

X
62076

PROYECTO PARA EL CONOCIMIENTO DEL SUELO
Y SUBSUELO DEL MUNICIPIO DE MADRID.
ÁREAS DE GEOMORFOLOGÍA, FORMACIONES
SUPERFICIALES Y GEOQUÍMICA.

Madrid, Noviembre de 1.984

El presente trabajo corresponde a las tres memorias que acompañan a los Mapas de Unidades Geomorfológicas, Formaciones Superficiales y Geoquímica, del Convenio para el Conocimiento del Suelo y Subsuelo del Municipio de Madrid, firmado el 14 de Julio de 1.982 entre el Ayuntamiento de Madrid, la Facultad de Geología de la Universidad Complutense y la Comisión de Planeamiento y Coordinación del Área Metropolitana de Madrid.

MEMORIA DEL
MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
"TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID" E: 1/25.000

Pilar CABRA
Paloma FERNÁNDEZ
M^a Guillermina GARZÓN

(Departamento de Geomorfología y Geotectónica.
Facultad de Geología, Madrid)

COLABORACION Y AGRADECIMIENTOS

En la realización de este trabajo han participado también:

- . José Medina, interpretación y realización de bloques diagramas y esquemas geomorfológicos.
- . Victoria Mateos, delineación.
- . M^a José Campos, mecanografía.
- . M^a Teresa Gómez, trabajo de campo y laboratorio.

Asimismo, queremos mostrar nuestro agradecimiento:

- . al Departamento de Geomorfología dentro del que se ha llevado la realización de este proyecto y a nuestros compañeros Juan de Dios Centeno, Ismael Ortega y Javier Pedraza por su inestimable ayuda.
- . a María Bascones y Mercedes Echegaray, coordinadoras del conjunto de las Areas del Proyecto, gracias a las cuales se ha conseguido llevar a cabo éste.
- . a José Pedro Calvo, por su continua colaboración en relación con el Área de Geología.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1. OBJETIVOS.-
 - 1.2. IDEAS PREVIAS SOBRE LA GEOMORFOLOGÍA DE MADRID.-
 - 1.3. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS.-
 - 1.3.1. SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS.
 - 1.3.2. CLIMA.
 - 1.3.3. VEGETACIÓN.
 - 1.4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.-
 - 1.4.1. ROCAS IGNEAS.
 - 1.4.2. SEDIMENTOS TERCIARIOS.
 - 1.4.3. DEPÓSITOS CUATERNARIOS.
 - 1.5. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS.-
2. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS
 - 2.1. ENCUADRE GEOMORFOLÓGICO.-
 - 2.2. MODELO PROPUESTO.-
 - 2.2.1. CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA.
 - 2.2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO-MORFOGENÉTICO.
 - 2.2.3. UNIDAD GEOMORFOLÓGICA.
3. SISTEMA DE REPRESENTACIÓN
 - 3.1. MAPA GEOMORFOLÓGICO.-
 - 3.2. LEYENDA O CUADRO GENERAL DE UNIDADES.-
 - 3.2.1. FORMA.

- 3.2.2. PENDIENTE.
- 3.2.3. SUELOS.
- 3.2.4. FORMACIONES SUPERFICIALES.
- 3.2.5. DRENAJE. Escorrentía. Tipos.
- 3.2.6. EROSIÓN.
- 3.2.7. RIESGOS.
- 3.3. FICHAS DESCRIPTIVAS DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.-
 - 3.3.1. SISTEMA DE LADERAS EN GRANITO.
 - 3.3.2. SISTEMA DE SUPERFICIES-GLACIS-LADERAS EN ARCOSAS Y ARCOSAS CON BLOQUES.
 - 3.3.3. SISTEMA DE SUPERFICIES-GLACIS-LADERAS EN ARCILLAS VERDES.
 - 3.3.4. SISTEMA DE GLACIS-LADERAS EN YESOS.
 - 3.3.5. SISTEMA FLUVIAL.
 - 3.3.6. UNIDADES COMUNES A VARIOS SISTEMAS.
- 3.4. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y RIESGOS.-
 - 3.4.1. PROCESOS Y RIESGOS DE EROSIÓN.
 - 3.4.2. PROCESOS Y RIESGOS DE MOVIMIENTOS EN MASA GRAVITACIONALES.
 - 3.4.3. PROCESOS Y RIESGOS FLUVIALES.
 - 3.4.4. PROCESOS Y RIESGOS KÁRSTICOS.
 - 3.4.5. PROCESOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA LITOLOGÍA.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS.-

El análisis de las formas del relieve como síntesis de la interacción de los procesos dinámicos con la litología y la estructura de una zona constituye una aproximación a la comprensión del relieve y sus características globales, de interés significativo en cualquier estudio del Medio Físico.

Las ideas del arquitecto americano Mc HARG, en su artículo "El lugar de la naturaleza en la ciudad del hombre" (en COATE, 1974), recogen una tendencia que se ha revelado como primordial en la planificación urbanística actual. En su modelo ecológico de metrópolis, Mc HARG plantea que "la comprensión de los procesos naturales debería quedar reflejada en la atribución de valor a los constituyentes de estos procesos. El lugar de la naturaleza en la urbe quedaría reflejado en la distribución de los cursos de agua y llanuras de inundación, embalses, elevaciones, bosques y tierras de labor dentro de una matriz de terrenos que ofrecerían trabajo, protección y oportunidades recreacionales a lo largo de la metrópolis".

Ya en 1941, F. HERNÁNDEZ-PACHECO señalaba la importancia que tiene en planificación la comprensión de las unidades fisiográficas, y caracterizaba las principales unidades de la provincia de Madrid señalando sus usos actuales y sus posibilidades de utilización futuras. Así, analiza, por ejemplo, el riesgo de erosión existente en las laderas arcósicas de la zona Norte y el interés de su protección, mediante la recuperación de la vegetación autóctona de encima, o el aprovechamiento de los acuíferos de poca profundidad de la zona Sur para la

creación de espacios verdes.

La utilización de la Geomorfología como base de planificación en la zona de Madrid ha sido planteada previamente en el Plan Especial del Medio Físico (COPLACO, 1975) en que, para la definición de unidades básicas de planificación, Unidades Ambientales (zonas homogéneas desde el punto de vista de su calidad ambiental y en las que hay una pauta repetitiva de topografía, suelo y vegetación), se conjuntaban las unidades de vegetación con las de geomorfología. La unidad geomorfológica utilizada de esta forma recoge la idea de "Unidad Homogénea de Terreno", utilizada con anterioridad en estudios de reconocimiento previo de terrenos y de planificación (ver PEDRAZA, 1981). A través de esta unidad se sintetizan las propiedades más relevantes de una determinada porción de territorio, derivadas de su geología y su forma, y que quedan definidas y compiladas mediante una ficha descriptiva. La finalidad de dicho trabajo, base para la planificación de todo el área metropolitana, así como el carácter generalizado de sus unidades, le confiere un valor globalizador sin incidir en detalles geomorfológicos concretos.

El Avance del Plan General de Madrid recoge también una breve valoración de las características geomorfológicas, refiriéndose esta vez solamente al entorno del propio Municipio.

El objeto de este trabajo consiste en reflejar, además del interés del conocimiento de la geomorfología por sí misma, desde el punto de vista científico, su adecuación como base de estudios de planificación y gestión urbana.

Es por ello que partiendo de la base de la interpretación de la geomorfología de la zona, se ha tratado de establecer una clasificación del territorio en unidades homogéneas, dentro de las cuales puede esperarse una respuesta análoga frente a la introducción de un uso concreto. Para la fácil comprensión del significado de estas unidades, se ha buscado la utilización, en tanto ha sido posible, de una nomenclatura fisiográfica para definir estas unidades.

El hecho de que, paralelamente a este estudio geomorfológico, se haya realizado dentro del conjunto del mismo proyecto, el Mapa Geológico y el Mapa de Formaciones Superficiales, ha permitido obviar gran cantidad de información que, además de resultar reiterativa, hubiera complicado en sobremanera la representación. Los datos complementarios que esta otra cartografía aporta se refieren básicamente a los aspectos genéticos de las formas y depósitos cuaternarios

1.2. IDEAS PREVIAS SOBRE LA GEOMORFOLOGÍA DE MADRID.-

La geomorfología del Municipio de Madrid no puede aislarse de su contexto espacial, dentro de la depresión del Tajo y su historia geológica ligada a la evolución de la Sierra de Guadarrama y el Sistema Central.

En este sentido, uno de los primeros autores, que realiza ya en el año 1864 una descripción física y geológica de la provincia, es DEL PRADO, C., aunque haciendo especial hincapié en los rasgos de morfología glaciaria.

Posteriormente, aparecen una serie de trabajos de carácter general, referidos la mayor parte de ellos al Sistema Central y, en particular, a la Sierra de Guadarrama y que son fundamentales para comprender la evolución tectónica, geomorfológica y paleogeográfica de todo el área de Madrid.

Estos trabajos son debidos a MACPHERSON (1889), PENCK (1894) y HERNÁNDEZ-PACHECO (1923), y hablan de las principales fases de plegamiento que han dado origen al Sistema Central.

SCHWENZNER (1936-1943) cambia completamente la visión que se tenía anteriormente sobre esta evolución basada en la superposición de fases de levantamiento, e introduce las teorías policíclicas. En ellas defiende la alternancia de movimientos tectónicos con superficies o "planicies" de erosión, reconociendo en el terreno hasta tres de estas superficies.

En lo que respecta al entorno de Madrid, es fundamental el concepto del desarrollo de dos grandes superficies al pie de la Sierra que se extienden hacia el centro de la cuenca del Tajo: la "Superficie de la Rampa de Piedemonte" (M_2) y otra inferior (Superficie de Campiña o M_1), ligeramente encajada en ella.

En 1937, BIROT señala la existencia de dos superficies de "pediment" de probable edad Pontiense o Pliocena, una en la vertiente septentrional "Superficie de Segovia" y otra en la vertiente meridional, "Superficie de El Escorial". De forma somera, indica la existencia en la Sierra de Guadarrama de otras superficies más antiguas.

Posteriormente, en 1942, VIDAL BOX realiza una síntesis de la morfoestructura de la región sur de la Sierra de Guadarrama, definiendo su estructura general como una serie de bloques desnivelados.

Una de las síntesis más recientes en este respecto es la realizada por PEDRAZA (1971-78), que establece el siguiente esquema evolutivo para las Sierras de Gredos y Guadarrama:

- 1.- Ciclo prearcósico con formación de la Penillanura Poligénica Fundamental.
- 2.- Ciclo arcósico de desnivelación progresiva de la Penillanura Poligénica Fundamental y de pedimentación. Delimitación del Macizo y Cuencas.
- 3.- Ciclo postarcósico. Delimitación de "horts" y "grabens" fundamentales y remodelado de los relieves de piedemonte (Pediment s.s.).
- 4.- Instalación de las redes fluviales pleistocenas.

Toda esta bibliografía de carácter general constituye la base de posteriores estudios geomorfológicos, pero existen otros trabajos de tipo puntual o de carácter específico que son interesantes de mencionar.

En este sentido, uno de los trabajos más exhaustivos,

referente a la región de Madrid es el realizado por VAUDOUR (1969,1979), en el que ya se esbozan las principales características geomorfológicas del Municipio y alrededores, distinguiendo: superficies, vertientes, fondos endorréicos y numerosos niveles de terrazas de los ríos Manzanares y Jarama. La evolución del relieve queda complementada, además, por un estudio de los suelos, paleosuelos y alteraciones.

Otro trabajo de interés es el de LÓPEZ VERA y PEDRAZA (1976), al realizar una síntesis geomorfológica de la Cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid, distinguiendo desde la superficie del Pediment hasta los niveles más bajos de terrazas, con todas las superficies locales y niveles de transición (glacis de ladera, vertientes glacis, etc.) intermedios.

Existen, además, algunos trabajos de carácter geomorfológico muy puntuales, como son todos aquéllos que se refieren a las terrazas. Entre éstos, cabe destacar los realizados por RIBA, O. (1957), PÉREZ GONZÁLEZ (1971 y 1980) y ARCHE, A. (1983).

Por último, un trabajo fundamentalmente bibliográfico, sobre la geomorfología del entorno de Madrid, confeccionado por SANZ DONAIRE (1979), en el que recoge y critica las diversas teorías sobre la evolución del Sistema Central y la Fosa del Tajo.

1.3. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS.-

1.3.1. SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS.

El Término Municipal de Madrid se ubica en las

estribaciones más meridionales de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central) y dentro de la denominada Submeseta sur o Cuenca del Tajo.

La superficie del municipio abarca una extensión de 607,1 Km², con una población de hecho de 3,5 millones de habitantes, aproximadamente, que hace que casi el 50% de su área esté ocupado por el núcleo de Madrid y otras zonas urbanizadas.

Este carácter altamente urbano del municipio hace que presente unas características fisiográficas muy interesantes, sobre todo en aquellas zonas límite, donde se produce la intersección entre lo rural y lo urbano.

El Término Municipal ocupa gran parte de las Hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000, de Madrid (19-22) y Colmenar Viejo (19-21). Forma parte también, pero en menor proporción, de las Hojas de Getafe (19-23), San Lorenzo de El Escorial (18-21) y Alcalá de Henares (20-22).

Morfológicamente, Madrid se sitúa, a grandes rasgos, en la gran rampa que se desarrolla a continuación del Pediment de la Sierra, en la denominada "Superficie de Madrid" (RIBA, 1957; LÓPEZ VERA y PEDRAZA, 1976). Esta superficie está ligeramente encajada en el Pediment propiamente dicho, y es a partir de ella desde donde empieza el encajamiento con dirección N-S de los ríos Manzanares y Jarama, ambos afluentes del Tajo.

La presencia de estos dos ríos confiere al Término Municipal de Madrid una fisiografía particular, al dejar a lo largo de su curso y su seccionamiento numerosas formas, algunas de ellas de amplio desarrollo, como es el caso de las terrazas.

Los principales tributarios de estas dos arterias son los arroyos de Viñuelas, Las Rejas y Valdebeba, en la margin derecha del Jarama; los de La Trofa, Butarque y Los Meaques, en la margin derecha del Manzanares y, por último, los arroyos de Tejada, Los Migueles y de La Gavia en la margin izquierda del Manzanares. Son cursos de agua de cierta importancia y normalmente perpendiculares a los ríos a los cuales aflyyen.

En cuanto al relieve del Municipio, no presenta grandes desniveles, oscilando entre las cotas de 560 m., al Sur de Madrid, en el río Manzanares, y 860 m. al NW de El Pardo. Aunque la diferencia no es importante, sí existe de N a S un cambio acusado en el paisaje.

En la mitad N o "el Madrid que mira a la Sierra", debido a la litología de carácter arcósico, el relieve es algo más accidentado; la incisión vertical de los cursos de agua es más intensa, dando laderas de pendientes medias y altas. Por el contrario, la mitad Sur del Municipio, constituida por arcillas, margas y yesos, da un relieve de suaves lomas, donde lo único que destaca es el Cerro de Almodóvar, cerro testigo que ofrece una cota de 726 m. y la zona de Cumbres de Vallecas, donde se conserva una cierta altura, gracias a la formación carbonática existente en el techo.

Además de estas dos zonas de relieves diferentes, hay que destacar en el límite Sur del Municipio la amplia curva que describe el Manzanares poco antes de su confluencia con el Jarama y el fuerte encajamiento sufrido por el río en esta zona, que deja en su margin izquierda un escarpe de paredes prácticamente verticales, labradas en materiales yesíferos.

1.3.2. CLIMA.

A la situación del Término Municipal de Madrid, al igual que a casi la totalidad de la provincia, corresponde un clima mediterráneo, de carácter semiárido con inviernos frescos.

Queda definido el clima de Madrid, fundamentalmente, por sus coordenadas, por la dinámica atmosférica, por la orografía del propio Municipio y del entorno y por una cierta influencia continental.

