



# IGME

559

19-22

## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

# MADRID

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA  
RIOS ROSAS, 23 - 28003-MADRID



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

**MADRID**

**Segunda serie-Primera edición**

CENTRO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

## **HAN INTERVENIDO:**

### **Cartografía del Terciario**

- M. A. San José, R. Vegas Martínez y J. P. Calvo Sorando (Universidad Complutense).

### **Cartografía del Cuaternario**

- J. L. Goy Goy (Universidad Complutense), A. Pérez-González (IGME) y C. Zazo (Universidad Complutense).

### **Confección de Memoria**

- *Terciario*: J. P. Calvo Sorando (Universidad Complutense).
- *Cuaternario*: J. L. Goy (Universidad Complutense), A. Pérez-González (IGME) y C. Zazo (Universidad Complutense).
- *Geomorfología*: J. L. Goy (Universidad Complutense), A. Pérez-González (IGME) y C. Zazo (Universidad Complutense).
- *Paleontología*: J. Morales (Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC) y N. López-Martínez (Universidad Complutense).
- *Tectónica*: R. Vegas Martínez (Universidad Complutense).
- *Historia Geológica*: M. A. San José Lancha (Universidad Complutense).
- *Geología Económica*: J. P. Calvo Sorando (Universidad Complutense).
- *Recursos geológico-culturales*: J. P. Calvo Sorando (Universidad Complutense) y E. Gallego.

### **Asesoría geológica**

- M. Hoyos Gómez (Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC)\*

### **Sedimentología de campo**

- J. P. Calvo Sorando, J. M. Brell y S. Ordoñez (Universidad Complutense).

### **Análisis de sedimentos terrígenos**

- R. Rincón y S. Hernando (Universidad Complutense).

### **Análisis mineralógico de arcillas**

- J. M. Brell, M. Doval y M. Rodas (Universidad Complutense).

---

\* Expresamos nuestro agradecimiento al Doctor A. Garrido Megías por su asesoramiento en los temas relativos a la correlación de unidades del Terciario en el área de Madrid. Buena parte de sus sugerencias e ideas han sido recogidas en la elaboración final de la cartografía y memoria de la Hoja, no obstante subsistan algunas diferencias de criterio en cuanto al cuadro estratigráfico general.

### **Estudio petrográfico**

- M. A. García del Cura (IGE, CSIC).

### **Micropaléontología vegetal**

- M. C. Álvarez Ramis (Universidad Complutense) y M. T. Fernández Marrón (IGE, CSIC).

### **Paleontología de vertebrados**

- M. T. Alberdi (Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC), J. Morales (Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC), N. López-Martínez (Universidad Complutense), C. Sesé, E. Soto, D. Soria, E. Herráez y E. Cerdeño (Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC).

### **Geoquímica**

- M. Bustillo (Universidad Complutense) y R. Fort (IGE, CSIC).

### **Arqueología**

- N. Querol (Universidad Complutense).

### **Edafología**

- J. Gallardo (Universidad Autónoma de Madrid) y P. Carrala (Universidad Complutense).

### **Dirección y coordinación**

- A. Pérez González y J. P. Calvo Sorando.

Centro de Publicaciones - Ministerio de Industria y Energía - Doctor Fleming, 7 - 28016 Madrid

Fotocomposición: Laxes, S. A.  
Impresión: Industrias Gráficas Marte, S. A.  
Depósito legal: M-4824-1989  
NIPO: 232-86-010-2

## INDICE

	<i>Pág.</i>
0. INTRODUCCION .....	7
1. ESTRATIGRAFIA .....	9
1.1. Terciario .....	9
1.1.1. Yesos masivos (1). Mioceno .....	10
1.1.2. Yesos tableados y nodulares entre arcillas (2). Mioceno .....	12
1.1.3. Arcillas marrones y verdosas, arenas micáceas (3). Niveles de carbonatos (7) y sílex (10). Mioceno .....	14
1.1.4. Arenas arcósicas de grano medio a fino, limos y arcillas marrones (4). Arcosas gruesas con cantos, fangos y arenas arcósicas (4a). Niveles de sepiolita (5), carbonatos (7) y sílex (10). Mioceno .....	17
1.1.5. Arcillas verdes y rosadas, arenas micáceas y margas (6). Arcillas con intercalaciones de bancos carbonáticos (6a). Niveles de carbonatos (7) y sílex (10). Mioceno .....	23
1.1.6. Yesos detríticos, arcillas verdosas y carbonatos (8). Mioceno .....	27
1.1.7. Calizas, dolomías y arcillas verdosas (9). Niveles de sílex (10). Mioceno .....	28
1.1.8. Arenas arcósicas de grano grueso, gravas y arcillas (11). Mioceno .....	30
1.1.9. Paleontología del Terciario .....	32

1.2. Cuaternario .....	36
1.2.1. Materiales asociados a las superficies y glacis (12 y 20) .....	36
1.2.2. Terrazas y depósitos de fondo de valle (13, 14, 15 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 33, 36, 37 y 38) .....	38
1.2.3. Conos aluviales, coluviones y derrames (26, 30, 32) .....	42
1.2.4. Sedimentos asociados a los fondos semiendo- rreicos (29) .....	43
1.2.5. Formas kársticas (33) .....	44
1.2.6. Limos yesíferos (34) .....	45
2. GEOMORFOLOGIA .....	45
3. TECTONICA .....	49
4. HISTORIA GEOLOGICA .....	51
5. GEOLOGIA ECONOMICA .....	57
6. RECURSOS GEOLOGICO-CULTURALES: PUNTOS DE INTE- RES GEOLOGICO E ITINERARIOS .....	59
7. BIBLIOGRAFIA .....	63

## 0. INTRODUCCION

La Hoja de Madrid se encuentra situada al Sur de la Sierra del Guadarrama, dentro del conjunto denominado Submeseta meridional o Cuenca del Tajo.

Uno de los rasgos morfológicos singulares existentes en esta Hoja viene definido por la denominada Superficie de Madrid (RIBA, 1957; LÓPEZ VERA y PEDRAZA, 1976) que aparece desarrollada entre las cotas 680-800 m, arrancando desde los alrededores de Colmenar Viejo, varios kilómetros al Norte de la Hoja. Esta superficie aparece seccionada por los curso de dirección N-S del Manzanares y Jarama, ambos tributarios del Tajo. El encajonamiento de estos ríos da lugar a una variada gama de formas (glacis, terrazas, escarpes...), ocupando los niveles aluvionares en la zona de estudio áreas bastante amplias al Este, en el río Jarama y al Oeste, en el río Manzanares.

El relieve de Madrid oscila entre la cota máxima de 741 m en la zona de Fuencarral, y los 552 m del Manzanares en la parte Sur de Madrid. Siguiendo una transversal aproximada N-S a lo largo de la Hoja es observable la existencia de, al menos, dos grandes escalones o saltos topográficos, el primero entre la anteriormente citada Superficie de Madrid y los llanos alomados del Sur de Vallecas, y el segundo entre éstos y el actual curso del Mazanares.

Una gran parte de la extensión de la Hoja de Madrid, algo más del 25 por 100, está ocupada por el núcleo urbano de Madrid. La densidad de población es, lógicamente, muy elevada en este núcleo, así como en zonas urbanas tales como Vicálvaro, pueblo de Vallecas, Barajas, Fuenca-

rral, Aravaca, Pozuelo, Alcorcón, San Fernando de Henares y Coslada, lo que se suma a un gran número de zonas residenciales, particularmente al N de la Hoja, y el amplio cinturón industrial y de servicios. Fuera de estas zonas, el área rural comprende esencialmente el espacio natural protegido de la Casa de Campo y, en parte, de Paracuellos del Jarama, y las zonas de suelo rústico con actividad agrícola (Este y Sur de la Hoja, fundamentalmente), a las que se suman las vegas del Manzanares y Jarama.

Los estudios geológicos sobre el área de Madrid se remontan a la época de los pioneros de la Geología española (EZQUERRA DEL BAYO, 1845; PRADO, 1852, 1864; VILANOVA, 1876; CALDERON, 1876; etc.), quienes dieron a conocer los primeros datos paleontológicos y estratigráficos, señalando la gran riqueza de restos faunísticos de los yacimientos madrileños, muchos de ellos clásicos en la bibliografía paleontológica de vertebrados. A ellos se une la abundante industria prehistórica (WERNERT y PÉREZ DE BARRADAS, 1921; PÉREZ DE BARRADAS, 1929; etc.) que se encontró en los niveles de terrazas del Manzanares y, en menor proporción, en el Jarama. La primera cartografía geológica integral y su correspondiente memoria detallada fue presentada por ROYO GÓMEZ y MENÉNDEZ PUGET (1929). Tras la publicación de esta Hoja geológica son muchos los informes geológicos sobre cuestiones relativas a este área, haciéndose necesario su globalización y expresión cartográfica en una escala adecuada y útil.

La fuerte expansión de los núcleos de población en las últimas décadas y la extracción de recursos naturales han modificado sustancialmente la base física, en particular dentro de las zonas urbanas. Dicha expansión constituye un factor añadido de complejidad en el estudio de la Hoja de Madrid, al dificultar su realización mediante las técnicas geológicas usuales de observación directa en superficie. Sin embargo, este hecho queda subsanado en parte por la gran cantidad de información existente sobre el subsuelo de Madrid aunque, debido a la heterogeneidad de los datos, ha sido necesario para su manejo eficaz una labor previa de selección y crítica.

Desde el punto de vista geológico, la Hoja de Madrid se sitúa al Sur del borde meridional del Sistema Central, de composición granítico-metamórfica, y en la parte NO de la denominada Cuenca Terciaria del Tajo. El área fuente de los sedimentos en Madrid está formada por granitoides tardihercínicos entre El Escorial y Colmenar Viejo (APARICIO *et al.*, 1975 y BELLIDO *et al.*, 1981) y, en menor grado, por series félicas, facies de gneisses glandulares y niveles metamórficos preordovícicos que afloran al E de Colmenar Viejo y están limitados por la falla de La Berzosa-Riaza.

Los depósitos que se localizan dentro de la Hoja de Madrid corresponden al Terciario (Neógeno) y Cuaternario, no estando presentes los sedimentos cretácicos y paleógenos que afloran de forma discontinua en

áreas adyacentes (Norte de Villaviciosa de Odón, Torrelaguna). Hacia el Sur y el Este los depósitos miocenos terrígenos pasan en cambio lateral de facies a los niveles de las zonas centrales de la Cuenca (RIBA, 1957; CAPOTE y CARRO, 1968; SAN JOSÉ, 1975a; VEGAS *et al.*, 1975; ALBERDI *et al.*, 1983). Los materiales cuaternarios en el área de Madrid corresponden en su mayor parte a los distintos niveles aluvionares de los ríos Manzanares y Jarama. Destaca en el área urbana de Madrid el importante volumen de vertidos y rellenos antrópicos desde épocas históricas hasta la actualidad, vertidos que ocupan grandes superficies, particularmente en su zona Sur.

## 1. ESTRATIGRAFIA

En la Hoja de Madrid aparecen representados varios conjuntos litológicos de características bien diferenciadas. Destacan por su extensión, en la parte occidental y septentrional, los depósitos arcósicos miocenos, que fueron agrupados bajo la denominación general de Facies Madrid (RIBA, 1957). Dichos depósitos arcósicos forman asimismo un conjunto morfológico netamente individualizable en relación con los sedimentos yesíferos y arcilloso-carbonáticos que afloran al Sur y Este del casco urbano de Madrid. Los términos arcillosos coinciden, en gran parte, con depresiones morfológicas de la zona centro-oriental de la Hoja. Por último, las formaciones yesíferas más meridionales dan lugar a escarpes bastantes abruptos en la vertiente izquierda del Manzanares, así como en la vertiente derecha del Jarama. Los valles de estos ríos presentan un desarrollo más bien amplio de niveles de terraza.

### 1.1. TERCIARIO

El Mioceno comprende la totalidad de los depósitos terciarios que afloran dentro de la Hoja de Madrid. Los términos más bajos de la sucesión litoestratigráfica corresponden a los niveles de yesos situados en la parte meridional (Vallecas-borde del Valle del Manzanares) y Sur-oriental de la Hoja (alrededores de San Fernando de Henares y Rivas del Jarama). Las primeras observaciones sobre estos niveles yesíferos fueron realizadas por EZQUERRA DEL BAYO (1845), quien por comparación con las restantes cuencas continentales de la Península, los atribuye al Terciario. PRADO (1852) es el autor del primer mapa geológico de la provincia en el que, para el área de Madrid, se distinguen como Mioceno los niveles yesíferos y arcillosos situados al Sur, y como «Diluvial» (Cuaternario antiguo) los depósitos arenosos arcósicos entre Madrid y el Sistema Central. Son ya

conocidos en esta época (PRADO, 1864) algunos de los importantes yacimientos faunísticos de la zona. Ciertas novedades a este esquema estratigráfico son aportadas posteriormente por QUIROGA (1886) y FERNÁNDEZ NAVARRO (1904). La atribución al Paleógeno de las facies yesífero-margas con sales solubles en la Cuenca del Tajo es propuesta por primera vez por ROYO GÓMEZ (1922, 1926) separando estos niveles de las arenas y margas con sílex y sepiolita que contienen las faunas de Madrid y a las que atribuye una edad Sarmatiense. Estas ideas constituyen la base de la Hoja geológica de Madrid (ROYO GÓMEZ y MENÉNDEZ PUGET, 1929), donde se encuentra la descripción más detallada hasta el momento de la geología de la zona. La formación yesífera y su equivalente lateral más arcilloso hacia el Norte es atribuida, aunque sin criterios paleontológicos, al Oligoceno, y las arcillas verdes (Peñuelas) con carbonatos, sílex y sepiolita, así como la mayor parte de las arcosas, al Mioceno (Sarmatiense-Tortonense).

Con posterioridad, y a pesar de los escasos argumentos paleontológicos, retorna la idea de una edad global Mioceno para el conjunto de los materiales que aparecen en el área de Madrid y en sus alrededores (RIBA, 1957; CAPOTE y CARRO, 1968), incluidas las facies arcósicas (VEGAS *et al.*, 1975; SAN JOSÉ, 1975a), mientras que las evaporitas basales corresponderían al Mioceno medio-inferior («Burdigaliense-Vindoboniense inferior»).

El hallazgo de una mandíbula de *Lagopsis peñai* en un nivel de arcillas grises algo micáceas, atravesadas a 212 m de profundidad por uno de los sondeos (S.G.O.P.-1) (CALVO y GARCÍA YAGUE, 1985) realizados con ocasión del presente estudio, permite ratificar el esquema cronoestratigráfico anterior, de forma que la unidad yesífera en Madrid tendría una edad posible de Aragoniense inferior. Esta edad de los yesos corrobora con argumentos paleontológicos directos las ideas de los autores anteriormente citados, así como de AGUIRRE *et al.* (1976), MARTÍNEZ ALFARO (1978), etc., sobre la edad Mioceno de todos los niveles terciarios de Madrid.

#### 1.1.1. YESOS MASIVOS (1). MIOCENO

Afloran en la parte más meridional del Municipio de Madrid, dando lugar al farallón visible en la margen izquierda del Manzanares. Estos yesos vuelven a aflorar con estas características de masividad a lo largo del Arroyo de los Migueles al SE de la Hoja, y en las proximidades de San Fernando de Henares y Rivas del Jarama. La distinción respecto a la otra unidad yesífera (yesos tableados y nodulares entre arcillas) representada en la cartografía resulta difícil en algunas zonas, particularmente donde no existen cortes recientes, dada la fuerte alteración que sufren los yesos en superficie. Como tendencia general, los yesos masivos se

encuentran hacia la base de la formación yesífera aflorante al S y SE de Madrid, aunque en ocasiones aparecen bancos muy gruesos de yeso intercalados entre arcillas en posiciones más altas. Su espesor no supera en superficie los 40 metros.

Los yesos masivos presentan comúnmente fábrica macrocristalina (selenítica), con formas macladas o radiales bien desarrolladas. La proporción de material fino intercristalino o como impurezas dentro de los cristales suele ser elevada, dando un típico tono gris oscuro, en ocasiones pardo, a los bancos yesíferos. Estos yesos han sido explotados tradicionalmente en la región, denominándose con varios términos (espumeras, berrugón, espejoluda, cortejana, etc.) en función de la morfología y color de los cristales.

Su textura es de mosaicos macrocristalinos, en ocasiones con contactos estilolitizados que evidencian procesos de recristalización. Los cristales incluyen comúnmente restos de cristales finos de anhidrita esquelética o de calcita. En posición intercristalina presentan magnesita con textura micrítica y, en menor cantidad, filosilicatos.

Los yesos correspondientes a esta unidad presentan rasgos de yeso secundario generados por alteración de facies evaporíticas previas, de las cuales sólo quedarían escasos relictos (restos de anhidrita). La yesificación es tan intensa que ha borrado prácticamente todas las texturas y estructuras primarias. Esta destrucción de las características iniciales de las evaporitas aparece relacionada en parte con un proceso de karstificación mioceno (CALVO *et al.*, 1984), así como con procesos de hipergénesis en épocas más recientes. Por último, la pérdida de estos rasgos primarios impide deducir de forma precisa las características de deposición de estas facies evaporíticas que, en cualquier caso, tuvo lugar en un medio lacustre en clima árido.

La unidad de yesos masivos tiene su equivalente hacia áreas más centrales de la Cuenca de Madrid en la denominada Unidad Salina (GARCÍA DEL CURA, 1979), mayoritariamente constituida por niveles de anhidrita y halita y localmente por depósitos de thenardita y glauberita. Esta formación con niveles potentes de halita ha sido detectada en áreas próximas a Madrid (zona de Pinto-Valdemoro), así como en Carabaña, Perales de Tajuña... Asimismo, se han reconocido niveles finos de estas sales sódicas en el sondeo efectuado en la Piscina Municipal de Vallecas, a partir de los 127 m de profundidad. Junto con la glauberita, aparecen por debajo de esta profundidad niveles de halita-polihalita, todo ello dentro de un conjunto de términos formados fundamentalmente por margas magnesíticas y anhidrita (GARCÍA DEL CURA *et al.*, 1986).

### 1.1.2. YESOS TABLEADOS Y NODULARES ENTRE ARCILLAS (2). MIOCENO

Consiste en una alternancia, generalmente monótona, de arcillas de tonos pardo-grises o verdosos en superficie, en ocasiones laminadas, y bancos yesíferos con espesores variables entre unos centímetros hasta 2 ó 3 metros. Intercalan localmente bancos tableados muy finos de dolomías y/o magnesita con textura micrítica.

Esta alternancia de yesos y arcillas se presenta bien expuesta en todo el área Sur y Sureste de la Hoja de Madrid. Su espesor en afloramiento es de al menos 50 m inmediatamente al Sur de San Fernando de Henares, mientras que en las canteras de la zona de Valdemingómez y borde del Manzanares próximo a Madrid, raramente supera los 25 m. En sondeos efectuados más al Norte (zona de San Blas-Canillejas) esta sucesión es continua a lo largo de más de 110 m, con alternancia rítmica de arcillas grises finamente laminadas, yesos nodulares y vetas finas de yesos fibrosos. En el área de Vallecas, las litofacies de yesos y arcillas han sido atravesadas en sondeo a lo largo de más de 105 m, sin llegar a la base de esta unidad (CALVO y GARCÍA YAGÜE, 1985).

El tipo de morfología de yesos más común consiste en niveles de nódulos de tamaño variable, desde unos 2 cm de diámetro hasta medio metro, de aspecto alabastrino blanco, que en unos casos aparecen separados por arcillas y en otros casos coalescen lateralmente, dando lugar a niveles muy continuos. Son frecuentes también los bancos con estructura enterolítica, niveles más masivos con laminación difusa y yesos en empalizadas alabeadas muy compactos. Un rasgo general es la abundancia de texto-estructuras secundarias, siendo un hecho frecuente el que los yesos nodulares presenten a nivel textural evidencias de anhidrita previa, actualmente yesificada. De hecho, se observa un neto aumento de la anhidrita en los niveles más profundos cortados en los sondeos más meridionales dentro de la Hoja de Madrid. Dado que estos niveles corresponden a facies deposicionales más centrales, es posible explicar el predominio de los yesos en las áreas marginales como resultado de yesificaciones diagenéticas tempranas coincidentes con influjos de aguas dulces a los bordes del área lacustre.

Las evidencias de yeso primario son, en este sentido, relativamente escasas. Otro aspecto del carácter en gran parte secundario de los yesos de esta unidad es la presencia de nódulos fibroso-radiados de yeso, así como de bancos gruesos hacia el techo de la unidad (área de Valdemingómez) constituidos por macrocristales seleníticos con estructura de conjunto muy oquerosa. El yeso fibroso, muy abundante en la mayor parte de los niveles, tanto en posición horizontal como vertical, es de carácter hipergénico.

Las arcillas intercaladas entre yesos muestran comúnmente laminación paralela milimétrica, en algunos casos definida por niveles finos de magnesita microcristalina. Su tonalidad es gris en sondeos y verdosa o parda en afloramiento. Contienen normalmente pequeñas proporciones de limo o micas flotadas y abundantes restos vegetales macerados en algunos niveles. El análisis micropaleontológico de algunos de estos niveles ha puesto de manifiesto la presencia de restos de microflora que, aunque no aparecen en gran proporción, muestran una notable diversidad de géneros y especies. Así, se han determinado diversos tipos de esporas (*Polypodiaceoisporites* cf. *marxheimensis*, *Triplanosporites* sp., y otras esporas de Briofitas), de pólenes (*Liliacidites* cf. *quadrangularis*, *Celtipollenites intrastructurus*, *Ephedripites* sp., *Caryapollenites rugatus*, *Pityosporites* sp., *Amaranthuspollenites* sp., etc.), así como de epidermis de Monocotiledónea. Los niveles de tránsito vertical entre esta unidad y la siguiente [Arcillas marrones y verdosas con arenas micáceas (3)] muestran una gran riqueza en restos de microflora y serán discutidos en un apartado posterior. Los datos de micropaleontología vegetal previamente expuestos corresponden a niveles cortados en un sondeo efectuado en la Piscina Municipal de Vallecas.

La composición de las arcillas de esta unidad presenta porcentajes muy bajos de esmectitas (5-50 por 100) en comparación con las facies de lutitas a que pasan lateralmente o verticalmente estos niveles. La fracción illita es predominante en la mayor parte de los casos (45-75 por 100) con porcentajes bastantes altos de caolinita (5-20 por 100). Aparecen indicios de interestratificados illita-esmectita. Este aspecto mineralógico varía radicalmente cuando se compara con el alto porcentaje en esmectitas o aparición de sepiolita observado en los niveles de cambio lateral de facies hacia el Norte de esta unidad, así como en algunas intercalaciones de arcillas verdes entre los yesos.

