera mitad de los años setenta (González Bernández, 1.973, 1.975; Cendrero, 1.975; Gómez Orea et al, 1.975) y posteriormente han seguido apareciendo mapas de síntesis y orientaciones diversas como los del IGME, entre otros.

5.2.- Mapa de unidades integradas

El Mapa de Síntesis Geocientífica incluye la información obtenida y representada en las diferentes cartografías temáticas que componen este Atlas. Para ello se ha seguido un procedimiento de división jerárquica del territorio del tipo "Land Systems".

Así pues, hasta la definición de las unidades de síntesis geocientífica se han considerado tres niveles de división e información: **Ambiente, Subambiente y Sistema**.

El **Ambiente** delimita los dos grandes dominios estructurales existentes en la Comunidad de Madrid: La Sierra y la Depresión o Cuenca Terciaria del Tajo.

En un segundo nivel, atendiendo a factores climáticos (temperatura, precipitación e insolación) y topográficos (altitud y pendiente), se han definido cuatro **Subambientes:** Alta Sierra y Faldas para la Sierra, y Altas Superficies y Valles para la Depresión.

Por último, considerando las regiones fisiográficas que incluyen factores geomorfológicos y grandes asociaciones vegetales, se han definido, como tercer nivel, los **Sistemas**.

Finalmente, el cuarto y último nivel considerado en la jerarquía aplicada a la realización de este mapa de Síntesis Geocientífica está constituído por las **unidades**, las cuales son subdivisiones de los Sistemas en base a su litología y a las asociaciones vegetales.

El resto de los elementos descriptivos y sintetizados en la matriz de análisis adjunta son: climatología, pendiente, tipo de suelo, erosionabilidad potencial, recursos hidráulicos subterráneos, vulnerabilidad de los acuíferos, restricciones geológicas a la construcción, espacios naturales y el interés geológico principal.

Mención aparte merecen los que se han llamado **sistemas antrópicos**, establecidos por la existencia de la notable aglomeración urbana de Madrid y alrededores, que constituyen una característica peculiar de esta Comunidad. Estos sistemas representan una división del territorio que, en cierto modo, se "cruza" con las anteriores, pues aparecen tanto en el ámbito de la Depresión como en el de la Sierra.

En este Atlas los **sistemas antrópicos** definidos han sido el Urbano y el de Infraestructura de Transporte. En el primero se han considerado dos tipo de unidades: cascos urbanos consolidados con población superior a 10.000 habitantes y áreas con urbanización de media o baja densidad, con predominio de segundas residencias. En el segundo se han diferenciado las Autopistas y Autovías, líneas de Ferrocarril y Aeropuertos

5.3.- Descripción de las unidades integradas

AMBIENTES

La Comunidad de Madrid está constituída por los dos grandes Dominios Estructurales o Ambientes ya mencionados.

La Sierra está formada, principalmente, por granitos, gneises, pizarras y cuarcitas de edad paleozoica, y además aparecen adosados al macizo cristalino pequeños restos de materiales mesozoicos (arenas, margas y calizas).

AMBIENTE	SUBAMBIENTE	SISTEMA
La Sierra	Alta Sierra	Cuerdas Parameras Serranas Laderas Glaciares
	Faldas	Rampas Valles Interiores Relieves Residuales Relieves Estructurales
La Depresión	Altas Superficies	Rañas Páramos Divisorias
	Valles	Plataformas Estructurales Vegas Vertientes Depresiones
		Antrópicos

Con fallas dominantes prehercínicas y hercínicas de dirección NE - SO y NO-SE, el relieve actual de la sierra es relativamente moderno, siendo consecuencia de los movimientos alpinos durante el Terciario Inferior.

La Depresión se rellena durante el Terciario de sedimentos provenientes de la erosión de la Sierra, siendo los materiales dominantes arenas arcósicas, conglomerados, yesos, arcillas y calizas, dispuestos subhorizontalmente y afectados por la reactivación de las fallas del zócalo paleozoico.

Por último, los depósitos cuaternarios cubren amplias zonas del Territorio de la Comunidad.

Cada uno de los dos grandes dominios se ha dividido, en función de la topografía y climatología, en dos conjuntos fisiográficos o Subambientes: **Alta Sierra y Faldas** para el Dominio de la Sierra, y **Altas Superficies y Valles** para el Dominio de la Depresión; según se indica en el cuadro adjunto.

SUBAMBIENTES

Alta Sierra

Tiene relieve de alta montaña, con alturas superiores a los 1.000 m y pendientes generalmente fuertes.

La precipitación media anual varía entre 800 y 2.000 mm, con una temperatura media anual de 9-10^0 C que en las zonas de cumbres se reduce a 6-8^0 C.

El grado de insolación, como se ha indicado en el apartado de Energías Renovables, corresponde al nivel II (4 a 4,3 kwh/m^2/día) y la litología dominante son rocas ígneas y metamórficas.

Faldas

Tienen relieves más suaves, constituídos por rocas graníticas y metamórficas. También se incluyen aquí los relieves estructurales mesozoicos adosados a los anteriores y que sirven de transición, en muchos casos, entre los materiales terciarios y el macizo cristalino.

La altitud varía entre 800 y 1.000 m; la precipitación media anual oscila entre 600 y 800 mm, con una temperatura media anual entre 11-12^0 C; y la insolación es, en general, de grado I (3,7 a 4 kwh/m^2/día).

Altas Superficies

Son superficies de culminación entre valles sobre rocas sedimentarias terciarias, con altitudes entre 700 y 800 m, pendientes muy suaves (casi horizontales), expuestas a todos los vientos y con un nivel de insolación, en general, II (4 a 4,3 kwh/m^2/día).

La precipitación media anual varía entre 400 y 500 mm y la temperatura media anual entre 13-14^0 C, con una oscilación térmica más acusada que en los valles.

Valles

Comprenden los valles fluviales y las vertientes adyacentes sobre rocas sedimentarias terciarias y sedimentos cuaternarios. Tienen pendientes suaves, excepto en áreas con dominio de yesos; altitudes entre 600 y 700 m, y los factores climáticos son similares a los definidos para las altas superficies, aunque con menor exposición a los vientos.

SISTEMAS

Estos cuatro grandes conjuntos fisiográficos o Subambientes se han dividido en los siguientes **Sistemas**, según se indica en el cuadro anterior.

Cuerdas

Culminan los relieves del macizo rocoso, tratándose de cimas suaves y algo alomadas, con alturas entre 1.900 y 2.000 m y que, generalmente, están desprovistas de vegetación debido a las condiciones climáticas, encontrándose solo algunas masas de matorral y agrupaciones aisladas de coníferas.

Parameras serranas

Comprenden las llanuras colgadas a media ladera, así como la culminación de cerros y relieves de segundo orden. Su morfología es de rellano, oscilando su altitud entre 1.700 y 1.200 m, y ofrecen una vegetación más desarrollada que en las cuerdas, apareciendo zonas de pastizal y siendo su uso más frecuente el forestal y ganadero.

Laderas

Se trata de grandes escarpes de origen estructural caracterizados por su gran linealidad, y constituyen la transición entre las cumbres y las rampas. Este sistema se desarrolla entre 1.000 y 2.000 m de altitud y, como consecuencia de la variación de altura, las especies vegetales que se desarrollan son muy diversas, localizándose desde abundantes masas de coníferas y frondosas, hasta zonas de pastizal e, incluso, matorral de monte bajo.

Es en los sistemas hasta ahora definidos: cuerdas, parameras y laderas, donde se sitúan la mayoría de las áreas y enclaves naturales escasamente modificados, destacando por su interés la Sierra de Guadarrama, Valle Alto del río Manzanares, ríos Cofio y Alberche, Cuenca del Atazar, etc.

Además de su importancia como espacios naturales, algunas áreas destacan por su alto interés geológico en sus aspectos morfológico y petrológico.

Glaciares

Se trata de rasgos sobreimpuestos a las laderas como consecuencia de su modelado por la acción de torrenteras y glaciares. Se desarrollan a unos 2.000 m de altitud y las formas de vegetación son escasas, siendo los matorrales y las coníferas las especies más abundantes.

Destaca por su valor morfológico y singular la Laguna de Peñalara, situada al Sur del pico del mismo nombre y cuya morfología revela una génesis glaciar.

Rampas

Sirven de enlace entre el paisaje de la Sierra y la Depresión, y son superficies de erosión que corresponden a las llanuras de pie de monte de las grandes elevaciones.

Se presentan en altitudes comprendidas entre 600 y 1.000 m y morfológicamente corresponden a una llanura irregular, con topografía relativamente suave.

La vegetación pertenece a diversos grupos (pastizales, coníferas, frondosas y matorrales), si bien la acción del hombre ha modificado el sistema incluyendo en él cultivos de secano.

Es característico de las Rampas la existencia de un gran número de urbanizaciones y cascos urbanos en los que la segunda residencia es el tipo de vivienda dominante, tratándose por tanto, junto con el Area Metropolitana de Madrid, de las zonas más impactadas de la Comunidad.

Una consecuencia del proceso de urbanización de las Rampas es la existencia de gran número de canteras de granito abandonadas, cuyo impacto paisajístico, con la formación de grandes huecos, es visible en áreas como Colmenar, Villalba, El Escorial, etc.

Valles Interiores

Corresponden al fondo de los "grabens" o valles de fractura, siendo su génesis consecuencia de sucesivas fases de encajamiento y sedimentación. Esta morfología ha sido aprovechada para la ubicación de algunos de los grandes embalses de la región.

Se desarrollan generalmente entre 1.000 y 1.200 m de altitud con tipos de vegetación variados, si bien predominan los pastizales y son esporádicos tanto los cultivos de secano como algunas asociaciones de coníferas y de frondosas.

Igual que en las Rampas, el grado de ocupación de los Valles Interiores es elevado. Entre ellos, el Valle Alto del Lozoya, además de su valor como espacio natural, muestra tipos de interés geomorfológico y tectónico.

Relieves residuales

Son elementos característicos de las Faldas conocidos como de tipo "inselberg", y se deben a una mayor resistencia a la meteorización y erosión de los materiales que los forman respecto de los que los rodean.

La vegetación dominante está compuesta por matorral y arbolado del tipo de coníferas y frondosas.

Por su carácter singular, el Cerro de San Pedro (junto a Guadalíx de la Sierra) es un excelente ejemplo de este tipo de relieves.

Relieves estructurales

Caracterizan los relieves desarrollados sobre materiales calcáreos de edad mesozoica. Su origen se debe a la existencia de capas duras con un cierto buzamiento, y su morfología consiste en una serie de escarpes en sentido contrario al buzamiento, conocidos como **relieves en cuestas**.

Este sistema, en base a criterios litológicos y estructurales, se ha considerado tradicionalmente parte de la Depresión; pero sus rasgos morfológicos, paisajísticos y de uso han inclinado a encuadrarle en el Ambiente de la Sierra.

Los tipos de vegetación más comunes son los constituídos por coníferas y matorrales.

Desde el punto de vista hidrogeológico presentan interés los tramos calcáreos, especialmente los de la formación karstificada superior; pues aunque los recursos que contienen no son grandes, pueden ser utilizados como embalse subterráneo explotándose en épocas de estiaje y recargándose en periodos de lluvias. Pero, por otra parte, presentan el inconveniente de que su grado de vulnerabilidad ante la contaminación es alto.

El desarrollo de los materiales cretácicos en el área de Torrelaguna y Venturada proporciona excelentes ejemplos de la morfología típica de cuestas estructurales, así como lugares idóneos para el estudio estratigráfico de los materiales cretácicos en el área de Madrid.

También el paisaje característico de la cuesta de Torrelaguna, en contraste con la cuenca del Atazar, hace que este área sea tradicionalmente visitada por grupos de escolares, quedando patente su alto valor didáctico.

Desde el punto de vista de la peligrosidad geológica, en este sistema aparecen procesos de desplome en los bordes de los afloramientos rocosos, debido a la inestabilidad que ocasiona la erosión de los niveles inferiores, más blandos, del escarpe.

Rañas

Aparecen representadas en esta Comunidad sólo en su borde Este, a unos 900 m de altitud, con un espesor de 3 a 5 m y constituídas por cantos empastados en una matriz areno-arcillosa, siendo el tipo de vegetación más común el cultivo de secano.

Páramos

Se trata de una morfología típica de amplias mesas sobre rocas calizas del Terciario Terminal, y se desarrollan entre 700 y 800 m de altitud.

Adquieren importancia en este sistema los procesos de disolución, que generan gran desarrollo de **dolinas** y que en los bordes de las mesas provocan, además, zonas potencialmente inestables que generan caídas de bloques.

La vegetación dominante es el cultivo de secano, debido a lo extremado del clima; si bien se localizan pequeñas áreas de frondosas y coníferas, probablemente producto de una revegetación artificial.

Ha existido un importante grado de explotación de algunos de los niveles de las Calizas del Páramo con fines ornamentales en construcción, y aunque actualmente este mercado y su actividad está en clara regresión, el impacto ambiental producido es alto, especialmente en las zonas de Colmenar de la Oreja y Valdelaguna. Explotaciones de estos niveles hay también en los Santos de La Humosa, Arganda del Rey y Morata de Tajuña, dedicándose el material a diversos usos, entre ellos la fabricación de cemento.

El valor de los recursos hídricos del sistema es importante. A pesar de que son acuíferos de tipo kárstico libre, no constituyen un acuífero contínuo (fenómeno que reduce la capacidad de extracción de agua) y la recarga sólo se produce por infiltración directa del agua de lluvia. Por otra parte, su vulnerabilidad ante la contaminación es alta ya que, al igual que en el acuífero cretácico, la circulación del agua es rápida y su litología no favorece la descontaminación natural.

El conjunto de estos materiales presenta un espesor máximo de 70 m, siendo las calizas inferiores las más interesantes para la obtención de agua.

Divisorias

Son estrechas y largas cuerdas, aplanadas y con dirección predominante N-S, que corresponden a antiguas superficies de erosión y constituyen la línea divisoria o interfluvio entre los ríos Jarama, Manzanares, Guadarrama y Perales, desarrollándose a altitudes comprendidas entre 600 y 800 m.

Predominan los cultivos de secano y se localizan, de forma minoritaria, otros tipos de vegetación, como los cultivos de regadío, bosques de coníferas, pastizales y matorrales.

Hidrogeológicamente se sitúan sobre el acuífero del Terciario detrítico de Madrid, que es el sistema acuífero más importante con el que cuenta la Comunidad, tratándose de áreas de vulnerabilidad media a la contaminación de acuíferos.

Plataformas estructurales

Rodean las mesas del Páramo, siendo su génesis debida a procesos de disolución diferencial y desarrollándose, generalmente, a altitudes inferiores en unos 20 m a las del Páramo.

Las formas de vegetación predominantes son los cultivos de secano, si bien existen áreas de matorral, aislados bosques de frondosas y masas puntuales de coníferas producto de la repoblación forestal.

Hidrogeológicamente se incluye en la unidad acuífera del Páramo, por lo que su vulnerabilidad ante la contaminación es también alta.

Vegas

Se trata de áreas ligadas a los cauces actuales, incluyendo las terrazas bajas de amplio desarrollo.

Tienen una morfología plana y la vegetación predominante son los cultivos de regadío y el arbolado de ribera formado por frondosas.

Las zonas de vega situadas cerca de grandes aglomeraciones urbanas (Madrid, Alcalá de Henares, Torrejón, etc.) aparecen fuertemente impactadas, no sólo por verse afectadas por los asentamientos urbanos e industriales, sino también por haber sido las márgenes de los ríos objeto de gran extracción de materiales (arenas y gravas) para la construcción.

Otro tipo de impacto muy característico, consecuencia del crecimiento del casco urbano de Madrid, es el generado por las grandes acumulaciones de desechos (escombros, basuras,etc) depositados de forma incontrolada a lo largo del río Manzanares al Sur del casco urbano, con espesores que superan los 20 m.