Por lo que se refiere a la pluviosidad, se sitúa esta zona entre las isoyetas de 400 y 600 m., distribuyéndose las precipitaciones de forma bastante irregular a lo largo de todo el año. La estación más lluviosa es el otoño, con una media de 136 mm. Le sigue inmediatamente después la primavera, con 127 mm., pasando al invierno, con una pluviometría media de 118 mm. y por último, el verano, con 32 mm.; dentro de esta última estación, existen meses como Julio y Agosto cuyas precipitaciones medias son inferiores a 12 mm.

En cuanto a las temperaturas, la media anual oscila entre 12° y 15°C, obteniéndose medias algo superiores a los 22°C en los meses de verano y de unos 5°C en los meses de invierno. Es en los inviernos fríos así como en las acusadas oscilaciones térmicas de carácter diurno, donde se hace notar la influencia continental.

Otro factor a tener en cuenta es la humedad relativa del aire, con valores medios comprendidos entre 40-50% para los meses de más altas temperaturas y 70-80% para los más fríos.

Por último, señalar la influencia de la Urbe en la formación de situaciones climáticas puntuales. Es decir, así como dentro del Casco Urbano hay una tendencia general a la disminución de las oscilaciones térmicas, existen zonas que por su ubicación particular (área deprimida, tipo y cantidad de edificaciones) sufren alteraciones, registrando, en ocasiones, máximas superiores al entorno.

1.3.3. VEGETACIÓN.

La flora del Municipio de Madrid presenta una extraordinaria variedad, tanto en la composición como en el grado de conservación de la misma.

A grandes rasgos, presenta dos tipos muy definidos de paisajes vegetales.

- Por un lado, toda la vegetación de carácter alto, es decir, la denominada masa arbórea, asentada de forma particular en la mitad Norte del Término Municipal y en las riberas de los principales ríos.
- Por otro, se encuentra la vegetación de carácter bajo, constituida por el matorral y los cultivos. Este tipo predomina en la mitad Sur del Municipio.

La influencia de las características geológicas en esta distribución de la flora es indiscutible, sin negar que haya habido además otra serie de procesos, como la acción antrópica (desforestación, urbanización) que hayan influido también de sobremanera.

En cuanto a la masa arbórea, se señalarán a continuación las principales agrupaciones que aparecen en el Municipio de Madrid.

- El encinar. Desarrollado fundamentalmente en las zonas de El Pardo, Soto de Viñuelas, La Casa de Campo y Valdelatas. En general, su grado de conservación es bueno, apareciendo en las zonas más septentrionales del Municipio junto a excelentes ejemplares de enebro (Juniperus comunis) y de alcornoques (Quercus ruber).

La zona donde la encina (Quercus ilex) aparece con un alto grado de degradación es en la Casa de Campo, donde empiezan a aparecer grandes masas de retama sustituyendo en gran parte al encinar.

- El pinar. Muy abundante en la Casa de Campo, Valdelatas y Las Jarillas.
- Vegetación de ribera (sotos). Los árboles propios de estas zonas son: sauces, chopos, fresnos y olmos. Actualmente, sólo lo pueden observarse buenos ejemplares de los mismos en el tramo Sur del Manzanares y en algunas zonas del Jarama. La conservación de estas áreas, tanto por la contaminación de las aguas como por la acción antrópica, es de difícil solución.
- El matorral. Aparece en pequeñas manchas en todo el Término Municipal, pero donde alcanza mayor desarrollo es en la mitad Sur, sobre las margas y yesos, donde existen especies de gran interés botánico.
- Los cultivos. Producto del trabajo del hombre, son también más frecuentes en la zona Sur de Madrid, localizándose sobre depósitos aluviales, aluviales-coluviales, glacis y laderas de suaves pendientes, donde los suelos son más propicios para el desarrollo de esta actividad. En general, se trata de pequeñas huertas de carácter familiar o granjas de desarrollo medio, pero nunca se trata de grandes fincas agrícolas.

1.4. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.-

Desde el punto de vista geológico, el Municipio de Madrid se encuentra situado en las estribaciones meridionales del Sistema Central y dentro de la denominada Cuenca del Tajo.

El área fuente de los depósitos existentes es de carácter ígneo y está formada fundamentalmente por rocas graníticas y algunos niveles metamórficos, pero estos últimos en mucha menor proporción.

Concretamente, dentro del Término Municipal, los materiales aflorantes pueden dividirse en tres grandes grupos:

- a) Rocas Ígneas
- b) Sedimentos Terciarios
- c) Depósitos Cuaternarios.

La síntesis de estos datos se basa en el trabajo de CALVO SORANDO et al. (1984).

1.4.1. ROCAS ÍGNEAS.

Constituidas exclusivamente por granitos de dos micas, aparecen en el extremo más septentrional formando dos pequeñas manchas, de las cuales una corresponde al Cerro Marmota y la otra al denominado Alto de Fuenteconeja.

Es sobre estos materiales donde aparecen, ya por falla o por otro tipo de contacto, los materiales arcósicos de edad miocena que cubren gran parte del Término Municipal de Madrid.

1.4.2. SEDIMENTOS TERCIARIOS.

Todos los depósitos aflorantes dentro del Municipio de Madrid, correspondientes al Terciario, son de edad miocena. Dentro de ellos pueden diferenciarse, a grandes rasgos, varios conjuntos litológicos que a su vez dan origen a otros tantos conjuntos morfológicos de características bien de finidas. Se describen a continuación estos conjuntos empezando por los términos más bajos de la sucesión.

1º.- Yesos masivos, yesos tableados y arcillas con yesos.

Los yesos masivos, presentes en el límite Sur del Término Municipal, dan una morfología muy particular a la margin izquierda del Manzanares en esta zona, siendo los farallos o "cantiles" de grandes paredes verticales la principal característica.

El color en superficie de estos yesos, en general cristalinos, es gris pudiendo presentar a veces tonalidades pardas.

Estos yesos masivos son la base de la sucesión terciaria dentro del Término Municipal, pasando hacia el techo y lateralmente en el Sur, a una alternancia de yesos tableados y arcillas y arcillas con yesos, muy bien desarrolladas en todo el área S y SE. El color de estos materiales varía de verde a gris y la potencia de los mismos, según las zonas observadas, oscila entre 25 y 90 m.

La sedimentación de estos materiales corresponde a un lago salino, de clima árido, con oscilaciones de profundidad y en ambiente tranquilo sin presencia de corrientes.

Hacia el techo los niveles de yesos son cada vez menos frecuentes pasando al siguiente conjunto litológico.

2°.- Arcillas verdes con carbonatos, sílex, sepiolita y arenas micáceas.

Este grupo presenta una gran complejidad por las numerosas litologías que aparecen dentro de él y por los múltiples cambios de facies que ofrece.

Su muro lo constituyen los materiales yesíferos y su techo, peor determinado, presenta una disposición muy variable, dependiendo de las interdigitaciones que sufra con el conjunto superior, formado por materiales arcósicos.

Se ubica al Sur del Término Municipal, adquiriendo gran extensión (Vallecas, Carabanchel, La Elíptica, Entrevías) y llegando hasta las proximidades del Manzanares. Por la parte oriental del Municipio también aparecen las arcillas verdes, pero quedan en su mayor parte cubiertas por los depósitos aluviales del río Jarama.

Hay que señalar dentro de esta unidad una serie de carbonatos tableados que alternan con arcillas, que contienen algo de sílex y que aparecen en las zonas más meridionales, dando origen morfológicamente a un conjunto de pequeñas mesas como Cumbres de Vallecas, Cerro Mirones, etc. Estos carbonatos se apoyan directamente sobre los yesos por encima de una superficie de paleokarstificación.

En cuanto a las arcillas verdes, denominadas desde antiguo como "Peñuelas", puede añadirse que constituye una unidad muy continua hacia el N.

Más concretamente, se han definido todas estas litologías como "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 y raíces, arcillas rosadas masivas y sílex en bancos de geometría nodular y tonos carnosos".

Genéticamente, se presentan en un ambiente palustre-lacustre somero relacionado con las facies distales de los abanicos arcósicos que proceden del Sistema Central.

Dentro de este grupo es donde se encuentran los principales yacimientos de vertebrados descubiertos en todo el área de Madrid.

3º.- Arcosas con limos, arcillas y cantos.

Dentro de este gran grupo se pueden realizar hasta tres diferenciaciones claras.

En primer lugar, una facies de arcosas y limos que presenta granulometría decreciente hacia el Sur y que corresponde al equivalente lateral de las "arcillas verdes". Se pueden reconocer estas facies en la zona del Puente de Toledo, aguas arriba del Manzanares y en el Monte de El Pardo.

En segundo lugar, unas arcosas y arcillas con niveles de sepiolita y sílex. Corresponde a la unidad suprayacente a las "arcillas verdes", presentando un tránsito gradual con cambio de coloración y por la aparición de materiales arenosos en las arcillas verdes. Es en esta zona de tránsito donde son frecuentes los niveles sepiolíticos que se explotan en la zo-

na Sur de Madrid.

Este segundo grupo de materiales pertenece a las de finidas "Facies Madrid" de RIBA (1957), y hacia su base se sitúan los yacimientos de vertebrados más clásicos de toda el área (San Isidro, Puente de Vallecas, Puente de Toledo, Puente de Los Franceses, etc.) y otros conocidos de más reciente descubrimiento.

Por encima de los niveles de transición y hacia el N. la serie se convierte en una alternancia de arcosas arcillosas y arcillas arenosas, de tonos pardo-amarillentos y rojizos, dando lugar a secuencias granodecrecientes. Ya, en las zonas más septentrionales el tamaño de los materiales detríticos aumenta, apareciendo microconglomerados y niveles de cantos.

Por último, la tercera diferenciación la constituyen una serie de arcosas de carácter grosero que se superponen a las arcosas y arcillas descritas con anterioridad y que se localizan fundamentalmente y con mayor extensión en la mitad norte del Término Municipal. El color de estas arcosas es pardo-amarillento y, en ocasiones, blanco, caracterizándose fundamentalmente por la escasez de material fino. También presentan secuencias granodecrecientes, siendo la base de estas secuencias lechos de cantos, y aumentando cada secuencia el tamaño de grano a medida que se asciende en la serie.

Estas tres unidades que dan lugar al conjunto de las arcosas forman parte de un complejo sistema de abanicos aluviales, cuyo origen y abastecimiento tiene lugar en el Sistema Central. En estas facies pueden observarse las zonas distales, intermedias y proximales de dichos abanicos. El desarrollo de los mismos se produciría bajo condiciones climáticas de tipo

tropical cálido y con acusado carácter episódico.

En cuanto a la composición mineralógica general, los feldespatos aparecen en porcentajes comprendidos entre el 20 y 60%, siendo más abundantes los de carácter potásico y disminuyendo éstos al aumentar el contenido en arcillas. Por su parte, los minerales pesados presentan también gran homogeneidad, siendo el más abundante el apatito seguido de la turmalina y el circón y, por último, en menor proporción, la epidota y el granate.

Por lo que se refiere a las arcillas, aparecen esmectita e illita en proporciones casi similares.

4°.- Arcosas con bloques.

Son los depósitos que están en contacto directo con los materiales graníticos. Se caracterizan por una composición arcósica con cantos y bloques que llegan a medir más de 1 m. en la zona de contacto, disminuyendo acusadamente el tamaño de los mismos a medida que nos alejamos de dicha zona.

Se han atribuido estos materiales a la zona apical de los abanicos, con aparición también de facies proximales.

1.4.3. DEPÓSITOS CUATERNARIOS.

Constituido por los depósitos más recientes, el Cuaternario adquiere dentro del Término Municipal de Madrid una gran importancia, no tanto por su potencia como por la gran extensión que ocupa en la mayoría de los casos.

La delimitación de estos depósitos no es siempre fá

cil, pues el aumento de la urbanización impide, en numerosas ocasiones, la observación directa de estos depósitos superficiales.

Los sedimentos fundamentales los constituyen, sin duda alguna, los de origen fluvial, y, sobre todo, los de las dos principales líneas de agua, es decir, Manzanares y Jarama. La primera de ellas atraviesa el Municipio casi de Norte a Sur y la segunda bordea Madrid por el Este, sirviendo en ocasiones de límite natural al Término Municipal. Los depósitos de terrazas de estos ríos han sido motivo de estudio ya desde muy antiguo, de numerosos autores debido a la cantidad de descubrimientos de industria lítica y fauna realizados como consecuencia de explotaciones de arena y grava.

Para el río Manzanares se diferencian hasta 11 niveles de terrazas, que van desde +8 m. hasta +80-85 m., además de la llanura aluvial; y otros 11 niveles para el río Jarama (desde +8 m. hasta +150 m.), diferenciando también la llanura de inundación a +3-5 m.

Otros cursos de agua menores, pero cuyos depósitos alcanzan también cierta importancia, son los arroyos de Viñuelas, Las Rejas, Valdebeba (afluentes del Jarama en su margen derecha), los de La Trcfa, Butarque y Los Meaques (margen derecha del Manzanares) y los arroyos de Tejada, de Los Miguéles y de La Gavia (margen izquierda del Manzanares).

La industria lítica y fauna encontradas permiten dar bien los niveles de terrazas, sobre todo a partir del Pleistoceno medio.

Además de los depósitos de terraza y fondos de valle,

existen otros sedimentos cuaternarios de importancia dentro del Municipio de Madrid. Estos depósitos son:

Superficies: Son los depósitos más antiguos, pero su edad no está determinada de forma concisa. Constituyen la divisoria entre Jarama y Manzanares. Aparecen en contacto erosivo sobre los materiales terciarios, presentando una litología muy similar a las de las arcosas. No suelen superar los 4 m. de potencia.

Glacis: Constituyen las formas de enlace entre las superficies y las terrazas, sustituyendo en algunas ocasiones a estas últimas. La potencia de sus depósitos no supera los 2 ó 3 m., existiendo varias generaciones, hasta 4, al Sur del Cerro de Almodóvar, algunas de ellas buzando en sentido contrario como consecuencia de la neotectónica. Su edad oscila desde el Pleistoceno inferior al Holoceno.

Conos de deyección: Depósitos de origen fluvial, muy frecuentes en todo el área de Madrid, en las zonas de desembocadura de los arroyos. La litología la constituyen arenas y arenas arcillosas con algunos niveles de cantos. Su edad es variable, pero lo normal es que presenten una cronología Holoceno-Actualidad.

Coluviones: Originados fundamentalmente por gravedad, son frecuentes al pie de los escarpes o cantiles de yesos al Sur del Término Municipal. Su litología depende de la naturaleza del sustrato, siendo, por tanto, arenosas en la zona Norte y de carácter arcillo-arenoso con cantos de sílex y carbonatos en la parte meridional. Su edad oscila entre el Pleistoceno superior y la actualidad (GOY, PÉREZ GONZÁLEZ y ZAZO, 1984).

Fondos endorreicos: Son depósitos asociados a depresiones endorreicas, dentro de las cuales la de mayor tamaño es la de Vicálvaro-Coslada, ya citada por VAUDOUR en 1974 y 1979. El carácter de estos sedimentos es areno-arcilloso y en ellos pueden observarse intercalaciones de suelos vérticos, suelos negros, etc. VAUDOUR (1979) cita que en algunos puntos pueden observarse hasta tres secuencias. La edad asignada por PAQUET y VAUDOUR (1974) a la depresión de Vicálvaro-Coslada es de Pleistoceno inferior.

Rellenos kársticos: Son los sedimentos relacionados con la disolución de los yesos. Tienen un carácter puntual, siendo los más representativos los que rellenan las dolinas. La litología es normalmente margo-arenosa con cantos de carbonatos, sílex, sepiolita y yesos (GOY, PÉREZ GONZÁLEZ y ZAZO, 1984).

1.5. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS.-

Desde el punto de vista hidrogeológico se distinguen en Madrid cuatro unidades fundamentales, considerando su litología y disposición de sus características y comportamiento respecto a la existencia, circulación y aprovechamiento del agua subterránea que albergan.