La sedimentación de esta unidad de yesos y arcillas corresponde, según los rasgos observados en ambas litofacies, a un lago salino, con oscilaciones en el espesor de la lámina de agua. El depósito de las arcillas tiene lugar bajo lámina de agua, con preservación, en estado reducido, de la materia orgánica. Esta materia orgánica se presenta en porcentajes inferiores al 2 por 100 en el seno de los niveles arcillosos, apreciándose en ella un alto grado de transformación. Su composición es, fundamentalmente, querógeno del tipo III (80 por 100 de la materia orgánica), bitumen y, en muy escasa proporción, ácidos húmicos y fúlvicos. Dicha composición sugiere un origen de la materia orgánica a partir de restos vegetales de plantas superiores.

La fina laminación de las arcillas intercaladas entre la anhidrita y/o yesos primarios es indicativa de deposición en ambiente muy tranquilo, sin evidencias de agitación por corrientes. Los términos correspondientes

a exposición subaérea más definida (carbonataciones vadosas, silcretas...) aparecen representados en áreas algo más septentrionales.

Un último aspecto a señalar, por lo llamativo, en estos niveles es el hallazgo en ellos de formas muy desgastadas de foraminíferos correspondientes al género *Elphidium* y más probablemente, a *Elphidium crispum*. Su presencia, en principio anómala, en estos sedimentos continentales puede ser explicada por la adaptabilidad del género *Elphidium* a ambientes muy restringidos, en este caso salinos, existiendo otros ejemplos, tanto antiguos como actuales, de adaptaciones de microfaunas marinas a medios continentales.

### 1.1.3. ARCILLAS MARRONES Y VERDOSAS, ARENAS MICACEAS (3). NIVELES DE CARBONATOS (7) Y SILEX (10). MIOCENO

Constituyen el tránsito lateral hacia el Norte de las facies anteriormente descritas. El cambio progresivo de los yesos tableados y nodulares con arcillas hacia niveles predominantemente arcillosos tiene lugar en la parte Sur del casco urbano de Madrid, entre Mercamadrid-Barrio de la Celsa y la Cerámica del Río (actuales garajes de la EMT). En la zona Este de la Hoja, el cambio lateral se produce inmediatamente al Norte de San Fernando de Henares, en el área de Coslada, donde es posible observar una neta interdigitación y pérdida de la continuidad de los bancos yesíferos entre las arcillas. Dicho tránsito aparece cubierto bajo los niveles de terrazas del Jarama, algo más al Este. Asimismo, es observable un paso paulatino desde los yesos tableados y nodulares con arcillas a niveles más netamente arcillosos en la vertical de las sucesiones.

Un estudio litoestratigráfico de esta unidad fue realizado por JIMÉNEZ SALAS y SERRANO (1975) con ocasión de los estudios previos de terrenos para el emplazamiento de Mercamadrid. Los materiales que incluimos dentro de la unidad corresponden al conjunto B de estos autores, según los cuales dicho conjunto tendría un espesor superior a los 26 m en esta zona. No obstante, según los datos obtenidos en otros sondeos, el espesor de esta unidad en el área de Madrid puede llegar a ser algo superior al valor anteriormente apuntado, incrementándose netamente cuanto más al Norte.

En la zona Sur de Madrid las arcillas que constituyen esta unidad son conocidas bajo el nombre de «gredas» y han sido explotadas desde antiguo en varias canteras en la zona. Presentan tonos rojizo-anaranjados y verde-grisáceos. En las proximidades del Arroyo de la Gavia incluyen algunos bancos tabulares de yesos de espesor decimétrico que desaparecen más al Norte, quedando el yeso relegado a nódulos discontinuos entre las arcillas. Estas presentan estructura masiva, aunque hacia la

parte alta de las canteras de La Celsa y Cerámica del Río aparecen con laminación paralela. Los perfiles observados muestran rasgos netos de procesos de gleyficación. El porcentaje de fracción arena dentro de las arcillas no supera el 10 por 100.

Desde el punto de vista composicional, las arcillas de esta unidad en la transición hacia los yesos son fundamentalmente illíticas (50-85 por 100), con porcentajes más bajos de esmectitas (25-40 por 100) y caolinita (5-15 por 100). Presentan indicios de clorita e interestratificados clorita-montmorillonita. La cristalinidad de los filosilicatos es, en todos los casos, baja.

Lateralmente y hacia el Norte, las arcillas con estas características pasan a niveles arcillosos de carácter más masivo y de tonalidad decididamente más verdosa. Dichos niveles, con intercalaciones de carbonatos blancuzcos, en parte silicificados, afloran con buenas condiciones de exposición en la parte meridional del área de Paracuellos, así como en los alrededores de la carretera nacional II (base del Cerro de la Mesa, Ciudad Pegaso...). Asimismo, en este área las arcillas intercalan algunos lechos de arenas finas, muy ricas en micas negras, con espesor decimétrico. La composición de las arcillas de esta unidad en las partes más septentrionales donde aflora presenta sensibles diferencias respecto a las del ámbito más evaporítico. El porcentaje de esmectitas, usualmente de carácter magnesiano, oscila entre el 60 por 100 y el 100 por 100; las illitas están en proporciones variables del 0-40 por 100, mientras que las caolinitas no están presentes o aparecen como indicios. Localmente son abundantes, en algunos casos hasta un 35 por 100, los interestratificados illita-esmectita, o clorita-esmectita. La sepiolita ha sido raramente reconocida en estos niveles.

Son escasos los restos fósiles encontrados en los niveles correspondientes a esta unidad. Localmente, sin embargo, se han podido extraer concentraciones relativamente ricas de restos de microflora, tanto en afloramiento como en testigos de sondeo. El análisis micropaleontológico de estos restos vegetales pone de manifiesto una notable diversidad de géneros y especies, habiéndose determinado diversos tipos de esporas (*Triplanosporites sinuosus*, *Tr. tertiarus*, *Polypodiaceoisporites* cf. *marxheimensis*), de pólenes (*Pityosporites microalatus*, *P. labdacus*, *Inaperturopollenites concedipites*, *Monocolpollenites tranquillus*, *Tricopollenites retiformis*, diversas especies de *Graminidites*, *Ephedripites* sp., etc.) y de algas planctónicas (*Palambages* sp., *Adnastophaeridium* sp., *Gymnocadium* sp.).

La asociación de microflora observada permite extraer como conclusión de índole paleoecológica la existencia de una mezcla de restos procedentes de áreas más o menos alejadas, con desarrollo de bosques de coníferas y zonas de arbolado caducifolio, y otras áreas adyacentes al

ámbito de sedimentación, con plantas más exigentes en cuanto a humedad (gramíneas, *Carya*, sauces, poligonáceas...). La presencia de pólenes pertenecientes a palmeras del género *Phoenix* podría ser indicativa de zonas pantanosas con alto índice de salinidad.

Por otro lado, dentro de la parte más superior de la unidad se han encontrado dos yacimientos de vertebrados (O'Donnell y Ciudad Pegaso), ambos dentro de un mismo nivel de arcillas esmectíticas de tono marrón rosado entre arenas micáceas y carbonatos. La asociación de mamíferos fósiles en estos yacimientos comprende diversas formas de roedores, lagomorfos, insectívoros y artiodáctilos. Los rasgos presentados por esta asociación conducen a concluir unas condiciones paleoecológicas caracterizadas por temperatura cálida y una tendencia a la aridez del medio.

Desde un punto de vista cronoestratigráfico, los dos yacimientos anteriormente señalados corresponden al Aragoniense medio.

El depósito de la unidad de arcillas marrones y verdosas con arenas micáceas, carbonatos y sílex tuvo lugar en un ambiente palustre a lacustre somero, de características alcalinas y bajo condiciones evaporíticas. Dicho ámbito lacustre debió experimentar sucesivos estadios de expansión y retracción de la lámina de agua, hecho que queda reflejado en la abundancia de rasgos edáficos sobreimpuestos a las arcillas en las sucesiones aflorantes en posición más septentrional (área de Paracuellos, zona de Barajas...).

Los tres conjuntos sedimentarios descritos anteriormente presentan relaciones de continuidad estratigráfica tanto en vertical como lateralmente. Así, los yesos tableados y arcillas (2) se disponen generalmente por encima de yesos masivos (1) en la parte meridional de la Hoja y, a su vez, constituyen el equivalente lateral de éstos hasta las inmediaciones del casco urbano de Madrid, donde la proporción de yesos disminuye con bastante rapidez. En profundidad, sin embargo, los yesos con arcillas han sido cortados por diversos sondeos (AGUILA, 1962; ESCARIO, 1969; AGROMÁN, 1973; GARCÍA YAGÜE, 1973; CALVO y GARCÍA YAGÜE, 1985) en el área Sur del casco urbano al menos hasta la altura del Puente de Toledo. En el Puente de Praga estos niveles con yesos se situarían a unos 23 m de profundidad por debajo del cauce del Manzanares (AGUILA, *op. cit.*). Uno de los sondeos realizados recientemente junto a la Avenida de Portugal (S.G.O.P.-1) pone de manifiesto igualmente la pérdida rápida de los yesos hacia el Norte de Madrid, estando representados en este punto por arcillas verdosas, algunos niveles arenosos y costras carbonáticas y/o silíceas. Es en estos niveles donde fue encontrada una mandíbula de *Lagopsis peñai*, lo que permite datar la unidad con yesos de Madrid como al menos Aragoniense inferior. El techo de estas unidades yesíferas o sus equivalentes laterales correspondería ya al Aragoniense medio.

Similares relaciones estratigráficas tienen lugar previsiblemente en la

zona centro-meridional del casco urbano de Madrid y son observables mediante sondeos en la parte oriental de éste (transversal N-S, entre Vicálvaro y Alcobendas) (LLAMAS y LÓPEZ VERA, 1975; MARTÍNEZ ALFARO, 1978). Hacia el Norte este conjunto de facies pasa lateralmente a arenas arcósicas, progresivamente de granulometría más gruesa cuanto más próximas al borde del Sistema Central.

#### 1.1.4. ARENAS ARCOSICAS DE GRANO MEDIO A FINO, LIMOS Y ARCILLAS MARRONES (4). ARCOSAS GRUESAS CON CANTOS, LECHOS DE CANTOS, FANGOS Y ARENAS ARCOSICAS (4a). NIVELES DE SEPIOLITA (5), CARBONATOS (7) Y SILEX (10). MIOCENO

Esta unidad constituye el cambio lateral de facies hacia el Norte de la unidad arcillosa anteriormente descrita (unidad 3), así como de la unidad 6, también predominantemente arcillosa, que se describe a continuación. En este sentido, aunque los materiales arcósicos presentes en el área de Madrid corresponden a unidades deposicionales o tecto-sedimentarias (MEGÍAS, 1982) diferentes, el reconocimiento en campo y subsiguiente plasmación cartográfica resulta difícil, particularmente en la parte Norte de la Hoja, donde los depósitos arcósicos se presentan en sucesiones potentes y muy homogéneas. Es por ello que todos los depósitos arcósicos, salvo los más superiores, de granulometría más gruesa (unidad 11), se han integrado en un solo conjunto, ampliamente representado en las partes occidentales, centro y Norte de la Hoja de Madrid.

Los materiales arcósicos correspondientes a esta unidad afloran ampliamente en la parte occidental y septentrional de la Hoja. Se integran dentro del conjunto denominado Facies Madrid (RIBA, 1957), el cual comprende las facies terrígenas marginales, de composición arcósica, que se extienden desde el borde meridional del Sistema Central en este área de la Cuenca de Madrid. Así, estos depósitos arcósicos pueden ser seguidos con continuidad desde la parte Sur del casco urbano de Madrid hasta el contacto con el zócalo granítico y metamórfico, situado a unos 30 Km al Norte, en la Hoja de Colmenar Viejo. El régimen de depósito de estas facies arcósicas corresponde a un sistema de abanicos aluviales coalescentes cuyas direcciones de aporte tienen componente aproximada NO-SE en la parte central de la Hoja, mientras que en su parte occidental pueden presentar una tendencia más sesgada ONO-ESE, formando un continuo con las direcciones observadas en la Hoja adyacente de Villaviciosa de Odón (PORTERO y PÉREZ GONZÁLEZ, en prensa).

El espesor máximo de estas arcosas que afloran dentro de la hoja es de unos 110 m, aunque dicho espesor disminuye hacia el Sur (zona del Puente de Vallecas o Vicálvaro), donde queda reducido a unas escasas

decenas de metros en función del cambio lateral de facies con las unidades arcillosas. No obstante, los datos de sondeos existentes en el área de Madrid permiten reconocer un valor muy superior del espesor de esta unidad arcósica, por encima de los 250 m en la parte Norte de la Hoja.

Las ideas expresadas anteriormente sobre la distribución espacial de las arcosas en la Hoja de Madrid quedan reflejadas en el bloque diagrama adjunto (fig. 1), en el que aparece representado el cambio lateral de facies existente entre las arcosas y los niveles arcillosos y yesíferos, así como un episodio de neta progradación de los depósitos arcósicos sobre términos más finos hacia la parte alta de la sucesión miocena. Dicha progradación marca una discontinuidad sedimentaria, que ha sido descrita por diversos autores tanto en el área de Madrid como en zonas adyacentes de la Cuenca (Fase Neocastellana de AGUIRRE *et al.*, 1976; límite Unidad inferior-Unidad Intermedia del Mioceno, de ALBERDI *et al.*, 1983).

La edad de esta unidad arcósica abarca un amplio intervalo temporal, al menos desde el Aragoniense inferior, sin posibilidad por el momento de una mayor precisión, hasta el Aragoniense superior (MN6 de MEIN, 1975; zona F/G de DAAMS y FREUDENTHAL, 1981), en base al yacimiento Paracuellos 5, situado a techo de la unidad. Por otra parte, dentro de los depósitos arcósicos se encuentran gran número de los yacimientos de vertebrados clásicos del área de Madrid, tales como Puente de Vallecas, Puente de Toledo, Paseo de Rosales, Cerro de Almodóvar, Tetuán de las Victorias, etc., así como otros de descubrimiento más reciente (Cerámica de Mirasierra, Arroyo del Olivar, Moratines, Cortijo Traperos, Vía Carpetana...). La asociación de faunas encontradas en estos yacimientos (véase apartado 1.1.9 de Paleontología del Terciario) se atribuye en términos generales al Aragoniense medio (zonas MN4/5 de MEIN).

Litológicamente, esta unidad está constituida por una alternancia monótona de arcosas, generalmente muy arcillosas, y arcillas arenosas, de tonos pardo-amarillentos y rojizos que se estructuran en la mayor parte de los casos en secuencias granodecrecientes arcosas-arcillas arenosas, con espesores comprendidos entre varios decímetros (0,90-0,60 m) hasta 3 ó 4 m. Aparte de la granoselección de conjunto, estas secuencias se caracterizan por el aspecto masivo de su estructura interna, reconociéndose bases en general suavemente erosivas, estructuras de *cut and fill* y mesosecuencias erosivas y granodecrecientes (lentejones) truncadas entre sí dentro de los paquetes arcósicos. Tan sólo muy localmente se reconocen estratificaciones cruzadas de surco o planar de gran escala, trenes de *ripples* y estructuras de escape de fluidos.

Las arcillas arenosas de la parte superior de la secuencia, con un contenido en fracción arena que no suele superar el 45 por 100, muestran comúnmente escasa estructuración, lajeado horizontal característico y enrojecimiento en su parte más alta, rasgo éste correlacionable con el

desarrollo de procesos edáficos hidromórficos poco evolucionados. Localmente se observan en estos niveles restos de bioturbación por raíces. En algunas secuencias, sobre todo hacia la base del conjunto arcósico, las arcillas constituyen depósitos de decantación, mostrando laminación paralela, en ocasiones convolucionada, y escasa fracción limosa.

Hacia la parte Norte y Noroeste de la Hoja, el tamaño medio de los depósitos arcósicos aumenta, estando la mayor parte de los niveles constituidos por arena gruesa a microconglomerática, con lechos discontinuos de cantos de granito, sienita y otros materiales plutónicos. A pesar de esta mayor proximidad al borde de la cuenca, la proporción de fangos es elevada, mostrando frecuentes enrojecimientos de origen edáfico (hidromorfía). La sucesión arcósica en este área septentrional de la Hoja aparece así constituida por un apilamiento de secuencias granodecrecientes de orden métrico, cuyos términos basales presentan frecuentemente niveles más o menos canalizados de arcosas gruesas con cantos y bloques (centil, 20-25 cm). Dicha sucesión arcósica con presencia notable de niveles de granulometría grosera se integra como unidad 4a (*Arcosas gruesas con cantos, lechos de cantos, fangos y arenas arcósicas*) en la cartografía geológica que acompaña a esta memoria.

La proporción de fangos arcillosos aumenta netamente en las arcosas más meridionales, hecho acompañado de una mejor definición de los niveles de paleosuelos, con importante desarrollo de calcretas (paleosuelos carbonatados) en algunos puntos. Así, en la vertiente izquierda del Río Jarama, al Sur de la localidad de Paracuellos del Jarama, la unidad arcósica se presenta como una sucesión continua de arcillas pardas, niveles de arcosas de granulometría fina y bancos de calcretas más o menos silicificados, asociación que caracteriza las facies distales de los abanicos arcósicos (ALONSO *et al.*, 1986). El techo de estas facies arcósicas distales, tanto en el área de Paracuellos como en las inmediaciones del casco urbano de Madrid, viene representado por niveles de carbonatos (7) y sílex (10), comúnmente asociados con lechos de arcillas esmectíticas y sepiolíticas.

Un rasgo a destacar, por su importancia científica y económica, es la presencia de depósitos de sepiolita (5) en la base de la unidad arcósica al Sur y Este del casco urbano de Madrid (zona de Vallecas-Vicálvaro). Señalaremos que, aparte de los depósitos económicamente explotables de sepiolita en dicha área, este mineral fibroso de la arcilla se encuentra, en proporciones variables, ligado a perfiles de calcreta y charcas de carácter efímero al pie de los abanicos aluviales en la zona Sur de Paracuellos del Jarama (ALONSO *et al.*, 1986).

En cuanto a su composición petrográfica y mineralógica, las arcosas de esta unidad presentan porcentajes variables de feldespatos, entre 20 y 55 por 100, con plagioclasa subordinada respecto a los feldespatos

potásicos. Como tendencia general, la proporción de feldespatos disminuye con el aumento en el contenido de arcillas.

El espectro mineralógico en la fracción pesada de las arcosas presenta una notable homogeneidad a lo largo de toda la Hoja, salvo en el área más oriental, donde se aprecian algunas diferencias en el porcentaje relativo de las distintas especies. Así, en la mayor parte de la Hoja la asociación de minerales pesados presenta apatito como especie más frecuente, junto con turmalina y circón. Con distribución más heterogénea aparecen epidota y granate, siendo las micas abundantes o frecuentes en la práctica totalidad de los niveles. En la parte oriental, sin embargo, destaca la menor presencia relativa de apatito y circón, frente a mayor frecuencia de turmalina, granates, silimanita y epidota.

Las arcillas que constituyen la fracción fina de las arcosas y los lechos lutíticos a techo de las secuencias presentan proporciones similares de esmectitas e illitas. Las esmectitas muestran una cierta gradación desde el Norte de la Hoja hacia el Sur, siendo de naturaleza fundamentalmente dioctaédrica en las áreas septentrionales y presentando una mayor frecuencia de esmectitas con estructura trioctaédrica a partir del paralelo de Canillejas. El contenido de illita presenta una gradación similar, con disminución de su porcentaje hacia el Sur. La proporción de caolinita suele ser baja (5-15 por 100), alcanzando en ocasiones cierta relevancia los interestratificados esmectita-illita y clorita-illita.

El depósito de las arcosas queda integrado dentro de un sistema de abanicos aluviales cuyo abastecimiento se realiza a partir del desmantelamiento de los granitoides del Sistema Central, con cierta influencia en la parte oriental de aportes procedentes de los macizos metamórficos del Guadarrama (Hoyos *et al.*, 1985). La relación de facies observada caracteriza esencialmente las zonas medias y distales de estos abanicos. El régimen de deposición corresponde en buena parte a procesos de transporte en masa del material arcósico, presentando esta deposición un carácter marcadamente episódico y discontinuo bajo condiciones climáticas cálidas con estaciones contrastadas. Este dato queda apoyado por las características paleoecológicas de la fauna encontrada en los niveles arcósicos.

Las facies más distales de los abanicos muestran abundantes niveles de paleosuelos. Es en este ámbito de zona de orla de los abanicos donde se encuentran ubicados los niveles de sepiolita que se explotan en la parte Sur del casco urbano de Madrid. También se han reconocido niveles de sepiolita, en posición paleogeográfica semejante, en diversos sondeos dentro de la Hoja de Madrid.

La génesis de esta sepiolita aparece verosímelmente relacionada con procesos de policondensación de suelos (MEGIAS, *et al.*, 1982) y charcas poco extensas en la transición al sistema palustre más desarrollado hacia

el Sur, coincidiendo en este último caso con depósitos calcáreos dolomíticos masivos fuertemente bioturbados. Un modelo de génesis de sepiolita en ambiente lacustre alcalino ha sido sugerido para estos depósitos por HUERTAS *et al.* (1971) y GALÁN y CASTILLO (1984), entre otros. GALÁN y CASTILLO, (*op. cit.*) resaltan la posición transicional de los depósitos de sepiolita entre las unidades arcósicas y las arcillas esmectíticas magnesianas más distales (unidad 6). Ello permite esbozar, de acuerdo con investigaciones más recientes (DOVAL *et al.*, 1986), un modelo genético para las sepiolitas de Madrid de acuerdo con el cual éstas se formaron por precipitación en zonas lacustres marginales (*ponds*) con aguas de naturaleza alcalina influidas por flujos hidrogeológicos saturados en sílice que circularon a través de los abanicos arcósicos.

El tránsito entre la unidad de arcosas y las arcillas verdes de la unidad 6 se realiza generalmente de forma gradual con un cambio de coloración en la vertical a arcillas marrones con vetas verdosas, niveles carbonáticos blanquecinos irregulares o nódulos de sílex. Localmente, este tránsito viene marcado por la entrada de sedimentos arenosos, en ocasiones gruesos, entre las arcillas, tal como se observa en los alrededores de Costlada y San Fernando de Henares. Dichos niveles corresponden a un episodio de progradación de las arcosas hacia posiciones algo más internas dentro de la cuenca. Esta traslación de facies, que queda correlativamente representada en la unidad 6, se detecta en las áreas anteriormente citadas por un contacto de carácter erosivo suave entre las arcosas y sus derivados distales (arenas arcósicas micáceas, sepiolitas, paleosuelos carbonatados) sobre las arcillas verdosas y marrones con yesos de las unidades infrayacentes. La presencia de estos depósitos distales en posiciones avanzadas hacia el centro de cuenca puede sospecharse también en zonas al Sur de Vicálvaro (Casas de Tilli) o al Sur del pueblo de Vallecas, aunque las malas condiciones del afloramiento y la dispersión de los glaciares procedentes de los relieves arcósicos próximos impide aseverarlo totalmente.

La edad del episodio de progradación arcósica anteriormente señalado es atribuida a la parte basal del Aragoniense medio.