Estas acciones de tipo antrópico no sólo han generado sobre las vegas, principalmente las del área SE de la Comunidad, impactos de tipo paisajístico, sino que, además, las grandes acumulaciones de desechos ocasionan graves problemas de tipo constructivo, debido a la baja capacidad de carga que posee esta cobertera añadida.

Este problema, junto a otros relacionados con la litología yesífera de las vegas del sector Suroriental de la Comunidad, así como la proximidad del nivel freático a la superficie topográfica, hacen que este sistema sea poco adecuado para usos de tipo constructivo.

Otro factor característico de este sistema es que, aunque la red hidrográfica principal tiene un alto índice de regulación, existen zonas que presentan ocasional o frecuentemente excesos de agua por inundaciones, tratándose, en general, de áreas cuya capacidad de drenaje es baja.

Vertientes

Constituyen las zonas de enlace entre las Vegas y las Altas Superficies, formando un sistema fundamental en el Subambiente de los Valles. Presentan morfología escalonada con rellanos más o menos pequeños y escarpes reducidos; y los tipos de vegetación más comunes son los cultivos, tanto de secano como de regadío, así como las grandes áreas ocupadas por matorral. En cambio, son esporádicos los tipos arbóreos, ya sean coníferas o bosques de frondosas. Ejemplos de áreas naturales escasamente modificadas son El Monte de El Pardo y El Soto de Viñuelas.

Las litologías dominantes dependen de la zona de la cuenca, variando desde arcosas, arenas y bolos en el pie de la sierra, correspondientes a las facies de borde; hasta arcillas y yesos en el centro de la cuenca. Esta variabilidad litológica da lugar a que existan diversas formas de paisaje en este sistema.

El área Sur y Sureste de la Comunidad, dominada por rocas evaporíticas, presenta importantes restricciones desde el punto de vista constructivo, así como zonas potencialmente inestables a consecuencia de posibles desprendimientos de rocas y colapsos. Este tipo de zonas inestables en áreas arcillosas presentan como problema común la existencia de posibles deslizamientos; mientras que donde el dominio es arcósico se reduce considerablemente la inestabilidad de los terrenos, así como las restricciones geológicas a la construcción, aunque aparece como problema potencial la alta vulnerabilidad a la contaminación de sus acuíferos.

Depresiones

Conforman zonas deprimidas que tienen su origen en la erosión fluvial favorecida por la presencia de áreas o líneas de debilidad litológicas debidas a cambios de facies.

Generalmente los tipos de vegetación dominante en este sistema están ligados al uso agrario y consisten en cultivos de secano y regadío.

Como se deduce de lo expuesto, a la escala de trabajo utilizada (1:200.000) los criterios de delimitación de Unidades Fisiográficas son determinantes a nivel geoambiental.

CUADRO CLASIFICATORIO

A continuación se incluye el cuadro clasificatorio de las distintas unidades cartográficas del mapa de Síntesis Geocientífica; y la simbología que aparece en ese cuadro para las diferentes caracterizaciones tiene la siguiente leyenda:

Unidad	Fisiografía	Litología	Asociación vegetal	T.ª media anual P.ª media anual	Pendiente	Suelo	Erosionabilidad potencial	Recursos hídricos subterrá.	Vulnerabilidad ante la contaminación	Restricciones geológicas a la construcción	Interés natural	Interés geológico principal
C_{1m}	C	1	M	6.º-10.º/700-1500	M	A_1	1	1	B	B	Si	
C_{iC}	C	1	C	»	M	A_1	1	1	B	B	»	
$C_{2\text{-}3M}$	C	2-3	M	»	M	A_1	1	2	B	B	»	Geomorf
$C_{2\text{-}3C}$	C	2-3	C	»	M	A_1	1	2	B	B	»	
C_{4C}	C	4	C	»	M	A_1	1	2	B	B	»	
P_{iM}	P	1	M	»	I	A_1	1	1	B	B	»	
P_{1P}	P	1	P	»	A/M	A_1	1	1	B	B	»	
P_{1C}	P	1	C	»	M	A_1	1	1	B	B	»	Geomorf
$P_{2\text{-}3M}$	P	2-3	M	»	M	A_1	1-2	2	B	B	»	Geomorf
$P_{2\text{-}3P}$	P	2-3	P	»	A	A_1	1	2	B	B	»	
$P_{2\text{-}3C}$	P	2-3	C	»	A/M	A_1	1-2	2	B	B	»	
P_{4M}	P	4	M	»	M	A_1	1-2	2	B	B	»	
L_{1M}	L	1	M	»	M	B_1	1-2	1	B	B	»	
L_{1P}	L	1	P	»	A	B_1	1-2	1	B	B	»	
L_{1C}	L	1	C	»	A/I/M	B_1	1	1	B	B	»	Geomorf
L_{1F}	L	1	F	»	A/M	B_1	1-2	1	B	B	»	
L_{2M}	L	2	M	»	M/I	B_1		2	B	B	»	Geomorf
L_{2P}	L	2	P	»	A/M/I	B_1	1-2	2	B	B	»	
L_{2C}	L	2	C	»	A/M	B_1	1	2	B	B	»	
L_{2F}	L	2	F	»	A/M	B_1	1	2	B	B	»	
L_{3M}	L	3	M	»	M/I	B_1	1	2	B	B	»	
L_{3P}	L	3	P	»	A/M	B_1	1-2	2	B	B	»	
L_{3C}	L	3	C	»	A/M	B_1	1-2	2	B	B	»	
L_{3F}	L	3	F	»	A/M	B_1	1-2	2	B	B	»	
L_{4M}	L	4	M	»	A/M	B_1	1	2	B	M	»	
L_{4P}	L	4	P	»	M	B_1	1	2	B	M	»	
L_{4C}	L	4	C	»	A/M	B_1	1	2	B	M	»	
L_{4F}	L	4	F	»	I/M	B_1	1	2	B	M	»	
G_M	G	1-2	M	»	A/M	A_1	1	1/2	B	B	»	Geomorf
G_C	G	1	C	»	M	A_1	1	1	B	B	»	
R_{1S}	R	1	S	9.º-12.º/600-1000	I/S	C_1	1	1	B	B	»	
R_{1M}	R	1	M	»	S	C_1	1-2	1	B	B	»	
R_{1P}	R	1	P	»	A/M/I/S	C_1	1-2-3-5	1	B	B	»	
R_{1C}	R	1	C	»	I/A/M/S	C_1	1-2-5	1	B	B	»	
R_{1F}	R	1	F	»	I/S	C_1	1-2-3-5	1	B	B	»	
R_{2M}	R	2	M	»	I/S	C_1	2	1	B	B	»	
R_{2P}	R	2	P	»	S	C_1	1-2-5	2	B	B	»	
R_{2C}	R	2	C	»	S	C_1	4	2	B	B	»	
R_{2F}	R	2	F	»	I/S	C_1	1-2-5	2	B	B	»	
R_{3S}	R	3	S	»	I/S	C_1	1-2-5	2	B	B	»	
R_{3M}	R	3	M	»	A/I/S	C_1	2	2	B	B	»	
R_{3P}	R	3	P	»	A/I/S	C_1	2	2	B	B	»	Geomorf
R_{3C}	R	3	C	»	I/S	C_1	1-2	2	B	B		
R_{3F}	R	3	F	»	I/S	C_1	1-2	2	B	B	Si	
R_{4M}	R	4	M	»	A/I/S	C_1	4	2	B	M		
Vi_{1P}	Vi	1	P	11.º-14.º/400-600	S	B_1C_1	2	1	B	A		
Vi_{1F}	Vi	1	F	»	S	B_1C_1	2	1	B	A		
Vi_{2P}	Vi	2	P	9.º-12.º/600-1000	S	B_1C_1	2	2	B	B		Geomorf
Vi_{6S}	Vi	6	S	»	S	B_1C_1	2	4	B	M		»
Vi_{6P}	Vi	6	P	»	S	B_1C_1	1-2	4	M	M		»
Vi_{8S}	Vi	8	S	»	S	B_1C_1	4	6	A	M		»
Vi_{8P}	Vi	8	P	»	S	B_1C_1	4	6	M	M		»
Vi_{8P}	Vi	18	P	»	S	B_1C_1	2	9	A	A		»
Vi_{18C}	Vi	18	C	»	S	B_1C_1	1	9	A	A		»
Rr_M	Rr	2	M	«	A/M	C_1	1	1	B	B	Si	
Rr_C	Rr	1	C	»	A/M/I/S	C_1	1-2	1/2	B	B	»	
Rr_F	Rr	1	F	»	A/I/S	C_1	1	1/2	B	B	»	
Re_{5S}	Re	5	S	»	S	C_1	1	3	A	B	»	Tectón

Unidad	Fisiografía	Litología	Asociación vegetal	T.ª media anual P.ª media anual	Pendiente	Suelo	Erosionabilidad potencial	Recursos hídricos subterrá.	Vulnerabilidad ante la contaminación	Restricciones geológicas a la construcción	Interés natural	Interés geológico principal
Re_{5C}	Re	5	C	»	A/S	C_5	2	8	A	B		Estratig.
Re_{5M}	Re	5	M	»	S/1	C_1	2	3	A	B	Si	Geomorf
Re_{5P}	Re	5	P	»	S	C_1	2	3	A	B	»	
Re_{5F}	Re	5	F	»	S/1	C_1	2	3	A	B	»	
$Rñ_{15S}$	Rñ	15	5	11°-14°/400-600	S	C_3	4	6C	M	M	»	
Pr_{12S}	Pr	12	S	»	S	C_2	1-2-3-5	8	A	B		Minero
Pr_{12F}	Pr	12	F	»	A/S/1	C_2	4	8	A	B		
Pr_{14S}	Pr	14	S	»	S	C_2	2-3	8	A	B		Minero
Pr_{14C}	Pr	14	C	»	S	C_2	3	8	A	B		
Dv_{8R}	Dv	8	R	»	S	C_2	2-3	6A	M	M		
Dv_{8S}	Dv	8	S	»	S	C_2	2-3	6A	M	M		
Dv_{8M}	Dv	8	M	»	S	C_2	2-3	6A	M	M		
Dv_{8F}	Dv	8	F	»	S	C_2	2	6A	M	M	Si	
Dv_{8C}	Dv	8	C	»	S	C_2	2-3	6A	M	M		
Pl_{7S}	Pl	7	S	»	S	C_5	4	8	B	A		
Pl_{10S}	Pl	10	S	»	S	C_5	2	8	B		A	
Pl_{10M}	Pl	10	M	»	S	C_5	2	8	B	M		
Pl_{10C}	Pl	10	C	»	S	C_5	2	8	B	M	Si	
Pl_{11S}	Pl	11	S	»	1/S	C_5	2-3	8	A	M		
Pl_{11M}	Pl	11	M	»	S	C_5	4	8	A	M		
Pl_{11C}	Pl	11	C	»	S	C_5	4	8	A	M	Si	
Pl_{11F}	Pl	11	F	»	1/S	C_5	4	8	A	M	Si	
Ve_{17R}	Ve	17	R	»	S	C_4	5	9	A	M		
Ve_{17S}	Ve	17	S	»	1/S	C_4	5	9	A	M		
Ve_{17M}	Ve	17	M	»	S	C_4	5	9	A	M		
Ve_{17F}	Ve	17	F	»	S	C_4	4	9	A	M		
Ve_{18R}	Ve	18	R	»	S	C_4	5	9	A	A		Geomorf
Ve_{18S}	Ve	18	S	»	S	C_4	4	9	A	A		
Ve_{18F}	Ve	18	F	»	S	C_4	4	9	A	A		
Ve_{20R}	Ve	20	R	»	S	C_4	4	9	A	A		
Ve_{20S}	Ve	20	S	»	A/S	C_4	5	9	A	A		
Ve_{20F}	Ve	20	F	»	A/S	C_4	4	9	A	A		
V_{6S}	V	6	S	»	S	C_3	5	4	B	A		
V_{6M}	V	6	M	»	S	C_3	2-3	4	B	A		
V_{6F}	V	6	F	»	S	C_3	2	4	B	A		
V_{7R}	V	7	R	»	I/A/S	C_1	1-2	5	B	A		
V_{7S}	V	7	S	»	I/A/S	C_1	1-2-3-5	5	B	A/M		Estrat.
V_{7M}	V	7	M	»	I/S	C_1	1-2	5	B	M		
V_{7C}	V	7	C	»	S	C_1	1	5	B	M		Estrat.
V_{7F}	V	7	F	»	I/S	C_1	2	5	B	A		
V_{8R}	V	8	R	»	S	C_2C_3	3-5	6A/B	M	M		
V_{8S}	V	8	S	»	I/S	C_2C_3	1-2-3-5	6A/B/C	M	M		Estrat.
V_{8M}	V	8	M	»	S	C_2C_3	1-2-3-5	6A/B/C	M	M	Si	
V_{8P}	V	8	P	»	S	C_2C_3	2	6A/B	M	M	»	
V_{8C}	V	8	C	»	S	C_2C_3	2-3	6A/B	M	M	»	
V_{8F}	V	8	F	»	S	C_2C_3	2	6A/B	M	M	»	
V_{9S}	V	9	S	»	S	C_5	2-3	5	B	A		
V_{9M}	V	9	M	»	S	C_5	2	5	B	A		
V_{9C}	V	9	C	»	S	C_5	3	5	B	A		
V_{10R}	V	10	R	»	S	C_5	2	7	B	A		
V_{10S}	V	10	S	»	A/S	C_5	1-2-3-5	7	B	A		Estrat.
V_{10M}	V	10	M	»	S	C_5	3	7	B	A		
V_{10F}	V	10	F	»	I/S	C_5	1-5	7	A	A		
V_{11S}	V	11	S	»	S	C_5	4	8	M	A		
V_{13R}	V	13	R	»	S	C_3	1-2-5	6C	M	M		
V_{13S}	V	13	S	»	S	C_3	1-2-3-5	6C	M	M		
V_{13M}	V	13	M	»	S	C_5	2-3-5	6C	M	M		
V_{16S}	V	16	S	»	I/S	C_4	3-5	6C	B	M		
V_{17R}	V	17	R	»	S	$C_4C_2C_3$	3-2-5	6C/A/B	M	M		
V_{17S}	V	17	S	»	S	$C_4C_2C_3$	3-2-5	6C/A/B	M/B	M		
V_{17M}	V	17	M	»	S	$C_4C_2C_3$	2	6C/A/B	B	M		
V_{17C}	V	17	C	»	S	$C_4C_2C_3$	2	6A/B/C	B	M		
V_{17F}	V	17	F	»	S	$C_4C_2C_3$	2	6C/A/B	M	M		
V_{20R}	V	20	R	»	S	C_4	2	9	B	A		
V_{20S}	V	20	S	»	A/S	C_4	3	9	B	A		
Ce_S	Ce	10	S	»	I	C_1	1-3	7	B	A	Si	Estrat.
Ce_M	Ce	10	M	»	I	C_1	1	7	B	A	»	»
Ce_C	Ce	10	C	»	I	C_1	1	7	B	A	»	»
Ce_{7S}	D	7	S	»	S	C_1	2	6B	B	M		
Ce_{8R}	D	8	R	»	S	C_1	2-3	6B	M	M		
D_{8S}	D	8	S	»	S	C_1	2-3	6B	M	A		
D_{10R}	D	10	R	»	S	C_1	2-3	6B	B	A		
D_{10S}	D	10	S	»	S	C_1	2	6B	M/B	M		

FISIOGRAFIA

C = Cuerda
Ce = Cerro
D = Depresión
Dv = Divisoria
G = Glaciar
L = Ladera
P = Paramera serrana
Pl = Plataforma estructural
Pr = Páramo
R = Rampa
Re = Relieve estructural
Rñ = Raña
Rr = Relieve residual
V = Vertiente
Ve = Vega
Vi = Valle interior