Los sedimentos detríticos miocenos (unidades arcósicas) son un importante acuífero tanto por la cuantía de los recursos hidráulicos como por la buena calidad de sus aguas. Esta unidad hidrogeológica ocupa alrededor del 70% de la extensión municipal, alcanzando un importante desarrollo en la vertical. Actualmente existen en esta unidad numerosos pozos de extracción para aprovechamiento de aguas subterráneas, que se destinan a diferentes usos: abastecimiento particular o comunitario, agrícola e industrial.

La segunda unidad hidrogeológica considerada y que se denomina de transición, de acuerdo con sus características, agrupa materiales arcillosos y carbonatados, presentando gran complejidad litológica, bien en la vertical, como la debida a cambios laterales. Esta unidad presenta baja permeabilidad y sus aguas suelen ser de mala calidad tanto para el consumo humano como para el riego. No obstante, existen en ella abundantes pozos de escasa profundidad y con bajos caudales, que abastecen pequeñas explotaciones familiares.

Los materiales yesíferos del Sur y Sureste del Municipio configuran otra unidad hidrogeológica: la unidad evaporítica. Estos materiales son permeables, si bien los yesos masivos en profundidad se hacen prácticamente impermeables. Existen muy pocas extracciones de agua subterránea en este acuífero evaporítico, debido a la mala calidad de sus aguas que las hacen

no aptas para el consumo humano y producen salinizaciones en los suelos al destinarlas a riego. Su fin principal suele ser para determinados usos industriales en los que no afectan las altas concentraciones en sales que presenta.

Por último, los depósitos cuaternarios se han considerado con entidad hidrogeológica propia en aquellos casos en que alcancen algunos metros de potencia y presenten una conexión hidráulica directa con la red fluvial. Son los materiales de mayor permeabilidad; sin embargo, su escaso desarrollo tanto en la vertical como en superficie de afloramiento no hacen de esta unidad una reserva significativa de recursos. La calidad de sus aguas está íntimamente relacionada con la unidad infrayacente. Los depósitos cuaternarios de poco espesor se engloban hidrogeológicamente en la unidad sobre la que se encuentran adosados.

2. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

2. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

2.1. ENCUADRE GEOMORFOLÓGICO.-

La geomorfología del Municipio de Madrid, tal como se ha expuesto previamente, no puede analizarse separadamente de la evolución Sistema Central-Depresión del Tajo.

A partir de las estribaciones de la Sierra y descendiendo suavemente hacia el interior de la cuenca, se desarrollan una serie de niveles de aplanamiento, superficies de tipo glacis, en el amplio sentido de la palabra. El intenso retocado posterior que han sufrido estas formas por la incisión de la red fluvial, hace que la morfología de llanura no domine en el paisaje actual, constituyendo, sin embargo, las principales directrices de éste.

El nivel más alto en la zona de estudio está formado por una superficie que se desarrolla a partir de la rampa del Pediment de la Sierra, aunque un poco más baja y ligeramente encajada en ella. Constituye la denominada "Superficie de Madrid" de RIBA (1957) o "Haute Niveau Sablo-Feldespatique" de VAUDOUR (1979), correspondiente a la Superficie inferior al Pediment (M_1 ó Superficie de Campiñas de SCHWENZNER). Su origen está en un nivel generalizado con carácter de glacis erosivo, con removilización superficial, pero sin recubrimientos importantes del Plioceno Medio-Superior (LÓPEZ VERA y PEDRAZA, 1976), previo a la consolidación de la red fluvial cuaternaria.

La incisión posterior de la red de drenaje la ha recortado intensamente y en la actualidad no define una superficie uniforme, sino que está representada, concretamente en es

ta zona de Madrid, por unos espolones residuales que se extienden desde la Sierra y que se conservan en las cuerdas de las divisorias de agua de las cuencas del Guadarrama-Manzanares, entre Majadahonda y Alcorcón, y del Manzanares-Jarama, entre Fuencarral y la Ciudad Lineal.

En esta superficie se interdigita con otra ligeramente más encajada, que tiene ya un desarrollo hacia los valles. Esta superficie que corresponde a la "Superficie de Substitución de la Rampa" de VAUDOUR (op. cit.), tiene su mayor expresión en el área de Campamento y de Carabanchel. Los retazos existentes de esta superficie se han englobado, para los efectos de nuestra cartografía, bajo el nombre de "Superficie Culminante".

En otras zonas, como en El Pardo, este segundo nivel citado queda reducido a una estrecha línea de cuerdas, casi totalmente recortada por la incisión en cabecera de los arroyos y que, a efectos de cartografía, se ha denominado en estos casos "Superficie Disectada".

Encajado en estos niveles de superficies se sitúa un sistema de glacis, con formas también relativamente extensas, pero con una ligera inclinación dirigida ya claramente hacia las principales arterias hidrográficas actuales (Manzanares y Jarama). Esta unidad se corresponde con los Glacis de Ladera de LÓPEZ VERA y PEDRAZA (op. cit.).

Esta unidad de glacis fundamentales queda disectada por la red de drenaje secundaria, individualizándose una serie de replanos de no mucha extensión, dirigidos ya hacia cada interfluvio. Estos elementos del relieve se han denominado

"Glacis secundarios" y serían, en términos generales, equivalentes a las "Vertientes Glacis" de LÓPEZ VERA y PEDRAZA (op. cit.), que marcan la transición entre los fenómenos de escorrentía locales y el encauzamiento definitivo de la red hidrográfica. Sobre este sistema escalonado de formas se sitúan las redes fluviales con sus sistemas de terrazas. Los dos sistemas fluviales bien desarrollados corresponden a los ríos Jarama y Manzanares, en los que pueden encontrarse hasta unos doce niveles de terrazas, cuyas alturas máximas pueden llegar hasta 150 m. sobre el cauce del río.

Para los efectos de este estudio, las terrazas se han agrupado de acuerdo con sus características dominantes y sus relaciones con el sustrato y el conjunto del sistema fluvial, y en base a esto se han subdividido en terrazas altas, medias y bajas, independientemente de criterios cronológicos. A partir del cauce del río, se considera además una unidad más baja constituida por la llanura de inundación y la primera terraza, que se engloba como unidad única. Como terrazas bajas y terrazas medias se han considerado, además de sus criterios de altitud, las que guardan aún una estrecha relación con el río, y cuyas características van a estar íntimamente relacionadas con éste y su posición respecto a él.

Sin embargo, las terrazas altas ya no van a guardar esta relación con el cauce actual, no van a conservar en general una morfología y unas características típicas de terrazas, exceptuando por su litología. Por el contrario, va a cobrar significado el contexto morfoestructural donde se encuentran situadas, por lo que estas terrazas se han denominado "Terrazas colgadas" y se describen conjuntamente con el contexto donde se encuentran.

Análogamente, se han tratado las terrazas de cauces pequeños, que no participan tampoco de las características de un sistema de terrazas bien establecido y que, por tanto, se incluyen como "Terrazas adosadas a cauces secundarios".

El resto de las unidades corresponde a las formas de enlace entre estos elementos planos del relieve, las laderas. El máximo condicionante del tipo de laderas va a ser la litología. Es evidente que las circunstancias locales van a definir la pendiente de ésta, y esta pendiente va a definir unos procesos, pero también la litología va a favorecer la inclinación de la ladera. De esta forma, puede definirse una diferenciación entre las laderas predominantemente abruptas de las facies arcósicas, frente a las formas suaves y alomadas, pero de morfología más irregular, de las facies de arcillas verdes. Así mismo, las facies de yesos del Sur de Madrid se caracterizan por sus formas escarpadas.

2.2. MODELO PROPUESTO. -

2.2.1. CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA.

A partir de este encuadre geomorfológico y la idea de que el modelo de representación utilizado tiene que presentar una información que, sin perder su rigor científico, sea fácilmente asequible a profesionales sin una especialización en el tema, se ha planteado un modelo de cartografía geomorfológica y una información complementaria en base a fichas, bloques diagramas y esquemas explicativos.

La cartografía de unidades geomorfológicas no se basa en una normativa general, sino que precisamente su principal interés se debe a la posibilidad de su adaptación a diferentes necesidades y contextos de conocimiento.

La base fundamental de este mapa es el carácter de unidad de los aspectos geomorfológicos considerados, es decir, que son unidades representables cartográficamente en un mapa mediante contornos cerrados y perfectamente diferenciables de las unidades adyacentes.

De acuerdo con esto, la unidad básica de cartografía será en este trabajo la unidad geomorfológica, aunque siempre inscrita dentro de un grupo de rango superior, el contexto geológico-morfo-genético, que ofrece un carácter más amplio y define los grandes conjuntos de paisaje.

2.2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO MORFOGENÉTICO.

Constituye el grupo taxonómico de rango superior en el que se inscribe la unidad geomorfológica.

Puesto que dicha unidad tiene un carácter sintético, esto es, se define por una serie de propiedades y/o atributos, es conveniente incluirla dentro de un contexto más general, en este caso geológico-morfofenético, que va a ser el que condicione en primera instancia sus características.

Concretamente, dentro del Término Municipal de Madrid, se han diferenciado seis grandes sistemas en base a su litología, ya que va a ser éste el factor fundamental que determine el conjunto de formas, debido a que el clima es prácticamente el mismo en toda el área, dada su pequeña extensión.

No todos los sistemas definidos tienen un mismo desarrollo en extensión y formas, presentando algunos de ellos diferencias muy notorias. Los seis sistemas establecidos son los siguientes:

- Sistema de Laderas en Granitos
- Sistema de Superficies-Glacis-Laderas en Arcosas con Bloques
- Sistema de Superficies-Glacis-Laderas en Arcosas
- Sistema de Superficies-Glacis-Laderas en Arcillas Verdes
- Sistema de Glacis-Laderas en Yesos
- Sistema Fluvial de las grandes Líneas de Agua.

En los cinco primeros, la denominación obedece a las formas más dominantes y características desarrolladas en cada conjunto litológico. Existen, además, otras formas que, aunque superficialmente no tengan gran desarrollo y no impriman ca-

rácter al paisaje, su diferenciación, dentro de la cartografía, es necesaria. Estas unidades son, por ejemplo: conos de deyección, coluviones, dolinas, etc.

En el último caso, la denominación es muy diferente, debido a las características peculiares del sistema, puesto que se desarrolla indistintamente sobre cualquiera de los conjuntos litológicos denominados anteriormente. Aquí el carácter morfogenético es mucho más fundamental para su definición que el litológico.

2.2.3. UNIDAD GEOMORFOLÓGICA.

Constituye la unidad básica de cartografía y se define como una unidad homogénea de terreno de la que se espera una respuesta análoga en toda su superficie frente a la introducción de cualquier actividad.

Esta unidad queda fundamentalmente condicionada por su forma y sus procesos superficiales, pero siempre en base a la geología subyacente. La definición de la unidad no se hace tanto en función de su génesis, es decir, de cómo y por qué se origina la forma, sino en cuáles son sus características actuales y qué usos condiciona.

Concretamente para el área de Madrid, las características que han servido para definir las unidades geomorfológicas son:

- Forma (tanto en perfil como en planta), pendiente, presencia o no de suelos y/o Formaciones Superficiales, drenaje (escorrentía, infiltración y tipo), erosión y riesgos.

Son numerosas las unidades definidas dentro del Municipio y de muy diversa índole. Algunas formas, al presentar unas características muy homogéneas, han sido muy fáciles de definir (glacis, superficies, etc.); otras, sin embargo, como consecuencia de su diversidad, han obligado a establecer numerosas unidades dentro de ellas. Este es el caso concreto de las laderas.

En este caso, la denominación se hace más complicada, estableciéndose fundamentalmente en base a su inclinación, complementando a la palabra "ladera" un adjetivo que indique la clase de pendiente a la que pertenece; por ejemplo: "laderas medias", "laderas abruptas", etc. Si existen, además, otras características que sea necesario resaltar, se le añade un segundo adjetivo, dando lugar a una nueva unidad; por ejemplo: "laderas medias abarrancadas", "laderas medias cortas", etc.

Este sistema de denominación se ha utilizado para todas aquellas unidades que lo han requerido.

3. SISTEMA DE REPRESENTACIÓN

3. SISTEMA DE REPRESENTACION

3.1. MAPA GEOMORFOLÓGICO.-

En primer lugar, se asigna a cada contexto geológico-morfogenético (definido fundamentalmente por la litología), una trama diferente y que se representa en el mapa de forma muy suave. Sobre esta trama y con un carácter complementario se añade otra trama, más notable, que para aquellas unidades, generalmente con depósito (Formaciones Superficiales) que lo requieran, se tratará de la simbología convencional utilizada en cartografía geomorfológica; ej.: conos de deyección, coluviones, etc. Para el resto de las unidades, como pueden ser por ejemplo las laderas, la trama utilizada tenderá a expresar gráficamente, en la medida de lo posible, el significado de la unidad.

De esta forma, la misma unidad geomorfológica pero inscrita en un diferente contexto geológico-morfogenético, por ejemplo: glaciares secundarios, lleva idéntica simbología, indicando una misma génesis, pero varía su trama de fondo, señalando que se ha desarrollado sobre diferentes materiales.

Cada unidad lleva implícita, además, una sigla que describe por sí sola las características fundamentales. Así, una primera letra mayúscula indicará la morfología (ej.: Glacis = G), pero en el caso en que dentro de una misma morfología puedan diferenciarse varios tipos, se acompañará con un subíndice numérico (ej.: Glacis = G₁, Glacis secundario = G₂ y Glacis degradado = G₃). Inmediatamente después, se añade otro subíndice, pero en letra minúscula para indicar el contexto geológico morfogenético ("Sistema de Superficie-Glacis-Laderas en Arcosas" = a, "Sistema de Glacis-Laderas en Yesos = y, etc.). De esta forma una unidad definida como "Glacis degradado en yesos" llevará la siguiente sigla: G_{3y}.

El subíndice en letra minúscula aparece en todos los sistemas menos en el "Sistema fluvial de los principales cursos de agua" puesto que este último se desarrolla de manera indistinta sobre cualquiera de los conjuntos litológicos, atravesando en ocasiones varios de ellos a la vez.

Por último señalar que en la cartografía se hace especial hincapié en las actividades antrópicas, quedando expresadas en el mapa mediante símbolos especiales.

3.2. LEYENDA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO O CUADRO GENERAL DE UNIDADES.-

Consiste en un cuadro de doble entrada que acompaña y complementa al mapa geomorfológico.

En vertical vienen representadas todas las unidades geomorfológicas que aparecen en el mapa, pero inscritas dentro del marco de su contexto geológico-morfogenético. En horizontal se expresan todas las características o atributos que han servido para definir la unidad, como son: Perfil esquemático, forma en planta, pendiente, suelos, formaciones superficiales, etc., así como las siglas correspondientes y su interpretación gráfica.

A continuación se describen estos atributos, tanto cualitativa como cuantitativamente, indicando además su forma de utilización.

3.2.1. FORMA.

Completa la definición de la unidad geomorfológica, siendo a la vez uno de los factores fundamentales para su definición. Describe las características de la unidad tanto en planta como en perfil, incluyendo, siempre que sea significativo, la presencia de catenas o microformas.

La conservación de las formas es muy variable y depende, en primer extremo, de la litología sobre la que se desarrolla. En el caso de Madrid, las unidades ubicadas tanto en el conjunto arcósico como en los materiales yesíferos, presentan morfologías claras con bordes netos y muy bien conservadas, siendo relativamente fácil su definición y delimitación.

Por el contrario, en la zona de arcillas verdes las formas se encuentran mucho más degradadas, siendo a veces difícil establecer los límites entre unidades adyacentes, puesto que las zonas de contacto no siempre son netas.

Dentro del Cuadro general de unidades, la forma se expresa en una sola casilla, definiendo el perfil esquemático de la unidad de forma gráfica y simple, de manera que pueda verse fácilmente la tendencia a la convexidad, concavidad, longitud de las formas, etc.

3.2.2. PENDIENTE.

Se define la pendiente como la inclinación de una superficie de terreno no horizontal. Su forma puede ser plana o regular, convexa y cóncava y su valor es el valor numérico de su inclinación, es decir, el ángulo que forma con la horizontal.

Este dato, una vez obtenido, puede transformarse en porcentaje, logrando de esta manera otra forma de expresión del valor de la pendiente.