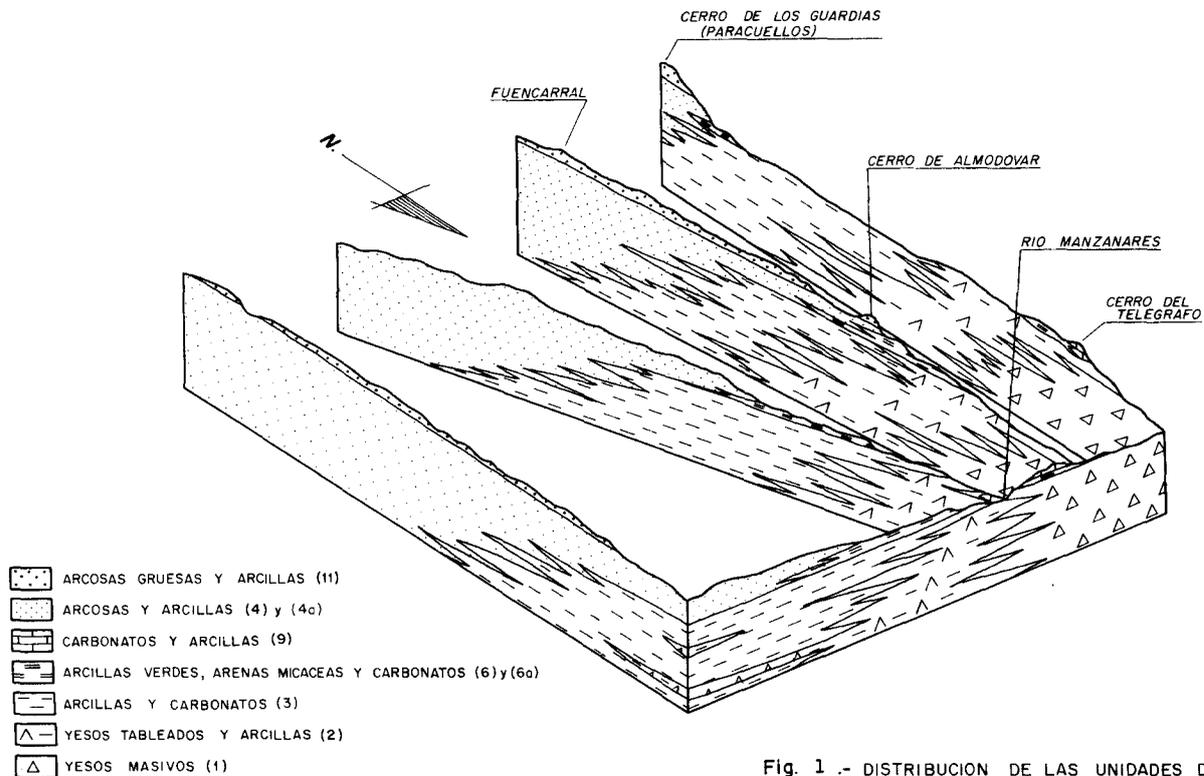


Fig. 1 .- DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES DEL MIOCENO EN LA HOJA DE MADRID.

1.1.5. ARCILLAS VERDES Y ROSADAS, ARENAS MICACEAS Y MARGAS (6). ARCILLAS CON INTERCALACIONES DE BANCOS CARBONATICOS (6a). NIVELES DE CARBONATOS (7) Y SILEX (10). MIOCENO

Constituye una de las unidades más complejas dentro de la Hoja de Madrid, tanto por la variedad de litofacies que presenta como por la discontinuidad lateral y frecuentes cambios entre ellas. Aparecen en esta unidad algunos de los yacimientos con faunas de micro y macrovertebrados hallados en el área de Madrid, permitiendo una datación precisa de estos niveles, así como sus equivalentes laterales (unidades 4 y 9), en el Aragoniense medio, zonas MN 4/5.

Dentro de esta unidad se han distinguido cartográficamente dos términos, 6 y 6a, en función de la, respectivamente, menor y mayor frecuencia de intercalaciones de niveles carbonáticos entre las arcillas. El término 6a constituye un conjunto transicional entre las arcillas verdes y rosadas, arenas micáceas y margas (6), estas últimas con carácter muy subordinado, que afloran en una estrecha banda a lo largo del borde Sur del casco urbano de Madrid, y los relieves estructurales en mesas (Cumbres de Vallecas, Cerro del Telégrafo...) a que dan lugar los carbonatos y sílex de la unidad 9. Es, precisamente, el escaso desarrollo de niveles carbonáticos y/o silíceos entre las arcillas y arenas micáceas lo que determina la morfología de depresión de las áreas al Sur de Vicálvaro, pueblo de Vallecas-Orcasitas, o la zona de Villaverde. Ello contrasta con el paisaje de lomas más elevado que se extiende inmediatamente al Sur de las zonas aludidas.

Los niveles que constituyen esta unidad han sido clásicamente denominados con términos que forman parte específica de la literatura geológico-geotécnica (ESCARIO, 1969; GARCÍA YAGÜE, 1973) del área de Madrid. Así, el término de «peñuelas» ha sido aplicado de forma tradicional a las arcillas y margas verdosas, ocasionalmente con tonos azulados u otras veces con tonos parduzcos, que se incluyen en esta unidad, aunque también ha sido utilizado en la descripción de unidades infrayacentes (ROYO GÓMEZ y MENÉNDEZ PUGET, 1929), dada la convergencia de litofacies que presentan con las arcillas correspondientes a la unidad 3 en las posiciones más septentrionales de la Hoja de Madrid donde éstas afloran.

Otro término es el de «cayuela», con el que se han designado los niveles de margas calcáreas blanquecinas, coherentes, muy comúnmente relacionadas con niveles de sepiolita. Un ejemplo de este tipo de materiales es visible en el Cerro de la Atalayuela, al suroeste de Vallecas.

Por último, los términos de «tosco» o «tosquiza» han sido aplicados a los niveles de arcillas más o menos limo-arenosas, de tonos marrones, que constituyen el paso lateral o en la vertical de las arcillas verdosas

(«peñuelas») a las arcosas, aunque en muchos informes de carácter geotécnico se utilizan igualmente para designar las intercalaciones arcillosas de los depósitos arcóscicos de granulometría más gruesa («arenas de miga»).

La unidad de arcillas verdes, arenas micáceas y carbonatos aflora ampliamente en toda la parte Centro meridional y Este de la Hoja de Madrid (base del Mirador de Carabanchel, Plaza Elíptica, Entrevías, pueblo de Vallecas, y área Sur hasta el Manzanares, base del Cerro de Almodóvar y Sur de Vicálvaro hasta Rivas del Jarama). En la parte oriental, estas arcillas quedan en parte cubiertas por las terrazas del río Jarama o han desaparecido por la erosión. También, los materiales de esta unidad afloran desigualmente, debido a los rellenos cuaternarios, a lo largo del Arroyo Abroñigal (actual M-30) y río Manzanares hasta pasar lateralmente a arcillas y arcosas marrones hacia el Norte. El afloramiento más septentrional observable en la actualidad se encuentra junto al Puente de Toledo, con arcillas verdes entremezcladas con arcillas de tonos marrones.

De acuerdo con los datos suministrados por sondeos, así como por evidencias de superficie, esta unidad presenta una disposición variable de su techo en función de la interdigitación, con carácter progradante, de las arcosas de la unidad 4.

El límite inferior de esta unidad queda netamente definido en la parte Sur y Sureste de la Hoja de Madrid, donde las arcillas, con mayor o menor presencia de niveles de carbonatos, reposan directamente sobre niveles yesíferos. Los depósitos más basales se amoldan localmente a depresiones de origen exokárstico posteriormente reactivadas sobre los yesos (CALVO *et al.*, 1984). Ejemplos de estos amoldamientos son visibles con nitidez en la parte alta de Mercamadrid (Cerro del Pingarrón), en las canteras de yesos entre el Cerro de Almodóvar y la carretera Madrid-Valencia, y en las canteras de Vallecas, profusamente ilustradas por ROYO GÓMEZ (1923).

Los depósitos basales anteriormente aludidos muestran generalmente una marcada diferenciada de litologías en relación con las arcillas y yesos sobre las cuales reposan en las áreas más meridionales de la Hoja, con presencia de litofacies específicas (arenas micáceas, esmectitas rosadas y verdosas, carbonatos blancos con sepiolita, etc...). La diferenciación es menos neta inmediatamente al Norte (nudo Sur de la M-30 y área de Villaverde), donde las arcillas verdes reposan directamente sobre las arcillas de la unidad 3, existiendo una amplia convergencia de facies entre ambas unidades a lo largo del río Manzanares hasta el Puente de Segovia.

Esta misma situación se vuelve a encontrar en la parte oriental de la Hoja (área de San Fernando de Henares), donde las arcillas verdes de esta unidad se disponen también sobre arcillas verdosas de la unidad infrayacente. No obstante, el criterio de separación de ambas unidades

en esa zona queda bastante bien definido por la presencia de algunos niveles de arcosas, así como de carbonatos y arcillas sepiolíticas, incluidos entre las arcillas de esta unidad, mientras que las arcillas inferiores presentan en este punto intercalaciones de yesos.

De lo anteriormente expuesto se concluye que el conjunto descrito se dispone en discontinuidad estratigráfica respecto a las unidades yesíferas y arcillosas infrayacentes, con un neto carácter progradante respecto a ellas. Dicha progradación es correlativa con la previamente señalada en el conjunto arcósico durante el Aragoniense medio y define el límite entre las unidades inferior e intermedia del Mioceno, tal como ha sido propuesto por diversos autores (ALBERDI *et al.*, 1983, 1985; JUNCO y CALVO, 1983; CALVO *et al.*, 1984).

Las litologías que caracterizan esta unidad son predominantemente arcillas verdes, masivas o laminadas, en ocasiones con abundante materia orgánica, arenas micáceas (biotíticas) verdes con estratificación cruzada, generalmente de surco, carbonatos masivos blancos con bioturbación de raíces, arcillas rosadas masivas y sílex en bancos de geometría nodular y tonos carnosos. Todas estas facies se presentan en una variada gama de secuencias cuya articulación en detalle resulta difícil por la escasez de afloramientos. Los tipos de secuencias más frecuentes son: a) secuencias granodecrecientes de arenas micáceas con estratificación cruzada en paso a arenas más finas con laminación paralela bioturbadas por gusanos, arcillas verdes y carbonatos masivos palustres con raíces; b) secuencias de alteración edáfica formadas por arcillas verdes en paso gradual irregular a arcillas rosadas y carbonatos blancos con estructuras prismáticas edáficas y rizocreaciones; c) perfiles de alteración similares con arcillas verdes, arcillas rosadas y sílex con más o menos carbonatos, en las que el sílex puede deberse a procesos de liberación de  $\text{SiO}_2$  a partir de las arcillas (BUSTILLO, 1976); d) carbonatos dolomíticos masivos, finamente bioturbados por raíces, con sepiolita y/o esmectitas de tonos claros. Localmente a la base de la unidad aparecen de forma discontinua (ejemplo: canteras de la Celsa) depósitos de lutitas y limos masivos de tonos pardos y composición esencialmente illítica, erosivos sobre las arcillas de la unidad infrayacente.

La mineralogía de todas estas facies es muy variada aunque existen algunos aspectos que caracterizan de forma bastante específica a la unidad:

- el predominio de las esmectitas dentro del aspecto mineralógico de las arcillas. Las esmectitas presentan una estructura trioctaédrica, con porcentajes de MgO generalmente comprendidos entre 25-27,5 por 100. El índice de cristalinidad es en muchas ocasiones bajo, particularmente en las arcillas esmectíticas (100 por 100 de esmectitas) de tonos rosados tan características de esta unidad,

cuya estructura es en forma de apilamientos turboestráticos. Son frecuentes asimismo los niveles arcillosos con mezcla de esmectitas y sepiolita.

- el carácter dolomítico de los niveles carbonáticos, coincidente con el carácter magnésico de las arcillas en que aparecen intercalados. Localmente estos niveles son de magnesita finamente cristalina. La calcita suele estar presente en pequeñas proporciones como producto de dedolomitización.
- los niveles de sílex son de naturaleza predominantemente cuarcífera, en mosaicos cripto y microcristalinos. Ambos aspectos diferencian el sílex de esta unidad de los niveles de sílex dentro de las arcosas, los cuales presentan en general mineralogía y textura opalinas.

Las arenas micáceas constituyen la facies terrígena más gruesa dentro de esta unidad, aunque aparece en general relegada a niveles de escaso espesor en la mayor parte de la zona. Este espesor, así como la continuidad en la vertical de los niveles arenosos, aumenta en la transición lateral a las arenas (datos de sondeos en la parte meridional del casco urbano) y es más notable en las partes oriental y occidental de la Hoja, donde localmente puede estudiarse la transición paulatina entre ambos tipos de depósitos arenosos (LOMOSCHITZ *et al.*, 1985). La composición de estas arenas es muy característica, con la práctica totalidad de los granos formada por láminas de biotitas y cloritas y escasez o ausencia de cuarzo, feldespatos y minerales pesados. Estos componentes aumentan ligeramente en los cambios laterales de las facies arenosas hacia el Norte, con aumento gradual en los tamaños.

Algunos niveles de arcillas dentro de esta unidad presentan cierto contenido en materia orgánica, usualmente menos del 2 por 100 del conjunto del sedimento. El principal constituyente de esta materia orgánica es el querógeno de tipo III; en mucha menor proporción está constituida por bitumen, mientras que los ácidos fúlvicos y húmicos aparecen en porcentajes mínimos (0,7-2,6 por 100 del carbono total). En estos mismos niveles se han reconocido restos variados de esporas (*Estereisporites minor*, *Cicatricosisporites* sp., *Verrucatosporites favus*) y pólenes (*Pityosporites* sp., *Triparopollenites robustus*, *Rosapollenites* sp.) que reflejan un ambiente de aguas estancadas rodeado por zonas de bosque bajo.

El medio de depósito de todo este conjunto de facies corresponde a un ambiente palustre-lacustre somero, en transición hacia el Norte con facies de orla muy distal de los abanicos arcóscicos. Localmente, los depósitos terrígenos algo más gruesos procedentes de estos abanicos se intercalan en forma de depósitos en lámina (*sheet floods* de arenas micáceas) dentro de las arcillas. Las oscilaciones de nivel de agua condicionaron la expansión o retracción del sistema lacustre y, por tanto, la mayor o menor

extensión de las facies de exposición subaérea (secuencias edáficas). Las arcillas verdes muestran en la mayor parte de los casos distribuciones granulométricas con fuerte componente de deposición por exceso de carga, resultado de la entrada en el margen lacustre de fangos poco estructurados.

Las asociaciones mineralógicas observadas en los depósitos arcillosos, así como la mineralogía de los carbonatos, sugiere que el depósito de estos materiales tuvo lugar en un ambiente lacustre alcalino bajo condiciones climáticas de relativa aridez. Esta última observación viene también avalada por las conclusiones paleoecológicas obtenidas a partir de las faunas encontradas en esta unidad o en sus equivalentes laterales.

#### 1.1.6. YESOS DETRITICOS, ARCILLAS VERDOSAS Y CARBONATOS (8). MIOCENO

Estos depósitos afloran esencialmente en la parte sureste de la Hoja, pudiendo cartografiarse con cierto detalle en los alrededores del Cerro del Telégrafo. Otro punto donde aparece esta asociación es en el área de Valdemingómez, aunque aquí la falta de buenos afloramientos impide un control preciso de la distribución de los depósitos. Fuera de la Hoja se encuentran depósitos similares en los Cerros de La Maraños.

Los niveles correspondientes a esta unidad se disponen en tránsito lateral de facies con las arcillas verdes y rosadas con carbonatos de la unidad 6. De hecho, la diferenciación entre ambas unidades se ha establecido en base a la presencia de bancos constituidos por yesos detríticos y, localmente, yesos seleníticos entre las arcillas en la parte más meridional de la Hoja. Por su parte, los niveles de yesos detríticos y arcillas se disponen en discontinuidad estratigráfica sobre las unidades de yesos masivos y/o yesos tableados, presentando con ellos un contacto de carácter erosivo y, en ocasiones, asociándose a depresiones exo kársticas a techo de los yesos infrayacentes.

El espesor de los depósitos es muy variable, oscilando desde escasamente un metro a algo más de la decena de metros. Verticalmente los niveles de esta unidad pasan de forma gradual a los términos arcillosos y carbonatados de la unidad suprayacente (9).

Típicamente, los depósitos aparecen estructurados en niveles con estratificación horizontal constituidos por secuencias de espesor decimétrico y de carácter granodecreciente. Así, estas secuencias están formadas por una base de arenas yesíferas de grano medio a grueso, a veces con laminación cruzada, que pasa a arcillas verdosas con granos de yeso dispersos, terminando en bancos finos de dolomías grises, muy frecuentemente con moldes lenticulares de yeso. De forma local, dentro de los

niveles laminados antes descritos se intercalan lechos muy discontinuos de yesos seleníticos (macrocristalinos), cuyo aspecto es netamente diferente a los yesos masivos o nodulares de las unidades infrayacentes.

La sedimentación de todos estos depósitos se interpreta como resultado del desmantelamiento erosivo de los yesos sobre los cuales se dispone esta unidad. Hacia el inicio del Aragoniense medio estos yesos infrayacentes debieron quedar emergidos y sometidos a un proceso bastante generalizado de karstificación, desarrollándose depresiones de carácter exokárstico de dimensiones variables. El relleno de estas depresiones se realizó mediante sucesivas arroyadas de materiales detríticos yesíferos, así como por arcillas, todo ello bajo lámina de agua muy somera. Localmente, la existencia de charcas más permanentes con aguas saturadas en sulfato permitió el desarrollo de «patches» de yesos seleníticos.

En conjunto, la diferencia de facies entre esta unidad y las observadas en las unidades yesíferas infrayacentes representa un notable cambio geoquímico y paleogeográfico en la cuenca (ALBERDI *et al.*, 1983; JUNCO Y CALVO, 1983) que puede ser relacionado con eventos tectónicos y/o climáticos. Este episodio ha sido propuesto (AGUIRRE *et al.*, 1976) como coincidente con la Fase Neo-Castellana detectada en otras áreas de la Cuenca del Tajo. En partes más centrales de la Cuenca de Madrid esta discontinuidad es correlacionable con un fuerte cambio en la naturaleza de las facies evaporíticas, entre yesos y anhidritas de neto carácter evaporítico y depósitos de yesos detríticos (SAN JOSÉ, 1975b; MEGÍAS *et al.*, 1982).

#### 1.1.7. CALIZAS, DOLOMIAS Y ARCILLAS VERDOSAS (9). NIVELES DE SILEX (10). MIOCENO.

Afloran en la parte más meridional de la Hoja de Madrid, dando lugar a un conjunto de pequeñas mesas (alineación de Cumbres de Vallecas, Cerro Mirones) que destacan entre el relieve alomado al Sur del pueblo de Vallecas y la vega del río Manzanares. Asimismo son observables en la zona SE, entre San Fernando de Henares y la carretera de Madrid-Valencia, destacando en esta zona el alto del Cerro del Telégrafo. Fuera de la Hoja, los afloramientos más próximos de esta unidad aparecen en los altos de Rivas-Vaciamadrid (SAN JOSÉ, 1975) y en la parte superior de los cerros de La Marañosa, dentro de la Hoja de Getafe (VEGAS *et al.*, 1975). Este conjunto de litofacies ha sido denominado bajo el término de «Serie o Facies Blanca» (ALÍA *et al.*, 1973; MARTÍN ESCORZA, 1976), en una amplia zona de la Cuenca de Madrid.

El mayor espesor de sedimentos correspondientes a esta unidad dentro de la Hoja de Madrid es de unos 50 m en el Cerro Mirones (vertedero de Valdemingómez) y en el Cerro del Telégrafo, apareciendo generalmente muy desmantelada en los restantes puntos.

El límite inferior de esta unidad carbonática es transicional sobre los depósitos de yesos detríticos, arcillas y carbonatos (8) en la parte más meridional de la Hoja, así como sobre las arcillas verdes y rosadas con carbonatos de la unidad 6 en otros puntos algo más septentrionales. Lateralmente existe también una transición progresiva con esta última unidad, haciéndose predominantes los carbonatos en dirección Sur. Dicha transición lateral es netamente reconocible dentro de la Hoja de Madrid y puede ser correlacionada con la transición Arcillas-Serie Blanca en Hojas adyacentes (Getafe [VEGAS *et al.*, 1975]; Alcalá de Henares [CARRO y CAPOTE, 1968; AZNAR y PÉREZ-GONZÁLEZ, en prensa]; Aranjuez [CARRO y CAPOTE, 1968]).

La parte inferior de la unidad está compuesta por una alternancia monótona de carbonatos finamente tableados (micritas y dolomicritas) y arcillas verdosas laminadas. Los carbonatos contienen abundantes moldes pseudomorfos de calcita a partir de yeso lenticular. Las arcillas presentan porcentajes similares de illita más caolinita y esmectitas, con un paulatino incremento de estas últimas en la vertical, dependiendo de la evolución de la serie en cada punto. En las sucesiones más completas de esta unidad (por ejemplo, Cerro Mirones) los carbonatos tableados con moldes lenticulares y arcillas pasan en la vertical a niveles más potentes de carbonatos masivos dolomíticos y arcillas verdosas netamente más ricas en esmectitas (75-100 por 100). Algunos de los niveles presentan fuerte bioturbación por raíces. Terminan en un tramo de unos 5 m. de espesor de dolomías fuertemente silicificadas y arcillas algo sepiolíticas. Algo similar ocurre en la sucesión del Cerro del Telégrafo, donde culmina también en bancos carbonáticos silicificados masivos que intercalan láminas finas, de aspecto acartonado, de arcillas sepiolíticas.

La sedimentación de esta unidad carbonatada tuvo lugar en un ambiente lacustre somero bajo condiciones evaporíticas, ocasionalmente con retracciones del ámbito lacustre que fue ocupado por llanuras de fango (*mud-flats*). Las diferencias litológicas y mineralógicas observadas en la parte superior de la unidad han sido interpretadas (CALVO *et al.*, 1984) como el resultado de un relativo cambio paleogeográfico relacionado con un endulzamiento progresivo de las aguas aportadas a la cuenca y la expansión del área lacustre tras el depósito de dolomicritas con moldes de yeso y arcillas.

Este período de redistribución relativa de los ambientes deposicionales durante el Aragoniense podría, en base a criterios obtenidos en el conjunto de la cuenca, ser correlacionado con un episodio de mayor progradación de los sedimentos arcósicos, el cual respondería a una nueva reactivación tectónica en los bordes y/o a un incremento en la tasa de pluviosidad.