LITOLOGIA

1 - Rocas ígneas (granitos, adamellitas y granodioritas)
2 - Rocas metaplutónicas (ortogneises y leucogneises)
3 - Rocas metamórficas (gneises, mármoles y esquistos)
4 - Rocas metamórficas (cuarcitas, pizarras y esquistos)
5 - Areniscas, calizas y dolomías
6 - Lutitas, yesos, arenas, gravas y fangos
7 - Yesos y arcillas

8 - Arcosas, arcillas arenosas y limos
9 - Yesos detríticos, margas y carbonatos
10 - Arcillas verdes, arenas, calizas y dolomías
11 - Conglomerados, arenas y arcillas
12 - Calizas y margocalizas
13 - Arcosas y limos
14 - Costras calcáreas y arcillas rojas
15 - Conglomerados silíceos
16 - Gravas poligénicas, arenas y limos yesíferos (glacis)
17 - Gravas poligénicas, arenas y limos (terrazas)
18 - Arenas, cantos y limos (fondos de valle)
19 - Arcillas arenosas (fondos semiendorreicos)
20 - Arenas, limos y gravas (coluviones y conos de deyección)

ASOCIACION VEGETAL

C = Bosque de coníferas
F = Bosque de frondosas
M = Matorral
P = Pastizal
R = Ribera y cultivo de regadío
S = Cultivo de secano

PENDIENTE

S = 0-7%
I = 7-15%
A =15-30%
M =Superior al 30%

SUELO

A_1 = Udico
B_1 = Ustico
C = Xérico
C_1 = Entisols
C_2 = Inceptisols e inceptisols
C_3 = Inceptisols y anfisols
C_4 = Entisols
C_5 = Aridisols

EROSIONABILIDAD POTENCIAL

1 - Muy elevada
2 - Elevada
3 - Moderada
4 - Nula
5 - Zona con exceso de agua, temporal o permanente, o zona potencialmente inundable

RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS

1 - Sistema hidrogeológico de la Sierra (rocas intrusivas)
2 - Sistema hidrogeológico de la Sierra (rocas metamórficas)
3 - Acuíferos cretácicos
4 - Acuitardo paleógeno
5 - Conjunto evaporítico
6A - Acuífero del Terciario detrítico de Madrid.
6B - Acuífero del Terciario detrítico de Madrid.
6C - Acuífero del Terciario detrítico de Madrid.
7 - Unidad de transición
8 - Acuíferos del páramo
9 - Acuíferos cuaternarios

VULNERABILIDAD ANTE LA CONTAMINACION

A = Alta
M = Media
B = Baja

RESTRICCIONES GEOLOGICAS A LA CONSTRUCCION

A = Alta
M = Media
B = Baja

Bibliografía

AMMER, U.; BECKET, G. y KLEIN, R. (1981).- **Methodology of a large scale environmental mapping.** W.G. Landschaftstechnik, Faculty of Forestry. Universidad de Munich (Alemania).

BECKER-PLATTEN, J.D. (1979).- **Geoscientific maps as an aid to land use and regional planning. In**: Resources Policy, Marzo.

BECKER-PLATTEN; J.D.; LUTTIG, F. y MEINE, K.H. (1979).-**Geoscientific maps for planning.** Natural Resources Forum, 3.

BOLUDA, R.; MOLINA, M.J. y SANCHEZ, J. (1984).- **Definición y metodología de unidad de paisaje. Importancia de la geología ambiental en su descripción**. I Congreso Español de Geología. Segovia.

BROWN, L.F. et al (1980).- **Environmental geologic atlas of the Texas coastal zone: Brownsville-Harlingen Area**. Universidad de Texas. Departamento de Geología Económica (EE.UU).

CABRA, P. et al (1983).- **Modelo geomorfológico para el estudio del medio físico en el área de Madrid**. 2 Reunión de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Lérida.

CENDRERO, A. (1975).- **El mapa geológico-ambiental en la evaluación de los recursos naturales y en la planificación del territorio. Su aplicación a la zona de Santander y su bahía**. Universidad de Santander. Secretariado de publicaciones. Santander.

CENDRERO, A.; DIAZ DE TERAN, J.R. y SAIZ, J. (1976).-**A technique for the definition of environmental Geologic Units and for evaluating their environmental value. In**: Landscape planning, 3.

CENDRERO, A. et al (1979).- **Integrated assessment and evaluation of the coastal environment of the province of Vizcaya**, Bay of Biscay, Spain. In: Environmental Geology, Vol. 2, n⁰ 6.

CENDRERO, A. (1982).- **Técnicas e instrumentos de análisis para la evaluación, planificación y gestión del medio ambiente**. Fascículos sobre Medio Ambiente, n⁰ 6. CIFCA. Madrid.

CENDRERO, A.; DIAZ DE TERAN, J.R. et al (1982).- **Bases físicas para la planificación provincial: el modelo de Cantabria**. Vol. XVI. Curso de Geología Práctica. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel.

CENDRERO, A. y TRILLA, J. (1983).- **La geología ambiental en la evaluación del territorio para usos agrícolas**. 2 Reunión de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Lérida.

CENDRERO, A. et al (1987).- **Mapa geocientífico de la provincia de Valencia**. Escala 1:200.000. Diputación Provincial de Valencia. Valencia.

CHRISTIAN, C.S. (1957).- **The concept of land units and land systems. In**: Proc. 9 th Pacific Sci. Congr. 20.

CHRISTIAN, C.S. y STEWART, G.A. (1968).- **Methodology of integrated survey. In: Aerial surveys and Integrated studies**. Proc. of the Toulouse Conf. (UNESCO). París.

DIAZ DE TERAN, J.R. (1983).- **Una metodología para el análisis físico del territorio y para la definición de aptitudes de uso en la zona costera oriental de Cantabria**. 2 Reunión de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Lérida.

FISHER, W.L. et al (1972).- **Environmental geologic atlas of the Texas coastal zone: Galveston-Houston área**. Universidad de Texas. Departamento de Geología Económica (EE.UU).

GODFREY, A.E. (1977).- **A physiographic approach to land use planning**. In: Environmental Geology, Vol. 2, n⁰ 1.

GOMEZ OREA, D. et al (1975).- **Plan especial de protección del medio físico de la provincia de Madrid**. COPLACO. Madrid.

GOMEZ OREA, D. (1978).- **El medio físico y la planificación**. Vols. I y II. Cuadernos del CIFCA. Madrid.

GONZALEZ BERNALDEZ, F. et al (1973).- **Estudio temático ecológico de la subregión de Madrid**. COPLACO. Madrid.

GONZALEZ BERNALDEZ, F. y GARCIA NOVO, F. (1975).-**Integrated survey of mediterranean ecosystems for game management, landuse and conservation**. XII Congress of the International Unión of Game Biologists. Lisboa.

HILLS, G.A. y PORTELANCE, R. (1960).- **The Glackmeyer report on multiple land-use planning.** Department of Lands and Forests. Ontario (EE.UU).

HILLS, G.A. (1961).- **The ecological basis for land-use planning**. Dep. of Lands and Forests, Research Report, 46. Ontario (EE.UU).

IGME. (1982).- **Mapa geocientífico del medio natural. Provincia de Almería**. Madrid.

IGME. (1984).- **Mapa geocientífico del medio natural. Provincia de La Coruña**. Madrid.

IGME. (1986).- **Mapa geocientífico del medio natural. Provincia de Alicante**. Madrid.

LINTON, D.L. (1951).- **The delimitation of morphological regions**. In: London Essays in Geography, L.D. Ed. Longmans. Londres.

LUTTIG; G. y PFEIFFER, D. (1974).- **The map of the potencial of the natural environment. A new method of geoscientific research for land-use and regional planning**. Traducido al inglés de: Die Karte des Naturraumpotentials. Ein neues Ausdrucksmittel geowissenschatlicher forschung für landsplanning und Raumordung. N. Arch. F. Nds. 23, 1.

LUTTIG, G. (1978).- **Geocientific maps of the environment as an essential tool in planning. In:** Geologia en Mijubouw. Vol. 57. Munich.

LUTTIG, G. (1982).- **Contributions of geoscientific cartography to the solution of conflicts arising from utilization of natural resources and protection of the environment**. In: Resources Environment and the future, Ed. W.B. Fisher y P.W. Kent. German Academic Exchange Service, Londres.

LUTTIG, G. (1986).- **Large scale maps for detailed planning**. Int. Symp. Geol. Mapping in the service of Env. planning. Trondheim.

MATHEWSON, C.C. y FONT, R.G. (1974).- **Geologic environment: Forgotten aspect in the land use planning process.** In: Geologic Mapping for Environmental Purposes. The Geological Society of America.

PEDRAZA, J. y GARZON, M.G. (1978).- **Bases geológicas y geomorfológicas para la sistematización de los análisis del medio físico**. CIMA: Bol. Int. Medio Ambiente, Vol. 8. Madrid.

PEDRAZA, J. et al (1981).- **Introducción a la geología del medio ambiente.** In: Geología y Medio Ambiente. CEOTMA. Madrid.

RAMOS, A. et al (1979).- **Planificación física y ecológica. Modelos y métodos**. Edit. Magisterio Español, S.A. Madrid.

TURNER, A.W. y COFFMAN, D.M. (1973).- **Geology for planning: a review of environment geology**. In: Quart. Colorado School of Mines. Vol. 68, n⁰ 3. Colorado (EE. UU).

VINOGRADOV, B.V.; GERENCHUK, K.I.; ISACHENKO, A.G.; RAMAN, K.G. y TSESELCHUC, Y. (1962).- **Basic principles of landscape mapping**. In: Soviet Geography, Review and translation, 3, n⁰ 6.

6.- Anejos

A.- Datos socioeconómicos básicos

DEMOGRAFIA

La Comunidad de Madrid, con una superficie de 7.995 km² y 178 Municipios, presentaba a finales de 1981 una población de hecho de 4.801.662 habitantes, lo que significa una media de 600 habitantes por km² frente a los 75 habitantes por km² del conjunto de España.

El siguiente cuadro pone de relieve la distribución de la población en la capital y en los principales municipios.

HABITANTES/KM²

De 501-1.500	1.501-3.000	3.001-5.000	Más de 5.000
Collado Villalba	Getafe	Alcorcón	Madrid
Majadahonda	Fuenlabrada	Móstoles	
Pozuelo	Parla	Leganés	
Alcobendas	Torrejón de A.	Coslada	
S. Sebastián de los Reyes	Alcalá de Henares		

Frente a estas densidades de población hay lugares en la parte Norte de la Sierra donde no se alcanzan los 10 habitantes por km².

La evolución de la población de hecho desde 1857 se representa en el cuadro que se incluye a continuación, así como la distribución por edad referida a 1981.

SECTOR DE AGRICULTURA Y GANADERIA

La población activa agraria es solamente un 2% de la población activa total (I.N.E. Junio de 1982) y el régimen de explotación de la tierra presenta la siguiente distribución:

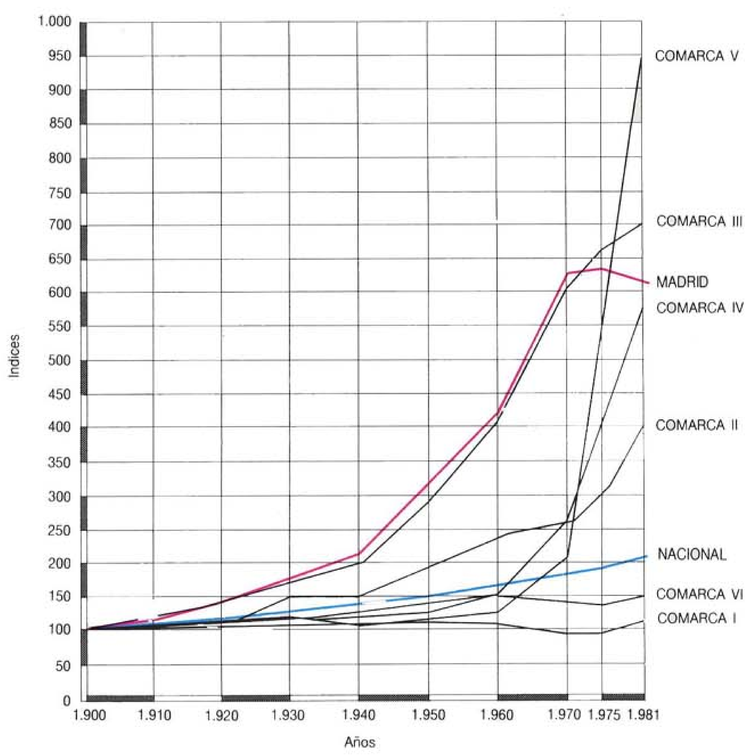
En propiedad	77,1 %
En arrendamiento	17,7 %
En aparcería	2,0 %
Otras modalidades	3,2 %

mientras que la parcelación de la tierra se distribuye así:

Parcelas menores de 0,5 Ha:	38,2 %
Parcelas de 0,5 a 1 Ha:	25,5 %
Parcelas de 1 a 5 Ha:	31,3 %
Parcelas mayores de 5 Ha:	4,9 %

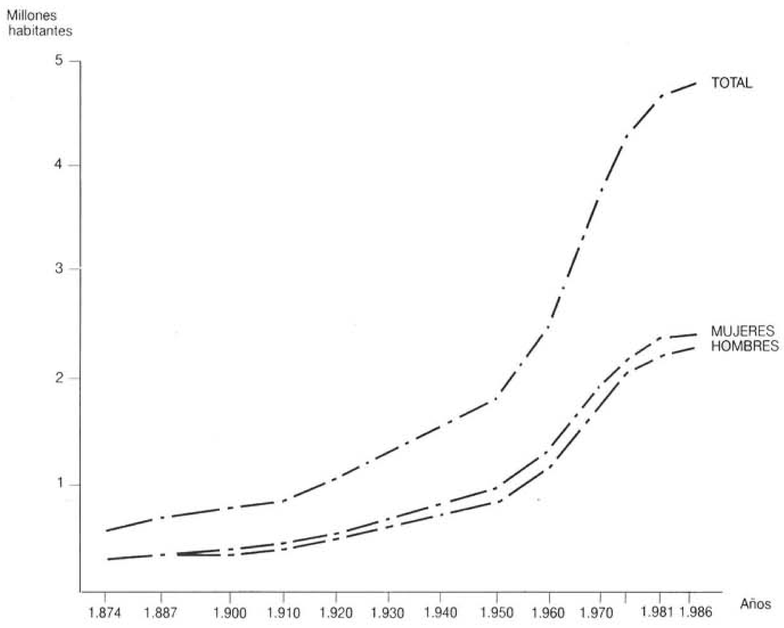
La evolución de la población en las seis Comarcas Agrarias, ya mencionadas en el apartado de Suelo y vegetación, respecto a la existente en el año 1900, se detalla en el gráfico.

Evolución demográfica
Indice de evolución de la población respecto a 1900 (=100)



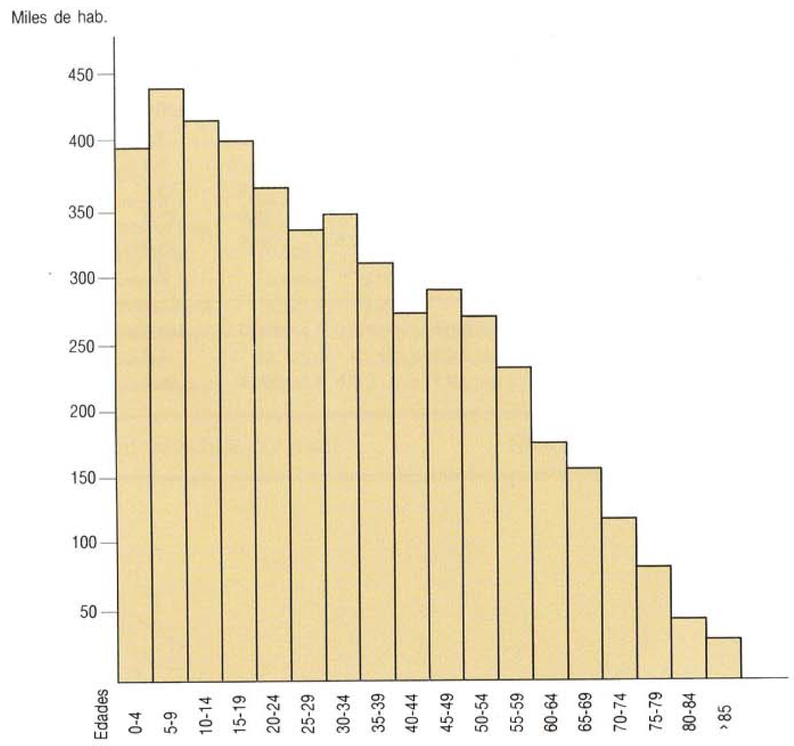
Fuente: Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación, (1985)

Evolución de la población



Fuente: Comunidad de Madrid, (1986)

Distribución de la población por edades (1981)



Fuente: Comunidad de Madrid, (1985)

En el apartado referido se indica también la evolución de los cultivos en los últimos años, y en los cuadros siguientes se representa la variación que han tenido la producción agrícola y la cabaña de la Comunidad desde 1978.