Midiendo la distancia entre las curvas de nivel, y realizando los correspondientes cálculos numéricos, se obtienen para una zona determinada las diferentes pendientes que existen en esa zona.

Para el estudio geomorfológico del Término Municipal de Madrid, hemos agrupado los diferentes valores obtenidos en seis clases de pendientes, indicando en cada una de ellas sus límites, sus características y las condiciones de estabilidad correspondientes.

El motivo de no dar un único valor para una unidad geomorfológica definida, se debe a que en primer lugar no correspondería con la realidad y en segundo lugar porque en general la unidad geomorfológica queda más claramente definida por la forma, pudiendo agrupar diferentes valores de su inclinación.

Así pues, las "clases de pendientes" aquí establecidas y utilizadas quedan definidas por los siguientes intervalos.

- 1.- 0-2° (0-3%).- Llano y/o muy suave. Sin denudación apreciable.
- 2.- 2-5° (3-8%).- Suave. Escorrentía en manto y arroyada incipiente.
- 3.- 5-9° (8-15%).- Media. Arroyada y peligro de erosión del suelo.
- 4.- 9-17° (15-30%).- Abrupta. Peligro de deslizamientos.
- 5.- 17-27° (30-50%).- Muy abrupta. Procesos denudaciones muy fuertes.
- 6.- 27° (>50%).- Escarpada. Procesos de gravedad.

En algunas ocasiones y cuando mediante cálculos realizados se comprueba que una unidad geomorfológica está siempre entre intervalos menores a los de las clases de pendientes anteriormente desarrolladas, se indica en su cuadrícula correspondiente. Por ejemplo: las superficies no suelen superar en casi ningún caso el 1%, lo cual debe quedar expresado en la casilla, de la forma conveniente.

3.2.3. SUELOS.

Se considera el suelo dominante en cada unidad, entendiéndose éste en sentido edáfico.

Los datos para la definición o asignación del tipo de suelo a cada unidad se han basado fundamentalmente en las observaciones directas de campo y en el mapa de suelos E: 1:100.000 de la Hoja nº 10-12 (Madrid) realizado por el C.S.I.C. para el Ministerio de la Vivienda.

De todo ello se observa que en la zona de Madrid la litología constituye un factor decisivo para el desarrollo de los diferentes tipos del suelo, puesto que el clima es prácticamente el mismo dentro del Término Municipal. De esta manera, se suelen encontrar suelos pardos no cálcicos sobre los materiales arenosos y arcósicos, suelos pardos mediterráneos sobre las arcillas verdes y xerorendzinas y regosuelos en la zona de yesos.

También aparecen suelos de carácter aluvial y coluvial sobre los materiales anteriormente citados y suelos negros y vérticos en las zonas con un cierto endorreísmo.

3.2.4. FORMACIONES SUPERFICIALES.

Se entienden como tales aquellos materiales de recubrimiento normalmente poco coherentes o/y poco consolidados, de escaso espesor y que tienen una relación directa con el relieve actual.

En el Cuadro general de unidades, en la cuadrícula correspondiente, se señala su existencia en aquellas unidades

que las contengan, indicando en cada caso los materiales que las forman, su coherencia y su grado de removilización, así como la potencia aproximada en los casos en que haya podido ser observada.

Esta información, aunque de gran interés, se da de una manera sintética y complementaria puesto que dentro de este mismo Proyecto del Ayuntamiento de Madrid y perteneciente a este área, existe un apartado especial para la cartografía y descripción de las formaciones superficiales.

En la zona de Madrid las formaciones superficiales alcanzan gran extensión horizontal pero su potencia suele ser escasa, no superando en la mayor parte de los casos los 3 ó 4 m., siendo frecuente los espesores comprendidos entre 0,5 y 1 m.

Las únicas formaciones superficiales que ocasionalmente alcanzan gran desarrollo vertical son las correspondientes a los depósitos de terrazas de los principales cursos de agua, como son el Jarama y Manzanares.

El origen de la mayoría de las formaciones superficiales del área de Madrid es de carácter fluvial (terrazas, conos de deyección, llanuras de inundación, etc.) aunque también las hay, pero en menor proporción, de origen gravitacional (coluviones), poligénico (superficies y glaciares) y kárstico (relleno de dolinas).

3.2.5. DRENAJE.

Dentro de este apartado se considera tanto la escorrentía superficial como la infiltración, haciendo además

mención al tipo de drenaje desarrollado.

Escorrentía (c).

Como escorrentía se entiende la parte de la precipitación que se pierde por el flujo superficial. La ecuación fundamental de la misma viene dada por $E = P - I$

siendo E = Escorrentía

P = Precipitación

I = Infiltración.

Hay una serie de factores que influyen de manera fija, como son: topografía, litología y vegetación. Otros, sin embargo, tienen un carácter variable y éstos serían: pluviometría, cultivos, evapotranspiración, etc.

Para poder cuantificar de alguna manera este valor, existe el denominado "coeficiente de escorrentía" que es la relación existente entre el volumen de lluvia escurrida y el volumen total de lluvia que lo produjo.

$$c = \frac{E}{P} = \frac{\text{volumen de lluvia escurrida}}{\text{volumen de lluvia caída}}$$

Existen diferentes métodos de obtención de este valor y numerosas fórmulas, propuestas por diversos autores que, de una forma sencilla y utilizando pocos parámetros, proporcionan una serie de valores numéricos que dan una idea bastante clara, al menos comparativamente, del flujo superficial.

Las fórmulas más conocidas son las de FREVERT, POIRÉE, DADER, RAMSER, etc. Sin embargo, una de las más acertadas y que corrige numerosas deficiencias de las anteriores es la de H.L. COOK. Este autor asigna un valor numérico a determinados

factores, como son: relieve, cubierta vegetal, capacidad de almacenaje del suelo y capacidad de infiltración. La suma total de ellos, para cada porción de terreno, da un valor que mediante una fórmula de gran sencillez, se transforma en el "coeficiente de escorrentía" (c). Este valor, comparándolo con una escala ya establecida, da una idea bastante clara de la escorrentía superficial de esa porción de terreno.

En este trabajo, el coeficiente de escorrentía ha sido determinado mediante los valores que se establecen en el siguiente cuadro:

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

	VALORES DE K			
	40	30	20	10
1-Relieve del terreno	Muy accidentado pendientes superiores al 30%.	Accidentado pendientes entre el 10% y el 30%.	Ondulado pendientes entre 5% y el 10%.	Llano pendientes inferiores al 5%.
2-Permeabilidad del suelo	20 Muy impermeable Roca	15 Bastante impermeable Arcilla	10 Bastante permeable Normal	5 Muy permeable Arena
3-Vegetación	20 Ninguna	15 Poca Menos del 10% de la superficie	10 Bastante Hasta el 50% de la superficie	5 Mucha Hasta el 90% de la superficie
4-Capacidad de almacenaje de agua	20 Ninguna	15 Poca	10 Bastante	5 Mucha
Valor de K comprendido entre	75-100	50-75	30-50	25-30
Valor de C	0,65-0,90	0,50-0,65	0,35-0,50	0,20-0,35

Este cuadro está basado totalmente en la fórmula de H.L.COOK, presentando pequeñas modificaciones de escasa importancia.

A grandes rasgos, se obtiene una valoración que va de mayor a menor "coeficiente de escorrentía" (c) y que se agrupa en las cuatro clases siguientes:

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	ESCORRENTÍA
0,65-0,80	Muy alta
0,50-0,65	Alta
c = 0,35-0,50	Media
0,20-0,35	Baja

En el Cuadro general de unidades que acompaña el mapa geomorfológico en la casilla correspondiente a la "escorrentía" se ha dado el valor del coeficiente c, hallado anteriormente para cada una de las unidades definidas.

Tipo de drenaje.

En este apartado se expone de manera sucinta la forma de circulación más frecuente del agua, a través de la unidad. Por ejemplo, se indica si la infiltración es buena o no y en caso de no serlo, si el transporte del agua en superficie es en lámina, inicial en regueros, si es de forma difusa o concentrada en cauces. En el caso de la existencia de drenajes kársticos, siempre que se hayan podido detectar, se indicarán también en este apartado.

3.2.6. EROSIÓN.

Se entiende aquí por erosión lo que se denomina erosión potencial o erosionabilidad, es decir, la susceptibilidad de pérdida de un suelo que se prevé para un futuro y en una zona determinada.

Como ya es sabido, la erosión depende de cuatro elementos fundamentales, que son : clima, litología, relieve y vegetación.

Los tipos de erosión son múltiples y variados, pero siendo la de carácter hídrico la que presenta en la zona una mayor actividad e influencia, todas las referencias que se hagan serán con relación a ella.

La cuantificación del proceso erosivo presenta grandes dificultades y de hecho la existencia de datos en este sentido es mínima. Los primeros trabajos y las primeras aportaciones se deben a "Soil Conservation Service y Agricultural Research Service" de Estados Unidos.

Posteriormente, diversos autores han trabajado en la elaboración de una ecuación que pudiera evaluar la pérdida del suelo. WISCHMEIER y SMITH establecen en 1958 la "Ecuación Universal", una de las formulaciones más claras y comprensivas al respecto. TAYLOR en 1970 revisa y completa esta ecuación quedando de la siguiente manera:

$$A = 2,24.R.K.L.S.C.P.$$

siendo A = Pérdida media anual del suelo en Tm/Ha

R = Factor lluvia

K = Factor de erosionabilidad del suelo

L = Factor de longitud de la pendiente

S = Factor de pendiente

P = Factor de prácticas de conservación del suelo.

Esta ecuación, a pesar de su claridad, presenta numerosas dificultades para su aplicación y una de las mayores es que para la obtención de algunos de los parámetros se necesita la instalación de una serie de parcelas de experimentación que requieren una gran superficie.

Numerosos autores más han trabajado en este problema (FOURNIER, 1973; YOUNKIN, 1973, etc...), elaborando otras fórmulas, pero realmente ninguna de ellas ofrece resultados concretos para su aplicación en áreas pequeñas, como ocurre en este trabajo concreto para el área de Madrid.

Al intentar obtener datos para la elaboración de algunas conclusiones en este sentido sobre la zona correspondiente al Término Municipal de Madrid, las dificultades son múltiples:

- Escasez de bibliografía respecto al tema,
- dificultad de localizar datos concretos sobre pluviosidad, cultivos, etc...,
- existencia de una acusada erosión y acumulación antrópica que entorpece en numerosas ocasiones los procesos naturales.

Pueden darse una serie de datos generales y aproximativos, recopilados de los autores que han trabajado de alguna manera en este tema, obteniendo algunos resultados sobre ciertas áreas de la Península Ibérica.

En el Mapa realizado por STRAKHOV (1967), sobre la erosión en Europa, España queda dividida en dos cuencas: la septentrional y la meridional (dentro de la cual se ubica el área de Madrid). Esta última se considera como dentro de la zona árida y se dan unos valores aproximados de $150 \text{ Tm/Km}^2/\text{año}$.

Posteriormente, MORENO SANZ y SANZ DONAIRE (1983), siguiendo el método propuesto por FOURNIER (1960), dan para este área valores comprendidos entre 7 y 15 Tm/Km²/año.

El problema fundamental que presenta este método es que sólo da resultados fiables para cuencas con un área superior a 100 Km², por tanto, datos más concretos son de difícil obtención. Otra de las imprecisiones que encierra es que se basa sólo en la cantidad de carga sólida que va a los cauces, en función de la concentración temporal de las precipitaciones, no teniendo en cuenta otros elementos que también producen una erosión importante y despreciando una gran cantidad de material erosionado que no siempre va a parar a las grandes arterias.

Otros datos concretos son los obtenidos por LÓPEZ VERA (com. oral) para la zona del Soto de Viñuelas. En este lugar, para coeficientes de lluvia (R) comprendidos entre 30 y 50, y utilizando el método de FOURNIER, obtiene valores de pérdida del suelo de unas 1.500 Tm/Km²/año, es decir, 10 veces superiores a los conseguidos por STRAKHOV para la mitad meridional española.

Sin embargo, LÓPEZ VERA, para este mismo lugar, y utilizando la "Ecuación Universal", para coeficientes de lluvia (R) entre 80 y 100 obtiene valores de 400-1.000 Tm/Km²/año.

Así pues, por la dificultad de obtención de datos concretos para cada una de las unidades definidas, o al menos para un conjunto de ellas, se han expuesto anteriormente los datos que existen referentes al área de Madrid, los cuales se han tenido en cuenta a la hora de definir la erosionabilidad de las diferentes unidades.

Por tanto, en el Cuadro general de unidades que acompaña al Mapa Geomorfológico se da una valoración cuantitativa de carácter estimativo con respecto a este parámetro, expresándose mediante un adjetivo: muy alta, alta, media, baja o nula. Sin embargo, a nivel cualitativo la explicitación es mayor indicándose el tipo o forma de la erosión dominante: erosión laminar, en surcos o regueros, en barrancos, etc.

A continuación, se definen de forma escueta todos los tipos de erosión que se han determinado en este trabajo:

- Erosión laminar.

Removilización de delgadas capas de suelo de manera uniforme para una determinada porción de terreno. Este tipo de erosión es debida a la disgregación de los elementos detríticos de la capa superficial por impacto de las gotas de lluvia. Al final se produce un flujo superficial homogéneo que arrastra a gran parte de los elementos disgregados.

- Erosión en regueros.

Se origina por el arrastre de elementos detríticos, al correr el agua de forma desigual por la superficie (irregularidades, pendientes diferentes, obstáculos, etc.), provocando la formación de surcos más o menos perpendiculares a las curvas de nivel.

Este tipo de erosión avanza tanto aguas arriba como aguas abajo.

- Erosión en barrancos.

Tienen su origen cuando se produce una gran concentración de escorrentía en una zona determinada, dando lugar a profundas incisiones en el terreno. Este tipo de erosión produ

ce generalmente un importante retroceso en las cabeceras de los arroyos.

- Erosión aerolar.

Muy frecuente al N. del Término Municipal en materiales arcósicos. Se produce como consecuencia del lavado de los materiales finos que forman los suelos, con lo cual se produce una pérdida importante de la fertilidad del suelo con la consiguiente degradación de la vegetación.

3.2.7. RIESGOS.

En este apartado quedan incluidos todos aquellos problemas de la unidad geomorfológica no tratados en apartados anteriores. Estos problemas tienen básicamente un carácter geotectónico, como son : deslizamientos, desplomes, karstificaciones, zonas inundables, etc.

Dentro del Término Municipal de Madrid, los problemas más relevantes son quizá los derivados de la presencia de arcillas expansivas y todos aquéllos relacionados con la disolución de los yesos.

Un problema también importante, pero de carácter antrópico es el de los vertidos. Al estar casi el 50% del Término Municipal ocupado por la urbanización, ha producido un gran movimiento de materiales, incluso en diferentes épocas históricas. Estos materiales de vertido no siempre se han consolidado de forma homogénea y pueden, en algunos casos, provocar problemas de asientos diferenciales. Por otro lado, estos vertidos no siempre controlados han producido en ocasiones variaciones en la red hidrográfica natural, con los consiguientes perjui-

cios que ello conlleva.

Al existir dentro de este Proyecto un área dedicada a la Cartografía y estudio geotécnico del Término Municipal, no se incidirá especialmente en estos problemas, pero sí de forma concisa se señalan para cada unidad los problemas principales que pueden aparecer o los derivados de la introducción de cualquier actividad.