La ausencia de restos paleontológicos con valor bioestratigráfico en

la unidad de carbonatos y arcillas impide una correlación en base a estos criterios con otras de las unidades presentes en el área de Madrid. No obstante, la continuidad litoestratigráfica con la unidad de arcillas verdes, arenas micáceas y carbonatos (unidad 6) permite situar su parte basal en el Aragoniense medio, mientras que su techo, afectado en áreas próximas por una superficie de paleokarstificación (ORDÓÑEZ *et al.*, 1985), marcaría el final del ciclo sedimentario pre-Vallesiense. Es por ello que la parte alta de la unidad se atribuye al Aragoniense superior, por correlación deducida con las arcosas de esta edad (unidad 11), aunque faltan dentro de la Hoja de Madrid los términos transicionales entre ambos grupos de facies.

#### 1.1.8. ARENAS ARCOSICAS DE GRANO GRUESO, GRAVAS Y ARCILLAS (11). MIOCENO.

Corresponden al último episodio sedimentario arcósico observado dentro de esta área. Viene caracterizado por un notable aumento en el tamaño medio del grano en relación con las unidades arcósicas infrayacentes y el contacto erosivo sobre ellas, hechos que se observan en la práctica totalidad de las sucesiones, desde el Norte de la Hoja hasta los afloramientos más meridionales (Vicálvaro-San Blas). Esta relación es observable con gran nitidez en los altos de Paracuellos. El hallazgo en esta zona de algunos yacimientos de macro y microvertebrados, en particular el yacimiento Paracuellos 3, permite atribuir una edad Aragoniense superior, zonas MN6, 7/8, a los depósitos arcósicos más altos en Madrid.

Su extensión de afloramiento y disposición espacial coinciden a grandes rasgos con la unidad de arcosas, limos y arcillas (4) sobre la que aparece dispuesta. El techo de este conjunto arcósico viene definido por la denominada Superficie de Madrid (RIBA, 1957; LÓPEZ VERA y PEDRAZA, 1976), con un sistema diversificado de depósitos plio-cuaternarios. El espesor de las arcosas superiores oscila alrededor de los 80 m en la parte Norte de Madrid, habiéndose medido 55 m en las zonas más meridionales (parte alta del Cerro de Almodóvar). En el área de Paracuellos su espesor es de unos 60 m. Morfológicamente, estas arcosas dan lugar a resaltes de bastante entidad, siendo éste uno de los criterios más fiables para su delimitación cartográfica dentro del área urbana (Cuatro Caminos, Retiro, etc.).

Las arcosas de esta unidad presentan tonalidades blancas a pardo-anaranjadas. Aparte del tamaño, contrastan con las arcosas infrayacentes por su escasa estructuración en secuencias, hecho correlativo con la baja proporción de fracción fina en la mayor parte de los niveles. Las secuen-

cias reconocidas consisten en ciclos de 8 a 10 m de espesor que internamente están constituidos por secuencias menores (2-3 metros) de carácter granodecreciente. La parte inferior de los ciclos es de granulometría más gruesa, generalmente con abundantes lechos de cantos, y de arcosas progresivamente más finas en las bases de las sucesivas mesosecuencias. Cada ciclo presenta en conjunto una granulometría mayor respecto al inmediato ciclo infrayacente, aunque localmente se reconocen algunos episodios de relativa estabilización, más fangosos, con desarrollo incipiente de sílex y sepiolita. La asociación de facies observada puede interpretarse como característica de zonas intermedias de abanicos aluviales con fuerte acreción vertical, lo que explicaría el escaso desarrollo de facies distales dentro de esta unidad. Estas facies distales quedan únicamente representadas en la parte superior del Cerro de Almodóvar, donde depósitos de arcosas de grano grueso a microconglomeráticos alternan con arcillas arenosas y arcillas sepiolíticas (5) y culminan en niveles limosos y bancos silíceos más o menos discontinuos de tipo silcreta (10).

Composicionalmente, las arcosas de esta unidad son en conjunto muy homogéneas, con porcentajes de feldespatos entre 20-60 por 100, plagioclase subordinada en relación con los feldespatos potásicos, y espectro de minerales pesados dominado por apatito. En menor proporción contienen circón, turmalina y granate. Los cantos, frecuentes en la mayor parte de los niveles en forma de láminas gruesas paralelas con cantos en posición horizontal o dando lugar a imbricación, están constituidos por granito, sienita, cuarzo, pórfidos y otros. Con carácter local, por ejemplo en los alrededores del barrio de la Fríscola, en la parte NE de la Hoja, se encuentran, aunque de forma dispersa, cantos de cuarcita. Los niveles de arcilla son muy escasos y poco potentes en el conjunto de la unidad, con proporciones similares de esmectita, illita y caolinita, los dos primeros minerales esencialmente dioctaédricos, tan sólo de forma muy local se reconocen algunos niveles de sílex con arcillas sepiolíticas asociadas.

En la parte oriental de la Hoja (zona de Paracuellos) la proporción relativa de minerales pesados presenta cierta variación con respecto a la tendencia anteriormente señalada, estando constituida la asociación de minerales pesados por turmalina, circón, granates y epidotas como más usuales, mientras que el apatito es muy minoritario.

La representación de estas facies en zonas más centrales de la cuenca queda por el momento un tanto indeterminada al no existir una conexión directa con depósitos situados más al Sur. Una posible correlación con la unidad detrítica de la base del Páramo ha sido señalada por MEGÍAS *et al.* (1982), aunque los datos actualmente disponibles sobre la cronología de ambos conjuntos impide una correlación segura entre ellos. Así, los datos paleontológicos obtenidos permiten atribuir una edad Aragoniense superior a este conjunto arcósico mientras que los niveles detríticos de

la base del Páramo tendrían una edad Vallesiense (LÓPEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 1985).

De acuerdo con esto, las arenas arcósicas de grano grueso y arcillas en el área de Madrid serían correlacionables con los términos superiores de la unidad intermedia del Mioceno (ALBERDI *et al.*, 1983; JUNCO y CALVO, 1983) en áreas más centrales de la Cuenca de Madrid. Ello implica la existencia de una ruptura sedimentaria dentro de la citada unidad, cuya representación en otras áreas de la cuenca no está, por el momento, claramente definida.

### 1.1.9. PALEONTOLOGIA DEL TERCIARIO

La historia de la Paleontología de Vertebrados del área de Madrid se puede dividir en cuatro épocas.

La primera comienza a mediados del siglo pasado, cuando EZQUERRA DEL BAYO (1840) publica los primeros datos sobre el yacimiento de San Isidro. Estos fósiles fueron estudiados por diversos paleontólogos europeos (KAUP, 1840; MEYER, 1844; GERVAIS, 1853; LARTET, 1859; DEPERET, 1887, etcétera), pasando San Isidro a ser uno de los yacimientos clásicos de la Paleontología de Vertebrados europea. Dentro de esta primera época se incluye el trabajo de PRADO (1862) sobre los fósiles del Puente de Toledo, con la descripción y figuración del importante *Rhinoceros matritensis* (después *Hispanotherium matritense*). La segunda parte se desarrolla durante el primer tercio del presente siglo y se debe a las investigaciones de los científicos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, que descubrirán numerosos yacimientos: La Hidroeléctrica, Puente de Vallecas, Cerro de Almodóvar, Puente de los Franceses, etc. (HERNÁNDEZ-PACHECO, 1914, 1921 y 1926; ROYO GÓMEZ, 1921, 1922, 1924, 1928 y 1929), con lo que la importancia del área de Madrid en yacimientos de Vertebrados quedará definitivamente establecida. La tercera época comienza en 1945 cuando los paleontólogos del Instituto de Paleontología de Sabadell sistematizan los datos sobre estas faunas (VILLALTA y CRUSAFONT, 1945, 1948 y 1955; CRUSAFONT y VILLALTA, 1947, 1951 y 1954; VILLALTA *et al.*, 1946 y 1948; CRUSAFONT, 1952, 1957 y 1958). Esta etapa termina con el estudio de los mastodontes por BERGOUNIOUX y CROUZEL (1956, 1957 y 1958). Por último, tras algunos trabajos de carácter puntual en el área de Paracuellos (CRUSAFONT y GOLPE, 1971) comienza una cuarta etapa a partir de 1976 con el descubrimiento de nuevos yacimientos y el proyecto de estudio integral del área de Madrid (MAZO, 1976, 1977; ALBERDI *et al.*, 1981, 1983 y 1985; HERRÁEZ y ALBERDI, 1984).

Clásicamente se diferenciaban dos grupos de faunas en Madrid: las faunas de tipo La Hidroeléctrica, contenidas en las facies «peñuela», y la

fauna de Puente de Vallecas, en arcosas finas superpuestas estratigráficamente a las anteriores (HERNÁNDEZ-PACHECO, 1921; ROYO GÓMEZ, 1929; CRUSAFONT y VILLALTA, 1954). Las atribuciones cronoestratigráficas clásicas, en base a la escala marina, deben ser modificadas tomando como referencia la escala continental (FAHLBUCH, 1976), pero la situación relativa de las faunas se ha considerado correcta.

Las faunas recogidas hasta el momento dentro de la Hoja de Madrid (ver situación de yacimientos en fig. 2) pueden quedar incluidas en dos grandes conjuntos. El primero de ellos, restringido exclusivamente a los yacimientos encontrados en el área urbana de Madrid o zonas más inmediatamente adyacentes, se integra en una única unidad litoestratigráfica que comprende la parte inferior y media de la unidad intermedia del Mioceno (ALBERDI *et al.*, 1983), aunque, según datos recientes, también la parte alta de la unidad inferior de estos autores. Dicho conjunto está formado por las faunas de San Isidro, La Hidroeléctrica, Moratines, O'Donnell, Ciudad Pegaso, así como por las localidades de Arroyo del Olivar, Puente de Vallecas, Cerro de Almodóvar y Cortijo Trapero, estos últimos en niveles arcósicos finos de la unidad 4. La asociación de Mamíferos característica de este conjunto comprende los taxones *Bunolistriodon*, *Lagopsis peñai*, *Megacricetodon collongensis* y *Pseudodorymys robustus*. Esta asociación corresponde al Aragoniense medio y puede ser correlacionada, en principio, con la zona D de DAAMS y FREUDENTHAL (1981) del Aragoniense estratotípico de la Cuenca de Daroca y a la unidad MN 4B de MEIN (1975).

El segundo conjunto de faunas diferenciado corresponde a yacimientos situados dentro de facies arcósicas en el área de Paracuellos del Jarama y define una unidad litoestratigráfica que comprende la parte superior de la unidad intermedia (ALBERDI *et al.*, *op. cit.*). Las faunas de los yacimientos Paracuellos 5 (Cerro de la Mesilla, ya en la Hoja de Colmenar Viejo) y Paracuellos 3 (Cerro de los Guardias) muestran una clara diferenciación bioestratigráfica con las del área de Madrid, caracterizándose por la presencia de *Listriodon*, *L. cf. verus* y 2 *Megacricetodon* (*M. minor* y *M. crusafonti*). Estas asociaciones se pueden correlacionar con las unidades F/G del Aragoniense superior y la zona MN 6 de MEIN. De acuerdo con ello, quedarían datados como Aragoniense superior tanto el techo de la unidad de las arenas arcósicas finas (4) como el conjunto de la unidad 11 de arcosas gruesas y sus equivalentes laterales.

De acuerdo con lo anterior es posible señalar, con más o menos precisión, la cronoestratigrafía de las unidades mayores del Mioceno en la Hoja de Madrid. Así, la unidad inferior del Mioceno, formada por arcilla y yesos en tránsito lateral a arcosas, puede ser datada a su techo como Aragoniense medio, según indican las faunas encontradas en los yacimientos de O'Donnell y Ciudad Pegaso; los niveles inferiores de esa



unidad sólo han podido ser datados por *Lagopsis peñai* en un sondeo (S.G.O.P.-1), lo que permite suponer para dichos niveles una edad no más antigua que el Aragoniense inferior.

La secuencia de Madrid parece continua en el tránsito Aragoniense medio/superior y, sin embargo, no encontramos faunas similares a las de la zona E. de DAAMS y FREUDENTHAL (1981) (con *Prolagus*, *Cricetodon*, *M. collongensis* de talla grande, sin *Pseudodryomys*). Podría ser falta de registro paleontológico o bien diferencias biogeográficas entre ambas cuencas, aunque también existe la posibilidad de que esta zona E esté representada en Madrid por las faunas de Arroyo del Olivar y Punte de Vallecas. Dichas faunas, aunque presentan una composición en micromamíferos semejante a las faunas de la zona D, su asociación de macromamíferos es claramente progresiva con respecto a éstas y transicional con relación a las faunas del área de Paracuellos, en particular próxima a la de Paracuellos 5, que podría representar la zona F en el área de Madrid.

Diversos criterios nos permiten interpretar de forma preliminar la paleoecología de las faunas del área de Madrid; éstos son: a) *Tafonómicos*, tales como desconexión de los huesos y coloración blanca, que nos indica alteración de la materia orgánica en medio aéreo, fuertemente oxidante. b) *Faunísticas*, con ausencia de peces y gasterópodos, dominancia de reptiles (tortugas, serpientes, etc.) sobre los mamíferos, escasa diversidad específica, con una o dos especies dominantes en cada grupo y yacimiento. Se reconocen asimismo algunos marcadores característicos de terrenos áridos como *Heteroxerus*, *Armantomys*, *Hispanotherium* y *Capratragoides*. Otros datos son la ausencia de taxones de ambiente cubierto húmedo: *Democricetodon*, ardillas arbóreas, castores, primates, tragúlidos, *Dicrocerus*, *Deinotheridos*, etc. y la presencia de taxones termófilos como *Lagopsis*, *Microdiromys*, *Hispanotherium*, *Aceratherium simorrensis*, *Triceromerys* y *Listriodon*.

Todos estos criterios indican que nos encontramos con un paisaje abierto (sabana), seco y subtropical.

Estas condiciones sub-desérticas atribuidas a las faunas de Madrid son las que CHAMLEY (1983) supone necesarias para la formación de minerales fibrosos de la arcilla (sepiolita) tan abundantes en el Aragoniense de Madrid.

La fase cálida y árida en el Mioceno medio del Tethys ha sido detectada por alteración del cuarzo y por análisis isotópicos en conchas marinas (MULLER, 1983) y coincide en el mar con el *Langhiense* y en el continente con las zonas D, E y F de DAAMS y FREUDENTHAL (1981), situándose al máximo en la zona E de DAAMS y VAN DER MEULEN (1983).

Conviene, sin embargo, hacer una acotación a lo anteriormente señalado en el sentido de que las asociaciones de macromamíferos del tránsito Aragoniense medio-Aragoniense superior, incluidas en depósitos arcósi-

cos de la unidad 4 (Arroyo del Olivar, Puente de Vallecas, Paracuellos 5), denotan una composición cualitativa y cuantitativa (predominio de *Anchiterium* y *Heteroprox*, escasez de *Rhinocerotidos*) netamente diferente de la del resto de los yacimientos, sean más antiguos o más modernos. Estas diferencias pueden interpretarse en el sentido de que las asociaciones de macromamíferos inicialmente señaladas representan faunas de paisaje más cubierto y/o húmedo o bien como el resultado de una pulsación climática fría dentro de la fase cálida general mencionada anteriormente.

## 1.2. CUATERNARIO

Las formaciones geológicas más recientes están caracterizadas, principalmente, por los depósitos aluviales de los ríos Manzanares y Jarama, y por los materiales que con débil espesor están asociados a las superficies divisorias y los glacis. Los conos aluviales, coluviones, derrames, limos yesíferos y otros sedimentos relacionados con las depresiones endorreicas o de origen kárstico, son a veces, por su génesis y evolución, formaciones puntuales de escasa importancia y extensión reducida.

La ocupación urbana y consiguiente transformación del territorio, junto con la ausencia de cortes naturales o artificiales significativos, han dificultado la identificación cartográfica, textural y litológica de estas unidades, por lo que, en muchas ocasiones, la delimitación de las formaciones superficiales se ha realizado única y exclusivamente en razón de las formas del terreno, este es el caso, entre otros, de las terrazas del río Manzanares situadas al Sur de Madrid.

Son numerosos los estudios acerca del Cuaternario de Madrid. La presencia de industrias líticas y otros restos arqueológicos junto con faunas de grandes mamíferos han propiciado un sinfín de comunicaciones y trabajos. De cualquier manera, son de interés para la geología del Cuaternario de la región las memorias de PRADO (1864), ROYO GÓMEZ y MENÉNDEZ PUGET (1929), RIBA (1957) y VAUDOUR (1979).

### 1.2.1. MATERIALES ASOCIADOS A LAS SUPERFICIES Y GLACIS (12 y 20)

Los primeros están relacionados con antiguas superficies o arrasamientos labrados en la Hoja de Madrid, en las arcosas gruesas de edad aragonesa superior y hoy presentan las zonas culminantes de las superficies divisorias de partición de aguas entre los ríos Guadarrama-Manzanares y Manzanares-Jarama.

No se han localizado cortes en la Hoja de Madrid, pero en El Goloso, Cerro Otero y en la carretera de Fuencarral a Alcobendas, se pueden observar hasta 3-4 m de sedimentos con base erosiva sobre el sustrato, constituidos por dos litofacies, una de arenas cuarzo-feldespáticas medias a gruesas con gravas dispersas o en hiladas, y otra formada por gravas, cantos y algún bloque, subredondeados a angulosos, constituidos por aplitas, cuarzos, gneises y granitos alterados con escasa fracción arenosa, que está asociada a estructuras de corte y relleno (*cut and fill*), mientras que las primeras parecen corresponder a barras arenosas e inclusive a depósitos más gruesos de fondo de canal somero. En estas zonas, y en contacto con el Terciario, se observan procesos de hidromorfia. El suelo, tal y como se puede ver en el Alto de las Cruces y en otros puntos de las altas superficies y glaciares más antiguos (ver mapa geomorfológico) pleistocenos, son por lo general suelos rojos o pardos fersialíticos ácidos con pseudogley, con presencia de carbonatos en enrejado de origen más reciente en las partes inferiores de los perfiles que afectan también a los materiales miocenos infrayacentes.

Su edad puede ser equivalente a las primeras terrazas del Sistema Jarama-Henares, y, desde luego, son más jóvenes que la Raña. Se los ha incluido, sin mayores precisiones, en la Leyenda del Mapa, en el Plio-Cuaternario.

Los depósitos asociados a los glaciares tienen una mayor variedad litológica y textural, ya que dependen del sector donde se hayan desarrollado. Los situados sobre las arcillas (6) y las arcillas con carbonatos (6a), en el cuadrante SE de la Hoja, están constituidos por arenas arcillosas con cantos de caliza, sepiolita y sílex, con potencias que no deben sobrepasar los 2 m. Sin embargo, en esta zona se encuentra una secuencia de 4 glaciares con depósitos, entre el Alto del Espinillo y los Llanos de Murcia, con edades comprendidas entre el Pleistoceno inferior y el medio.

En la margen derecha del Río Manzanares, desde la vía Carpetana a San Cristóbal de los Angeles, se encuentran los glaciares con sedimentos silíceos mejor conservados. Su alimentación proviene de los relieves próximos de Carabanchel Alto y Leganés, constituidos por arcosas de grano fino a medio (4). Estos glaciares de cobertera, con espesores conocidos de 1 a 3 m, tienen una facies significativa granodecreciente formada por secuencias de arenas cuarzo-feldespáticas medias a gruesas, con gravas y algún canto de litología mayoritaria en cuarzo, con estructura de estratificación cruzada planar, que comienzan con depósitos gruesos de fondo de canal (*channel lags*), suavemente erosivos sobre la unidad precedente. Pueden finalizar con arenas limo-arcillosas de aspecto masivo que representan facies de acreción vertical. Su edad: Pleistoceno medio.

Estas formas soportan suelos del tipo pardo-rojizo fersialítico. Los glaciares más antiguos tienen, como indicio de su mayor evolución, horizon-

tes a seudogley. La mineralogía de las arcillas de los horizontes texturales es esmectítica-illítica, con bajos porcentajes de caolinita que no alcanzan el 20 por 100.

#### 1.2.2. TERRAZAS Y DEPOSITOS DE FONDO DE VALLE (13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 33, 36, 37 y 38).

La región de los alrededores de la ciudad de Madrid es una pequeña mesopotamia drenada al E por el río Jarama y sus afluentes de la margen derecha, y al O por el Manzanares que es el río con mayor recorrido que atraviesa el territorio de la Hoja. Estos dos sistemas fluviales, aunque tienen su origen en un mismo conjunto montañoso, las sierras del Guadarrama-Somosierra, presentan nacimientos con rocas distintas que, junto con las cuencas que drenan, han condicionado las características litológicas y texturales de sus depósitos que, por otra parte, son el resultado de los procesos de acreción lateral y vertical de los sedimentos que han transportado durante el Cuaternario.

##### *Valle del Jarama*

El curso actual del río Jarama discurre por el borde del cuadrante NE de la Hoja. Se han reconocido y cartografiado, además de la llanura aluvial, un total de nueve terrazas con cotas relativas respecto al cauce a: + 8 m; + 12-15 m; + 25-30 m; + 35-40 m; + 44-46 m; + 52-54 m; + 60 m; + 114 y + 136 m; estas dos últimas se sitúan en su margen izquierda y pertenecerían a la superficie de Paracuellos (RIBA, 1957).

Los afluentes principales del Jarama corresponden en este área a los que provienen de su margen derecha; son los arroyos de la Plata, de Valdebeba y Teatinos, con fondos colmatados por arenas cuarzo-feldespáticas y limos arenosos, con gravas y cantos de cuarzo, granitoides y según los casos cuarcitas, sílex y carbonatos. Potencias comprendidas entre 1 y 3 metros.

Las terrazas del río Jarama y los depósitos de llanura de inundación están formados por barras y canales rellenos de gravas, cantos y algún bloque, con composición petrológica por orden de importancia de cuarcita, cuarzo, pizarras y granitoides, alcanzando las pizarras valores porcentuales mayores en la fracción grava. La fracción arenosa adquiere mayor significación en los términos de la llanura de inundación que finalizan con limos arenosos o arenas limosas finamente estructuradas con laminaciones paralelas u oblicuas de bajo ángulo. Los espesores vistos en campo oscilan entre 2 y 5 metros.

Los suelos desarrollados sobre los distintos niveles aluvionares varían, desde las terrazas bajas a las altas, de pardos fersialíticos a pardo-rojizos y rojos fersialíticos; dentro de estas últimas, la más alta (+ 136 m), tiene suelos de este tipo con carácter planosólico.

La mineralogía global de los horizontes B<sub>t</sub> da valores elevados para los filosilicatos, por encima del 80 por 100, mientras que el cuarzo y los feldespatos no suelen sobrepasar el 10 por 100 cada uno. Las arcillas son sobre todo esmectitas y, en menos proporción, illitas, y después caoliníticas.

### *Valle del Manzanares*

Las terrazas del río Manzanares han sido estudiadas por numerosos autores del siglo pasado, gracias a los descubrimientos arqueológicos y faunísticos en los areneros abiertos para la explotación del árido en los alrededores de Madrid. Desde un punto de vista geológico y geomorfológico, son trabajos destacados los de PRADO (1864), OBERMAIER (1925), ROYO GÓMEZ y MENÉNDEZ PUGET (1929), y más recientemente los de RIBA (1957) y VAUDOUR (1969, 1979).