PRINCIPALES PRODUCCIONES AGRICOLAS (Miles de toneladas)

	COMUNIDAD DE MADRID								ESPAÑA
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1985
Trigo	77,8	63,5	99,1	80,1	47,9	50,9	87,7	78,5	5.235,7
Cebada	83,2	75,4	101,4	74,5	60,9	50,4	130,1	130,0	10.679,9
Maiz	31,5	31,5	37,9	40,5	44,6	54,3	76,6	82,6	3.300,2
Patata	77,2	75,2	85,7	66,8	69,9	66,7	84,9	70,8	5.780,9
Remolacha azucarera	5,8	4,1	7,8	10,7	14,9	10,5	6,7	8,4	7.147,4
Alfalfa	224,6	219,0	160,2	163,7	150,8	181,9	178,1	155,7	13.737,9
Veza para forraje	17,1	17,6	20,1	7,0	13,5	11,4	18,2	17,3	1.436,6
Praderas polifitas	11,6	12,9	3,1	3,4	7,9	2,9	86,0	19,1	6.055,7
Cereales para forraje	6,3	3,2	1,8	3,9	7,3	4,1	13,6	23,2	3.079,9
Melón	20,8	21,0	23,5	16,5	16,6	15,2	13,4	17,7	779,7
Lechuga	13,0	15,1	15,5	15,4	16,0	12,1	18,0	23,5	540,5
Col	18,8	14,3	15,2	20,0	14,5	10,6	12,8	9,7	467,6
Tomate	20,6	16,7	14,6	13,6	12,9	10,9	11,5	12,8	2.419,3
Coliflor	6,0	6,1	7,7	8,1	8,0	4,3	10,1	8,6	206,4
Cebolla	5,5	4,7	5,6	5,9	7,1	10,5	11,5	12,5	1.263,4
Alcachofa	10,0	11,5	9,8	7,0	6,4	9,4	9,0	3,8	229,5
Ajo	4,3	4,4	4,3	4,4	6,0	6,2	8,4	7,7	225,7
Manzana	13,0	11,9	10,2	7,5	6,3	6,7	6,4	6,2	1.055,6
Uva	88,0	121,6	91,8	72,0	80,1	81,6	81,7	78,7	5.344,9
Aceituna	14,6	17,5	14,7	9,5	15,2	11,6	11,9	11,3	1.953,5

Fuente: Comunidad de Madrid (1985)

CENSO GANADERO POR ESPECIES (Miles)

	COMUNIDAD DE MADRID								ESPAÑA
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1985
BOVINO	70,1	75,6	69,3	79,6	89,6	93,6	99,4	103,8	4.930,0
OVINO	225,5	191,9	198,7	214,2	203,4	193,0	182,4	172,0	16.954,1
CAPRINO	22,0	41,3	43,1	40,3	30,4	31,5	33,1	38,9	2.584,2
PORCINO	49,8	63,5	64,5	65,8	59,5	62,1	64,2	85,3	11.960,0
CABALLAR	3,3	4,2	5,1	5,1	4,9	4,3	4,5	4,7	252,4
MULAR Y ASNAL	5,7	3,5	3,1	2,8	3,3	3,1	2,8	2,4	288,2

Fuente: Comunidad de Madrid (1985)

La aportación, en porcentajes, de los diferentes grupos de productos a la producción final agro-ganadera de la Comunidad se refleja también en el siguiente cuadro.

PRODUCCION FINAL AGROPECUARIA (%)

	COMUNIDAD DE MADRID		ESPAÑA
	1981	1982	1982
Productos agrícolas	**32,2**	**30,5**	**47,6**
Cereales	10,9	9,6	7,3
Tubérculos consumo humano	2,8	3,1	4,6
Cultivos Industriales herbáceos	0,6	0,6	5,7
Hortalizas	10,2	10,9	13,0
Frutas	1,7	1,7	10,6
Vino y subproductos	4,1	3,3	3,8
Aceite y subproductos	1,9	1,3	2,6
Productos ganaderos	**61,5**	**64,4**	**42,6**
Carne y ganado	34,9	39,7	29,2
Leche	16,6	16,0	9,1
Huevos	10,0	8,7	4,3
Otras producciones	**6,3**	**5,1**	**9,8**

Fuente: Comunidad de Madrid (1985)

SECTOR INDUSTRIA Y ENERGIA

En el cuadro siguiente se dan los valores en millones de Pts. de producción bruta y valor añadido, por ramas de actividad industrial en la Comunidad.

	COMUNIDAD DE MADRID						ESPAÑA
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1983
TOTAL INDUSTRIA	820.164	914.102	1.079.545	1.162.197	1.256.684	1.459.204	16.820.046
11 a 15 Energía	2.314	3.081	3.878	5.486	6.632	7.787	3.339.542
16 Agua	6.256	8.377	8.500	9.245	9.516	9.825	79.022
21 Minerales metálicos	0	0	0	0	0	0	54.138
22 Producción y 1.ª transformación de metales	30.971	32.626	39.029	41.329	42.907	58.527	1.107.599
23 Minerales no metálicos y canteras	1.248	1.444	3.186	4.262	4.581	6.268	78.043
24 Industria de ptos. minerales no metálicos	39.095	41.844	53.348	61.219	62.406	67.751	763.345
25 Industria química	96.684	111.465	137.392	156.718	176.057	199.638	1.389.931
31 Fabricación de productos metálicos	55.838	61.799	79.755	90.406	103.183	105.890	1.031.021
32, 33 y 39 Maquinaria y equipo	64.040	73.951	91.957	94.757	87.512	93.941	572.415
34 y 35 Material eléctrico y electrónico	128.634	130.531	145.976	143.528	169.911	207.632	752.371
36 a 38 Material de transporte	106.577	114.436	129.556	138.071	133.119	174.886	1.445.596
41 y 42 Alimentos, bebidas y tabaco	119.725	134.791	151.820	171.316	197.046	223.736	3.276.044
43 y 453 a 456 Industria textil y confección	38.798	44.565	48.678	47.956	52.367	59.901	912.110
44, 451 y 452 Calzado y cuero	10.920	11.512	13.380	12.605	12.731	16.827	260.593
46 Madera, corcho y muebles	21.770	28.428	35.198	28.576	28.699	30.966	474.581
47 Papel, artículos de papel, artes gráficas y edición	66.307	79.931	91.618	106.777	117.214	137.486	666.290
48 Transform. caucho y materias plásticas	19.833	23.806	29.823	31.646	35.784	39.339	511.410
49 Otras industrias manufactureras	11.154	11.515	16.451	18.300	17.019	18.804	105.995

Las referencias numéricas de las ramas corresponden a Agrupaciones y Grupos de la CNAE

Fuente: Comunidad de Madrid (1985)

La producción de energía eléctrica queda reflejada en el siguiente cuadro, y detalles de centrales productoras en la Comunidad, así como más información sobre este tema, se encuentran en el apartado de Energías Renovables.

ENERGIA ELECTRICA (MILES MWH)

	COMUNIDAD DE MADRID				ESPAÑA
	1981	1982	1983	1984	1984
Producción bruta	66,8	72,3	76,3	116,4	120.042,0
Hidroeléctrica	64,2	69,8	71,5	111,5	33.420,3
					86.621,7
Consumos auxiliares	2,1	2,1	2,3	2,5	5.903,5
				113,9	114.138,5
Hidráulica	62,3	67,9	69,6	**109,4**	**33.004,9**
Térmica	2,4	2,3	4,4	4,5	81.133,6
Consumo en bombeo	0	0	0	0	2.760,2
Producción disponible	64,7	70,2	74,0	113,9	111.378,3

Fuente: Comunidad de Madrid (1985)

SECTOR VIVIENDA Y CONSTRUCCION

A continuación se expone una distribución de las viviendas en la Comunidad, en función de su antigüedad en la construcción y agrupadas por municipios según número de habitantes.

DISTRIBUCION PORCENTUAL DEL NUMERO DE VIVIENDAS POR CARACTERISTICAS Y TAMAÑO DE MUNICIPIOS. 1980/81

	COMUNIDAD DE MADRID					ESPAÑA
	Total	Municipio de Madrid	Municipios entre 50.000 y 200.000	Municipios entre 10.000 y 50.000	Municipios menos de 10.000 h.	
AÑO DE CONSTRUCCION	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Antes de 1900	5,4	5,9	0	7,0	9,6	16,2
De 1900 a 1939	11,2	14,0	2,6	0	8,4	13,1
De 1940 a 1959	20,3	25,4	2,6	3,5	15,6	17,1
De 1960 a 1969	32,8	33,6	33,3	24,6	29,0	24,1
Después de 1969	30,4	20,9	61,5	64,9	37,3	25,8
No sabe	0	0	0	0	0	0,4
ELECTRICIDAD	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
No tiene	0,3	0,3	0	0	1,2	0,0
Si tiene	99,7	99,7	100,0	100,0	98,8	99,1

Fuente: Comunidad de Madrid (1985)

SECTOR TRANSPORTE

La red de carreteras dependientes de la Comunidad totaliza 2.728 km a los que hay que añadir 439,5 km dependientes del Estado y 14,5km de Autopistas en régimen de concesión (peaje), de acuerdo con los datos de la Conserjería de Obras Públicas y Transportes de la Comunidad (1984).

El transporte por carretera se efectuó en el quinquenio 1980-84 de acuerdo a la siguiente distribución de vehículos autorizados.

VEHICULOS DE TRANSPORTE POR CARRETERA POR TIPO DE AUTORIZACION

	COMUNIDAD DE MADRID								ESPAÑA
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1985
Total de autorizaciones	**83.516**	**84.230**	**84.933**	**86.455**	**84.089**	**81.625**	**80.656**	**83.616**	**931.808**
Transporte de viajeros	18.921	18.652	18.974	18.832	18.877	18.892	18.869	18.914	95.969
Turismos	15.411	15.205	15.663	15.390	15.388	15.365	15.456	15.357	68.630
Autobuses	3.510	3.447	3.311	3.442	3.489	3.527	3.413	3.557	27.339
Servicio público	3.179	3.159	3.035	3.171	3.239	3.299	3.163	3.357	25.948
Servicio privado	331	228	276	271	250	228	250	200	1.391
Transporte de mercancías	58.566	59.249	59.752	60.984	58.549	56.330	55.885	58.619	788.915
Servicio público	21.549	21.890	22.440	22.791	22.010	21.528	21.669	21.489	240.024
Servicio privado	37.017	37.359	37.312	38.193	36.539	34.802	34.216	37.130	548.891
Transporte mixto	3.116	3.323	3.291	3.577	3.577	3.365	2.904	2.959	12.665
Tractores	2.913	3.006	2.916	3.062	3.086	3.038	2.998	3.124	34.259

Fuente: D.G. de Transportes Terrestres (1985)

El transporte por ferrocarril en trayectos de largo recorrido, tanto de pasajeros como de mercancías, que han pasado por las estaciones de la Comunidad en 1983-84 da las siguientes cifras, según RENFE:

TRANSPORTE POR FERROCARRIL

	1983		1984		1985	
	Llegadas	**Salidas**	**Llegadas**	**Salidas**	**Llegadas**	**Salidas**
Pasajeros	3.566.371	4.642.487	3.658.301	4.677.834	3.781.544	4.789.543
Mercancías (Tn)	2.573.947	1.821.598	2.483.202	1.808.229	2.385.795	1.877.811

Fuente: Comunidad de Madrid (1985)

Respecto al tráfico aéreo, el del aeropuerto de Barajas se sintetiza en las siguientes cifras:

TRANSPORTE AEREO

	COMUNIDAD DE MADRID					ESPAÑA
	1981	1982	1983	1984	1985	1985
AERONAVES	114.446,0	113.576,0	113.450,0	109.388,0	113.717,0	529.429,0
Transporte interior	65.347,0	65.339,0	63.806,0	58.451,0	59.841,0	282.817,0
Transporte internacional	49.099,0	48.237,0	49.644,0	50.937,0	53.876,0	246.612,0
PASAJEROS (Miles)	10.019,3	10.322,2	10.186,7	10.222,1	10.644,1	50.437,4
Transporte interior	5.896,4	6.093,2	5.986,4	5.301,0	5.479,7	22.083,8
Transporte internacional	4.122,9	4.229,0	4.200,3	4.921,1	5.164,4	28.353,6
MERCANCIAS (Toneladas)	150.864,1	153.049,3	155.014,6	163.885,3	170.575.1	361.790,9
Transporte interior	62.323,3	61.913,5	58.646,6	51.098,1	49.791,3	203.134,6
Transporte internacional	88.540,8	91.135,8	96.368,1	112.787,2	120.783,8	158.656,3

Fuente: D. G. de Aviación Civil (1985)

PRODUCCION Y CONSUMO

Por último se exponen dos cuadros-resumen: uno sobre el valor añadido y otro sobre el consumo en bienes y servicios.

VALOR AÑADIDO BRUTO AL COSTE DE LOS FACTORES POR SECTORES (V.A.B.c.f.)

	COMUNIDAD DE MADRID				ESPAÑA
	1980	1981	1982	1983	1983
AGRICULTURA	12,4	12,3	15,7	—	1.360,7
INDUSTRIA	638,9	727,9	820,1	—	7.672,1
Productos energéticos	39,2	66,9	68,7	—	—
Productos industriales	426,9	472,3	530,6	—	—
Edificación y Obra Civil	172,8	188,7	220,8	—	1.556,2
SERVICIOS	1.505,4	1.156,3	1.998,4	—	12.465,0
Servicios destinados a la venta	1.194,9	1.360,4	1.585,4	—	—
Servicios no destinados a la venta	310,5	355,9	413,0	—	—
V.A.B.c.f.	2.156,7	2.456,5	2.834,2	3.213,1	21.497,8
V.A.C.c.f. per cápita	460,4	522,6	597,8	671,9	563,2

Fuente: INE (1985)

GASTOS ANUALES DE LOS HOGARES EN BIENES Y SERVICIOS 1980/1981

	COMUNIDAD DE MADRID					ESPAÑA
	Total	Municipio de Madrid	Municipios entre 50.000 y 200.000 h	Municipios entre 10.000 y 50.000 h	Municipios de menos de 10.000 h	
GASTO MEDIO POR PERSONA (Miles pesetas)	293,8	321,7	232,5	251,9	195,0	237,7
GASTO MEDIO POR HOGAR (Miles pesetas)	1.105,2	1.180,7	920,9	1.016,8	794,1	879,3
GASTO TOTAL HOGAR L.S. (Tanto por mil)	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0	1.000,0
Alimentos, bebidas y tabaco	276,0	262,4	319,8	281,6	368,3	319,1
Vestidos y calzado	79,8	78,6	77,3	94,3	90,7	84.8
Vivienda	206,8	213,4	193.3	161,7	182,5	188,0
Muebles y servicios hogar	75,0	74,9	70,7	96,5	65,9	74,8
Medicina y farmacia	23,1	25,1	13,5	13,1	24,5	23,5
Transporte y comunicaciones	147,4	143,3	171,5	168,1	135,2	136,0
Esparcimiento, enseñanza y cultura	78,2	82,0	64,4	90,7	43,9	67,2
Otros bienes y servicios	92,1	97,0	74,5	80,3	71,9	84,2
Otros gastos	21,1	22,9	14,6	13,3	16,7	22,4

Fuente: Comunidad de Madrid (1984)

B.- Direcciones de interés en Madrid

MUSEOS Y SIMILARES

Museo Arqueológico Nacional
Serrano 13. Tel. 403 65 59
Metro: Colón
Autobús: 1, 9, 19, 51, 74 y M-2
Horario: 9,30-13,30. Cerrado: Lunes y Festivos.