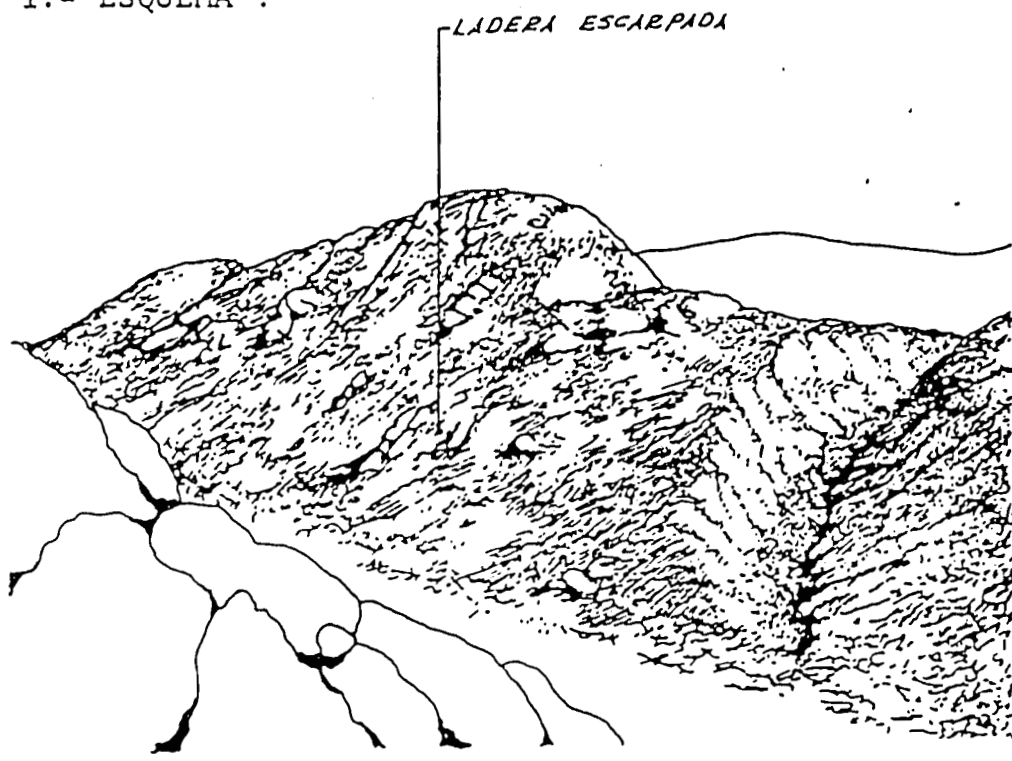
Por último, indicar que dentro de la cartografía geomorfológica realizada se han representado, mediante una simbología determinada, diferentes actividades antrópicas (vertidos, excavaciones, explotaciones, etc.).

3.3. FICHAS DESCRIPTIVAS DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.-

3.3.1. SISTEMA DE LADERAS EN GRANITO.

LADERA ESCARPADA

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Se sitúa en el extremo más septentrional del Término Municipal de Madrid, constituyendo las vertientes del fuerte encajamiento que presenta aquí el río Manzanares. Su acusada pendiente, más del 50%, junto con los fuertes procesos erosivos que en ella tienen lugar en función de la litología del sustrato, son sus rasgos más característicos.

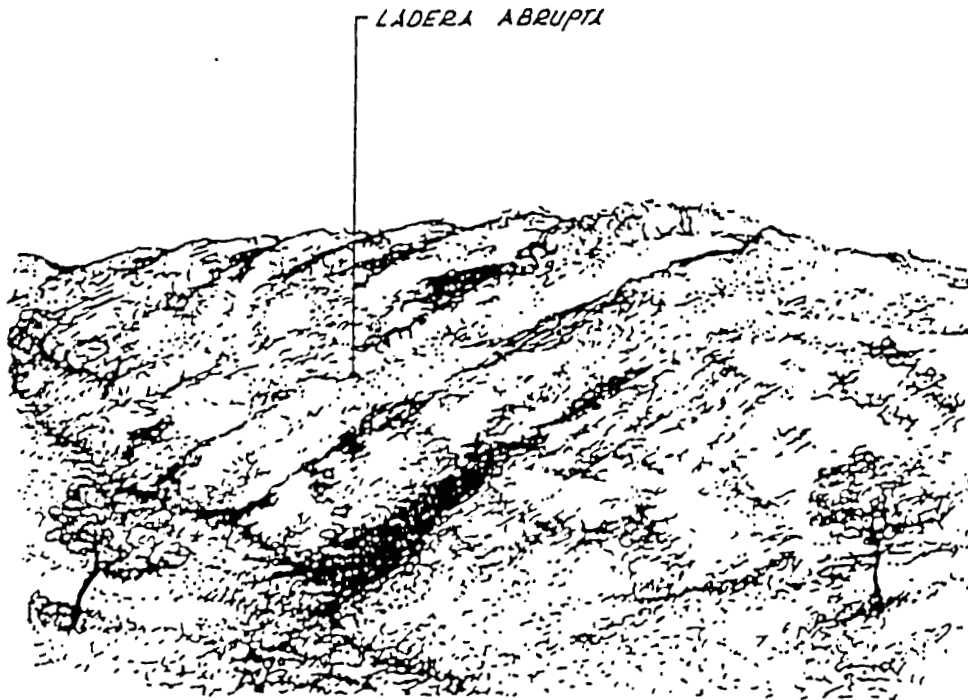
3.- LITOLOGÍA : Granito de dos micas.

4.- FORMA : Paredes prácticamente verticales, de longitud corta.

- 5.- PENDIENTE : 50 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Localmente coluviones en la base.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en barrancos muy localizados.. Coeficiente de escorrentía $K = 90$, $c = 0,65-0,80$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables por pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL :Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente. Localmente fuerte incisión en barrancos. Ocasionalmente problemas de rivados de la arenización del granito. Desprendimiento de rocas.

LADERA ABRUPTA

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Se sitúa en zonas próximas al contacto de los materiales graníticos con las facies de arcosas con bloques, ocupando una franja sensiblemente paralela a dicho contacto. Se caracteriza fundamentalmente por su pendiente, no presentando gran desarrollo vertical. Por su morfología, pueden darse algunos procesos erosivos acusados, predominando la incisión vertical en surcos y barrancos.

3.- LITOLOGÍA : Granito de dos micas.

4.- FORMA : Perfil transversal plano o ligeramente cóncavo, con desarrollo vertical de tipo medio.

- 5.- PENDIENTE : Entre un 15-30 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Localmente coluviones en la base.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en barrancos muy localizados. Coeficiente de escorrentía $K = 80$, $c = 0,65-0,80$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables por pendiente y litología.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente. Localmente fuerte incisión en barrancos. Ocasionalmente problemas derivados de la arenización del granito. Desprendimiento de rocas.

LADERA MEDIA

1.- ESQUEMA :



LADERA MEDIA

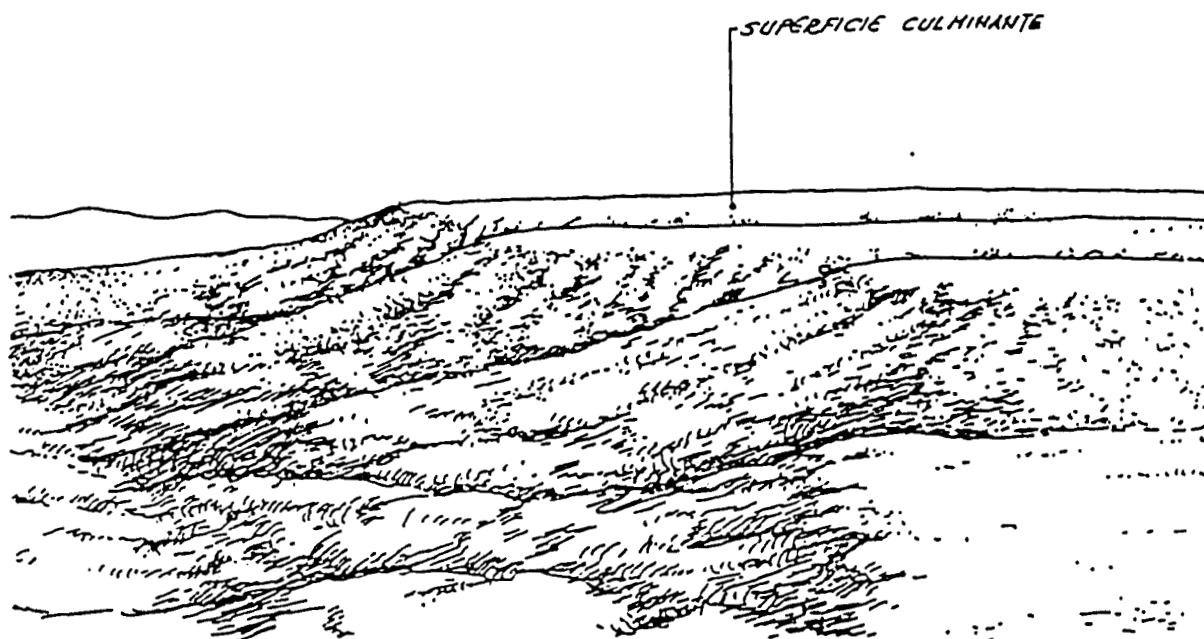
- 2.- DESCRIPCIÓN : Las laderas correspondientes a este intervalo de pendiente, entre 8 y 15%, no presentan en general gran longitud. La erosión tiene lugar a favor de arroyos, regueros y localmente en barrancos muy incipientes y donde la incisión vertical, favorecida por la arenización previa sufrida por el granito, es el proceso más importante.
- 3.- LITOLOGÍA : Granito de dos micas.
- 4.- FORMA : Perfil transversal plano y longitud media.
- 5.- PENDIENTE : Entre 8-15 %.

- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelos inexistentes o truncados.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en barrancos y regueros. Coeficiente de escorrentía $K = 60$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Desfavorables por pendiente y litología.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente. Localmente fuerte incisión en barrancos. Ocasionalmente problemas derivados de la arenización del granito.

3.3.2. SISTEMA DE SUPERFICIES-GLACIS-LADERAS EN ARCOSAS Y,
ARCOSAS CON BLOQUES.

SUPERFICIE CULMINANTE

1.- ESQUEMA :



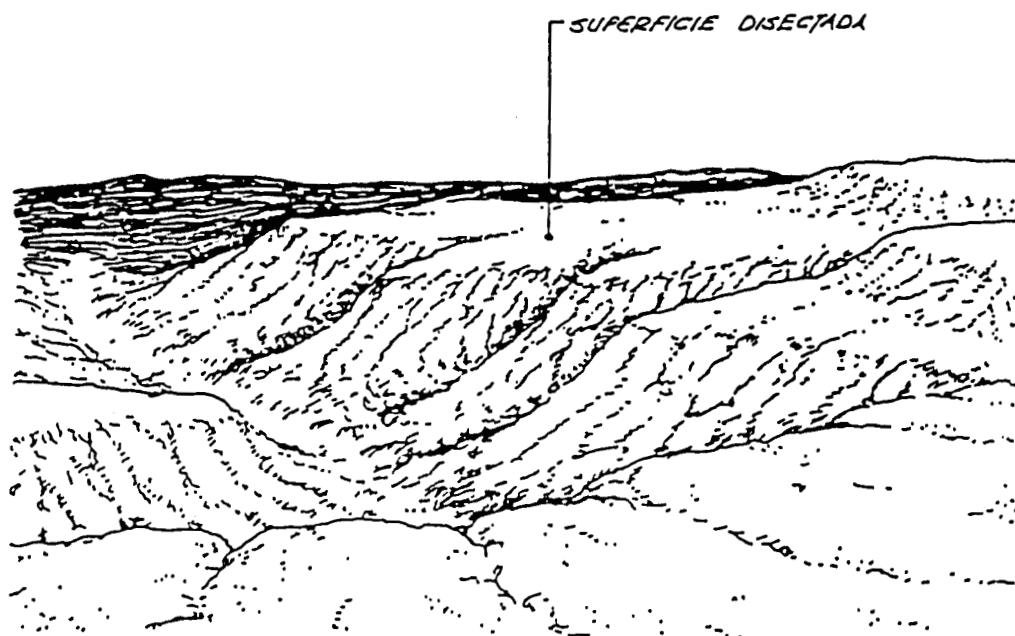
2.- DESCRIPCIÓN : Ocupa esta unidad las zonas más altas del Municipio, casi siempre por encima de la cota de 700 m., llegando en algunos casos hasta los 760 m. (Cerro del Otero). Su característica fundamental es constituir los depósitos más antiguos cuaternarios. Su pendiente es prácticamente nula, no superando casi en ningún caso el 1%.

Desde el punto de vista cronológico, se diferencian dos superficies (una de edad Pliocena y otra del Cuaternario inferior). En el mapa de Unidades Geomorfológicas y atendiendo a sus características se incluyen una misma unidad. Esta unidad se sitúa tanto sobre el conjunto arcósico como sobre las arcosas con bloques y nunca sobre las arcillas verdes o los yesos. Su potencia varía entre 0-4 m.

- 3.- LITOLOGÍA : Arcosas de grano grueso con cantos y en ocasiones bloques de rocas graníticas, cuarzos y algún pórfido.
- 4.- FORMA : Normalmente formas alargadas perfectamente definidas, constituyendo divisorias de agua (Cerro Otero-Cuatro Caminos) o zonas más o menos amplias (Cuatro Vientos).
- 5.- PENDIENTE : 0-1 %, con una pendiente media = 0,2-0,4 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo no cálcico y a veces suelos gleicos en el contacto con el sustrato. Depósito de arenas con cantos, de 0-4 m. de espesor, parcialmente removilizadas.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Infiltración superficial buena. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables-muy favorables.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico y científico por su significación geomorfológica.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : En ocasiones alto grado de urbanización. Puede existir también cierta erosión en los bordes.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada. Erosión acentuada en los bordes. En el caso de las facies de arcosas con bloques, problemas derivados de la presencia de bolos.

SUPERFICIE DISECTADA

1.- ESQUEMA :



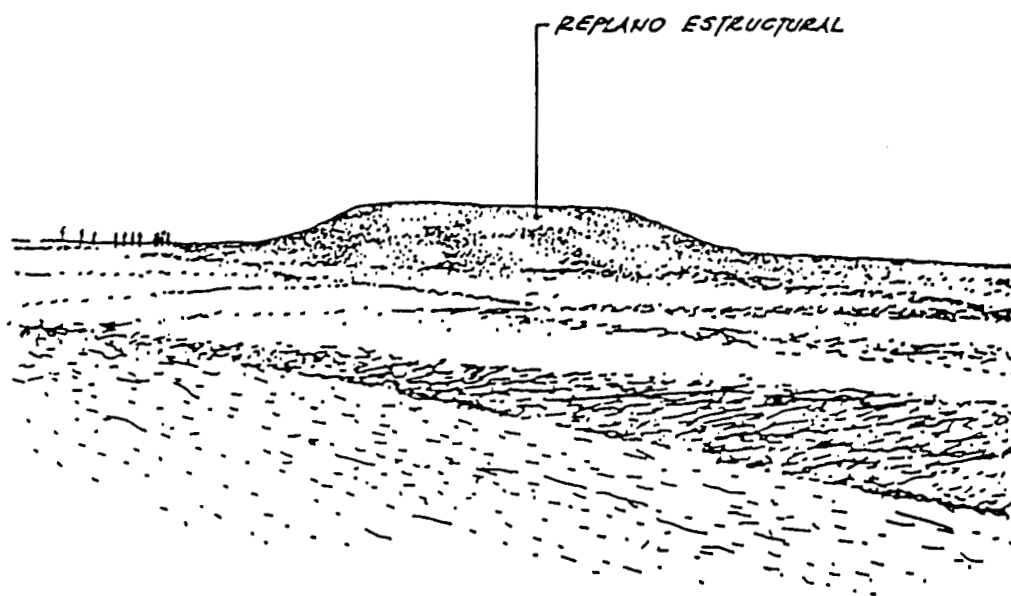
2.- DESCRIPCIÓN : Se desarrolla en la zona septentrional del Término Municipal de Madrid y sobre el conjunto arcósico (zona de El Pardo), instalándose por encima de los 700 m. Su significado morfológico es distinto al de otras superficies existentes en este contexto. Se trata de amplias divisorias de agua, de bordes recortados a menudo sumamente degradados por la erosión y con disposición dentro del conjunto general desconectada de las arterias fluviales principales. A techo suele presentar un recubrimiento de removilización de arenas con cantos.

3.- LITOLOGÍA : Arenas y arcosas de grano grueso y medio con cantos de cuarzo, cuarcita y algún granitoide.