Las terrazas identificadas y cartografiadas en este estudio, además de la llanura aluvial a: + 3-5 m, alcanzan el número de 12, con alturas relativas respecto al cauce de: + 8m, + 10 m, + 12-15 m, + 18-20 metros, + 25-30 m, + 35-40 m, + 44-46 m, + 52-54 m, + 60 m, + 68-72 m, + 80-85 m, y 90-94 m. Esta secuencia de terrazas no está completa en ninguna sección transversal al Valle del Manzanares y los perfiles de interés (PÉREZ GONZÁLEZ, 1980), siempre en la vertiente derecha, son los de La Zarzuela, terrazas a: + 8 m, + 18-20 m, + 25-30 m, + 35-40 m, + 44-46 m, + 60 m, y + 68-70 m, y algunos kilómetros más al Sur el de la Casa de Campo, con terrazas a: + 8m, + 35-40 m, + 44-46 m, + 52-54 m, + 60 m, + 68-72 m, + 80-85 m, + 90-94 m, con dudas en el Cerro Garabitas. Las terrazas de + 8m., + 12-15 m, + 18-20 m, y + 25-30 m parecen estar bien representadas entre el Arroyo de los Meaques y la Depuradora de Butarque. En este sector meridional al Sur del Barrio Rosales, es muy posible que los niveles +12-15 m y + 18-20 m formen una sola unidad morfoestratigráfica, que a partir de ahora denominaremos «Terraza compleja de Butarque» (25).

Los afluentes más importantes del Manzanares por la margen derecha son el Arroyo de la Trofa, con un sistema de terrazas comprendidas entre la de + 8 m y + 44-46 m, y los Arroyos de Butarque y de los Meaques, que, aunque no tienen terrazas diferenciadas en sus márgenes, presentan sin embargo fondos de valle amplios y bien desarrollados. De la vertiente izquierda los afluentes destacados son el Arroyo de los Migueles, con

dos o tres terrazas conservadas y el Arroyo de la Gavia, con un interesante resto de terraza deformada a + 12-15 m.

Litológica y texturalmente, las terrazas del río Manzanares no son uniformes, dentro de la Hoja de Madrid. Aguas arriba del Arroyo de los Meaques, las facies características están formadas por barras de gravas y cantos subangulosos a subredondeados, de cuarzo mayoritario en los medios y altos niveles, granitoides (aplitas de grano fino preferentemente), pórfidos y feldespatos, con escasa fracción arenosa media a muy gruesa. Su potencia no sobrepasa los 2-3 m, siendo el espesor medio visto del orden de 1 a 1,5 metros.

Inmediatamente aguas abajo, las terrazas del Recinto Ferial de la Casa de Campo, las de San Isidro y carretera de Andalucía, las de Villaverde Bajo, terrazas de Gavia y la compleja de Butarque, presentan facies de arenas por lo general en tamaños medios a gruesos, moderadamente clasificados, con estructuras de estratificación cruzada planar y festoneada; estas facies arenosas de relleno de canal pueden alternar con barras de gravas y cantos, en tamaños que no suelen ser mayores a los 7-8 cm de eje mayor; su composición litológica es de cuarzo, netamente mayoritario, granitoides, sílex, sepiolita y algún carbonato. Niveles o capas arcillo-arenosas, de acreción vertical, de hasta 0,40-0,50 m, masivos de color gris verdoso y composición esmectítica-illítica, pueden intercalarse en la secuencia.

Estas terrazas alcanzan espesores considerables; según datos bibliográficos (VILANOVA, 1872; GRAELLS, 1897; ROYO y MENÉNDEZ PUGET, 1929; PÉREZ DE BARRADAS, 1926; RIBA, 1957), los cortes de cantera del nivel de San Isidro (terracea a + 25-30 m) tenían espesores de 14 a 15 m, situándose el techo del nivel a + 45 m sobre el cauce del río. Conviene, sin embargo, señalar que las terrazas en este sector pueden estar cubiertas por depósitos detríticos de origen lateral, de edad más moderna que los sedimentos aluvionares de terrazas que fosilizan.

Por otra parte, estas facies arenosas, con intercalaciones arcillosas, con escasa presencia de materiales de grano grueso, representan también a los fondos de valle del Butarque, Meaques, etc., y a los términos de llanura de inundación del río Manzanares. Potencias conocidas entre 1 y 5 metros.

La composición mineralógica de las arenas en la fracción pesada está dominada en todos los sectores por la asociación circón-epidota, y secundariamente aparecen el granate y la turmalina. En los ligeros es mayoritario el cuarzo, aunque el feldespato potásico alcanza a veces porcentajes significativos. Las plagioclasas, sin embargo, están casi siempre ausentes.

En cuanto a los suelos, señalamos la presencia de suelos pardos lavados con horizonte B<sub>1</sub> de iluviación de arcillas, aunque siempre en proporciones moderadas, en los fondos de valle de los Arroyos de Mea-

ques y Butarque y una evolución general de los suelos en las terrazas que van de los suelos pardos fersialíticos a los suelos rojos fersialíticos. Las arcillas de los horizontes de iluviación tienen una mineralogía en las terrazas más altas, principalmente esmectítica (50 por 100), mientras que en las más bajas y fondos aluviales la asociación es esmectítica-illítica. La caolinita en ningún perfil sobrepasa el 15 por 100.

Numerosos yacimientos arqueológicos y paleontológicos han sido citados y descritos, desde mitad del siglo pasado, en los areneros de las terrazas de la margen derecha del río Manzanares aguas abajo del Arroyo de los Meaques. Hoy parece imposible rescatar alguno de ellos, porque es casi seguro que la explotación continuada de los mismos durante decenios ha agotado los frentes (este es el caso probable del yacimiento de San Isidro), y además la expansión urbana de Madrid hacia el Sur, a uno y otro lado de la carretera de Andalucía, esconde debajo de sus cimientos y vertidos los escasos restos de los depósitos de terrazas conservados.

A pesar del gran número de descubrimientos paleontológicos y paleolíticos en las terrazas del Manzanares, muy pocos de entre ellos tienen valor cronoestratigráfico. Como indica QUEROL (ver informe complementario de los Yacimientos Paleolíticos del Municipio de Madrid), la recolección de la industria o de la fauna se llevó a cabo sin una preocupación por su exacta procedencia morfoestratigráfica ni su contexto arqueológico o sedimentario. A pesar de todo, revisiones modernas del material acumulado en museos y colecciones particulares han permitido una aproximación cronológica para las terrazas medias-bajas e inferiores del Manzanares.

La terraza de + 8 m presenta una industria del Paleolítico medio en sus niveles estratigráficos basales (areneros de La Parra, El Sotillo, Atajillo, Atajillo del Sastre, López Cañamero, Prado de los Laneros y Casa del Moreno). La fauna asociada (ver informe paleontológico de SOTO, areneros de El Sotillo, Atajillo del Sastre y Prado de los Laneros) está representada por: *Cervus* sp., *Equus* sp. y *Bos* sp. Edad: Pleistoceno superior.

Terraza a: + 12-15 m, contiene en el arenero de Casa del Moreno una industria perteneciente a un Musteriense típico (Paleolítico medio). Edad: Pleistoceno medio superior o Pleistoceno superior antiguo. Una industria que representa el paso entre el Achelense y el Musteriense ha sido recogida recientemente en la terraza deformada a + 12-15 m del Arroyo de la Gavia, situada en la confluencia del citado arroyo con el Manzanares.

La industria de la «Terraza compleja del Butarque», al Sur de la Hoja de Madrid, ha sido atribuida a un Achelense superior de edad Pleistoceno medio final.

Los complejos industriales y las asociaciones faunísticas más antiguas

conocidas en el valle del Manzanares se corresponden con los yacimientos situados en la terraza de + 25-30 m: Areneros de San Isidro (terracea cuyo muro se sitúa a + 28-30 m sobre el Manzanares), Los Rosales, Las Mercedes, Taller del Ferrocarril y Transfesa, estos últimos ubicados entre los kilómetros 7 y 9 de la carretera de Andalucía. Los términos fluviales inferiores de San Isidro contienen una industria perteneciente a un momento pleno del Achelense (SANTONJA, 1977), y una fauna del Pleistoceno medio compuesta por las siguientes especies: *Cervus* sp., *Bos* cf. *primigenius*, *Equus caballus* sp. y *Palaeoloxodon antiquus platyrhynchus*. Esta lista faunística queda completa con la presencia de *Praedama* sp., proveniente del yacimiento de Transfesa y del *Dicerorhinus mercki* o *D. hemitoechus* del yacimiento de Los Rosales. Edad: Pleistoceno medio avanzado o Pleistoceno medio-medio.

De los otros niveles aluviales no se conocen restos de ningún tipo, ni en el Valle del Manzanares ni en el del Jarama. Tentativamente, se ha colocado en la terraza de +68-72 m el límite del Pleistoceno medio con el inferior.

### 1.2.3. CONOS ALUVIALES, COLUVIONES Y DERRAMES (26, 30, 32)

Los conos aluviales son muy numerosos, ya que la mayor parte de los arroyos dejan en su desembocadura un depósito de este tipo. Los de mayor desarrollo son los que se encuentran en la margen derecha del Jarama asociados a los arroyos de la Plata, San Blas, de las Rejas y el de San Fernando.

La litología de estos depósitos es, en general, muy monótona, tratándose en la mayor parte de los casos de materiales arenosos o arcillo-arenosos, con algunos cantos sueltos subredondeados, como son los formados a expensas de las facies arcósicas o arcillosas miocenas, mientras que otros son de composición más gruesa por derivar en parte del desmantelamiento de las terrazas de gravas y cantos pleistocenos.

La edad de los mismos se extiende desde el Pleistoceno medio a la actualidad, encontrándose los más antiguos sobre las terrazas de la margen derecha del río Jarama, en San Fernando de Henares y en la margen izquierda del barranco Capa Negra al SO de la Hoja a una cota aproximada de + 30 m con relación al río Manzanares.

La composición de los coluviones y derrames, al igual que los conos aluviales, está también íntimamente relacionada con la litología y textura del relieve del cual proceden. Depósitos coluvionares arenosos de cierta importancia son los que se encuentran al pie de Carabanchel Alto y Leganés, o los limoso-arcilloso-yesíferos que se localizan en el escarpe de yesos que mira a la terraza de Butarque en el Manzanares, en el Batán

al E de San Fernando de Henares y en la margen izquierda del Arroyo de la Gavia y del Manzanares aguas abajo de la confluencia, con valores de la matriz del 88 por 100 de fracción fina (limo y arcilla).

Los derrames son sedimentos algo más evolucionados que los coluviones.

Depósitos del tipo derrame (30) se observan al sopié de la plataforma de Palomeras. Se trata de unas arcosas muy sueltas blanco-amarillentas (de tamaño arena media-fina) en las que se observan laminaciones paralelas y pequeños canales muy planos en los que se concentran las pequeñas gravas de caliza que contiene el depósito. Corresponden a materiales transportados por escorrentía lineal o en láminas (*rill wash* o *sheet wash*) que provienen del lavado de material fino procedente de un relieve inmediato.

En la zona de La Sevillana estos depósitos están afectados por un suelo pardo del que se conservan el horizonte de lavado y un argílico con clara estructura prismática; los minerales de arcilla que contiene este horizonte son en un 60 por 100 de esmectita, un 34 por 100 de illita y el resto de caolinita.

Las potencias de todas estas formaciones superficiales no deben alcanzar los 4-5 m de espesor. Sus edades se consideran del Pleistoceno medio, en sentido amplio, al Holoceno.

#### 1.2.4. SEDIMENTOS ASOCIADOS A LOS FONDOS SEMIENDORREICOS (29)

Las depresiones semiendorreicas se localizan en el tercio meridional de la Hoja de Madrid; en Vicálvaro-Coslada (SO de Vallecas), Abrantes, zona comprendida entre el Parque Emperatriz María de Austria y la colonia Francisco Sánchez, y en el Parque de Ingenieros al NO de Villaverde Bajo.

Estas disposiciones se encuentran siempre instaladas en los sedimentos miocenos de las arcillas verdes con sílex y carbonatos (6 y 6a), y las de Vicálvaro-Coslada y Abrantes se han desarrollado en un contexto estructural favorecido por los cambios laterales de facies terciarios que se establecen, según las zonas, entre las arenas cuarzo-feldespáticas, las arcillas verdes y las facies químicas.

Otro aspecto común a todas las depresiones es que presentan exutorios que las drenan dificultosamente y, al mismo tiempo, están alimentadas además de por las aguas pluviales, por canales de escorrentía de funcionamiento esporádico o temporal. Este dispositivo original se encuentra hoy totalmente transformado por el crecimiento urbano de Ma-

drid, especialmente en los casos de las depresiones de Abrantes y Parque de Ingenieros.

Los sedimentos asociados a estas depresiones tienen escasa potencia, un máximo conocido de 3 a 4 m en la depresión de Vicálvaro-Coslada (VAUDOUR, 1979, *o.c.*) y están constituidos por arenas medias a gruesas cuarzo-feldespáticas y arcillosas de color pardo oscuro o pardo amarillento de origen fluvial, que pueden alternar con paleosuelos arcillosos o arcillo-arenosos de color negro y pardo oscuro, pobres en materia orgánica (< 1 por 100), y con contenidos en la fracción inferior a 2 micras de altos porcentajes (> 70 por 100) de montmorillonita de neoformación; en otras ocasiones su composición mineralógica es esmectítica-illítica, acompañada por la caolinita en porcentajes que no superan el 10 por 100, en muestreos realizados en la depresión de Abrantes y al NO de La Ermita de la Virgen de La Torre, situada en el fondo de Vicálvaro-Coslada. Estos suelos arcillosos de carácter vértico presentan, en estado seco, fisuras de desecación que puedan dar origen a una estructura columnar bien desarrollada.

La edad de estos depósitos y paleosuelos ha sido atribuida por PAQUET y VAUDOUR (1974) y VAUDOUR (1979) (*ops. cit.*) a un Pleistoceno superior. Del fondo de Abrantes y del Parque de Ingenieros no se poseen datos, pero el último de ellos es, sin duda, de génesis más reciente y de edad Holoceno.

#### 1.2.5. FORMAS KARSTICAS (33)

Se desarrollan en la zona Sur de la Hoja, en relación con la aparición de las facies yesíferas terciarias (1 y 2).

Se trata de procesos de karstificación generalmente sobreimpuestos a una fase de karstificación miocena (ALBERDI *et al.*, 1983; CALVO *et al.*, 1984; HOYOS *et al.*, 1985).

Es un karst fundamentalmente externo, en el que las formas están representadas por depresiones de colapso asociadas a fracturas (Cerro del Murmullo, Alto del Retiro), en cuyos bordes se desarrollan pequeñas dolinas y formas en seudotorrecillas con un fuerte lapiaz superficial.

Las formas internas en su mayor parte no son visibles, aunque se intuye su presencia por los fenómenos de colapso que se observan en los depósitos de relleno de las formas externas.

En general, los procesos de hundimiento (depresiones) son anteriores a las seudotorrecillas y lapiaz.

Las seudotorrecillas (Canteras de Vallecas) corresponden a zonas iniciales de un karst cubierto, en el que el agua freática circula entre los materiales margo-calcáreos de la base (6a) y los yesos (1 y 2), generándose

en éstos una cavidad. Esta cavidad puede quedar al exterior por erosión de los materiales que la cubrían.

Dolinas de disolución y hundimiento: corresponden a formas cilíndricas a veces sobreimpuestas en las que los fenómenos de disolución son contemporáneos de los de hundimientos (Cumbres de Vallecas).

Fenómenos kársticos se desarrollan en los bordes de la Depresión de Vicálvaro-Coslada, exactamente en el área de Tilli, en relación con las facies yesíferas cubiertas por las arcillas verdes con carbonatos (6a).

La composición de estos rellenos, de edad Pleistoceno superior en su mayoría, son margas arenosas con cantos de carbonatos, sílex, sepiolita y yesos. Su espesor es variable, pudiendo alcanzar del orden de seis o siete metros.

#### 1.2.6. LIMOS YESIFEROS (34)

Aparecen asociados a las facies yesíferas terciarias (1 y 2) en el sector más meridional de la Hoja. Se trata de unos materiales finos en los que el análisis textural determina un 70 por 100 de tamaño limo más arcilla, concentrándose el resto en el tamaño arena fina y muy fina.

Generalmente, estos materiales se sitúan en las pequeñas depresiones y provienen de la alteración de los yesos (karstificaciones) y un transporte por escorrentía difusa, con una muy posible influencia eólica.

La potencia de estos materiales, de edad Holoceno, varía desde unos centímetros hasta dos metros como máximo en la zona del Arroyo de la Gavia.

## 2. GEOMORFOLOGIA

El área de Madrid es un territorio fisiográficamente de apariencia monótona que, sin embargo, encierra una gran complejidad evolutiva todavía no bien comprendida. Sus elementos destacados son las superficies divisorias o planicies altas, que forman las cumbres de anchas lomas (ROYO GÓMEZ y MENÉNDEZ PUGET, 1929), que parten las aguas de los dos grandes ríos que drenan la zona: el Manzanares y el Jarama. Una tercera cuenca, apenas insinuada, la del río Guadarrama, se establece en el borde Oeste de la Hoja.

Los valles, de perfiles transversales disimétricos, están constituidos por largas vertientes en sus márgenes derechas, estructuradas en glaciares y terrazas, y más cortas y a veces rápidas en su margen izquierda, como ocurre en Paracuellos del Jarama. Su explicación global hay que buscarla en un contexto regional mucho más amplio que la Hoja de Madrid, donde

las relaciones tectónicas Sierra-Depresión y el juego tardío de bloques en la misma Depresión tienen sin duda un papel preponderante frente a otros condicionantes, como pueden ser el clima, la litología o los volúmenes de sedimentos aportados por los afluentes a los ríos principales.

Por último, los cerros y mesas que, con control litológico y estructural, se sitúan en el cuarto SE de la Hoja. Estos relieves a veces acentúan su presencia por encontrarse en el límite externo de depresiones endorreicas; este es el caso del Cerro de Almodóvar (726 m), o enmarcados entre encajados valles fluviales, como le sucede al Cerro del Telégrafo (699 m).

Las altiplanicies o divisorias representan la Superficie Madrid de RIBA (1957) o las también denominadas rampas areno-feldespáticas de VAUDOUR (1979). Ambas, las que separan el Jarama-Manzanares y el Manzanares-Guadarrama, son restos muy retocados de antiguos arrasamientos coetáneos con las primeras terrazas del sistema fluvial Jarama-Henares.

Estas divisorias, labradas en las arcosas gruesas de edad aragoniense superior, están conformadas en realidad por dos niveles distintos ( $S_1$  y  $S_2$  del mapa geomorfológico), siendo el inferior, encajado una decena de metros o poco más con respecto al superior, el que alcanza hoy mayor expresión cartográfica. Estas formas aparentan ser de erosión, aunque se han localizado depósitos con transporte de origen hídrico cubriendo la alta Superficie Divisoria ( $S_1$ ), que en la Hoja tiene cotas de 739 m en el Alto de las Cruces (Divisoria de Majadahonda-Alcorcón) y de 742 m en Fuencarral (Divisoria de El Goloso-Madrid). Tanto la  $S_1$  como la  $S_2$  tienen gradientes de pendientes inferiores al 1 por 100 y, por lo general, en sentido Sur, ya que la Superficie Divisoria  $S_2$  puede presentar gradientes de pendientes en algunos sectores hacia los valles principales.

Las Superficies Divisorias forman así dos grandes ejes de direcciones submeridianas a favor de los cuales se articula, al menos, una secuencia de dos glaciares, bien de erosión o de cobertera, de edad Pleistoceno inferior y anteriores a la primera terraza del río Manzanares, que se sitúa en cotas relativas de +90-94 m, respecto a su cauce actual. El gran glaciar de Carabanchel Alto, en la margen derecha, y los retazos de los glaciares del Alto del Retiro y Alto del Espinillo, en la margen izquierda, constituyen los relieves previos a la organización definitiva de la línea de drenaje del Manzanares.

En el borde NE de la Hoja, el río Jarama construía mientras tanto un grupo de terrazas que aquí se encuentran a +136 m y +114 m, y que para RIBA (1957) serían un solo plano que denominó Superficie de Paracuellos, con depósitos comparables a los de la Raña y que equivaldría, por la época de su génesis, a la Superficie Madrid. El significado de estos términos, aquí incluimos el propuesto por VAUDOUR (1979, *op. cit.*), por lo dicho y visto en el campo, deben abandonarse por ser ambiguos y

### LEYENDA

#### TOPOGRAFIA, HIDROLOGIA Y OBRAS HUMANAS

- 673 Altitud en metros
- Corriente permanente o semipermanente
- Corriente estacional
- Corriente esporádica
- Lagos artificiales
- Canalización
- Núcleos urbanos y urbanizaciones
- Carreteras, autopistas
- Ferrocarril
- Aeropuerto
- Cantera
- Vertidos y movimientos de tierra

#### LITOLOGIA DEL SUSTRATO Y DE LAS FORMACIONES SUPERFICIAL TERCIARIO CUATERNARIO

- |    |                    |                 |
|----|--------------------|-----------------|
| Ar | Arcosas            | Cantos y gravas |
| Ac | Arcillas           | Arenas          |
| Co | Carbonatos y sílex | Limos           |
| Y  | Yesos              | Arcillas        |

#### TECTONICA Y FORMAS ESTRUCTURALES

- Fracturas
- Alineaciones morfológicas
- Basculamientos
- Estratificación subhorizontal
- Replanos y mesas

#### FORMAS FLUVIALES

- | CAUCES DEFINIDOS                     | CAUCES NO DEFINIDOS                            |
|--------------------------------------|--|
| Terrazas                             | Glacis   |
| Conos y abanicos                     | Superficies (S <sub>1</sub> y S <sub>2</sub> ) |
| Fondos de valle (llanuras aluviales) | Derrames                                       |
| Cauces abandonados                   |  |

#### FORMAS DE GRAVEDAD

- Coluviones

#### FORMAS KARSTICAS

- Dolinas

#### FORMAS POLIGENICAS

- Areas de alteración en yesos y acumulaciones de limos
- Fondos endorreicos

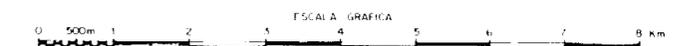
#### MORFODINAMICA

- Incisión lineal
- Zonas de drenaje deficiente
- Conos funcionales

#### SIGNOS DIVERSOS

- Pendiente: 2.5%
- Pendiente entre 2.5 y 20%
- Pendiente: 20%
- Talud de valle disimétrico
- Escarpe de terraza
- Contacto entre unidades morfológicas
- Contacto entre materiales del sustrato

AUTORES: J. L. GOY GOY (Univ. Complutense de Madrid)  
 A. PÉREZ-GONZÁLEZ (I. G. M. E., Madrid)  
 C. ZAZO CARDENA (Univ. Complutense de Madrid)



difícilmente correlacionables, ya que engloban formas y depósitos de muy distinta edad y origen.