Museo Municipal
Fuencarral 78. Tel. 522 57 32
Metro: Tribunal
Autobús: 3, 7, 40 y M-10
Horario: 10-14 y 17-21; Domingos: 10-14,30. Cerrado: Lunes y Festivos.

Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)
Pº Castellana 82. Tel. 261 86 00
Metro: Nuevos Ministerios
Autobús: 5, 27, 40, M-3, M-6, 45 y 12
Horario: 9-14 y 15-18; Domingos y Festivos: 10-14.

Museo Nacional de Geología (Instituto Geológico y Minero de España)
Ríos Rosas 23. Telf. 441 65 00
Metro: Ríos Rosas
Autobús: 3, 37, 45, 12 y M-10
Horario: 8-14,30; Sábados: 9-14. Cerrado: Domingos

Observatorio Astronómico Nacional
Alfonso XII-3. Tel. 227 19 35
Metro: Atocha
Autobús: 15, 19 y M-9
Visitas: previa petición por carta.

Planetario
Plaza de E. Tierno Galván s/n. Tel. 467 34 61
Metro: Mendez Alvaro
Autobús: 117

Real Jardín Botánico
Pza. de Murillo 2. Tel. 468 22 00
Metro: Atocha
Autobús: 10, 14, 19, 32, 37 y M-6
Horario: 10-20. Cerrado: Lunes

ASOCIACIONES CIENTIFICAS

Sociedad Española de Mineralogía
Organiza interesantes excursiones mineralógicas
Alenza 1. Tel. 441 71 38
Metro: Ríos Rosas
Autobús: 42, 12 y M-10

Sociedad Geológica de España
Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)
José Gutiérrez Abascal 2. Tel. 261 25 13 Ext. 156
Metro: Nuevos Ministerios
Autobús: 7, 12, 27, 40, y M-3

Real Sociedad Española de Historia Natural
Facultad de Ciencias Geológicas
Universidad Complutense de Madrid. Tel. 243 91 50
Metro: Línea 6 (C. Universitaria)
Autobús: 6, 46, A y D

Real Sociedad Geográfica
Organiza interesantes excursiones geográficas
Valverde 22. Tel. 232 38 31
Metro: José Antonio
Autobús: 1, 2, 3, 7, 40, M-8 y M-10

ASOCIACIONES DEPORTIVO-CULTURALES

Asociación de Scouts Baden-Powell España
S. Marcos 37. Tel. 232 28 74/75
Metro: Chueca
Autobús: 3, 7, 40 y M-10

Federación Española de Montañismo
Alberto Aguilera 3. Tel. 445 13 82
Metro: San Bernardo y Argüelles
Autobús: 1, 21, M-3 y M-7

Federación Madrileña de Espeleología
Carranza 4. Tel. 448 01 28
Metro: Bilbao
Autobús: 21, M-3 y M-7

Real Sociedad Española de Alpinismo Peñalara
Gran Vía 27. Tel. 222 87 43
Metro: Callao
Autobús: M-8, M-10, N-2 y 74

ADMINISTRACION CENTRAL

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
C/. Serrano 117. Tel. 261 98 00/262 37 00
Metro: República Argentina
Autobús: 16, 19, 51

Dirección General del Medio Ambiente *(MOPU)*
Pº Castellana 67 (Nuevos Ministerios). Tel. 253 16 00
Metro: Nuevos Ministerios
Autobús: M-3, M-6, 27, 7, 12 y 40

Dirección General de Protección Civil
Evaristo S. Miguel 8. Tel. 446 81 62
Metro: Ventura Rodriguez
Autobús: 74

Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA)
Gran Vía de S. Francisco 35-41. Tel. 266 82 00
Metro: Puerta de Toledo
Autobús: 3, 60 y M-4

Instituto de Edafología y Biología Vegetal (CSIC)
C/. Serrano 115. Tel. 262 50 20
Metro: República Argentina
Autobús: 16

Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.)
Gral. Ibañez de Ibero 3. Tel. 233 38 00
Metro: Cuatro Caminos
Autobús: 44, 45, M-5 y Circular

Instituto Geológico y Minero de España (IGME)
Ríos Rosas 23. Tel. 441 65 00
Metro: Ríos Rosas
Autobús: 3, 37, 45, 12 y M-10

Instituto de la Juventud
J. Ortega y Gasset 71. Tel. 401 13 00
Metro: Lista
Autobús: 1 y 74

Instituto Nacional de Meteorología (INM)
Ciudad Universitaria. Tel. 244 35 00
Metro: No tiene cerca. Linea 6 (C. Universitaria)
Autobús: 6, 46, 83, A y D

Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA)
Pº Castellana 112. Tel. 261 12 00
Metro: Nuevos Ministerios
Autobús: 7, 14, 40, 12, 27, M-6 y M-3

Servicio Geológico de Obras Públicas y Urbanismo
Avda. de Portugal 81. Tel. 464 08 00
Autobús: 31, 36, 39, 65

COMUNIDAD DE MADRID

Consejería de Política Territorial
Maudes 17. Tel. 233 63 00
Metro: Ríos Rosas y Cuatro Caminos
Autobús: 12, 45, Circular, 42, M-5, 3

Dirección General de la Juventud
Alcalá 31.Tel. 522 29 41/42/43
Metro: Sevilla
Autobús: 53, 5, 1, 2, 9, 20, 51, 52, 74

EXCMO. AYUNTAMIENTO DE MADRID

Area de Cultura
Mayor 83. Tel. 446 21 12
Metro: Sol y Opera
Autobús: 3, M-4, M-1, 22, 76, P-3, y P-31

Area de Juventud
Pº del Prado 30. Tel. 468 24 43
Metro: Banco de España y Antón Martín
Autobús: 9, 10, 14, 21, 27 y M-6

Dirección de Servicios de Medio Ambiente
Aula de Ecología
Divino Pastor 70
Metro: Bilbao y Tribunal
Autobús: M-3, 21

CENTROS DE DOCUMENTACION

Además de las existentes en las distintas Instituciones y Asociaciones, se recomienda la consulta de las Bibliotecas de:

- Facultad de Ciencias Geológicas
- Facultad de Ciencias Biológicas
- Facultad de Geografía e Historia
- Escuelas Técnicas Superiores de:

  a) Ingenieros Agrónomos
  b) Ingenieros de Caminos, C y P.
  c) Ingenieros de Minas
  d) Ingenieros de Montes.

C.- Glosario de términos técnicos

A

ABANICO ALUVIAL
Acumulación de materiales de distintos tamaños, depositados por una corriente principal. Tiene forma de segmento de cono con el vértice apoyado en el borde de la zona montañosa.

ACIDA/ACIDO
Roca ígnea que contiene más del 65% de sílice. Suelo cuyo pH es inferior a 6,5.

ACOSTADO
Pliegue cuyo plano axial está muy próximo a la horizontal.

ACUIFERO
Formación geológica que puede almacenar agua y permite su circulación y extracción.

- **ANISOTROPO**
  Acuífero en que las propiedades hidrogeológicas varían según la dirección considerada.

- **CAUTIVO** (O EN CARGA)
  Se dice cuando el nivel piezométrico, o límite superior del agua, está situado por encima del techo de la formación acuífera.

- **COLGADO**
  Se dice del nivel de agua situado por encima del nivel piezométrico regional e independiente de él.

- **HETEROGENEO**
  Es el acuífero constituído por materiales de distintas permeabilidades.

- **LIBRE**
  Aquel cuyo nivel piezométrico está situado debajo del techo de la formación acuífera, la cual presenta una zona no saturada de agua.

ACUITARDO
Formación de baja permeabilidad. Puede recargar otros acuíferos por cesión lenta del agua que retiene.

ADAMELLITA
Roca magmática intrusiva del grupo de los granitos, formada por cuarzo, mica y cantidades iguales de plagioclasa y feldespato potásico.

AGRESIVA/AGRESIVO
Propiedad del agua o del terreno de atacar a determinados materiales (hormigón o acero) debido a los componentes químicos que tienen.

ALPINA (OROGENIA)
Plegamiento iniciado en el Mesozoico y que tuvo sus principales fases al comienzo de la Era Terciaria. Dió origen a la formación de las principales cordilleras del mundo, desde los Pirineos al Atlas y desde las Béticas al Caúcaso, Himalaya, Andes, etc.

ALVEOLO (OQUEDAD)
Cavidad de forma globular dentro de una roca.

ANTROPICO
Fenómeno debido a la acción del hombre.

AREA NATURAL (DE UNA ESPECIE)
Area en la que una especie encuentra las condiciones ecológicas favorables para su desarrollo y sobre la cual se asienta espontáneamente en la actualidad.

AREA POTENCIAL (DE UNA ESPECIE)
Area que presenta las condiciones ecológicas favorables para el desarrollo de una especie, aunque ésta no aparezca espontáneamente en ella en la actualidad.

ARENIZADA (ZONA)
Zona de arena que permite el paso del agua de lluvia y así facilita la recarga de los acuíferos.

ARIDO
Material granudo, utilizado en construcción.

ARMORICANA
Cuarcita que ocupa la base del Ordovícico.

ARTIODACTILO
Mamífero ungulado que apareció al final del Paleoceno y se caracterizaba por poseer cuatro dedos en cada extremidad, con los dos centrales más desarrollados.

ASIENTO
Descenso que se produce en una estructura debido a la compresión y deformación del terreno en que se apoya.

B

BASICO
Suelo cuyo pH es superior a 6,5.

BIOTIPO
Clasificación que agrupa a los vegetales según las características morfológicas que presentan para adaptarse al medio.

BIOTURBACION
Aspecto más o menos caótico de un sedimento, motivado por la removilización provocada en él por organismos.

BOLO
Bloque suelto y redondeado por la erosión.

BRECHA
Roca detrítica de cantos gruesos y angulosos, cementada por material más fino.

C

CAMBIO (LATERAL DE FACIES)
Variación gradual de materiales dentro de una misma formación.

CANALIZADO (CONGLOMERADO)
Gravas cementadas que presentan una superficie erosiva basal.

CAPIROTE
Forma cónica, normalmente de granito, que cubre la parte exterior de los pozos de aireación de las galerías subterráneas de conducción de agua, o "viajes de agua", de Madrid. Son de origen y diseño árabe y abastecían de agua a la ciudad.

CARCAVA
Barrancos estrechos, de gran pendiente y separados por laderas con aristas, que la erosión de las aguas corrientes excava en materiales arcillosos.

CASTRO
Poblado iberorromano fortificado, situado en una altura del terreno.

CATABATICA
Corriente de aire de sentido descendente originada por variaciones térmicas.

CIRCO
Depresión de forma semicircular y acusadas pendientes, labrada por los glaciares en las cabeceras de los valles altos.

CLASTICO
Depósito formado por fragmentos de rocas, sueltos o cementados. Es sinónimo de detrítico.

CLIMACICO
Perteneciente o relativo al clímax.

CLIMAX
Estado, fase o etapa final evolutiva de las comunidades vegetales, que se implantan durante el proceso de colonización de un medio de características ambientales determinadas.

COLAPSAMIENTO
Hundimiento por cesión repentina y brusca del terreno.

COLGADA (TERRAZA)
Terraza fluvial situada por encima del nivel actual del río y desconectada hidraúlicamente de él.

COLUVION
Depósito resultante de una escorrentía difusa a poca distancia.

COMPETENCIA (MECANICA)
Característica mecánica de las rocas que indica su capacidad para soportar presiones dirigidas.

CONO (DE DEYECCION)
Depósito de forma cónica o piramidal producido por los materiales arrastrados por un torrente.

CONTACTO
Superficie según la cual se tocan dos formaciones geológicas.

CORRIDA
Dimensión, en sentido longitudinal, de un filón.

CRUZADA (ESTRATIFICACION)
Entrecruzamiento de los planos de estratificación de dos ciclos de sedimentación sucesivos.

D

DENUDACION
Pérdida de materia sufrida por un relieve debido a la erosión, la cual tiende a hacer desaparecer las diferencias de nivel.

DETRITICA
Formación sedimentaria resultante de la disgregación mecánica de rocas preexistentes.

DIACLASA
Fisura de la roca sin desplazamiento relativo (litoclasa).

DIAGENESIS
Transformación sufrida por un sedimento, después de su depósito.

DIQUE
Masa rocosa o cuerpo de roca ígnea, en forma tabular, que rellena una fisura en una roca preexistente.

DISCORDANCIA
Disposición de capas que reposan sobre otras más antiguas y no son paralelas a éllas.

DOLINA
Cavidad superficial de origen kárstico, formada por disolución de las calizas o por hundimiento debido a una cavidad kárstica subterránea.

DUREZA
Contenido más o menos alto de sales de calcio y/o magnesio en el agua.

E

EDAFICO
Suelo que resulta de la transformación de las rocas superficiales bajo la influencia del clima y los organismos vivos (microorganismos, flora y fauna).

ENDORREISMO
Carácter de las zonas cuya red hidrográfica desagua en una cuenca sin comunicación con el mar.

ENTALPIA
Función de estado que caracteriza un fluído y que es igual a la energía interna, más la presión por el volumen.

EPISIENITA
Roca granítica que ha perdido su contenido en cuarzo, por procesos hidrotermales.

EROSIVA (DISCORDANCIA)
Superficie de erosión que separa dos formaciones geológicas de distinta edad.

ESPECIFICO (CAUDAL)
Caudal obtenido por metro de descenso del nivel original en una prueba de bombeo.

ESQUISTO

Roca metamórfica constituída en capas u hojas debidas a minerales que se disponen en láminas paralelas.

ESQUISTOSIDAD
Característica laminar oblicua a la estratificación y debida a causas tectónicas, propia de algunas rocas y que las hace exfoliables.

- **DE CRENULACION**
  Esquistosidad que presenta un arrugamiento de pequeña escala.

- **DE FLUJO**
  Esquistosidad en la que se desarrollan minerales planos en las superficies que limitan las distintas capas.

ESTRATOIDE
Masa rocosa dispuesta en capas similares a estratos.

ESTROMATOLITO
Estructura sedimentaria, calcárea, caracterizada por una laminación ondulada. Se forma por actividad de algas azul-verdes en aguas muy someras.

EUTROFICO
Medio rico en nutrientes, que potencia un gran desarrollo de la vegetación. Concepto opuesto a oligotrófico.

EVAPORITICO
Consecuencia de un fenómeno o proceso de evaporación.

EXCISA
Cerámica cuya decoración está compuesta por acanaladuras geométricas hechas con espátula sobre el barro fresco.

EXOGENO
Dícese del fenómeno de procedencia externa. Fuerzas exógenas son las que se derivan de la actuación de los agentes externos (viento, lluvia, etc.).

EXPANSIVIDAD
Propiedad de los suelos de aumentar de volumen con el incremento de humedad.

F

FACIES
Características litológicas, sedimentarias y paleontológicas que definen una unidad estratigráfica.

- **INTERMEDIA**
  Facies de transición entre otras dos, por ejemplo entre la detrítica y la evaporítica.

- **TRANSICIONAL**
  Conjunto de características litológicas y paleontológicas que indican el paso de un tipo de facies a otra.

FALLA
Ruptura de la corteza terrestre en dos bloques, con desplazamiento de uno respecto al otro.

FEMICO
Mineral de color obscuro, debido a su contenido en hierro y magnesio.