- 4.- FORMA : Alargadas y linguoides de bordes recortados. En conjunto presenta un aspecto degradado.
- 5.- PENDIENTE : 0-2 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo no cálcico. Depósito arenoso con cantos de 0-4 m. de espesor.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Infiltración superficial buena. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables-muy favorables.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés didáctico por morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada. Marcada incisión de barrancos en los bordes.

REPLANO ESTRUCTURAL

1.- ESQUEMA :



- 2.- DESCRIPCIÓN : Morfológicamente dan lugar a "mesas", en un sentido general, y el ejemplo más significativo se localiza concretamente en el Cerro de Almodóvar. Su forma en planta es muy semejante a un triángulo pero de bordes suavizados. La pendiente, prácticamente nula, se debe a la existencia de un nivel de sílex, muy desmantelado en la actualidad, que ha impedido su total erosión, conservándose el Cerro de Almodóvar como un magnífico testigo de la Geología existente con anterioridad en la región. El nivel de sílex se sitúa sobre unas arcosas de grano grueso con arcillas arenosas y algunos bancos silíceos. El nivel de sílex superior, según algunos autores, fue explotado en la

antigüedad, encontrándose tanto a techo como en las laderas del Cerro industria de sílex de edad Paleolítica. La potencia puede variar de 0,5-5 m.

- 3.- LITOLOGÍA : Nivel silíceo perteneciente a la Unidad "Arcosas gruesas" con intercalaciones de arcillas sepiolíticas y bancos discontinuos de sílex.
- 4.- FORMA : Triangular con bordes muy redondeados, en planta.
- 5.- PENDIENTE : 0-0,2 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo no cálcico.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Inexistencia de drenaje superficial. Coeficiente de escorrentía $K = 50$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Desfavorables por su ubicación.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Antigua explotación de sílex.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Yacimiento paleolítico de industria en sílex.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada. Erosión acentuada en los bordes.

GLACIS

1.- ESQUEMA :



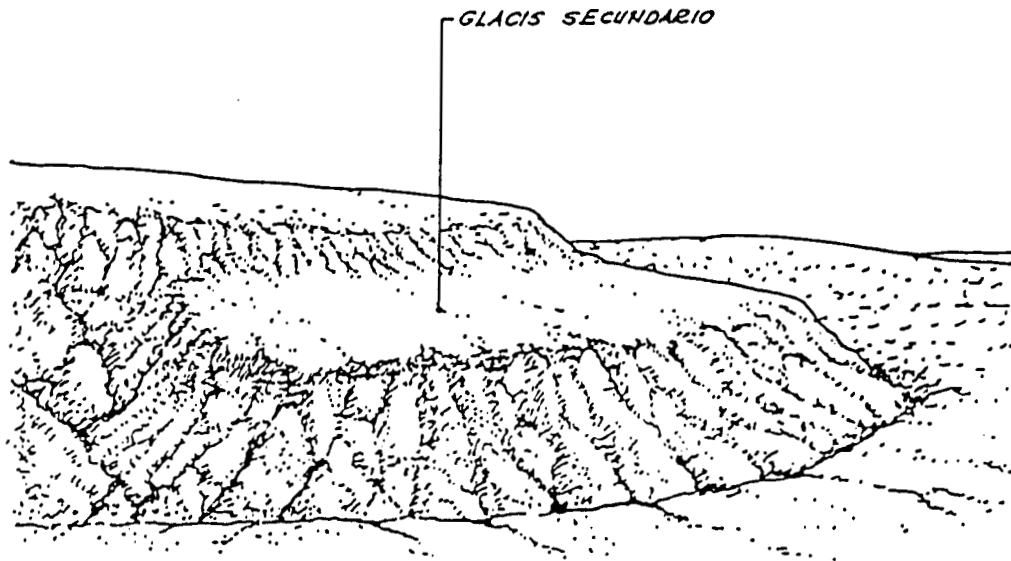
- 2.- DESCRIPCIÓN : Se localizan topográficamente por debajo de las superficies, encajándose en ellas. Tienen ya bastante relación con la disposición de los cursos de agua actuales. Constituyen en general amplias zonas frecuentemente altas, dominando sus bordes, laderas y fondos de valle con cierto encajamiento. Presentan cierta inclinación y en su mayor parte se instalan sobre el conjunto arcósico; es decir, sobre las arcosas con cantos de edad miocena. También pueden encontrarse en las facies de arcosas con bloques, como ocurre al NW de El Pardo, donde es posible observar varias generaciones de glacis, encajadas unas en otras.

La potencia de los depósitos varía entre 0,5 y 3 m. Se diferencian de los glaciés secundarios fundamentalmente por su tamaño y por su posición topográfica (siempre mayor cota).

- 3.- LITOLOGÍA : Arenas y arcosas de grano medio a grueso con cantos de rocas graníticas y cuarzo; localmente algún bloque.
- 4.- FORMA : Formas alargadas y linguoides con cierta inclinación hacia los cursos de agua actuales.
- 5.- PENDIENTE : 0-3 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelos pardos no cálcicos. Depósito de 0-3 m. de arenas y arcosas con cantos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escaso drenaje superficial. Infiltración media buena. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy favorables.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Niveles de agua en el sustrato.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés didáctico por morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Alto grado de urbanización.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa e inicial en regueros, con ligera removilización del recubrimiento. Erosión acentuada en los bordes. En el caso de las facies de arcosas con bloques, problemas derivados de la presencia de bolos.

GLACIS SECUNDARIOS

1.- ESQUEMA :

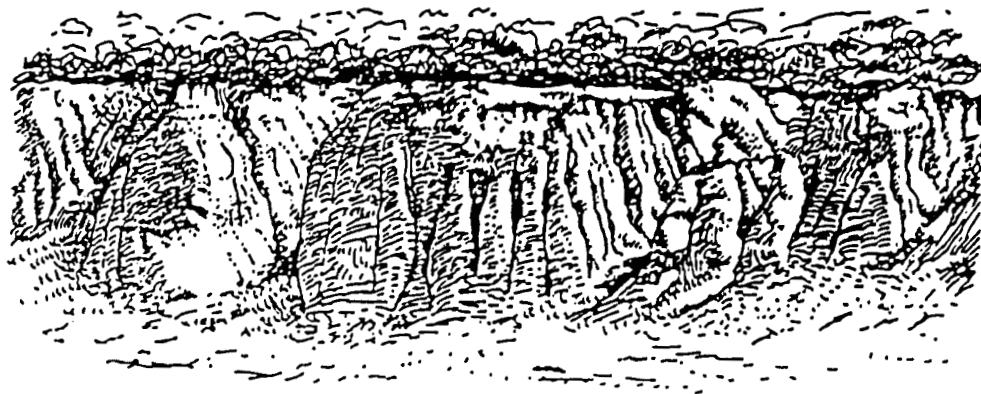


- 2.- DESCRIPCIÓN : Se consideran como tales aquellas formas que sirven de enlace entre las superficies y/o glacis con las terrazas, sustituyendo a estas últimas en algunas ocasiones y que sin tener un gran desarrollo aparecen inclinadas suavemente hacia los cauces actuales. Ocupan en general la parte superior de lomas, hombreras y replanos. Su potencia es inferior a los 3 m., oscilando generalmente entre 0,5-1,5 m.
- 3.- LITOLOGÍA : Arenas con cantos de cuarzo y rocas graníticas sobre los materiales del conjunto arcósico. Arenas gruesas y arcosas con bloques.

- 4.- FORMA : Formas generalmente ovaladas o linguoides, de bordes redondeados y escasa extensión.
- 5.- PENDIENTE : 1-4 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo no cálcico. Depósito de arenas y cantos de escaso espesor en general.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escaso drenaje superficial. Infiltración media buena. Coeficiente de escorrentía $K = 50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables en general.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa e inicial en regueros, con ligera removilización del recubrimiento. Marcada erosión en los bordes. En el caso de las facies de arcosas con bloques, problemas derivados de la presencia de bolos.

LADERA ESCARPADA

1.- ESQUEMA:



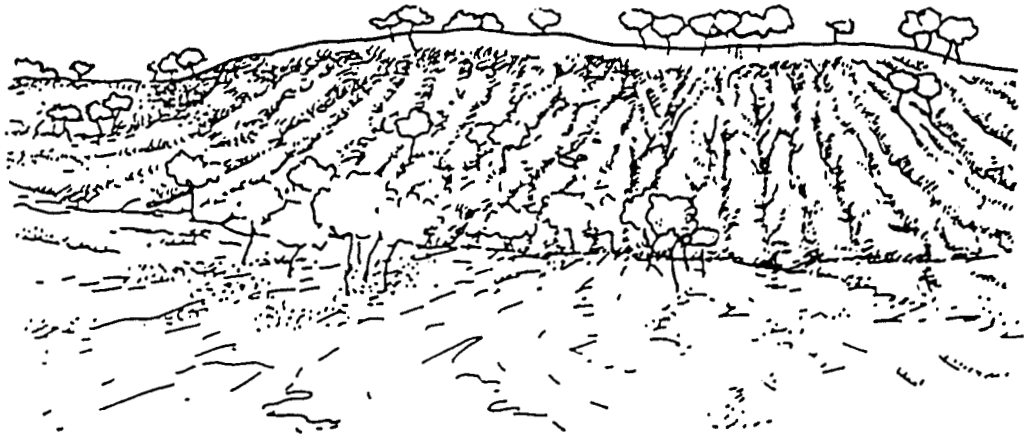
LADERA ESCARPADA

- 2.- DESCRIPCIÓN: No son muy abundantes dentro de este conjunto geológico, destacando las laderas del Cerro Almodóvar, en las que se pueden distinguir dos partes: la superior, de pendiente más acusada y donde se dan fundamentalmente procesos de tipo erosivo, como formación de surcos y regueros, desplomes, etc., y la inferior algo más suavizada y donde pueden encontrarse pequeños coluviones y derrames arenosos. Interesante destacar el tránsito en la base, de forma gradual, a las arcillas verdes con niveles sepiolíticos.
- 3.- LITOLOGÍA: Arcosas y arcillas con niveles de sepiolita y sílex.

- 4.- FORMA: Junto con la superficie del cerro, presentan una forma troncocónica de base triangular suavizada. Son laderas largas y cóncavas.
- 5.- PENDIENTE: 50 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Localmente coluviones en la base.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Drenaje superficial en surcos y regueros. Coeficiente de escorrentía $K=80$, $c=0,65-0,80$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Muy desfavorables por su elevada pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Explotación de sepiolita en la base de la ladera.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Yacimiento de interés paleontológico. Interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la fuerte pendiente, acompañados de deslizamientos y desprendimientos. Marcada erosión concentrada en barrancos.

LADERA ABRUPTA

1.- ESQUEMA:



LADERA ABRUPTA

- 2.- DESCRIPCIÓN: Se caracterizan fundamentalmente por su pendiente, no presentando en general gran desarrollo vertical. Pueden observarse al SW del Término Municipal y en la zona de La Zarzuela. Igualmente y dentro de las facies de arcosas con bloques en las zonas más próximas al contacto con el granito. No son muy frecuentes. Por su morfología, pueden darse algunos procesos erosivos acusados, predominando la incisión vertical en surcos y pequeños arroyos de carácter intermitente.
- 3.- LITOLOGÍA: Arcosas groseras con algunos cantos e incluso bloques. Niveles fangosos intercalados.

- 4.- FORMA: Cóncavas con desarrollo vertical de tipo medio.
- 5.- PENDIENTE: 15-30 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Localmente coluviones en su base.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Drenaje superficial en surcos y barrancos incipientes. Coeficiente de escorrentía $K = 70$, $c = 0,65-0,80$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Desfavorables por su pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la fuerte pendiente, ocasionalmente deslizamientos. Erosión en regueros y barrancos incipientes. En el caso de las facies de arcosas con bloques, problemas derivados de la presencia de bolos y mayor intensidad de los procesos erosivos.

LADERAS MEDIAS

1.- ESQUEMA:



LADERA MEDIA

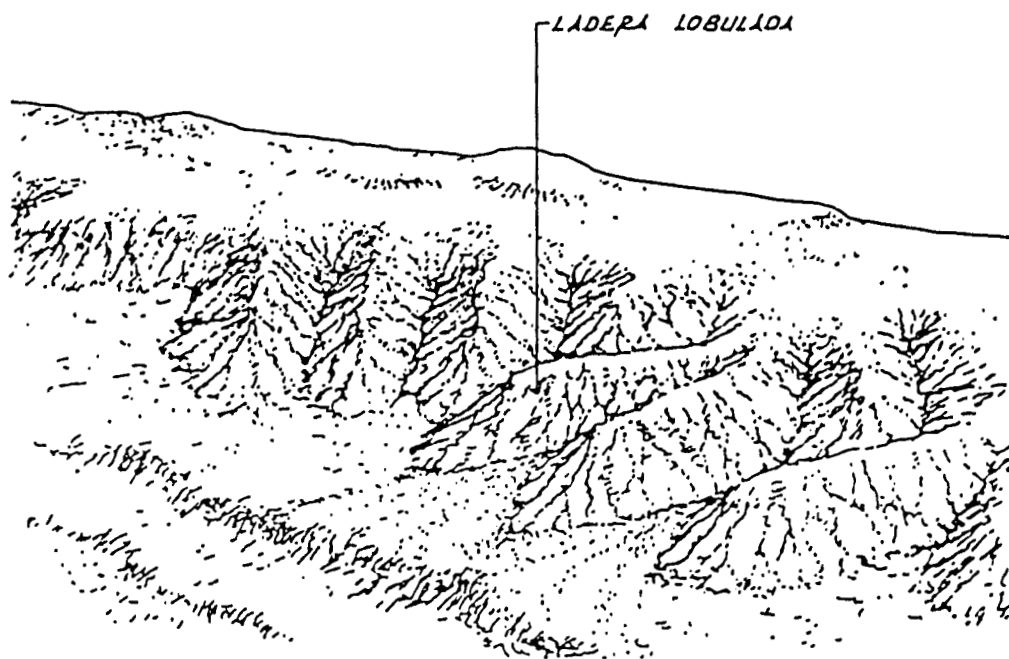
2.- DESCRIPCIÓN: Se localizan fundamentalmente en las vertientes de los principales cursos de agua (Manzanares y Jarama) así como en algunos de los cauces secundarios. Aunque se consideran dentro de la misma unidad, conviene señalar una pequeña diferencia de este tipo de laderas en sentido N-S. En la zona más meridional del Municipio, debido a una granulometría más fina de las arcosas y a una mayor coherencia, las laderas medias están menos erosionadas y los procesos de incisión vertical son más suavizados. Por el contrario, hacia el N, con mayor tamaño de grano y una mayor porosidad por ausencia de elementos finos, las laderas están más desnudas y la incisión vertical de los arroyos es más acusada. Es frecuente la erosión aerolar por lavado su

perfidial de los elementos finos. Pueden darse también en zonas concretas deslizamientos y otros procesos gravitatorios, siendo frecuente la formación de coluvionamiento en la base de estas laderas.

- 3.- LITOLOGÍA: Arcosas y arcillas en la zona meridional. Arcosas con pasadas de cantos y arcosas con bloques en la zona septentrional.
- 4.- FORMA: Perfil plano o plano-cóncavo y longitud media.
- 5.- PENDIENTE: 8-15 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Prácticamente inexistencia de suelos. Localmente coluviones en la base.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Drenaje superficial en pequeños arroyos intermitentes. Infiltración baja por la pendiente. Coeficiente de escorrentía $K=70$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Desfavorables por la pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Cierta interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Localmente vertederos incontrolados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente. Erosión en regueros y barrancos incipientes. En el caso de las facies de arcosas con bloques, problemas derivados de la presencia de bolos y mayor intensidad de los procesos erosivos.