Glacis y terrazas son los elementos morfológicos mayores, junto con los fondos y llanuras aluviales, que mejor definen la estructura de los valles. Se disponen en secuencias escalonadas siempre en menor número para los glacis, de dos a tres, según los segmentos de los valles que se consideren y son de erosión o de cobertera (con potencias de sedimentos inferiores a 3 m). Las terrazas más numerosas, nueve, se han cartografiado en el Valle del Jarama, con cotas relativas entre + 8 m y + 136 m; y 12 en el Valle del Manzanares, entre los + 8 m y los + 90-94 m, son sin duda los depósitos cuaternarios mejor representados en la Hoja. Estas, al igual que los glacis, están encajadas unas en otras, dejando ver el sustrato terciario sobre el cual se apoyan, a excepción de las más bajas, que pueden estar solapadas. Este solape puede ser característico de algunas de las terrazas del Valle del Manzanares, comprendidas entre la de San Isidro (cuya base está a + 30 m) y la llanura aluvial, aguas abajo de la confluencia del Arroyo de los Meaques. A esta situación, e inclusive a la presencia de terrazas complejas como la de Butarque, no son ajenos los cambios de facies que se establecen en esta zona, entre las arenas, arcillas y yesos, y un posible control tectónico señalado por la presencia de fracturas y una inestabilidad general en este sector del valle bajo del Manzanares. Hay que señalar varias consecuencias de esta transformación del medio litológico-estructural y tectónico: *a)* el engrosamiento de los depósitos de las terrazas; *b)* unas nuevas características texturales y sedimentológicas de las mismas que conllevan necesariamente cambios en la geometría del canal con respecto a aguas arriba y en las secuencias deposicionales; *c)* un ensanchamiento del valle, y *d)* una asimetría marcada con altos taludes yesíferos en la margen izquierda y terrazas superpuestas o en solape en el lado derecho. A todo esto hay que añadir el espectacular cambio de dirección del río Manzanares de NO-SE a E-O que parece justificar una captura fluvial por un arroyo afluente del Jarama (RIBA, 1957) en tiempos anteriores a la terraza de San Isidro.

Las depresiones semiendorreicas y las formas kársticas son morfotipos también característicos de Madrid. VAUDOUR (1979) ha estudiado detenidamente los fondos semiendorreicos situados entre el Sur de Madrid y La Sagra. Estas formas poligénicas pueden presentar un modelo de disección complicado. Originalmente parecen estar relacionadas con cambios laterales de facies, fenómenos kársticos o tectónicos, según los casos, y en su génesis han podido intervenir tanto la erosión eólica como la hídrica. La más grande de todas ellas en la Hoja de Madrid es la de Vicalvaro-Coslada, con unos 3 Kilómetros cuadrados de superficie. En otras zonas, en especial las que se encuentran inmediatamente al Sur de Madrid, bien en arcillas verdes o en los glacis con cobertera areno-feldes-

pática, se han desarrollado áreas de drenaje deficiente, favorecidas por las nulas o bajas pendientes, una litología del sustrato adecuada o suelos con horizontes argílicos suficientemente marcados.

En cuanto a las formas kársticas, hay que decir que no son muy abundantes, limitándose al área de influencia de los yesos masivos y tableados, donde se han producido procesos de karstificación que han dado lugar a chimeneas de colapso (Cumbres de Vallecas), pseudotorrecillas (Canteras de Vallecas), dolinas de disolución y hundimiento (Cerro Murmullo), y otras formas de disolución que no tienen representación por su extensión, como pueden ser lapiaces, cuevas, canales, viseras, etc.

Otros elementos sobresalientes de Madrid son las formas estructurales que están condicionadas, en primer lugar, por niveles resistentes a la erosión, como son las calizas dolomíticas, los niveles de sílex y los carbonatos silicificados, que originan mesetas de bordes definidos, en algunos casos, y en otros (Cerro de Almodóvar y Cerro del Telégrafo) morfologías cónicas de techo plano y contorno más o menos circular, con vertientes regularizadas y de mayor pendiente que el contexto general del que destacan como relieves residuales, relacionados en un principio con las Superficies Divisorias.

En segundo lugar, por la reactivación de fallas durante el Cuaternario que originan aspectos geomorfológicos típicos, como pueden ser el desarrollo y el límite espacial de algunas formas, los cambios bruscos de la red de drenaje, la adaptación de algunos cauces a alineaciones tectónicas, las inflexiones rápidas del perfil longitudinal de los arroyos de segundo o tercer orden como consecuencia del levantamiento del área mediante impulsos sucesivos, los fuertes escarpes que limitan las zonas de fallas, etcétera.

Estos hechos están representados, principalmente en el cuadrante SE, donde se pueden apreciar basculamientos evidentes de los glaciares al Sur del Cerro de Almodóvar (Alto del Retiro, Canteras de la Cañada, Cerro del Murmullo), como consecuencia de la reactivación de una red de fallas que afectan a estas formas. En el Arroyo de la Gavia, la terraza de + 12-15 metros, situada en la margen derecha, próxima a la confluencia con el Manzanares, está basculada, plegada y con desplazamientos en la vertical de la zona de contacto interno con la pared yesífera que la limita, mientras que en la margen izquierda se encuentran escarpes muy acusados por levantamiento de este bloque, dado que el valle del Arroyo de la Gavia se ajusta a una muy probable fractura de dirección NE-SO. Este mismo control, por fractura pero de dirección NO-SE, es el que tiene el Río Manzanares casi en el borde Sur de la Hoja. En este área, al SE de los Llanos de Murcia, se aprecian también cambios bruscos en el perfil longitudinal de los arroyos secundarios, dejando valles colgados característicos.

En otras zonas se producen alineaciones morfológicas de posible origen tectónico, que inciden en las direcciones preferentes de segmentos de algunos valles, tales como los de los arroyos de los Migueles, Valde-culebras y la Trofa.

Modelan definitivamente el territorio las torrenteras y arroyos que al final de su recorrido abandonan los conos aluviales en general de tamaño y espesores reducidos. Estas formas, algunas de ellas hoy funcionales, alcanzan su mayor desarrollo cuando se establecen sobre las amplias terrazas bajas o las llanuras aluviales de los grandes ríos Jarama y Manzanares. Derrames, depósitos coluviales y limos yesíferos que se acumulan en pequeñas depresiones, todos ellos de escaso interés, cierran el abanico de formas y formaciones superficiales recientes de la Hoja de Madrid.

Por último, señalar que todos estos factores, litológicos, estructurales, tectónicos..., así como los procesos fluviales, eólicos, kársticos, edáficos..., que han modelado la región de Madrid han estado condicionados por un medio climático poco contrastado, de tipo mediterráneo, durante todo el Cuaternario, donde los procesos de alteración (VAUDOUR, 1979) no han sido profundos, sin duda por la escasez relativa de las precipitaciones y la continentalidad del territorio.

### **3. TECTONICA**

El territorio de la Hoja de Madrid se emplaza íntegramente en la denominada Cuenca del Tajo, o Cuenca de Madrid, según los diferentes autores. Dicha cuenca corresponde a una de las grandes zonas subsidentes intracontinentales, de Edad Terciaria, que ocupan el interior de la Península Ibérica. En propiedad, estas cuencas no representan verdaderas fosas tectónicas pues su desarrollo coincide con una deformación comprensiva global de la Península Ibérica durante el Terciario, cuyo resultado es la estructuración de relieves positivos, como el Sistema Central, y zonas subsidentes (VEGAS y BANDA, 1982).

Dentro de esta cuenca de sedimentación el área de Madrid está situada en las proximidades de su borde septentrional, enmarcado por el Sistema Central. Este borde aparece como una línea de mayor actividad frente a los esfuerzos tectónicos que produjeron la deformación causante de la elevación del Sistema Central y la subsidencia de la cuenca. Como consecuencia de este proceso el depocentro de la cuenca se sitúa, para los tiempos aragoneses, muy excéntrico en las proximidades del borde septentrional, con las consiguientes implicaciones en cuanto a la distribución de las diferentes facies y sus relaciones espaciales, tal como se describe en otros capítulos de esta memoria.

Debido a la naturaleza de los sedimentos detríticos del área de Madrid, esta tectónica frágil no se manifiesta en superficie, aunque una cierta transparencia se refleja en la jerarquización de los arroyos en las facies arcósicas, tal como se señala más adelante. No obstante, esta tectónica de fractura, concomitante con la deformación de los materiales del basamento en las áreas de relieve positivo, se observa en ocasiones en los materiales más rígidos del centro de la cuenca (CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS, 1978), e incluso dentro de la Hoja de Madrid, donde la proximidad a la superficie de las facies yesíferas permite la delimitación de algunas de estas fracturas, como ejemplifican las observadas en la depresión morfológica de Vicálvaro.

En este contexto es preciso situar también las deformaciones de gran amplitud descritas en algunas zonas de la cuenca de Madrid (CAPOTE y CARRO, 1968; VEGAS *et al.*, 1975; CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS, 1978). Estas deformaciones representan zonas donde los sedimentos terciarios adquieren una cierta estructuración en pliegues muy amplios que pueden extenderse a otras zonas donde su identificación resulta más compleja. Este es el caso de la zona noroccidental de la Hoja de Madrid, donde existen ligeras inclinaciones de las capas arcósicas, con buzamientos de mínima entidad hacia el S-SO en el campo, aunque observables en fotografía aérea. La existencia de estas suaves inclinaciones tienen como consecuencia que el contacto entre los distintos ciclos dentro de la unidad arcósica presente en este área se sitúe a cotas ligeramente variables. Ello tiene además implicaciones en la génesis de algunas morfologías como, por ejemplo, vaguadas con vertientes disimétricas, en esta zona NO de la Hoja (colinas de la zona del Cerro de Garabitas, en la Casa de Campo).

A estas deformaciones regionales es preciso sumar otro tipo de deformaciones, mucho más locales, puestas de manifiesto únicamente por criterios geomorfológicos. Estas deformaciones condicionan o trastocan depósitos de terrazas y glacis produciendo basculamientos o interrupciones. Este es el caso de la red de fallas NO-SE y NE-SO que se deducen del basculamiento de los glacis del Cerro del Murmullo y de El Alto del Retiro, al Sur del Cerro de Almodóvar.

Una definición a gran escala de estas deformaciones adscritas a la tectónica regional es el análisis de la disposición general del drenaje, — que se confirma como uno de los escasos métodos de establecer una relación entre morfoestructura y tectónica. En este sentido, la disposición sensiblemente paralela de los colectores principales, Manzanares y Jarama, así como de los cauces de segundo orden, arroyos de La Castellana y del Abroñigal (ocupados por dos importantes vías de comunicación, Castellana-Paseo del Prado y M-30, respectivamente), indica una cierta transparencia de fracturas de dirección N-S delimitadoras de bloques principales. Esta jerarquización de la red de drenaje es causante de la

disposición de los interfluvios principales que constituyen las rampas de Griñón, al Oeste de la Hoja, y de Fuencarral, al Este. Por su parte, los arroyos tributarios de estos cauces se disponen sensiblemente en dirección E-O (arroyos de Aluche, Butarque, La Gavia y Los Migueles), con una cierta disposición en candelabro. Este sistema de fracturación E-O, deducido de la disposición geométrica de los afluentes del Manzanares, completa el mosaico de bloques cuya transparencia a través de la cobertura sedimentaria es posible detectar. Además de esto, la disimetría de los valles del Manzanares y sus afluentes puede quedar explicada por las inclinaciones anteriormente apuntadas en los materiales arcósicos.

En este contexto, el cambio brusco en orientación del cauce del Manzanares al Sur de Villaverde puede explicarse de una manera coherente en la adaptación al sistema N-S de fracturas en su tramo más septentrional y una subsiguiente adaptación al sistema E-O a partir de Villaverde, no descartándose un posible fenómeno de captura (RIBA, 1957). En este sentido, es preciso recordar la complicación del valle inferior del Manzanares en la zona de la desembocadura en el Jarama. Esta complicación morfológica podría explicarse por la adaptación a la zona de deformación amplia de los materiales terciarios correspondiente al denominado sinclinal de Los Gózquez, observable en la Hoja de Getafe (VEGAS *et al.*, 1975).

## HISTORIA GEOLOGICA

La Hoja de Madrid forma parte del área centroseptentrional de la Cuenca del Tajo, separada del Sistema Central colindante por medio de una gran zona de fractura que ha funcionado durante largo tiempo, condicionando la evolución interrelacionada de ambas unidades. La sucesión de acontecimientos que constituye dicha evolución, en especial durante tiempos geológicos recientes, ha dado lugar a las características litológicas y morfoestructurales del entorno madrileño que, desde este punto de vista, deben ser consideradas siempre dentro de su contexto regional, y nunca como fenómenos aislados.

La individualización dentro del borde oriental del Macizo Hespérico del Sistema Central como bloque levantado, área fuente de sedimentos detríticos, y de la Cuenca del Tajo como zona de hundimiento, receptora de éstos y de los suministrados por la erosión de los demás relieves circundantes, es un fenómeno que se produjo a partir del Terciario inferior (PORTERO y AZNAR, 1984), como consecuencia de la reactivación alpina de los desgarres producidos durante las últimas etapas hercínicas en el citado macizo. Esta reactivación fue contemporánea de compresiones

tardías transversales a la directriz de la Cadena Celtibérica, que forma el borde NE de dicha cuenca, relacionadas con etapas de convergencia entre las placas euroasiáticas y africanas. Existen antecedentes de esta individualización a partir del Cretácico superior (ALONSO y MAS, 1982; PORTERO y AZNAR, 1984), sin que éstos desembocasen en una tectónica del borde fracturado tan importante como la desarrollada con posterioridad, ni se reflejasen con la intensidad de ésta en la distribución de los sedimentos correlativos que rellenan la Cuenca del Tajo, que en este modelo se comporta como una cubeta molásica (SAN JOSÉ, 1975a) marginal al plegamiento del Aulacógeno Celtibérico (ALVARO *et al.*, 1979), de eje ortogonal o ligeramente oblicuo al de éste.

El relleno sedimentario de dicha cubeta se produjo a partir del dismantelamiento de los materiales que forman los macizos montañosos y rampas de erosión de los bordes de la cuenca. Este relleno está formado por depósitos clásticos inmaduros (arcosas), arcillas y carbonatos con sílex y sepiolita, y yesos y margas yesíferas con niveles salinos, que afloran según bandas groseramente concéntricas hacia el interior de la cubeta, de acuerdo con el esquema clásico de distribución horizontal de facies «de borde», «intermedias» y «centrales» en una cuenca continental endorreica árida (RIBA, 1957; CAPOTE y CARRO, 1968; SAN JOSÉ, 1975a; VEGAS *et al.*, 1975; ALBERDI *et al.*, 1983; JUNCO y CALVO, 1983). Este esquema se complica en la vertical debido a la existencia de episodios separados por discontinuidades internas, en los que las facies «de borde» progradan sobre las «intermedias» y éstas sobre las «centrales» (SAN JOSÉ, 1974, 1975b; LÓPEZ VERA, 1975; *etc.*), y a las variaciones en la composición litológica y energía del relieve de los bordes de la cuenca, que influyen localmente en las características de sus sedimentos correlativos.

Dentro de este relleno, en la zona abarcada por la Hoja de Madrid se superponen tres episodios tectonosedimentarios, representados por tres grupos o conjuntos de unidades litológicas genéticamente interrelacionadas, depositadas durante un mismo lapso de tiempo, bajo unas condiciones macroclimáticas comunes, y separados dichos grupos por discontinuidades —desde discordancias erosivas hasta paraconformidades— de los infra y suprayacentes. Cada uno de estos grupos cumple además, en este caso, la regla de ser extensivo sobre su sustrato, progradando hacia el interior de la cuenca; esta extensividad puede afectar también a las unidades litológicas dentro de cada grupo, unas con respecto a otras. En definitiva, cada uno de estos grupos corresponde también a un episodio de la Historia Geológica de la cuenca, y sus límites tienen una interpretación paleogeográfica concreta.

El grupo inferior está constituido por un conjunto de unidades litológicas interrelacionadas mediante cambios laterales de facies, que se disponen según el modelo horizontal descrito al principio; hacia el centro

de la cubeta (SE de Madrid) aparecen yesos masivos (1) originados por transformación diagenética de sedimentos originalmente anhidríticos depositados en el interior de lagos salinos más o menos permanentes bajo clima cálido y árido. Estos yesos pasan lateralmente y hacia arriba a yesos tableados (2) alternando con arcillas, que corresponden a zonas más someras pero siempre inundadas. Estas, a su vez, pasan a arcillas y arenas micáceas (3) con niveles de carbonatos (7) y de sílex (10), depositadas en marjales del litoral lacustre atravesados por canalillos fluviales, con zonas edafizadas más o menos permanentemente emergidas. Por último, estos depósitos evolucionan lateralmente a arenas arcósicas con niveles de limos y arcillas (4), sepiolita (5), carbonatos y sílex, que representan las facies de pendiente y distales edafizadas de abanicos torrenciales que descargaban los detritus de la erosión de los bordes de la cubeta en el interior del «bolsón» endorreico. Las asociaciones vegetales y animales cuyos restos se han identificado en este grupo sugieren un paisaje peritropical árido y cálido, con depresiones ocupadas por una estepa herbácea estacional, lagos salinos más o menos permanentes con marjales ribereños inundados durante las cortas épocas de lluvias, donde desembocarían canales más o menos efímeros, bordeados de freatofitas. Estos canales representarían el drenaje mixto superficial-subterráneo de la orla externa de abanicos aluviales coalescentes que formaban una rampa aluvial con vegetación durilignosa que se extendía hasta el borde de los macizos montañosos circundantes, cubiertos de bosques claros mixtos de coníferas y caducifolios. La presencia distante de palmerales permite comparar este ambiente al paisaje perimediterráneo actual del SE de la Península.

La discontinuidad erosiva que separa a este grupo del siguiente (SAN JOSE, 1975 a y b; ALBERDI *et al.*, 1983) corresponde a un cambio climático coincidente con un importante aumento en el nivel de energía de la cuenca, debido a una reactivación tectónica del marco montañoso (Fase Neocastellana de AGUIRRE *et al.*, 1976) confirmada por la brusca progradación de arcosas sobre arcillas con yesos del grupo inferior, al E de la Hoja (San Fernando de Henares). La paleokarstificación de los yesos masivos de dicho grupo bajo esta discordancia (CALVO *et al.*, 1984) confirma la existencia del citado cambio, hacia un clima con mayor humedad estacional —o con mejor distribución anual de dicha humedad— más próximo a las condiciones actuales, pero todavía relativamente árido y con drenaje interno. En función de las faunas que aparecen por encima y por debajo de ella, esta discontinuidad puede situarse cronológicamente hacia la parte inferior del Aragoniense medio, y al S de la Hoja (Cumbres de Vallecas) viene precedida por una interrupción local que separa a los yesos masivos de los tableados suprayacentes, mediante una intercalación de arcillas que parecen rellenar un paleorrelieve previo.

Sobre la discontinuidad mencionada más arriba y hacia el centro de la cuenca (SE de la Hoja), el grupo intermedio comienza con lutitas «caki» y yeso-arenitas (8) que rellenan las depresiones del paleorrelieve construido sobre el grupo inferior, y que tienen el significado de paleosuelos arrastrados y mezclados con arenas yesíferas procedentes de la erosión del sustrato, con charcas residuales en las que cristalizaban salmueras selenitosas. Por encima, alternan carbonatos generalmente dolomíticos tableados, con seudomorfos de yeso, y arcillas gris-verdosas laminadas (9), a veces bioturbadas, que representan desde medios pantanosos salobres o lacustres someros a llanuras de fango estacionalmente desecadas, pasando lateralmente a arcillas con carbonatos, margas, sílex y arenas micáceas (6), que aparecen en alternancias complejas, con abundante bioturbación vegetal y por fauna, restos de materia orgánica y secuencias edáficas. Estas características, junto con la fauna de vertebrados herbívoros de clima cálido, indican un paisaje de borde de lagunas someras con agua de composición alcalina y zonas pantanosas con esteros, canales efímeros y zonas de arroyada, probablemente por delante y más allá de la orla externa de abanicos aluviales, todo ello bajo clima subárido o mediterráneo continental seco. Estos materiales pasan lateralmente hacia el N a arenas arcósicas pardas arcillosas que alternan con arcillas pardas o limos (4) en secuencias granodecipientes que a veces culminan en paleosuelos vérticos enrojecidos. Esta asociación litológica representa las facies medias y distales de dichos abanicos aluviales, en las que el tamaño de grano aumenta hacia el N, coincidiendo con la mayor proximalidad de las facies, mientras que a techo de la unidad y hacia el SE aparecen niveles de sílex (10), de origen edáfico, en asociación con carbonatos y arcillas de tipo esmectitas. Estas arcosas aparecen en contacto brusco y dando resalte morfológico sobre las arcillas verdes del sustrato en la zona centro-oriental de la Hoja; localmente este límite está representado por una cicatriz erosiva rellena de gravas canalizadas que dan paso a arcosas de grano fino y arcillas pardas, con algún nivel de arenas micáceas, de carbonatos (7) y de sepiolitas (10), explotadas comercialmente. Dicho límite coincide con una brusca progradación relativa de las facies proximales e intermedias hacia el centro de la cuenca, observable a escala regional (SAN JOSÉ, 1974, 1975 a; AGUIRRE *et al.*, 1976; JUNCO y CALVO, 1983) que queda confirmada por la presencia de arcosas junto con carbonatos y arcillas sepiolíticas sobre arcillas verdes con yesos del grupo inferior y bajo las arcillas con arenas micáceas, margas y sílex del intermedio, en San Fernando de Henares.

La distribución de facies y las características de los materiales de este grupo, en comparación con los del inferior, indican un paisaje de características bastantes similares al de éste, bajo clima cálido aunque progresivamente menos árido, como atestigua la fauna encontrada, coincidiendo

do también con una progresiva retracción de la zona lacustre alcalina hacia el centro de la cuenca. En este contexto, los niveles de sepiolita y de sílex y carbonatos en relación con arenas arcósicas indican ambientes palustres o zonas temporalmente anegadas, y áreas edafizadas próximas a ellos, cerca del límite entre la orla externa de la rampa arcósica y la zona lacustre central de la cuenca, rodeada de marjales y de áreas con bosque bajo ribereño.

En función de la fauna encontrada, este grupo se sitúa cronológicamente dentro del Aragoniense medio, llegando a alcanzar en el techo la parte baja del Aragoniense superior.

Una nueva discontinuidad, que corresponde a una discordancia erosiva cuya cicatriz basal se observa en numerosos puntos de la Hoja, y que profundiza sobre la unidad arcósica anterior tanto más cuanto más al SE de Madrid, separa al grupo intermedio del superior. Esta discontinuidad representa un brusco avance extensivo de las facies más proximales, relativamente, sobre más distales, lo que atestigua una importante reactivación tectónica del borde cristalino, con aumento de energía y capacidad de carga de las corrientes de agua procedentes de dicho borde. La edad deducida para esta discontinuidad, en función de las faunas encontradas sobre y bajo ella, está próxima al límite entre el Aragoniense medio y el superior, pero dentro de este último.