FIBULA
Hebilla de metal con pasador, para sujetar las prendas de vestir.

FILITA
Roca metamórfica de tamaño de grano fino.

FISIOGRAFICA (UNIDAD)
Región que posee rasgos geográficos y morfológicos propios.

FOCO (SISMICO)

Punto donde se originan las ondas sísmicas.

FOEHN
Viento cálido y seco, debido al descenso del aire después de pasar un relieve.

FOLIACION
Textura propia de las rocas que se presentan en láminas.

FORMACION (VEGETAL)
Comunidad o agrupación vegetal caracterizada por un particular biotipo (bosque, matorral, etc.) que se da en hábitats semejantes.

FOSIL
Resto de animal o planta cuya materia orgánica ha sido sustituída por compuestos minerales conservando su morfología, y que se encuentra enterrado en estratos anteriores al período geológico actual.

FREATICA
Capa acuífera subterránea somera, en equilibrio con la superficie del terreno.

G

GABARRO
Nódulo de roca, dentro del granito, de distinta composición y, generalmente, con mayor contenido de minerales obscuros o ferromagnesianos.

GALERIA (CULTIVO)
Formación vegetal que ocupa una superficie estrecha y alargada, generalmente alineada con lo cursos fluviales o con los fondos de barrancos.

GELIVACION
Rotura o desintegración mecánica de una roca debida a las alteraciones provocadas por el hielo y deshielo.

GIPSICOLA
Vegetación de suelos yesosos.

GLACIAR
Acumulación de hielo permanente que puede deslizarse lentamente, debido a su asentamiento sobre una pendiente y a la presión del propio hielo, arrastrando rocas y [illegible]iales que erosionan el fondo y paredes.

GLACIS
Superficie de erosión y/o acumulación de escasa pendiente y sin pendiente lateral, al pie de relieves montañosos y que enlaza éstos con las terrazas de los valles.

GLEY
Suelo rico en materia orgánica en el que la presencia permanente de agua provoca una concentración de arcilla y hierro en estado reducido.

GRABEN
Zona hundida limitada por fallas y con bordes elevados. Sinónimo de fosa tectónica.

GRADIENTE (GEOTERMICO)
Profundidad, en metros, necesaria para que la temperatura aumente en 1^0 C.

GRANODIORITA
Roca plutónica del grupo de los granitos, con sus mismos componentes a excepción del feldespato, que es fundamentalmente plagioclasa.

GRAUVACA
Arenisca con granos de composición variable empastados en una matriz arcillosa.

H

HERCINICA (OROGENIA)
Plegamiento operado en Europa durante el Carbonífero y que alcanza hasta el Pérmico.

HIDROMORFIA
Característica de encharcamiento temporal o permanente de un suelo.

HORST
Zona o compartimento elevado entre fallas, inverso del graben.

HOYA
Término popular que alude a una "cavidad u hondura grande formada en la tierra". En el Sistema Central la mayoría de las hoyas coinciden con depresiones de origen glaciar.

I

INCOMPETENTE
Roca en la que, por debilidad o fragmentación, los huecos que se originan en ella, bien de forma natural o por excavaciones, no se sostienen y es preciso su mantenimiento artificial.

INSELBERG
Cerro o monte aislado que permanece elevado sobre la llanura o pedimento circundante. Sinónimo de cerro testigo.

INTERFLUVIO
Zona alta situada entre dos ríos.

INTERMAREAL
Zona marina entre la marea alta y la baja.

INTERTROPICAL (CLIMA)
Clima zonal correspondiente al área de la circulación planetaria de bajas presiones comprendida entre los dos trópicos.

INTRUSION (MAGMATICA)
Acción de meterse y consolidarse un magma entre rocas sólidas.

INVERSION (TERMICA)
Fenómeno que se manifiesta por un trastorno del gradiente térmico vertical, debido a que las capas bajas de la atmósfera están más frías de lo normal respecto a las altas.

ISOPIEZA
Línea que une los puntos de igual cota del límite superior de agua en la zona saturada de un acuífero.

ISOTERMA
Línea que une los puntos de la superficie terrestre que tienen la misma temperatura media para un periodo determinado.

ISOYETA
Línea que une los puntos de la superficie terrestre que reciben la misma cantidad de lluvia en un periodo determinado.

K

KARST
Paisaje y/o cavidad de formas diversas (cuevas, galerías, conductos, etc.) ocasionados por la erosión hídrica en las rocas carbonatadas, con una incidencia muy importante de la disolución química.

L

LASCA
Util formado por una esquirla de sílex cuya longitud es menor del doble de su anchura.

LEUCOCRATICA
Roca ígnea de tonos claros cuyos principales componentes son cuarzo y feldespato.

LEUCOGRANITO
Granito de color claro, pobre en materiales ferromagnesianos.

LITOFACIES
Conjunto de caracteres petrográficos y/o litológicos que definen una facies.

LIXIVIACION
Acción de tratar una substancia por un fluído que disuelva uno o más de sus componentes.

LUTITA
Clase textural de las rocas detríticas de grano fino, inferior a 1/16 mm.

M

MARMITA DE GIGANTE
Sinónimo de Pilancón

MESOTROFICO
Medio de condiciones intermedias en cuanto al contenido o a la disponibilidad de nutrientes. Concepto entre oligotrófico y eutrófico.

METALIZACION
Acción natural que impregna de sustancias metálicas los depósitos geológicos.

METAMORFISMO
Transformación físico-química que sufren las rocas debido a cambios de la temperatura y/o presión.

- **DE CONTACTO**
  Aureola de metamorfismo que se produce en una masa rocosa al ponerse en contacto con otra más caliente (roca ígnea).

- **REGIONAL**
  Amplia zona metamorfizada producida por temperatura y presión.

METAPLUTONICA
Roca ígnea intrusiva que ha sufrido procesos de metamorfismo.

MICACEA
Roca con alto contenido en mica.

MICACITA
Roca metamórfica formada por cuarzo, mica y algunos minerales pesados, que se origina por metamorfismo de arcillas y pizarras.

MICAESQUISTO
Roca metamórfica con niveles micáceos observables a simple vista.

MIGMATIZACION
Proceso de formación de una migmatita por interpenetración de una roca magmática y otra metamórfica.

MILONITA
Roca triturada a lo largo de planos de falla o por deslizamiento de una masa rocosa sobre otra.

MORFOESTRUCTURA
Relieve o región definido de acuerdo con los rasgos estructurales de las rocas que lo forman.

MORRENA
Deposito caótico constituído por materiales de diferentes tamaños transportados por un glaciar.

MOSAICO
Disposición sobre el terreno de la cubierta vegetal consistente en la repetición de una serie de grupos de vegetación que alternan entre sí, conservando cada uno de ellos cierta homogeneidad en cuanto a forma y tamaño.

N

NAVA
Zona baja y húmeda, a veces pantanosa, situada generalmente entre elevaciones más o menos pronunciadas del terreno.

NIVOGLACIAR
Corriente de agua alimentada por masas de nieve o glaciares.

NUCLEO (ARQUEOLOGIA)
Bloque de sílex preparado para obtener utensilios.

NUTRIENTE (SUELO)
Conjunto de componentes orgánicos y minerales que constituyen la riqueza de un suelo.

O

OLIGOTROFICO
Medio con escasez en elementos nutritivos. Se aplica también a los organismos que viven en este tipo de ambientes. Concepto opuesto a eutrófico.

ORTOGNEIS
Gneis procedente del metamorfismo regional de rocas ígneas.

P

PALEONTOLOGICO (YACIMIENTO)
Depósito de fósiles.

PALEORRELIEVE
Superficie originada por erosión de una formación rocosa y que, posteriormente, es cubierta por depósitos más modernos.

PALUSTRE
Ambito lagunar o pantanoso.

PARAMERA
Conjunto de páramos de pequeña extensión que forman uno más extenso, pero cortado por collados y desfiladeros.

PARAMO
Superficie de erosión horizontal o subhorizontal, elevada, de suelo pedregoso y vegetación pobre.

PEDIMENTO
Zona de suave declive, producida por la excavación erosiva del zócalo o basamento rocoso y duro de una sierra o montaña. Es una forma morfológica que conecta las fuertes pendientes de las laderas serranas con la llanura de los depósitos procedentes de aquéllas.

PEGMATITA
Roca filoniana compuesta de grandes cristales (de un centímetro o más) de cuarzo, feldespato, mica y otros minerales accesorios.

PELITA
Roca detrítica de grano fino (algunas micras de diámetro).

PENEPLANIZACION
Fenómeno de reducción de desniveles en un ciclo erosivo, que tiende a formar una superficie llana.

PENILLANURA
Superficie resultante de la peneplanización.

PERISODACTILO
Mamífero ungulado con un número impar de dedos, generalmente tres, en cada extremidad, siendo el que ocupa la posición central el que alcanza mayor desarrollo. Aparecieron en el Paleoceno y su evolución desde el Oligoceno dió lugar a los équidos.

PERMEABILIDAD
Propiedad física de los materiales de dejar pasar fluídos a su través. Puede ser debida a la porosidad o a la fisuración.

PIEDEMONTE
Formación de coluviones depositados en la base de una ladera.

PIEZOMETRICA (EVOLUCION)
Variación, en un periodo de tiempo dado, del nivel piezométrico, o límite superior del agua, en la zona saturada de un acuífero.

PILANCON
Cavidad originada en la roca de un lecho fluvial por los cantos movidos por un remolino. También se aplica a huecos en roca que se rellenan de agua, la cual favorece el proceso de su descomposición química y los de gelivación.

PIRENAICA (OROGENIA)
Es una de las fases iniciales de la Orogenia Alpina.

PLAGIOCLASA
Feldespato de sodio y calcio que interviene en la constitución de algunas rocas y las hace frágiles al descomponerse en arcillas.

PLANOSUELO
Suelo que se sitúa en topografías planas y consta de un horizonte superficial de textura arenosa o media, y de un horizonte inferior (C) muy cementado, que impide el paso del agua y de las raíces.

PLASTICIDAD
Propiedad de las rocas susceptibles de ser moldeadas.

PLUTONICA
Roca procedente de grandes profundidades y solidificada antes de alcanzar la superficie.

POTENCIA
Dimensión en sentido transversal de un filón, capa o conjunto de capas.

PRESTAMO
Excavación hecha para obtener materiales destinados a un relleno o terraplén.

R

RAEDERA
Instrumento de piedra tallado sobre lasca, con filo en el borde más largo de la pieza.

RAMPA
Forma fisiográfica caracterizada por una superficie de pendiente suave y prolongada, que articula las elevaciones de un macizo montañoso con las llanuras encajadas en una cuenca sedimentaria.

RANKER
Suelo joven, sin horizontes, generalmente humífero, que descansa sobre una roca silícea y rico en materia orgánica.

RAÑA
Terrenos planos desarrollados, principalmente, en materiales sueltos cuarcíticos y de matriz arcillosa.

RASPA DE SARDINA
Tipo de cultivo que utiliza las pequeñas vaguadas, mientras que los matorrales ocupan las laderas con taludes fuertes.

RENDZINA
Suelo poco lixiviado formado sobre rocas carbonatadas.

RESIDUAL
Relieve que sobresale de una superficie de erosión y que ha sido preservado de la destrucción por su posición o por la dureza de sus rocas.

RHOMB-HORST
Tipo de horst de forma rómbica.

S

SARDICA
Fase tectónica producida entre el Precámbrico y el Paleozoico.

SATURADA
Zona de un acuífero situada por debajo del nivel piezométrico.

SEPIOLITA
Silicato magnésico hidratado producto de alteración, de baja densidad y gran poder absorbente, que se presenta en forma arcillosa.

SILEX
Variedad granular de cuarzo de cristales muy pequeños no observables, y coloración mate. Sinónimo de pedernal.

SILLIMANITA
Silicato presente en rocas metamórficas, de color pardo, verde o blanco, y brillo vítreo.

SKARN (MINERALIZACION)
Roca formada por silicatos de calcio, magnesio y hierro, originada en procesos de metamorfismo de contacto en calizas.

SOTOBOSQUE
Vegetación que se desarrolla bajo las copas de los árboles del bosque, generalmente en los estratos arbustivo, subarbustivo y herbáceo.

SOLANA
Lugar orientado al sol y donde éste dá más tiempo. Corresponde a exposiciones desde el Sureste y Sur hasta el Noroeste.

SUPRAMAREAL
Zona inundable por el mar en régimen de marea viva.

SURCO
Traza originada al ser erosionados materiales de menor dureza, según alineaciones longitudinales.

T

TARDIHERCINICO
Correspondiente a la última parte del plegamiento Hercínico, que tuvo su desarrollo en fases sucesivas durante el Carbonífero -Pérmico.

TECTONICA
Parte de la geología que trata de la deformación y ruptura de los materiales de la corteza terrestre, de su disposición y de las causas que las han provocado.

TERRA ROSSA
Suelo formado a partir de litologías calcáreas, de color rojizo, muy rico en óxido de hierro y característico de climas cálidos y secos.

TERRAZA
Depósito escalonado de aluviones que ha quedado a los lados del cauce de un río, a consecuencia de fases sucesivas de depósito y erosión.

TESTIGO (DE EROSION)
Fragmento de formación residual dejada al descubierto por la erosión de los materiales que la recubrieron.

TEXTURA
Disposición de los cristales en una roca.

TOLLA
Terreno encharcado por las aguas subterráneas, insalubre e impropio para el cultivo. Sinónimo de tolladar y tremedal.

TRANSGRESION
Avance de las aguas del mar sobre una región continental.

TRANSMISIVIDAD
Parámetro hidrogeológico de un acuífero equivalente a un caudal de agua, y definido como la permeabilidad por el espesor del acuífero cuando el gradiente hidraúlico es la unidad.

V

VERTICO
Suelo caracterizado por la alta proporción de arcilla de tipo montmorillonítico, así como por la presencia de profundas grietas de desecación y superficies de fricción. Sinónimo de vertisuelo.

VOLCANO SEDIMENTARIO
Yacimiento mineral formado en ambientes submarinos en relación con procesos volcánicos.

VULNERABILIDAD
Posibilidad de que una zona, medio, patrimonio, etc. sea degradado o dañado por la acción del hombre.

X

XEROFITICA
Planta o comunidad que habita en lugares con manifiesta escasez de agua.