LADERA MEDIA LOBULADA

1.- ESQUEMA:

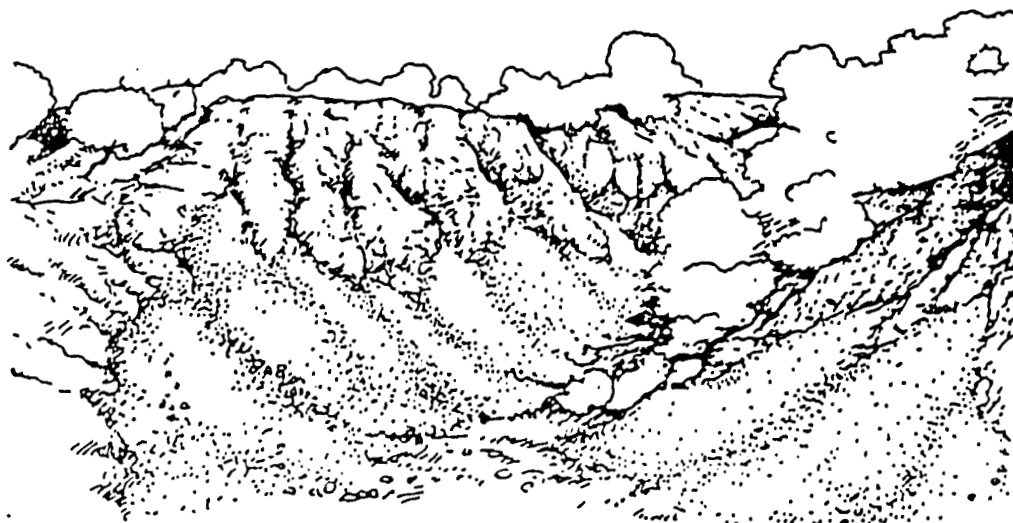


- 2.- DESCRIPCIÓN: Se sitúan en la zona Norte del Término Municipal de Madrid, sobre la facies arcósica que aquí va a tener un carácter más grosero, dominando las arenas gruesas con cantos con escaso contenido en arcillas. Una morfología característica ha permitido diferenciar una unidad específica dentro del rango de laderas medias. En efecto, se trata de laderas cortas en general, sumamente recortadas a cuyo pie se acumulan importantes depósitos arenosos que, procedentes del lavado de las mismas, caen por gravedad asistida de una arroyada superficial.
- 3.- LITOLOGÍA: Arcosas groseras con algunos cantos de cuarzo y cuarcita.

- 4.- FORMA: Aspecto recortado con suaves hombreras y espolones en planta. Perfil transversal ligeramente convexo.
- 5.- PENDIENTE: Entre 8-15 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Localmente suelos pardos. Derrames arenosos al pie de las laderas.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Drenaje superficial a favor de arroyos y regueros. Coeficiente de escorrentía $K = 65$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Desfavorables por pendiente y procesos.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Cierta interés didáctico por su morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente. Erosión en cabecera controlada por barrancos y vaguadas. Ocasionalmente, caída de material asistida de arroyada.

LADERA MEDIA CON RECUBRIMIENTO ARENOSO

1.- ESQUEMA:



LADERA MEDIA CON RECUBRIMIENTO ARENOSO

- 2.- DESCRIPCIÓN: Se sitúan al pie de las laderas medias lobuladas; por tanto, en la zona Norte del Término Municipal de Madrid. Y pueden considerarse como una continuación morfológica de aquéllas. Se presentan prácticamente tapizadas de un depósito arenoso, procedente de la erosión "aerolar" que sufren las laderas en este contexto geológico y que ocasiona asimismo una pérdida importante del suelo.
- 3.- LITOLOGÍA: Arcosas groseras con cantos de cuarzo, cuarcita y algún granitoide.
- 4.- FORMA: Aspecto recortado en planta. Perfil transversal ligeramente cóncavo.

- 5.- PENDIENTE: Entre 8-15 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Localmente suelos pardos. Recubrimientos arenosos con cantos importantes.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Drenaje superficial a favor de arroyos y regueros migratorios. Coeficiente de escorrentía $K = 65$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Desfavorable por pendiente y procesos.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Cierta interés didáctico por su morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente. Erosión a favor de arroyos y regueros migratorios, con amplias zonas de depósito del material removilizado en las vaguadas y parte baja de las laderas.

LADERAS MEDIAS ABARRANCADAS

1.- ESQUEMA:



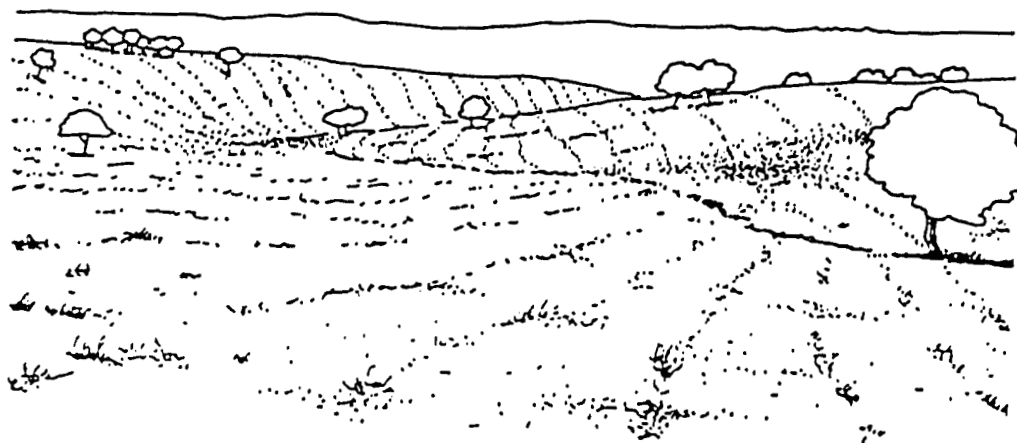
LADERA MEDIA ABARRANCADA

2.- DESCRIPCIÓN: Se desarrollan fundamentalmente en las facies de arcosas groseras, donde el contenido en elementos finos es pequeño, instalándose en zonas como la Casa de Campo, La Zarzuela, Castillo de Viñuelas y El Pardo; es decir, en la mitad Norte del Término Municipal. Se inicia el proceso de formación de barrancos y cárcavas con una erosión de tipo "aerolar", es decir, por un lavado de los finos existentes en los suelos o en la zona superficial, originándose una pérdida de fertilidad y una desforestación, sobre todo si la pendiente lo favorece. Todo ello lleva como consecuencia una máxima dispersión del drenaje con formación de numerosas barranqueras en las que se produce una intensa erosión de todo el material arenoso.

- 3.- LITOLOGÍA: Arcosas groseras con algunos cantos.
- 4.- FORMA: Perfil generalmente cóncavo y longitud media de las laderas.
- 5.- PENDIENTE: 8-15 %. Puntualmente en algunos barrancos puede aumentar.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Suelo inexistente. Puntualmente coluviones arenosos en la base.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Drenaje superficial a través de cárcavas y barrancos muy diversificados. Coeficiente de escorrentía $K = 65$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Muy desfavorables por pendiente elevada y procesos actuantes.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Puntualmente explotación de areneros.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Alto interés didáctico por su morfología y procesos/riesgos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Alto grado de erosión con pérdida importante del suelo.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente. Alta erosión aerolar concentrada en cárcavas y barrancos. Fuerte arroyada acompañada de movimiento en masa en las zonas abruptas de las laderas.

LADERA SUAVE

1.- ESQUEMA:



LADERA SUAVE

- 2.- DESCRIPCIÓN: Se trata de laderas relativamente frecuentes, sobre todo en el área urbana, en las vertientes de los cauces secundarios y, sobre todo, en las facies más finas del conjunto arcósico, aunque también pueden encontrarse en zonas septentrionales dentro de las arcosas con bloques. Es normal que por su baja pendiente y la bondad de la naturaleza de los materiales, tengan un uso generalmente de suelo urbano. Corresponden a zonas de mínimos riesgos excepto en los casos de existencia de arcillas expansivas. Aparecen localmente procesos erosivos, de carácter fluvial.
- 3.- LITOLOGÍA: Arcosas, arcosas y arcillas. Localmente niveles de sepiolita y sílex. Arcosas gruesas con bloques.

- 4.- FORMA: Perfil plano o plano cóncavo. Generalmente son laderas de gran longitud. Localmente presentan ondulaciones.
- 5.- PENDIENTE: 3-8 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Pardo mediterráneo, cuando existe. Localmente derrames arenosos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Drenaje superficial en pequeños arroyos y surcos. A veces lámina de agua. Infiltración baja-media. Coeficiente de escorrentía $K = 65$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Favorables por su pendiente y litología, excepto puntualmente por existencia de arcillas expansivas.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Destrucción de la morfología por urbanización. Localmente vertederos y escombreras.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa e inicial en regueros, con ligera removilización del recubrimiento. En el caso de las facies de arcosas con bloques, problemas geotécnicos derivados de la presencia de bolos.

LADERAS MUY SUAVES

1.- ESQUEMA:



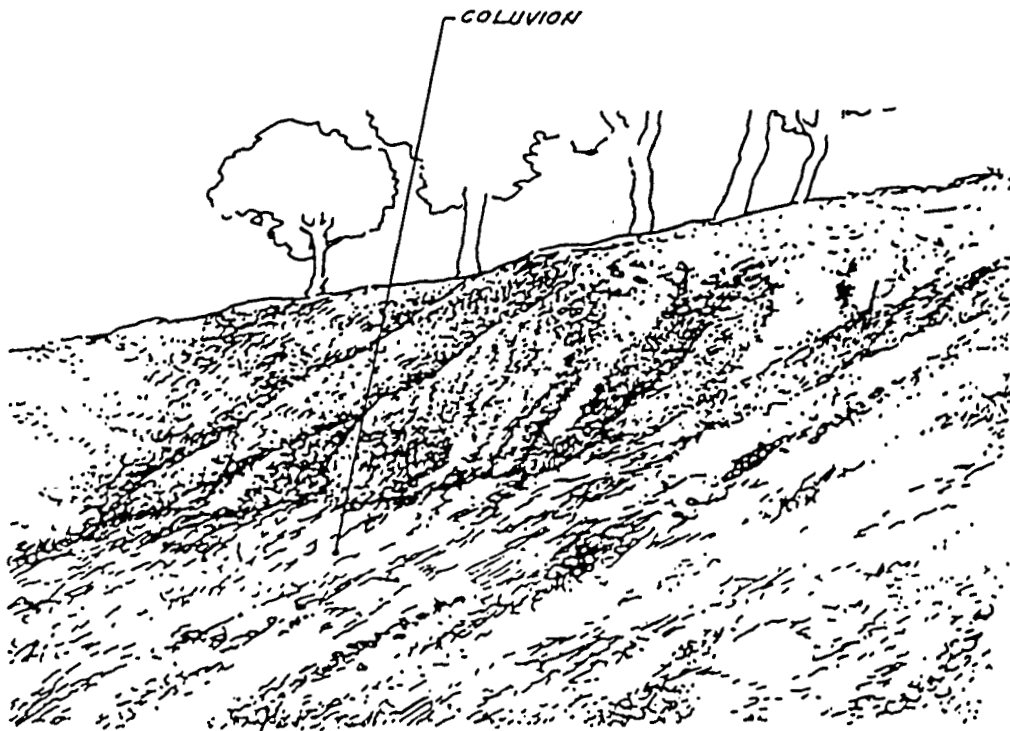
LADERA MUY SUAVE

- 2.- DESCRIPCIÓN: Este tipo de laderas es muy escaso dentro del Término Municipal de Madrid, pudiendo localizarse generalmente en los tramos más inferiores de las arcosas, es decir, donde la textura es más fina (mayor abundancia de arcillas) y muy próximo al contacto con las facies de arcillas verdes. Presentan gran homogeneidad sin apreciarse procesos erosivos de importancia. Es frecuente que por su escasa inclinación aparezcan total o parcialmente urbanizadas.
- 3.- LITOLOGÍA: Arcosas y arcillas. Localmente niveles de sepiolita y sílex.
- 4.- FORMA: Perfil plano o plano-cóncavo y longitud media.

- 5.- PENDIENTE: 0-3 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Localmente pardo mediterráneo.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Escorrentía superficial en lámina de agua. Localmente regueros. Infiltración media-baja. Coeficiente de escorrentía $K = 45$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Favorables.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Localmente vertederos y escombreras. Amplias zonas urbanizadas.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significativa e inicial en regueros. Riesgo mínimo de erosión.

COLUVIÓN

1. - ESQUEMA:



2. - DESCRIPCIÓN: Se desarrollan al pie de algunas laderas, próximos a los cauces. De poco desarrollo y extensión dentro del área de estudio. La característica fundamental es la escasa consistencia del material que los forma y su acusada pendiente. Se forman a partir de los materiales del sustrato que, una vez alterados y disgregados, caen de las partes superiores de la ladera por gravedad y generalmente ayudados por el agua superficial. La potencia es muy variable, en la mayoría de los casos no puede determinarse, pero se estima que puede oscilar entre 2 y 8 m.
3. - LITOLOGÍA: Arenas con cantos de cuarzo y rocas graníticas con carácter anguloso.

- 4.- FORMA: Estrechas y alargadas franjas al pie de las laderas.
- 5.- PENDIENTE: 8-30 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Suelos poco evolucionados de carácter coluvial.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Infiltración media. Coeficiente de escorrentía $K=70$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Muy desfavorables debido a la poca cohesión del material y a su alta pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Interés didáctico por su morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente y de la falta de compactación del material, ocasionalmente deslizamientos. Erosión en regueros.

FONDO DE VALLE ALUVIAL-COLUVIAL

1.- ESQUEMA:



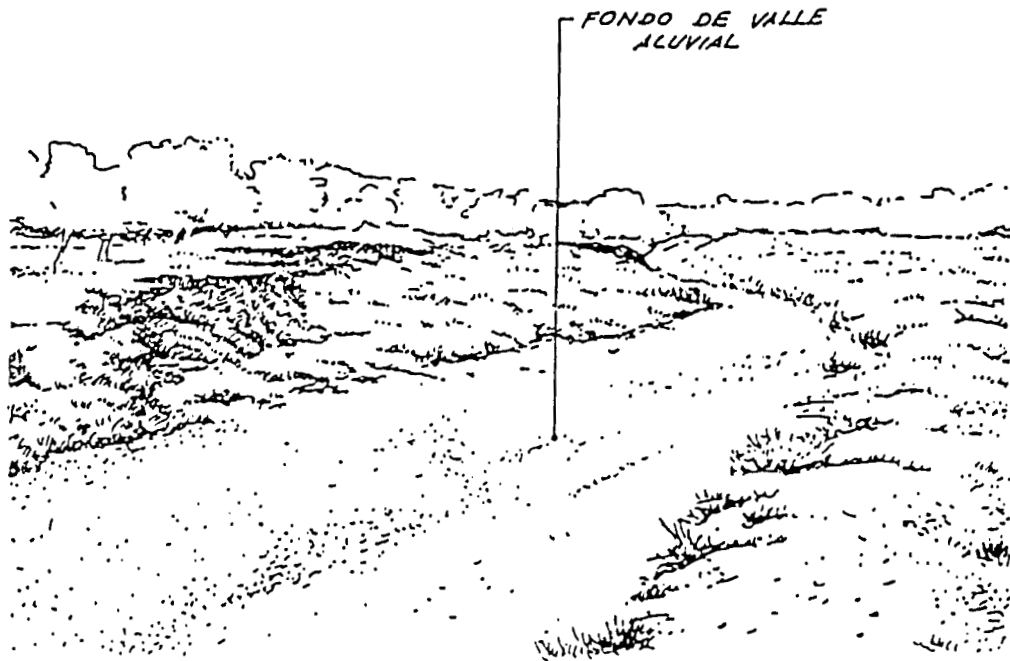
FONDO DE VALLE ALUVIAL-COLUVIAL

- 2.- DESCRIPCIÓN: Dentro de esta unidad se agrupan aquellas formas de fondo de valle en que los depósitos de carácter fluvial y los aportes laterales o de ladera se interdentan y confunden, siendo difícil la separación entre ellos. La forma del fondo de valle, en este caso, es en U, es decir, con la concavidad hacia arriba (techo de los depósitos). Los materiales son de carácter más anguloso que los puramente aluviales, como consecuencia de los aportes laterales, menos elaborados y los valles algo más amplios. La fracción arcillosa es también superior. La potencia no suele ser, en general, superior a los 5 m.