Sobre la discontinuidad anterior, dentro del Mioceno de la Hoja de Madrid, se distingue un grupo superior caracterizado por la presencia de arcosas gruesas (11) de tonos pardos algo anaranjados, con niveles de cantos de rocas plutónicas y filonianas, cuarcita y cuarzo, en niveles masivos o alternando en secuencias granodecrescentes con arcosas más finas, limos arcósicos e incluso paleosuelos vérticos enrojecidos semejantes a los del grupo anterior. Estas arcosas dan lugar, debido a su carácter masivo, a los escarpes morfológicos típicos de la zona central de Madrid, en especial a lo largo de la margen izquierda del Manzanares, y en las cuestas que aparecen en los alrededores de La Castellana y M-30 Este. Paleogeográficamente, este material, muy inmaduro textural y composicionalmente, corresponde a facies proximales e intermedias de abanicos aluviales; sólo excepcionalmente al Sureste de la Hoja (Cerro Almodóvar) aparecen facies distales de arcosas finas y limos arcósicos con sílex (10), esmectitas y sepiolitas, así como con carbonatos edáficos asociados a éstos o intercalados entre las arcosas formando calcretas y enrejados fósiles. La interpretación paleogeográfica de estos materiales es, como en el grupo anterior, de áreas edafizadas y ambientes palustres alcalinos de clima cálido y cada vez más húmedo, en el límite entre la orla exterior de la rampa aluvial y zonas próximas anegadas temporal o permanentemente.

La depresión morfológica de Coslada-Vicálvaro y sus recubrimientos

cuaternarios impiden observar el paso lateral de las arcosas de este grupo superior a las arcillas verdes con carbonatos, arenas micáceas y sílex (6), semejantes a las del grupo intermedio y que representarían un ambiente paleogeográfico similar al de aquéllas. Esta unidad pasa vertical y lateralmente a calizas y dolomías lacustres alternando con arcillas verdes bioturbadas (9), que culminan en paquetes masivos de carbonatos dolomíticos silicificados y arcillas sepiolíticas, que indican un brusco descenso en la salinidad del agua, en relación con un cambio climático progresivamente acelerado en el sentido de mayor humedad estacional. Este acontecimiento podría quizá correlacionarse con una discontinuidad erosiva observable en la parte alta de las arcosas superiores de Paracuellos, estación de Hortaleza y Fuencarral, que representa una brusca progradación de facies de abanico aluvial más proximales, de color rojizo, sobre intermedias masivas pardos anaranjadas, con un episodio previo de escasa persistencia lateral.

A partir de estos datos podemos suponer que los materiales del grupo superior del Mioceno de Madrid se depositaron dentro de un contexto paleogeográfico semejante al del grupo anterior, tras una reactivación tectónica de los bordes de la cubeta que dio como resultado un mínimo en la extensión de la zona lacustre central. Con posterioridad, el aumento estacional de la pluviometría unido a la nivelación erosiva de los relieves marginales provocaron el avance «transgresivo» de esta zona lacustre sobre los marjales ribereños, que se transformaron en esteros poco profundos rodeados de vegetación arbustiva y herbácea, lindante con la sabana formada por la rampa aluvial al pie de los relieves circundantes, habitada por micromamíferos, ungulados y grandes quelonios. En función de esta fauna, la edad deducida para este grupo es Aragoniense superior en sentido amplio, en cualquier caso, pre-Vallesiense.

Dada la ausencia en la Hoja de Madrid de materiales miocenos más modernos que los anteriores, sólo podremos conocer la evolución paleogeográfica de esta zona durante el período comprendido entre el Aragoniense superior y el Plio-Cuaternario, a partir de datos procedentes de Hojas limítrofes. De ellos se deduce que, tras una reactivación tectónica de los relieves marginales coincidente con un cambio climático, que dieron lugar a una discordancia erosiva de valor variable, se depositaron conglomerados y arenas fluviales seguidos de calizas lacustres de agua dulce («Serie del Páramo» de SAN JOSÉ, 1975 a, b; Unidad Superior del Mioceno, de ALBERDI *et al.*, 1983), extensivas sobre el sustrato e incluso sobre los bordes de la cubeta. Este episodio señala el inicio del exorreísmo de la cuenca y una nueva nivelación erosiva de dichos relieves, en clima cálido y relativamente más húmedo.

Asimismo, en sectores próximos a la Hoja de Madrid se reconoce que tras una etapa de deformación que reactiva el marco montañoso y da

lugar a pliegues, abombamientos y fracturas en los materiales miocenos (SAN JOSÉ, 1975 b; CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS, 1978) y que corresponde a la Fase Iberomanchega I, definida por AGUIRRE *et al.* (1976) y PÉREZ-GONZÁLEZ (1979, 1982), se produce un arrasamiento que es general en toda la Meseta, bajo clima contrastado y, al menos, estacionalmente más árido. Sobre esta superficie de erosión se depositaron en zonas próximas arenas, gravas y arcillas de origen fluvial, con encostramientos, típicos de un clima mediterráneo cálido, desde árido a subhúmedo o húmedo.

Tras un nuevo episodio de deformación, que corresponde a la Fase Iberomanchega II de AGUIRRE *et al.* (*op. cit.*), seguida de arrasamiento, se acentúa el basculamiento general de la Península hacia el SO. Sobre las superficies erosivas generadas a partir de este basculamiento, aunque con fuerte influencia local, se instalan los mantos aluviales de las «rañas», que marcan el comienzo de la sucesión de episodios áridos frescos y templados más húmedos, precursores del clima actual. Durante las etapas más tempranas de esta evolución y durante la génesis de las primeras terrazas de los ríos principales se generan amplias «Superficies Divisoria» que separan los ejes principales de drenaje; entre éstas se encuentra la llamada «Superficie de Madrid».

Con posterioridad, la red fluvial se encaja progresivamente en sucesivos episodios de incisión, ensanche y relleno, dando lugar a un conjunto de terrazas escalonadas y glacis construidos topográficamente por debajo de las citadas Superficies Divisoria, y que son los que caracterizan la morfología actual de la Hoja de Madrid.

## 5. GEOLOGIA ECONOMICA

La actividad minera dentro de la Hoja de Madrid aparece centrada en la extracción de diversos tipos de rocas y minerales industriales en cantera. Son numerosas las labores de extracción tanto en los alrededores del casco urbano, como en la zona más meridional. Muchas de ellas están en la actualidad abandonadas y tan sólo una docena, de las cuales la mitad corresponde a la explotación de sepiolita, son activas (*Inventario de rocas industriales de la provincia de Madrid*, IGME, 1982).

La extracción de rocas industriales tiene una fuerte tradición dentro del área de Madrid, fundamentalmente relacionada con las arcillas («gredas» del barrio de La Celsa hasta Villaverde; tejares del Puente de Vallecas, Vicálvaro, Carabanchel, La Elipa, Barrio del Progreso, Mirasierra), y yesos (pueblo de Vallecas y zona de Cumbres). Además de estos materiales se explotó con bastante intensidad el sílex o pedernal en diversos niveles, tales como la parte superior del Cerro de Almodóvar o los bancos incluidos dentro de las arcillas verdes con carbonatos (Peñuelas) del

Sureste del término. La sepiolita, erróneamente denominada por autores antiguos como «magnesita», fue usada desde el siglo XVIII para la fabricación de cerámica, aunque su explotación de forma regular y destinada a la manufactura de productos muy diversificados no tiene lugar hasta épocas recientes.

El fuerte desarrollo del área metropolitana de Madrid ha conducido en las últimas décadas a un importante incremento de la extracción de materiales de cantera utilizados en la construcción. Gran parte de éstos proceden, sin embargo, de áreas limítrofes con esta Hoja. Así, las arenas y gravas usadas como áridos para hormigón proceden esencialmente de las terrazas y aluviales de los ríos Jarama y Manzanares, situándose las labores más importantes fuera del municipio, en los términos de Getafe, Arganda, Velilla de San Antonio o Mejorada del Campo. Dentro de la Hoja existen algunas canteras abandonadas en los alrededores del Aeropuerto de Barajas en niveles de terraza. La extracción de arenas («arena de miga») se realiza también a partir de niveles de arcosas, estando activa una cantera en la carretera del pueblo de Barajas (Alameda de Osuna) y otra en la parte Oeste de la Hoja, próxima al Ventorro del Cano.

La extracción de las arcillas, muy abundantes en la mayor parte de las unidades litoestratigráficas que constituyen la geología de Madrid y cuya importancia anterior testimonian las numerosas cerámicas abandonadas, aparece en la actualidad relegada a una cantera en el área de Vicálvaro (Portland), destinándose las arcillas a la fabricación de cemento. Se han explotado arcillas en los niveles de cambio lateral de los yesos hacia el Norte (Cerámica del Río, Canteras de La Celsa, San Fernando de Henares), dentro de las facies de arcillas verdes y, de forma intensa, en las intercalaciones arcillosas («tosco») incluidas en las arcosas (Cerámica de Mirasierra, Cerámica de Valderribas, etc.).

Existen numerosas canteras de yeso en todo el área Sur y Sureste de la Hoja de Madrid, particularmente en los alrededores del pueblo de Vallecas (Canteras de Vallecas) y en las inmediaciones de la carretera N-II (área de Cumbres de Vallecas y Arroyo de los Migueles). La práctica totalidad de estas canteras están en la actualidad abandonadas y tan sólo dos son activas, destinando el producto extraído a la fabricación de aglomerantes para uso en la construcción.

El peso de la actividad minera con destino al sector de la construcción dentro del término de Madrid ha sufrido un fuerte retroceso en los últimos años en relación con los materiales destinados a otros sectores. En la actualidad, la sepiolita extraída en la zona de Vicálvaro-Coslada constituye, tanto por su volumen de extracción (350.000 Tm/año) como por su valor de producción (4.300 millones de pesetas), *Estadística Minera* (1984), el principal mineral industrial del área, comercializándose en una amplia variedad de productos. La sepiolita se explota a cielo abierto en

varias canteras, transportándose posteriormente a una planta de tratamiento situada en la base Sur del Cerro de Almódovar. Las canteras de sepiolita de este Cerro, ilustradas en la literatura paleontológica de Madrid por los restos de vertebrados encontrados en ellas, se encuentran inactivas desde hace más de veinte años. El litotecto de la sepiolita extraída en Madrid corresponde a las facies más distales de los abanicos arcóscicos procedentes del Sistema Central (facies de orla de abanicos), en el tránsito a zonas palustres más internas dentro de la cuenca. Asimismo, la sepiolita aparece asociada a niveles de carbonatos (7) de la unidad de arcosas y arcillas (4).

Como resultado de la importante actividad extractiva anteriormente señalada, hay que señalar como aspecto negativo el fuerte impacto ambiental sufrido por amplias zonas dentro de la Hoja de Madrid. La superficie disturbada puede evaluarse en casi un 7 por 100 del área total del término (ORDOÑEZ *et al.*, 1981) aunque, lógicamente, este efecto aparece concentrado preferentemente en sectores muy concretos (caso de las explotaciones de yeseras en la zona sur). Además de la cantidad del área disturbada, la problemática se centra en las posibilidades de rehabilitación natural que, por ejemplo, en el caso de los yesos, bajo las condiciones climáticas de la región, son muy escasas. Se hace, por ello, necesaria la puesta en práctica de una normativa y planificación tendentes a asegurar la recuperación de estas zonas y su utilización posterior para otros fines.

## **6. RECURSOS GEOLOGICO-CULTURALES: PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO E ITINERARIOS**

Se definen como recursos geológico-culturales aquellos elementos geológicos o relacionados directamente con la geología, que además de definir y caracterizar la historia geológica de una determinada región, pueden tener un uso didáctico, científico, turístico o económico. Su carácter singular y, en muchos casos, irrepetible, obliga a considerarlos como parte importante del Patrimonio Natural de una región.

Para que su utilización redunde beneficiosamente sobre diferentes colectivos (científicos, escolares, etc.) es preciso, además de su inventario y estudio, la definición de niveles y áreas de protección, así como promover su conservación y difusión.

En el área de Madrid se ubica una amplia gama de elementos geológicos singulares que definen:

- Los rasgos generales de la base geológica (litoestratigrafía y geomorfología),

- El abundante patrimonio arqueológico y paleontológico, ya conocido desde los primeros hallazgos a principios del siglo XIX.
- Aspectos derivados de la utilización por el hombre de su medio físico y que se relacionan con la geología aplicada (minería, hidrogeología o geotecnia) y con la geología ambiental.

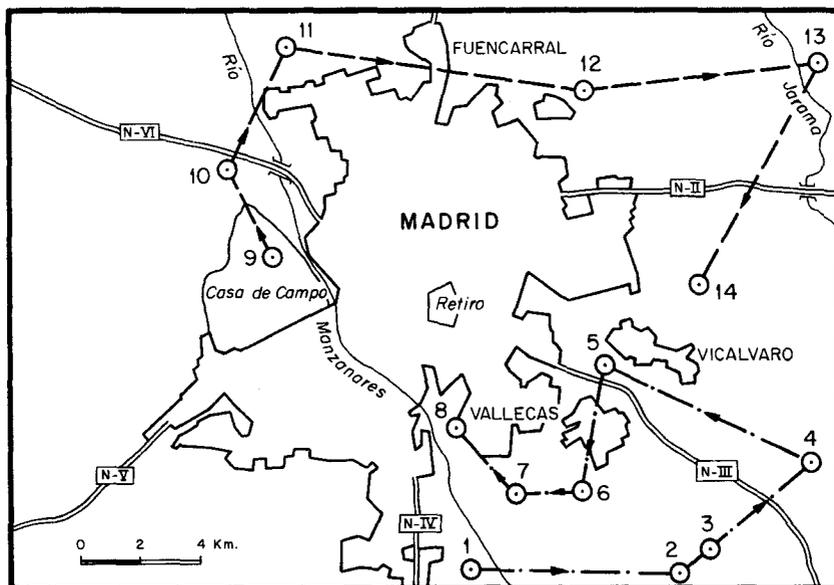
El aprovechamiento con fines didácticos o científicos de los rasgos geológicos del área de Madrid tiene antecedentes valiosos en las guías geológicas publicadas entre los años 1885 y 1887 en el *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza* (DE LOS RÍOS, 1885; QUIROGA, 1886, 1887), modélicas en cuanto a la consideración de la geología y el medio físico como recurso didáctico y cultural. Otras publicaciones y trabajos en sentido análogo son, entre otros, los de PÉREZ DE BARRADAS *et al.* (1921); PÉREZ DE BARRADAS (1924); HERNÁNDEZ-PACHECO *et al.* (1921, 1926); VIDAL PARDAL (1963); AGUIRRE *et al.* (1974); VIDAL BOX (1976); MELÉNDEZ *et al.* (1979); VILLARROYA (1981); ROIZ (1983); ANGUITA *et al.* (1983) y COMAS-RENGIFO (1984).

La valoración de los recursos geológico-culturales de la Hoja de Madrid queda referida a su interés estratigráfico, geomorfológico, petrológico, paleontológico, arqueológico, geológico-aplicado o medioambiental, definiéndose en función de esta valoración puntos de interés geológico (IGME, 1978) sobre los que se han diseñado los itinerarios geológicos propuestos. Además del valor intrínseco de todos estos puntos, algunos de ellos son, además, importantes cornisas singulares sobre los dominios de la Depresión y la Sierra Madrileña, permitiendo excelentes visualizaciones del paisaje, análisis de los elementos geológicos mayores e interpretaciones fisiográficas y medioambientales.

Una información suficiente de las características geológicas y el patrimonio natural geológico puede ser obtenida con la realización de los siguientes itinerarios (fig. 3).

*Itinerario Norte:* Cerro Garabitas (9), Fuente del Rey (10), Estación de Pitis (11), Cerro de la Hinojosa-NE de la Fríscola (12), Cerro de los Guardias (13), Vicálvaro (14)

Constituye un itinerario multidisciplinar en la zona Norte de la Hoja, dominada por las facies arcóscicas, donde se combinan aspectos hidrogeológicos (Fuente del Rey) y económicos (explotaciones de sepiolita en Vicálvaro), con rasgos litoestratigráficos (contacto entre las unidades 4 y 11 de arcosas) y la disposición de acuíferos en relación con este contacto en las proximidades de la Estación de Pitis. Este contacto entre unidades arcóscicas es de nuevo observable en el entorno del Cerro de los Guardias,



- PUNTOS SINGULARES DE INTERES GEOLOGICO
- ITINERARIO NORTE
- - -→ ITINERARIO SUR
- ⬮ CASCO URBANO

**Fig. 3 .-** SITUACION DE PUNTOS DE INTERES GEOLOGICO E ITINERARIOS.  
 (1.- Valle del Manzanares. Perales del Río. 2.- Cerro Mirones. 3.- Cerro Fraternidad.  
 4.- Cerro del Telégrafo. 5.- Cerro Almodóvar. 6.- Cantera de Cañada. 7.- Mercamadrid.  
 8.- Cerro Negro.) (9.- Cerro Garabitas. 10.- Fuente del Rey. 11.- Estación de Pitis.  
 12.- Cerro de la Hinojosa. N.E. de la Fríscola. 13.- Cerro de los Guardías. 14.- Vicalvaro.)

al Sur de Paracuellos, punto que a su interés litoestratigráfico une la presencia de un importante yacimiento de Vertebrados.

Se añade a estos aspectos la observación de las relaciones estratigráficas entre los depósitos cuaternarios del Jarama (NE de la Fríscola) y del Manzanares (Terrazas del Cerro Garabitas).

*Itinerario Sur:* Valle del Manzanares (1), Cerro Mirones (2), Cerro Fraternidad (3), Cerro del Telégrafo (4), Cerro de Almodóvar (5), Cantera de Cañada (6), Mercamadrid (7) y Cerro Negro (8)

La realización de este itinerario supone un reconocimiento bastante completo de las características litoestratigráficas de la parte Sur del área de Madrid. Comienza con la observación de los niveles más inferiores de la sucesión miocena (yesos masivos y yesos tableados con arcillas, unidades 1 y 2, frente a Perales del Río), continuándose con el contacto entre estas unidades yesíferas y la unidad de carbonatos tableados con arcillas (9) (Cerro de la Fraternidad). Esta última unidad es visible de forma casi completa en el siguiente punto del itinerario (Cerro Mirones), el cual constituye, asimismo, un interesante punto de observación del Valle del Manzanares y de los Cerros de la Marañosá, algo más al Sur. Mayor interés aún presenta, como cornisa, el Cerro del Telégrafo, en el extremo Sureste de la Hoja. A ello se une también la litoestratigrafía del entorno de este Cerro, pudiéndose observar tres de las unidades (6, 8 y 9) presentes en el área de Madrid. Desde este punto se pasa, siguiendo el cambio lateral de facies, a los términos arcóscicos distales del Cerro de Almodóvar, con niveles de sepiolita y antiguos yacimientos de vertebrados. Posteriormente, en Mercamadrid se observa la relación vertical entre las facies de arcillas yesíferas (unidad 3) y la unidad de arcillas verdes con carbonatos, sílex y arenas micáceas (unidad 6). Destacan en este sentido los afloramientos de la parte NE de Mercamadrid, con sinformas de adaptación de la unidad superior a colapsos producidos en los yesos inferiores; se extraen de su observación las repercusiones geotécnicas para este área. El último punto del itinerario es la cornisa de Cerro Negro, instalada sobre un corte bastante limpio de arcillas verdes («Peñuelas») con algunos niveles de carbonatos.

Además de los puntos descritos, que se refieren esencialmente a la litoestratigrafía del Mioceno, este itinerario permite la observación de varios rasgos geomorfológicos y de la estratigrafía del Cuaternario en la zona: geomorfología del Valle del Manzanares en Perales del Río y desarrollo de procesos de karstificación en yesos fosilizados por depósitos cuaternarios (Cerro de la Fraternidad, Cantera de Cañada).

Por su carácter singular e interés histórico, es necesario recordar que

en el casco urbano de Madrid se encuentran diversos museos: Museo Nacional de Ciencias Naturales, Museo Arqueológico Nacional, Museo del Instituto Geológico y Minero de España y Museo Municipal, los cuales recogen en sus colecciones y vitrinas gran parte del patrimonio paleontológico, arqueológico y mineralógico de esta región. Su valor didáctico y educativo es posiblemente mejorable, pero su interés histórico y como recurso geológico-cultural es innegable.