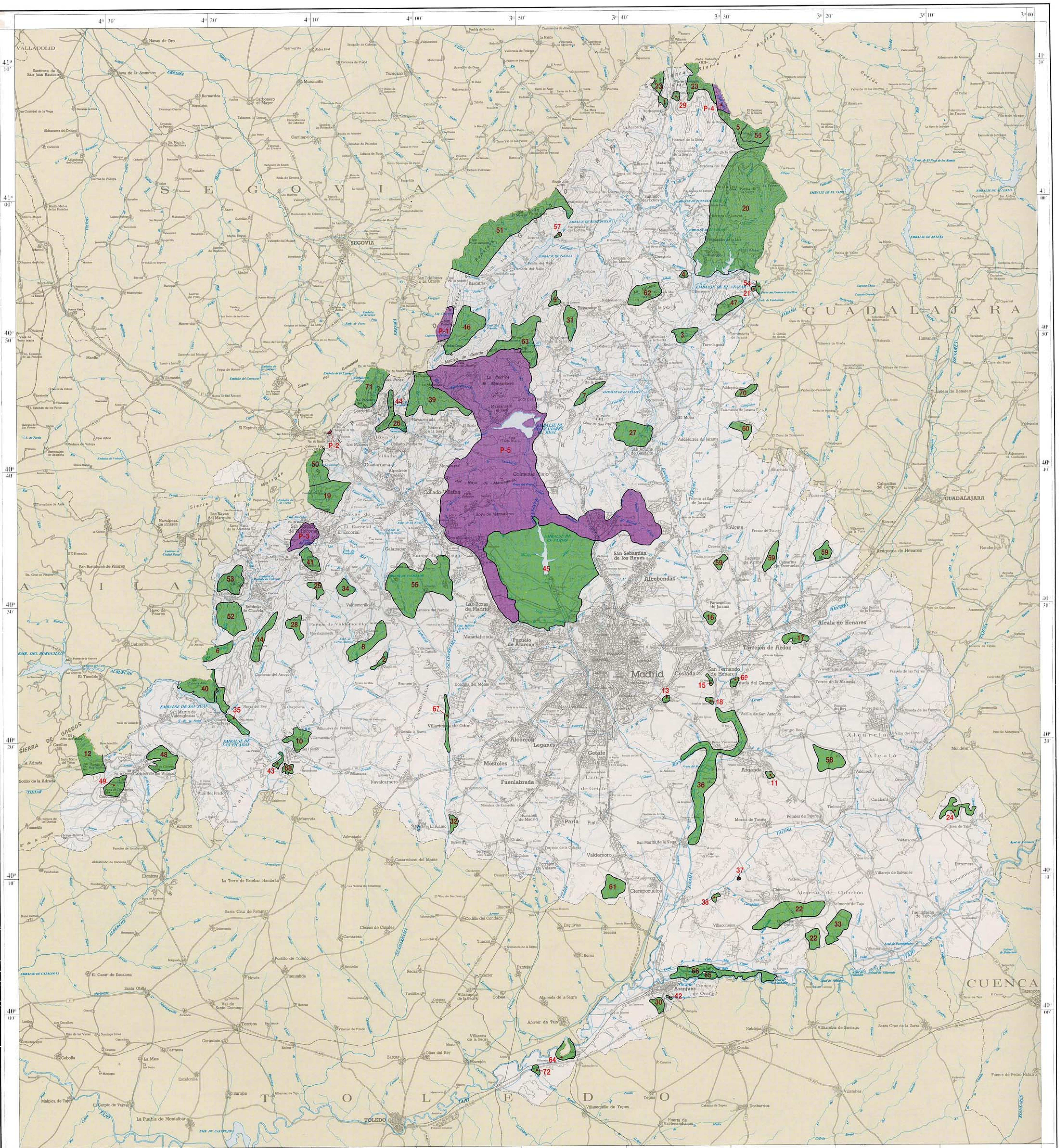
XERO-RANKER
Suelo con un grado de evolución tipo "maduro". En suelos silíceos permeables presenta una pluviometría de 500 mm/año; mientras que en suelos silíceos impermeables llega a los 600 mm/año.

XERO-RENDZINA
Suelo poco evolucionado, característico de materiales calizos y con pluviometría inferior a los 500 mm/año, aunque puede llegar a los 600 mm/año en rendzinas degradadas.

Z

ZOCALO
Substrato constituído por rocas antiguas y que sirve de base a otras de edad posterior.

ESPACIOS NATURALES



ESCALA 1:500.000

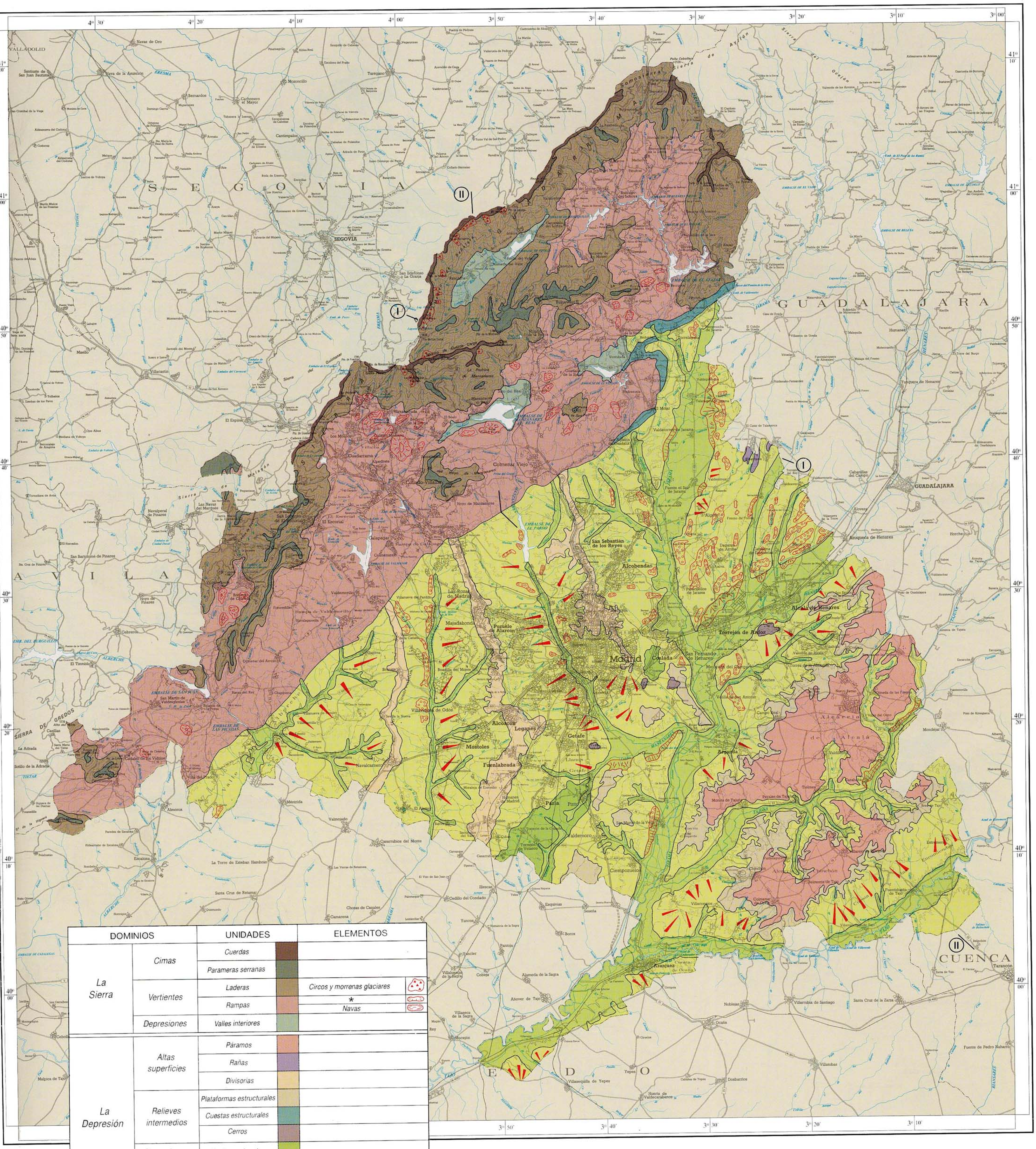
0 1 2 3 4 5 10 15 Km.

P-3 *Espacio Natural protegido*

32 *Espacio Natural catalogado*

Fuente: Comunidad de Madrid (1987)

UNIDADES FISIOGRAFICAS

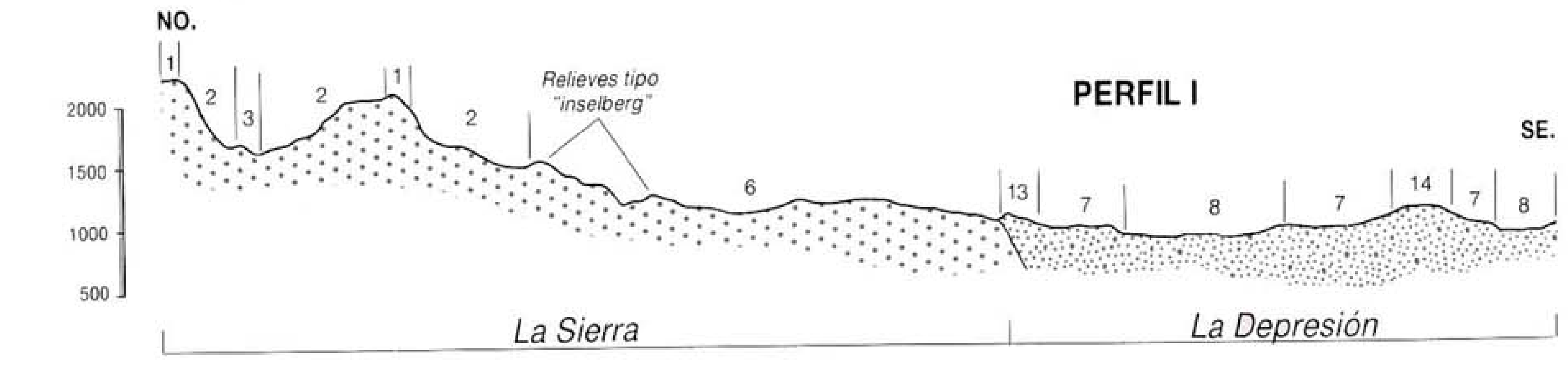


DOMINIOS		UNIDADES	ELEMENTOS
La Sierra	Cimas	Cuerdas	
		Parameras serranas	
	Vertientes	Laderas	Circos y morrenas glaciares
		Rampas	*
			Navas
	Depresiones	Valles interiores	
La Depresión	Altas superficies	Páramos	
		Rañas	
		Divisorias	
	Relieves intermedios	Plataformas estructurales	
		Cuestas estructurales	
		Cerros	
	Depresiones	Fondos endorreicos	
	Valles	Vegas	Conos aluviales
			Depósitos de pié de talud
		Vertientes	Terrazas
			Glacis

ESCALA 1:500.000

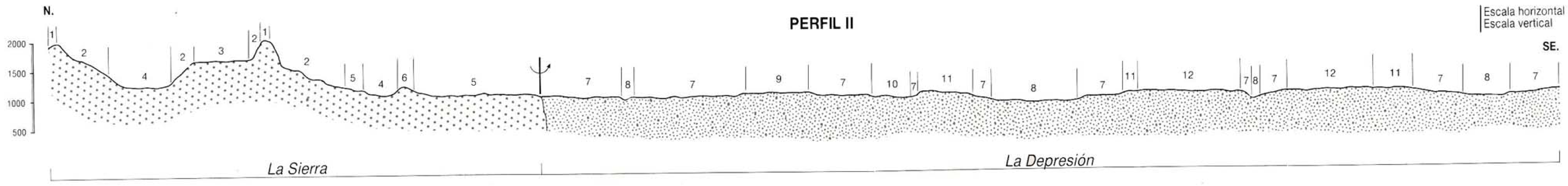
0 1 2 3 4 5 10 15 Km.

*Cerros y/o relieves residuales tipo inselberg

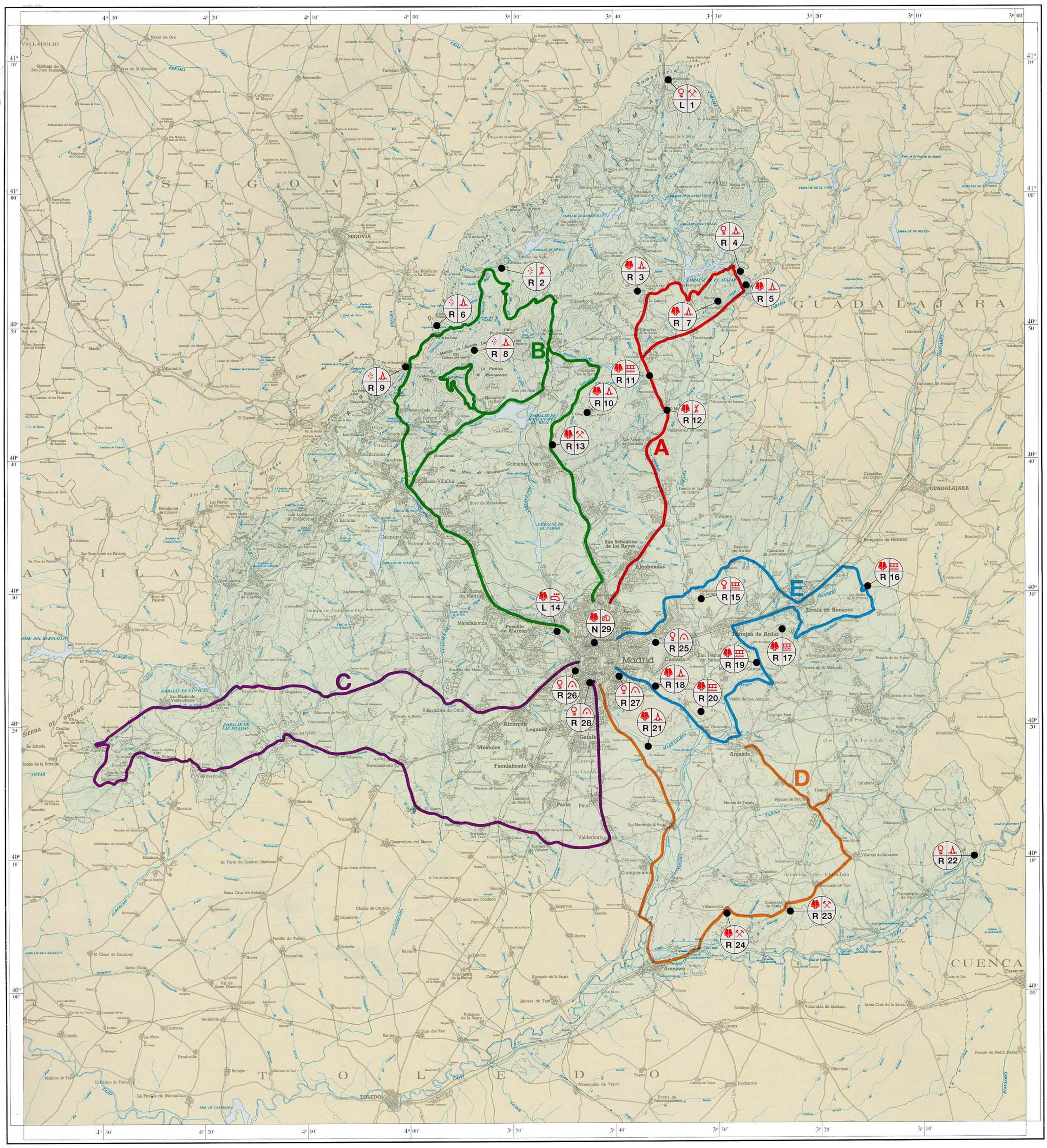


1.- Cuerdas
2.- Laderas
3.- Parameras serranas
4.- Valles interiores
5.- Rampas
6.- Relieves residuales tipo "inselberg"
7.- Vertientes
8.- Vegas
9.- Divisorias
10.- Depresiones
11.- Plataformas estructurales
12.- Páramos
13.- Cuestas estructurales
14.- Rañas

Escala horizontal 1:500.000
Escala vertical 1:10.000



RECURSOS GEOCULTURALES



PUNTOS DE INTERÉS

Turístico / Científico / Didáctico — Tipo de interés por su utilización

Tipo de interés por su contenido:
- Estratigráfico
- Tectónico
- Hidrogeológico
- Minero
- Arqueológico
- Geomorfológico
- Museo - Colección

Nacional N / Regional R / Local L — Tipo de interés por su influencia

Nº de identificación

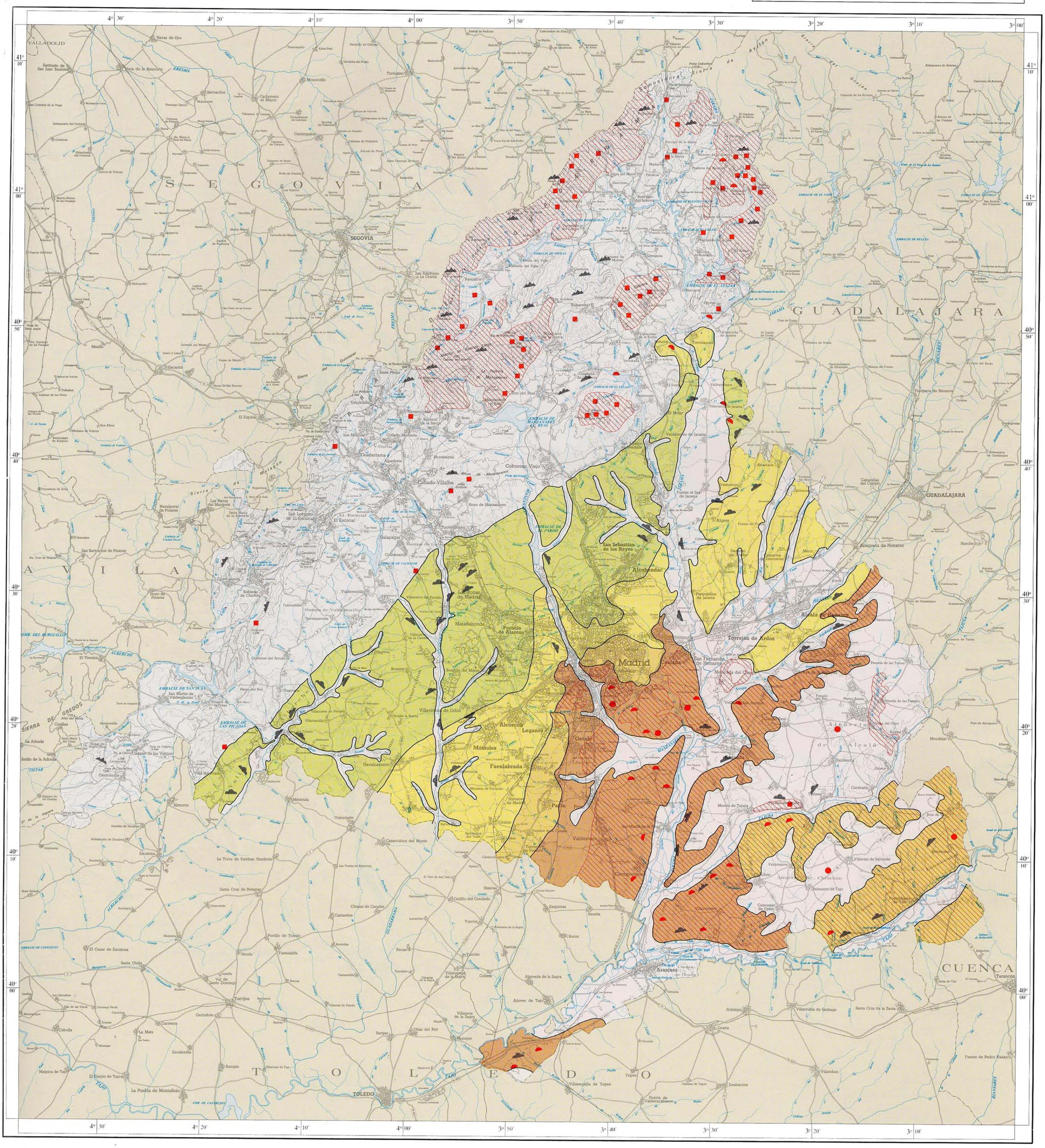
ITINERARIOS RECOMENDADOS

A
B
C
D
E

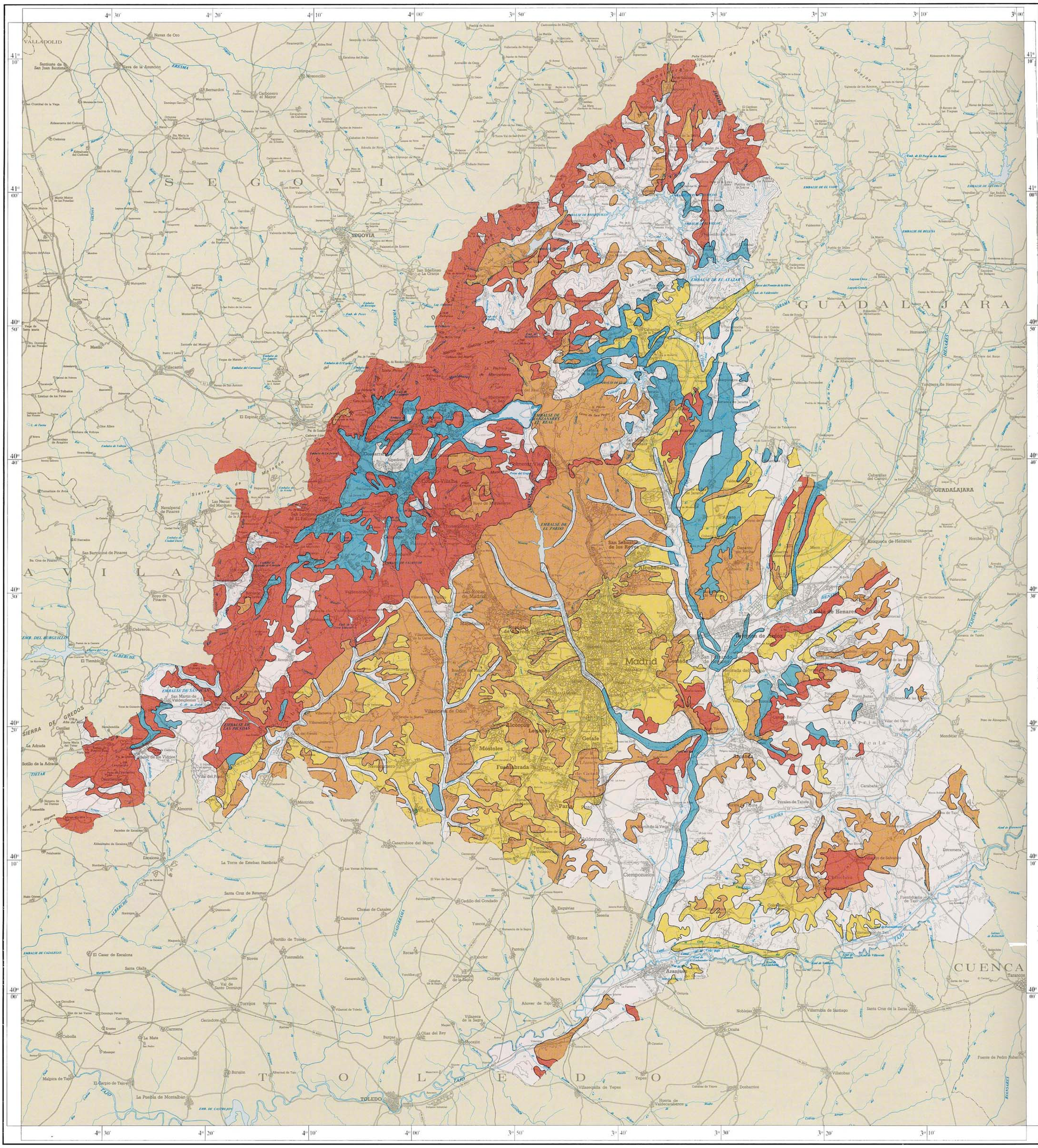
ESCALA 1:500.000

0 1 2 3 4 5 10 15 Km.

PELIGROSIDAD GEOLÓGICA



EROSIONABILIDAD E INUNDABILIDAD

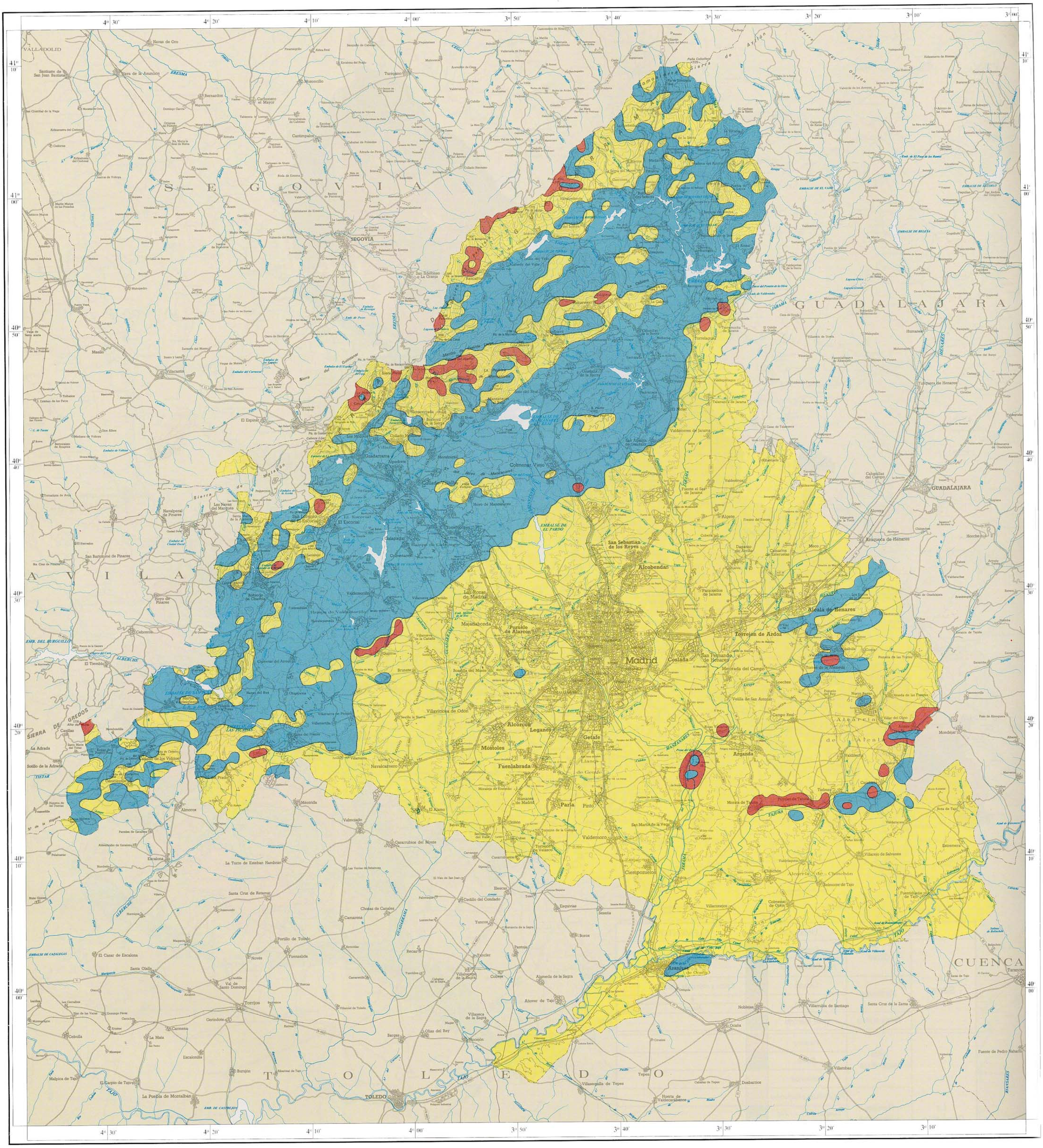


(rojo)	*Erosionabilidad potencial muy elevada*
(naranja)	*Erosionabilidad potencial elevada*
(amarillo)	*Erosionabilidad potencial moderada*
(azul)	*Areas con exceso de agua temporal, permanente o potencialmente inundables*

ESCALA 1:500.000

0 1 2 3 4 5 10 15 Km.

ENERGIA SOLAR



NIVELES DE RADIACIÓN

I.- de 3,7 a 4 kwh/m²/día

II.- de 4 a 4,3 kwh/m²/día

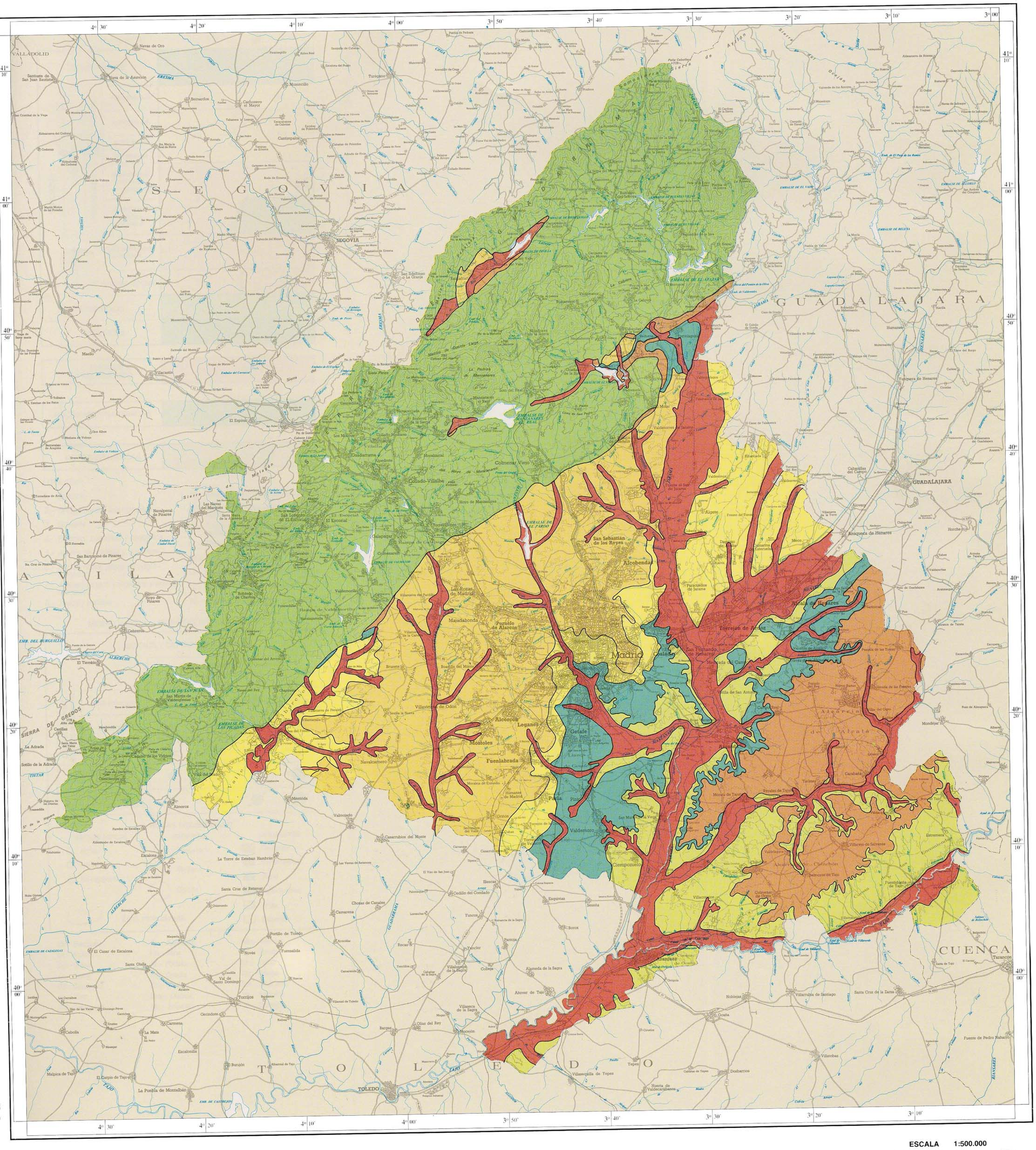
III.- de 4,3 a 4,6 kwh/m²/día

Fuente: Comunidad de Madrid (1985)

ESCALA 1:500.000

0 1 2 3 4 5 10 15 Km.

VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION



ESCALA 1:500.000

0 1 2 3 4 5 10 15 Km.

VULNERABILIDAD		ACUIFERO
Alta	*A*	*Acuífero muy permeable por porosidad*
	B	*Acuífero muy permeable por fisuración y disolución*
*Media**	*C*	*Acuífero de permeabilidad media por porosidad*
	D	*Acuífero de permeabilidad baja por porosidad*
*Baja**	*E*	*Varias permeabilidades. Zonas con disolución*
	F	*Permeabilidad baja. Acuíferos muy locales por fisuración y alteración.*
	G	*Sin acuíferos*

** Precisan estudios complementarios ante la implantación de actividades contaminantes.*