Por último, la no inclusión en los itinerarios anteriores de yacimientos paleontológicos responde a un doble criterio: su protección ante acciones de posible rapiña, dada su alta fragilidad, y al hecho de que la mayoría de ellos son actualmente inaccesibles. Señalaremos sólo dos de ellos: el yacimiento de San Isidro, clásico en la paleontología de vertebrados europeos desde el siglo pasado, y el yacimiento de la Estación de O'Donnell, de reciente descubrimiento y actualmente cubierto. El alto interés de ambos yacimientos queda reflejado en los diferentes proyectos elaborados para su recuperación, así como en su inclusión en el Plan General de Madrid como áreas de interés paleontológico.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- AGROMAN (1973): «Datos de geología aplicada del subsuelo de Madrid». *Informe inédito*.
- AGUILA, A. (1962): «Exploraciones recientes en el subsuelo yesífero de Madrid capital». *I Col. Internac. sobre Obras Públicas en Terrenos Yesíferos*. S.G.O.P. Madrid, t. V, 1-5.
- AGUIRRE E., DÍAZ MOLINA, M., y PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1976): «Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Sur española». *Trabajos Neógeno-Cuaternario*, 5, 7-29.
- AGUIRRE E., GOY, A.; COMAS, M. J., HERNANZ, J., y MORALES, J. (1974): «Informe sobre la conservación de sitios de interés geológico y paleontológico en la región central. Base para el Plan Especial de Protección del Medio Físico de la provincia de Madrid». *COPLACO*, 83 pp. *Inédito*.
- ALBERDI M. T., HOYOS, M., JUNCO, F., LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., MORALES, J., SESÉ, C., y SORIA, D. (1983): «Biostratigraphie et évolution sédimentaire du Néogene continental de l'aire de Madrid». *Interim-Coll. RCMNS. Paleoclimatic Evol.* Montpellier, 15-18.
- ALBERDI M. T., HOYOS, M., MORALES, J., SESÉ, C., y SORIA, D. (1985): «Biostratigrafía, paleoecología y biogeografía del Terciario de la provincia de Madrid». En: ALBERDI, M. T (Coord.), *Geología y paleontología del Terciario Continental de la provincia de Madrid*, Museo Nacional de Ciencias Naturales, 99-105.
- ALBERDI, M. T., JIMÉNEZ, E., MORALES, J., y SESÉ, C. (1981): «Moratines:

- primeros micromamíferos en el Mioceno medio del área de Madrid». *Est. Geol.*, 37, 291-305.
- ALÍA, M. (1960): «Sobre la tectónica profunda de la fosa del Tajo». *Notas y Com. IGME*, 58, 125-162.
- ALÍA, M., PORTERO, J. M. y MARTÍN ESCORZA, C. (1973): «Evolución geotectónica de la Mesa de Ocaña (Toledo) durante el Neógeno y Cuaternario». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., (Geol.)*, 71, 9-20.
- ALONSO, A., CALVO, J. P. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1986): «Sedimentología y petrología de los abanicos aluviales y facies adyacentes en el Neógeno de Paracuellos del Jarama», Madrid. *Est. Geol.*, 42, 79-101.
- ALONSO, A., y MAS, R. (1982): «Correlación y evolución paleogeográfica del Cretácico al Norte y Sur del Sistema Central». *Cuad. Geol. Ibérica*, 8, 145-166.
- ALVARO, M., CAPOTE, R. y VEGAS, R. (1979): «Un modelo de evolución geotectónica para la Cadena Celtibérica». *Acta Geol. Hispánica*, 14, 172-177.
- ANGUITA, F., SAN MIGUEL, M., y SÁNCHEZ MORO, J. R. (1983): «Un itinerario geológico urbano en las inmediaciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales». *Actas II Simpos. Nac. Enseñanza de la Geología*, Gijón, 165-175.
- APARICIO, A., BARRERA, J. L., CARABALLO, J. M., PEINADO, M., y TINAO, J. M. (1975): «Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central español». *Memorias IGME*, 88, 147 pp.
- AZNAR, J. M., y PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1983): *Hoja y Memoria geológica de Alcalá de Henares (20-22)*. Mapa Geológico Nacional, 2.ª serie, IGME (en prensa).
- BELLIDO, F., CAPOTE, R., CASQUET, C., FÚSTER, J. M., NAVIDAD, M., PEINADO, M., y VILLASECA, C. (1981): «Caracteres generales del Cinturón Hercínico en el sector oriental del Sistema Central español». *Cuad. Geol. Ibérica*, 7, 15-52.
- BERGOUNIOUX, F. M. y CROUZEL, P. (1956): «Le genre *Serridanancus*». *C. R. Acad. Sci. París*, 242, 1750-1753.
- BERGOUNIOUX, F. M. y CROUZEL, P. (1957): «Les Mastodontes fossiles de L'Espagne». *Act. Esp. Paleontología de Vertebrados*, 8-9, 39-45.
- BERGOUNIOUX, F. M. y CROUZEL, P. (1958): «Les Mastodontes de L'Espagne». *Est. Geol.*, 14, 224-343.
- BUSTILLO, A. (1976): «Estudio petrológico de las rocas silíceas miocenas de la Cuenca del Tajo». *Est. Geol.* 32, 451-498.
- BUSTILLO, A., y GALÁN, E. (1975): «Siliceous rocks in the Tagus Basin center». *IX Congr. Int. Sédimentologie*, Nice, II, 11-18.
- CALDERÓN, S. (1876): Enumeración de los vertebrados fósiles de España». *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, V, 413-443.

- CALVO, J. P., y GARCÍA YAGÜE, A. (1985): «Nuevos sondeos de investigación geológica en el área de Madrid». *Est. Geol.*, 41, 25-31.
- CALVO, J. P., ORDÓÑEZ, S., HOYOS, M., y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1984): «Caracterización sedimentológica de la Unidad Intermedia del Mioceno de la zona Sur de Madrid». *Rev. Mat. Proc. Geol.*, 2, 145-176.
- CAPOTE, R., y CARRO, S. (1968): *Hoja y Memoria geológica de Alcalá de Henares*, núm. 560. Mapa Geológico Nacional, 1.ª serie, 2.ª edición, IGME.
- CAPOTE, R. y CARRO, S. (1968): «Existencia de una red fluvial intramiocena en la depresión del Tajo» *Est. Geol.*, 24, 91-97.
- CAPOTE, R. y FERNÁNDEZ CASALS, M. J. (1978): «La tectónica post-miocena del sector central de la Depresión del Tajo». *Bol. Geol. Min.*, 89, 114-122.
- COMAS, M. J., GALLEGO, E., GARCÍA JORAL, F., y GOY, A. (1984): «Area de recursos geológico-culturales». Memoria. Convenio de colaboración técnica y cultural para el conocimiento de las características del suelo y subsuelo del término municipal de Madrid.
- CRUSAFONT, M. (1952): «Los Jiráfidos fósiles de España». *Not. y Com. IGME*, 8-239.
- CRUSAFONT, M. (1958): «Endemism and Paneuropeism in Spanish fossil mammalian faunas, with special regard to the Miocene». *Soc. Sci. Fennica Comm. Biol.*, 18, 3-30.
- CRUSAFONT, M., y VILLALTA, J. F. (1947): «Sobre un interesante rinoceronte (*Hispanoterium* nov. gen.) del Valle del Manzanares. Nota preliminar». *Las Ciencias*, 22, 869-883.
- CRUSAFONT, M., y VILLALTA, J. F. (1954): «Ensayo de síntesis sobre el Mioceno de la Meseta castellana». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Homenaje a Hernández-Pacheco*, 215-227.
- CHAMLEY, H. (1983): «Indications paléoclimatiques fournies par les successions argileuses du Néogène supérieur méditerranéen». *Interim-Coll. RCMNS. Paleoclimatic Evol.*, Montpellier, 39-42.
- DAAMS, R., y FREUDENTHAL, M. (1981): «Aragonian: The stages concept versus Neogene Mammal zones». *Scripta geol.*, 62, 1-17.
- DAAMS, R., y VAN DER MEULEN, A. (1983): «Paleoenvironmental and Paleoclimatic interpretation of Micromammal faunal succession in the Upper Oligocene and Miocene of North Central Spain». *Interim-Coll. RCMNS. Paleoclimatic Evol.* Montpellier (pre-print).
- DE LOS RÍOS, G. (1985): «Excursiones geológicas». En: *Obras completas*, t. 16, Espasa Calpe, Madrid (1927), 27-36.
- DEPERET, CH. (1908): «Sur les bassins tertiaires de la Meseta Espagnole». *Bull. Soc. Géol. France*, 8, 18-19.
- DOVAL, M., CALVO, J. P., BRELL, J. M., y JONES, B. F. (1986): «Clay Mineralogy of the Madrid Basin: some comparisons with other closed lacustrine

- basins». *Abstracts Symp. Geochemistry of the Earth Surface and Process of Mineral Formation*, Granada, 188-189.
- ESCARIO, V. (1969): *Los suelos de Madrid*. Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo. Publ. núm. 25.
- EZQUERRA DEL BAYO, J. (1840): «Tertiaire knochen von *Anoplotherium?*, *Choeropotamus*, *Sus*, und *Mastodon* bei Madrid». *N. Jahrb. f. Min. Geogn. Geol. Petro.*, 221 pp.
- EZQUERRA DEL BAYO, J. (1845): «Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España». *Anales de Minas*, 3, 300-316.
- FAHLSBUCH, V. (1976): «Report on the International Symposium on Mammalian stratigraphy of the European Tertiary». *Newsl. Strat.*, 27, 160-167.
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1904): «Nota sobre el Terciario de los alrededores de Madrid». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 4, 271-281.
- FÚSTER, J. M., y DE PEDRO, F. (1954): «Estudio geológico del borde meridional de la Sierra del Guadarrama entre Torrelodones y Valdemorillo». *Notas y Com. IGME*, 35, 43-70.
- GALÁN, E. y CASTILLO, A. (1984): «Sepiolite-Palygorskite in Spanish Tertiary basins: genetical aspects in continental environments». En: SINGER, A., y GALÁN, E. (Eds.), *Palygorskite-Sepiolite occurrences, genesis and uses*, Elsevier, Amsterdam, 87-124.
- GARCÍA DEL CURA, M. A. (1979): *Las sales sódicas, calcosódicas y magnésicas de la Cuenca del Tajo*. Fundación Juan March. Serie Universitaria, 39 pp.
- GARCÍA DEL CURA, M. A., ORDÓÑEZ, S., y CALVO, J. P. (1986): «La Unidad Salina (Mioceno) en el área de Madrid: características petrológicas y mineralógicas». *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, 9, 329-338.
- GARCÍA YAGÜE, A. (1973): «La geología de Madrid». *Rev. Obras Públicas*, 1.043-1.055.
- GEOCISA (1982): «Informe geotécnico para la línea 1 del Metro de Madrid, Tramo Portazgo-Santa Eugenia». *Inédito*.
- GERVAIS, J. P. (1853): «Description des ossements fossiles des mammifères rapportés d'Espagne par MM. Verneuil, Collomb et de Lorrière». *Bull. Soc. Géol. France*, 10, 147-168.
- GRAELLS, M. (1897): «Fauna mastodológica ibérica». *Mem. R. Acad. Cien. Madrid*, XVII, 791 pp.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1914): «Los Vertebrados terrestres del Mioceno de la Península ibérica». *Mem. R. Soc. Hist. Nat.*, 9, 443-485.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1921): «Nuevos yacimientos de Vertebrados miocenos y deducciones de orden paleofisiográfico». *Asoc. Esp. Progr. Ciencias*, Congreso de Oporto, 6, 159-170.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1926): «Un nuevo yacimiento de mamíferos fósiles del Mioceno de Madrid». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 26, 392-395.

- HERNÁNDEZ PACHECO, E., y HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1926): «Aranjuez y el territorio al Sur de Madrid». *XIV Congr. Geol. Int. Madrid*, Excursión B-3, 7-102.
- HERRÁEZ, E., y ALBERDI, M. T. (1983): «*Anchiterium aurelianense* del yacimiento del Puente de Vallecas». *Est. Geol.*, 39.
- HOYOS, M., JUNCO, F., PLAZA, J. M., RAMÍREZ, A., y RUIZ J. (1985): «El Mioceno de Madrid». En: ALBERDI, M. T. (Coord.). *Geología y Paleontología del Terciario continental de la provincia de Madrid*, Museo Nat. Cienc. Naturales, Madrid, 9-16.
- HUERTAS, F., LINARES, J., y MARTÍN VIVALDI, J. L. (1971): «Minerales fibrosos de la arcilla en cuencas sedimentarias: I Cuenca del Tajo». *Bol. Geol. Min.*, 52, 534-542.
- IGME (1978): *Proyecto previo de inventario de puntos de interés geológico*. Madrid.
- IGME (1982): *Actualización y mejora del inventario de rocas industriales en la provincia de Madrid*. Ministerio de Industria y Energía, Comisaría de la Energía y Recursos Minerales, 109 pp.
- JIMÉNEZ SALAS, J. A., y SERRANO, G. (1975): «Reconocimiento estratigráfico de detalle de la Unidad Alimentaria de Mercamadrid». *Informe inédito*.
- JUNCO, F., y CALVO, J. P. (1983): «Cuenca de Madrid, en *Libro homenaje a J. M. Ríos*, Geología de España, II, 534-542.
- KAUP, J. (1840): «Über einige tertiäre Saugtier-Knochen von Madrid (nach einigen Briefen von Prof. Bonn)». *N. Jahrb. F. Min. Geogn. Geol. und Petrol.*, 537-541.
- LARTET, E. (1859): «Sur la dentition des proboscidiens fossiles (*Dinotherium*, Mastodontes et Elephants) et sur la distribution géographique et stratigraphique de leurs debris en Europe». *Bull. Soc. Géol. France*, 16, 469-515.
- LOMOSCHITZ A., CALVO, J. P., y ORDÓÑEZ, S. (1985): «Sedimentología de las facies detríticas de la Unidad Intermedia del Mioceno al Sur y Este de Madrid». *Est. Geol.*, 41, 343-358.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, N. *et al.* (1985): «Approach to the Spanish continental neogene synthesis and paleoclimatic interpretation». *Abstracts VIII<sup>th</sup> RCMNS Congress, Budapest*, 348-350.
- LÓPEZ VERA, C. F. (1975): «Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid». *Memorias IGME*, 91, 227 pp.
- LÓPEZ VERA, C. F., y PEDRAZA, J. (1976): Síntesis geomorfológica de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid. *Est. Geol.*, 32, 499-508.
- LLAMAS, M. R., y LÓPEZ VERA, C. F. (1975): «Estudio sobre los recursos hidráulicos subterráneos del área metropolitana de Madrid y su zona de influencia: avance de las características hidrogeológicas del Terciario detrítico de la Cuenca del Jarama». *Agua*, 88, 36-55.

- MARTÍN ESCORZA, C. (1976): «Actividad tectónica durante el Mioceno de las fracturas del Basamento de la fosa del Tajo». *Est. Geol.*, 32, 509-522.
- MARTÍN ESCORZA, C. (1980): «Las grandes estructuras neotectónicas de la cuenca cenozoica de Madrid». *Est. Geol.*, 36, 247-253.
- MARTÍNEZ ALFARO, P. E. (1978): «Contribución al conocimiento de la geología del casco urbano de Madrid». *Est. Geol.*, 34, 241-249.
- MAZO, A. V. (1976): «El *Gomphotherium angustidens* (CUVIER) de la Cerámica Mirasierra, Tetuán de las Victorias, Madrid». *Est. Geol.*, 32, 331-347.
- MAZO, A. V. (1977): *Revisión de los mastodontes de España*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 419 pp.
- MEGÍAS, A. G. (1982): «Introducción al análisis tectosedimentario: aplicación al estudio dinámico de cuencas». *V. Congreso Latinoamericano de Geología*, Buenos Aires, Actas, I, 385-402.
- MEGÍAS, A. G., LEGUEY, S., y ORDÓÑEZ, S. (1982): «Interpretación tectosedimentaria de la génesis de fibrosos de la arcilla en series detríticas continentales (Cuencas de Madrid y del Duero) España». *V Congreso Latinoamericano de Geología*, Buenos Aires, Actas, II, 427-439.
- MEGÍAS, A. G., ORDÓÑEZ, S., CALVO, J. P., y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1982): «Sedimentos de flujo gravitacional yesífero y facies asociadas en la cuenca neógena de Madrid (España)». *V Congreso Latinoamericano de Geología*, Buenos Aires, Actas, II, 311-328.
- MEIN, P. (1975): «Propositions de Biozonation du Néogène Méditerranéen à partir des Mammifères». *Trabajos Neógeno-Cuaternario*, 4, 112-113.
- MELÉNDEZ, F., MORILLO-VELARDE, M. J., y MELÉNDEZ, I. (1979): *Excursiones geológicas por la región central de España*. Ed. Paraninfo, Madrid, 93 páginas.
- MEYER, H. VON (1844): «Über die fossilen Knochen aus dem Tertiär Gebilde des Cerro de San Isidro bei Madrid». *N. Jahrb. f. Min. Geogn. Geol. und Petro.*, 289-310.
- MULLER, C. (1983): «Climatic evolution during the Neogene and Quaternary evidenced by marine microfossil assemblages». *Paleobiologie continentale*, Montpellier, 14, 359-369.
- OBERMAIER, H. (1925): *El hombre fósil* (2.ª edición). Com. Inv. Pal. Prehist., 9, 457 pp. Madrid.
- ORDÓÑEZ, S., CALVO, J. P., y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1981): «Incidencias de la explotación de rocas industriales en la zona Sur de Madrid». *Est. Territoriales*, 2, 117-129.
- ORDÓÑEZ, S., HOYOS, M., GARCÍA DEL CURA, M. A., y CALVO, J. P. (1985): «Middle Miocene paleokarst in the Madrid Basin (Spain). A complex karstic system». *6th European Reg. Meeting IAS*, Lleida, 624-627.
- PAQUET, H., y VAUDOUR, J. (1974): «Sols et paléosols argileux foncés des

- environs de Madrid». *Rev. Geograph. des Pyr. et du S. O.*, 45, 3, 217-242.
- PÉREZ DE BARRADAS, J. (1924): «Excursiones por el Cuaternario del Valle del Jarama». *Ibérica*, 22, 25-28.
- PÉREZ DE BARRADAS, J. (1926): *Estudio sobre el terreno cuaternario del Valle del Manzanares (Madrid)*. Publ. Ayto. de Madrid, 135 pp.
- PÉREZ DE BARRADAS, J. (1929): «La colección prehistórica Rotondo». *Mem. Soc. Esp. Antrop. Etnogr. y Prehist.*, 8, 161-204.
- PÉREZ DE BARRADAS, J. y WERNERT, P. (1921): «Excursiones geológicas por el Valle inferior del Manzanares». *Bol. Soc. Ibérica C. Nat.*, 20, 138-158.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1979): «El límite Plioceno-Pleistoceno en la submeseta meridional en base a los datos geomorfológicos y estratigráficos». *Trabajos Neógeno-Cuaternario*, 9, 23-36.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1982): *Neógeno y Cuaternario de la llanura manchega y sus relaciones con la cuenca de Madrid*. Ed. Univ. Complutense de Madrid, 787 pp.
- PORTERO, J. M., y AZNAR, J. M. (1984): «Evolución morfotectónica y sedimentación terciarias en el Sistema Central y cuencas limítrofes (Duero y Tajo)», I Congreso Español de Geología, t. III, 253-263.
- PORTERO, J. M., y PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (1982): *Hoja y Memoria Geológica de Villaviciosa de Odón (18-22)*. Mapa Geológico Nacional, 2.ª serie. IGME, (en prensa).
- PRADO, C. DE (1852): «Note sur la géologie de la province de Madrid». *Bull. Soc. Géol. France*, 10, 168-176.
- PRADO, C. DE (1864): *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. Junta General de Estadística. 1-219.
- QUIROGA, F. (1886): «Excursiones geológicas en los alrededores de Madrid». *Bol. Inst. Libre de Enseñanza*, 9, 248-250 y 263-265.
- QUIROGA, F. (1887): «Excursiones al Cerro de Almodóvar y San Fernando». *Bol. Inst. Libre de Enseñanza*, 241, 59-60.
- RIBA, O. (1957): «Terrasses du Manzanares et du Jarama aux environs de Madrid». *INQUA, V Congr. Intern. Livret. Guide*, Exc. 5-55.
- ROIZ, J. M. (1983): «Estudio de una parte de la vega madrileña. San Fernando de Henares». En: *Madrid para la escuela, Acción educativa*, 167-179.
- ROYO GÓMEZ, J. (1921): «Hallazgo de restos de *Testudo bolivari* junto a la calle Moret, en Madrid». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 21, 285-286.
- ROYO GÓMEZ, J. (1922): *El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica*. Com. Invest. Paleontol. Prehist., 30, 230 pp.
- ROYO GÓMEZ, J. (1923): «El Mioceno de Vallecas (Madrid) y comarcas próximas». *Asoc. Esp. Progr. Ciencias, Congreso de Salamanca*, 6, 107-120.

- ROYO GÓMEZ, J. (1926): «Tectónica del Terciario continental ibérico». *XIV Congr. Intern. Géolog., Espagne*, 2 fasc. 593-624.
- ROYO GÓMEZ, J. (1928): *El Terciario continental de la cuenca alta del Tajo*. Datos para el estudio de la geología de la provincia de Madrid, Hoja núm. 560, Alcalá de Henares.
- ROYO GÓMEZ, J. y MENÉNDEZ PUGET, J. (1929): *Hoja y Memoria geológica de Madrid (núm. 559)*. Instituto Geológico Minero de España, 1.ª edic., 1.ª serie.
- SAN JOSÉ, M. A. (1974): *Hidrogeología de la cuenca del Tajo*. Seminario sobre Metodología para Estudios Hidrogeológicos regionales y Evaluación de Recursos Hidráulicos. Departamento de Geodinámica Externa, Universidad Complutense. Madrid.
- SAN JOSÉ, M. A. (1975a): *Hoja y Memoria geológica de Arganda, (núm. 20-23)*. IGME. Mapa Geológico Nacional, 2.ª serie.
- SAN JOSÉ, M. A. (1975b): *Hoja y Memoria Geológica de Chinchón. (núm. 20-24)*. IGME. Mapa Geológico Nacional, 2.ª serie.
- SANTONJA, M. (1977): «Los bifaces del cerro de S. Isidro conservados en el Museo Arqueológico Nacional», *Rev. Arch. Bibliotecas y Museos*, 30, 147-184.
- SGOP (1974): «Nota informativa sobre la visita realizada al Sondeo núm. 1 de El Pardo (Madrid)». *Informe inédito*.
- VAUDOUR J. (1979): *La region de Madrid: altérations, sols et paléosols*. Edit. Ophrys, París, 390 pp.
- VEGAS, R., y BANDA, E. (1982): «Tectonic framework and Alpine evolution of the Iberian Peninsula». *Earth Evolution Sciences*, 4, 320-343.
- VEGAS, R., PÉREZ GONZÁLEZ, A., y MÍGUEZ, F. (1975): *Mapa y memoria Geológica de Getafe (núm. 19-23)*. IGME, Mapa Geológico Nacional, 2.ª serie.
- VIDAL BOX, C. (1942): «La línea morfotectónica meridional de la Sierra del Guadarrama». *Bol R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 40, 117-132.
- VIDAL BOX, C. (1976): *Guía de recursos pedagógicos en Madrid y sus alrededores*. Patronato José María Quesada, CSIC, Madrid, 487 pp.
- VIDAL PARDAL, M. (1963): *Descripción geográfico-geológica del itinerario Madrid, San Lorenzo de El Escorial, Valle de los Caídos*. Servicio Geológico de Información y Estudios, Bol. 18, Madrid.
- VILANOVA, J. (1872): «Noticias sobre los restos de un gran mamífero». *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, II.
- VILANOVA, J. (1876): «Noticia de algunas particularidades del corte de San Isidro». *Actas Soc. Esp. Hist. Nat.*, V, 45-46.
- VILLALTA, J. F., y CRUSAFONT, M. (1945): «Un *Anchiterium* en el Pontienze español, *Anchiterium sampelayoi* nova sp.» *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, 14, 3-31.
- VILLALTA, J. F., y CRUSAFONT, M. (1948): «Les gisements de mamifères du

- Miocène espagnol. VII. Basin du Tage». *C. R. somm. Soc. Géol. France*, 9-10, 167-169.
- VILLALTA, J. F., y CRUSAFONT, M. (1955): «*Chiloterium quintalensis*, sinónimo de *Hispanoterium matritensis*». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. España*, 33, 25-31.
- VILLALTA, J. F., CRUSAFONT, M., y LAVOCAT, R. (1946): «Primer hallazgo en Europa de rumiantes fósiles tricornios». *Publ. Museo Sabadell Com. Cien. Paleont.*, 1-4.
- VILLALTA, J. F., CRUSAFONT, M., y LAVOCAT, R. (1949): «Sobre un nuevo grupo de rumiantes fósiles europeos. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Tomo Extraordinario, 1946, 459-470.
- VILLARROYA, F. (1981): «Itinerarios geológicos por la Fosa del Tajo. La cuenca del Río Henares (Guadalajara-Madrid)». *Actas 1<sup>er</sup> Simp. Nac. Enseñ. de la Geología*, Madrid, Ed. Universidad Complutense, 327-337.
- WERNERT, P., y PÉREZ DE BARRADAS, J. (1921): «El Cuaternario del Valle del Manzanares (Madrid)». *Ibérica*, 375, 233-235.