- 3.- LITOLOGÍA: Arenas arcillosas y limo-arcillosas con cantos para los situados sobre el conjunto arcósico, dominando al carácter arenoso y algún bloque cuando se trate de arcosas con bloques.
- 4.- FORMAS: Alargadas, siguiendo los cursos de agua, con perfil transversal cóncavo, dando formas de U junto a las laderas.
- 5.- PENDIENTE: 0-8 %, pudiendo aumentar algo en zonas próximas a la cabecera.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Suelo pardo no cálcico de aluvión. Depósito aluvial-coluvial areno-arcilloso.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Infiltración media. Escorrentía superficial buena, aunque esporádica a través de los cauces. Coeficiente de escorrentía $K=50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Desfavorables por escasa cohesión del material y posibles inundaciones en épocas de intensa precipitación.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Interés didáctico.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Localmente, vertederos incontrolados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Esporádicamente riesgo de inundación, acompañado localmente de socavación en el cauce y aporte de material de las laderas.

FONDO DE VALLE ALUVIAL

1.- ESQUEMA:



- 2.- DESCRIPCIÓN: Corresponden a los depósitos de carácter aluvial depositados por los cursos de agua en épocas de sedimentación. Se limitan a las partes más inferiores de los valles, dando el techo del depósito una superficie plana, cuya amplitud dependerá del tipo de valle. En el Término Municipal y tanto en las facies arcóscicas como en la de arcosas con bloques, estos fondos de valle no presentan gran amplitud, debido a la intensa incisión vertical que hace que los valles sean rápidamente encajados dando formas de V muy cerradas con escasos sedimentos en el fondo. En estos fondos de valle se encajan los cursos actuales. Su carácter es fundamentalmente arenoso y areno-arcilloso con gravas y algún bloque. La base de este tipo de depósitos suele ser, aunque no siempre sea visible, más conglomerática.

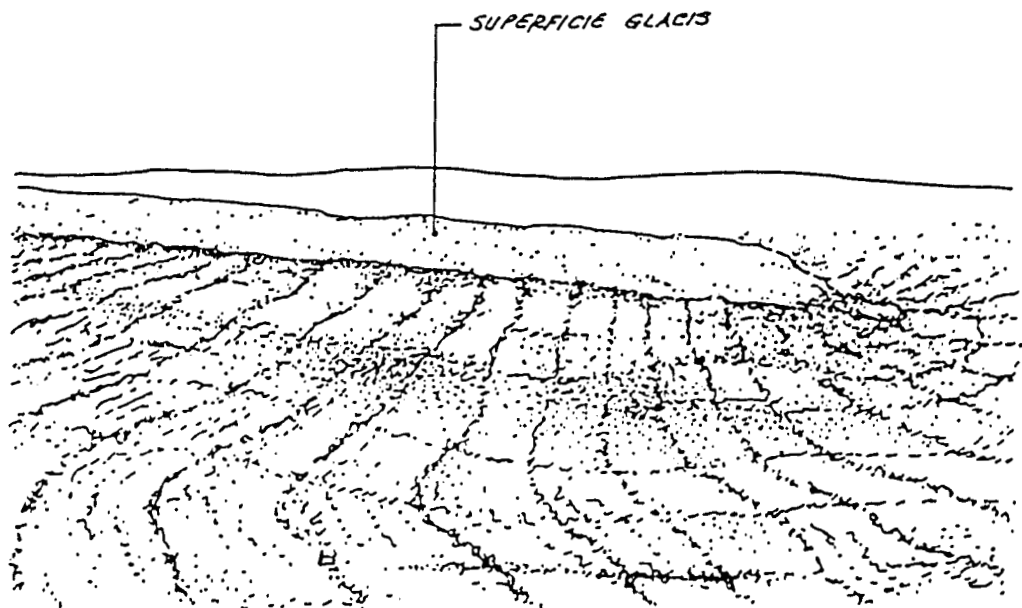
- 3.- LITOLOGÍA: Arenas y arenas arcillosas con algunos cantos y bloques. La naturaleza de las arenas suele ser cuarzo-feldespática.
- 4.- FORMA: Alargadas, siguiendo el curso de las venas de agua, con techo del depósito plano, y escasa amplitud transversal.
- 5.- PENDIENTE: 0-8 %, aumentando algo en las zonas de cabecera.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Suelo pardo no cálcico de vega. Depósito fluvial arenoso.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Infiltración alta. Escorrentía superficial buena, limitada al cauce. Nivel freático muy próximo a la superficie. Coeficiente de escorrentía $K=45$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Desfavorables por proximidad al cauce de agua. Posibles inundaciones en épocas de alta precipitación.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Explotaciones locales de arenas y gravas.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Localmente, escombreras y vertederos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Ocasionalmente riesgo de inundación. Localmente procesos de encajamiento del cauce y puntualmente socavación lateral de las márgenes.

62076

3.3.3. SISTEMA DE SUPERFICIES-GLACIS-LADERAS EN ARCILLAS VERDES.

SUPERFICIE - GLACIS

1.- ESQUEMA :



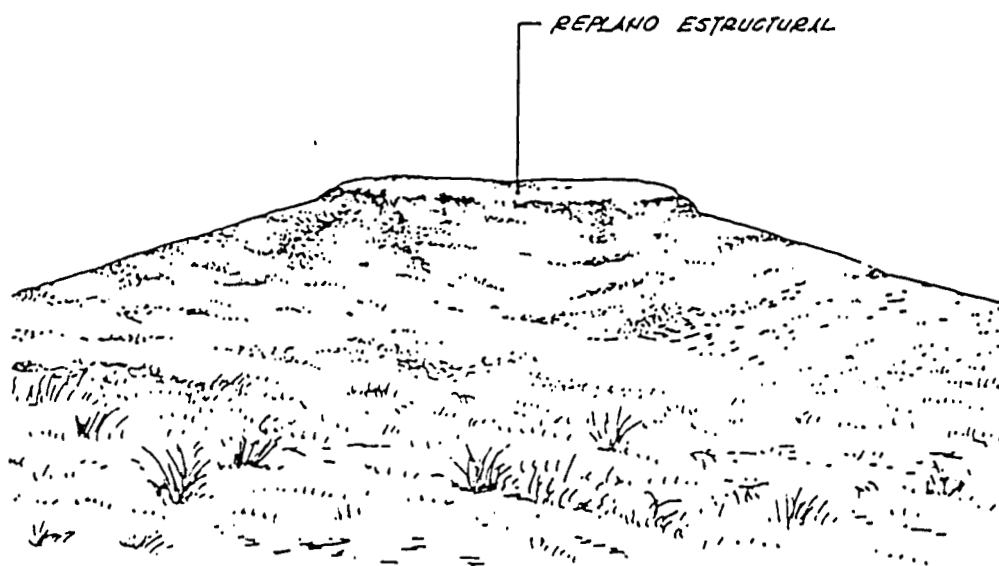
2.- DESCRIPCIÓN : Constituye una de las unidades mejor conservadas dentro de este conjunto geológico. Se trata de una zona relativamente plana, con una ligera inclinación hacia los cauces principales, aunque actualmente se encuentre desconectada de ellos. Sus bordes son definidos y netos, y en conjunto adopta un aspecto triangular y palmeado, en ocasiones recortados.

Posee una delgada cobertera, constituida por arenas arcillosas con cantos de caliza y sílex, que localmente puede no conservarse. Sobre su superficie es frecuente encontrar dolinas, sumideros y otras formas de infiltración relacionadas con procesos kársticos.

- 3.- LITOLOGÍA : Arcillas y margas verdes con niveles de sepiolita.
- 4.- FORMA : Alargadas de bordes bien definidos. En planta, aspecto triangular y recortado.
- 5.- PENDIENTE : 0-3 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo no cálcico. Recubrimiento arenoso con cantos de sílex.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Infiltración media. Localmente drenaje de tipo kárstico. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables en general, sólo modificada por posibles hundimientos.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés didáctico por morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertidos incontrolados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada. Localmente hundimientos de origen kárstico. Erosión acentuada en los bordes.

REPLANOS ESTRUCTURALES

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Se trata de una unidad cuya morfología viene condicionada por la existencia de un nivel más resistente a la erosión, constituido generalmente por carbonato. Su forma podría asociarse, en la mayoría de los casos, al de una mesa pero de bordes peor definidos y menos marcados. Otras veces presentan una morfología cónica a modo de "cerros", de techo plano y contorno aproximadamente circular, rodeado por laderas algo más inclinadas que el contexto general en el que se sitúan y del que destacan como relieve residual.

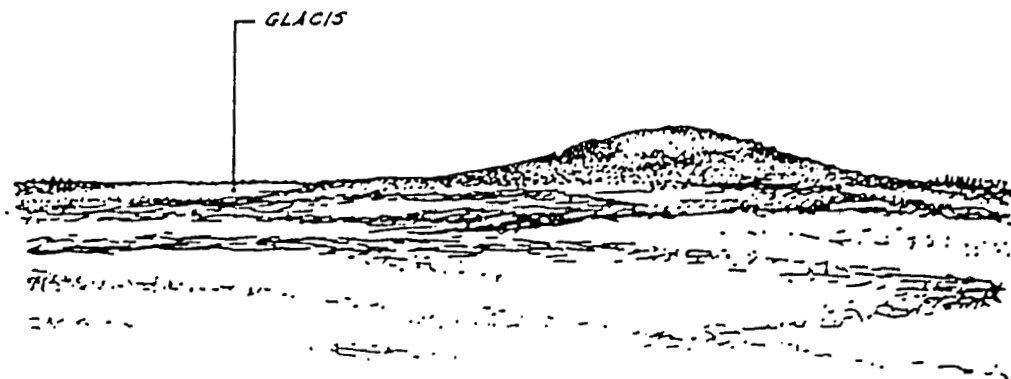
Localmente, y en algunos casos, pueden observarse al pie de estas laderas procesos de erosión concentrados en

surcos y regueros.

- 3.- LITOLOGÍA : Margas y arcillas verdes con niveles de carbonato a techo.
- 4.- FORMA : Disposición en planta alargada o circular, techo plano, contornos bien definidos. En general, morfología en mesa.
- 5.- PENDIENTE : Menor a 1 % en la zona culminante y laderas entre 2-5 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Litosuelo.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial localizada en los bordes y laderas. Coeficiente de escorrentía $K = 45$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables, excepto en los bordes.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Localmente explotaciones.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Localmente hundimientos y disoluciones de origen kárstico. Erosión acentuada en los bordes.

GLACIS

1.- ESQUEMA :



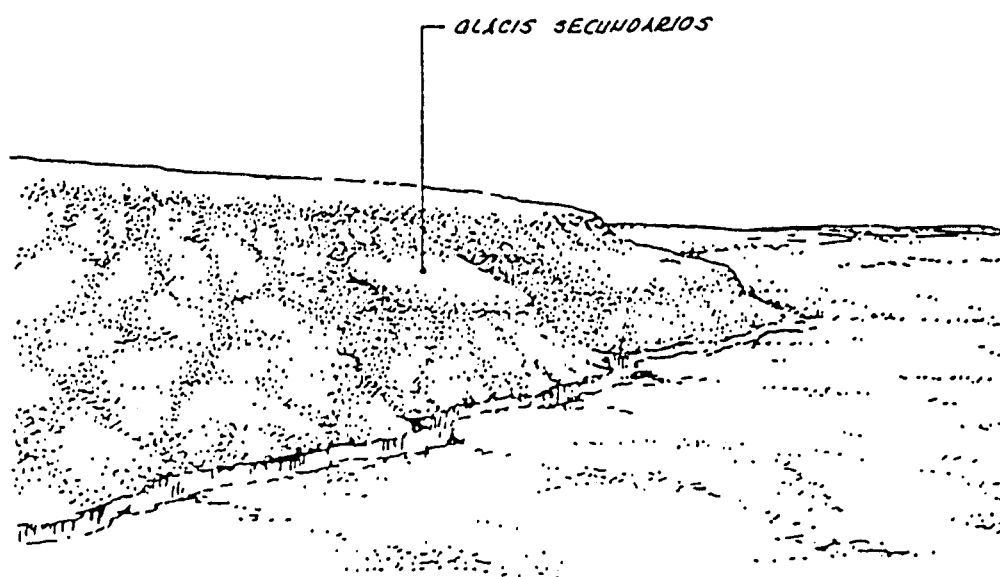
2.- DESCRIPCIÓN : Se sitúan ocupando extensas zonas, próximas a las localidades de Orcasitas, Villaverde y margen derecha del arroyo de Butarque. Morfológicamente se trata de amplias superficies ligeramente inclinadas hacia los cauces actuales, con bordes suavizados, presentando un depósito constituido por arenas y arcillas con algún canto. La potencia oscila entre 0-2 m. Se diferencian de los glacis secundarios por su tamaño y por situarse topográficamente más altos.

3.- LITOLOGÍA : Arenas y arcillas con algún canto sobre materiales del conjunto de margas y arcillas verdes.

- 4.- FORMA : Alargadas y linguoides inclinadas hacia los cursos actuales.
- 5.- PENDIENTE : Entre 0-3 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo no cálcico. Depósito de 0-2 m. de arenas, arcillas y cantos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en lámina y pequeños arroyos. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy favorables.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Alto grado de urbanización, así como de vertidos.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada e inicial en regueros. Problemas derivados de la presencia de importantes recubrimientos de distribución irregular.

GLACIS SECUNDARIOS

1.- ESQUEMA :

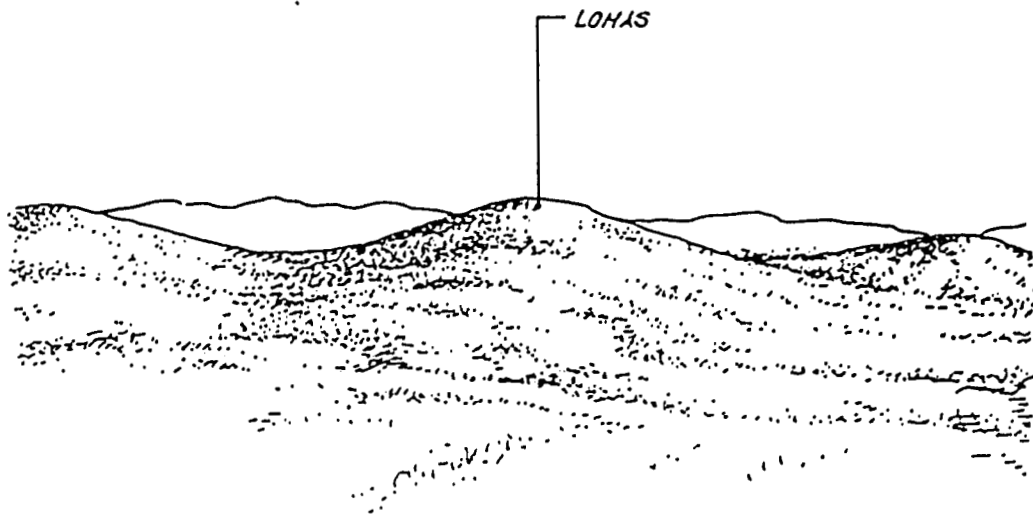


- 2.- DESCRIPCIÓN : Se trata de unas formas relativamente abundantes para esta zona del Término Municipal. Morfológicamente, constituyen pequeñas superficies inclinadas, en ocasiones espolones u hombreras, con una clara vergencia hacia los cursos de agua más próximos. A menudo, presentan un ligero recubrimiento de arenas y arcillas con cantos y gravas. Su génesis iría unida a la evolución más reciente del relieve.
- 3.- LITOLOGÍA : Arenas y arcillas con algún canto de sílex y sepiolita, sobre materiales del conjunto de margas y arcillas verdes.

- 4.- FORMA : Pequeñas hombreras y espolones dirigidos hacia los cauces más próximos. Perfil transversal ligeramente convexo.
- 5.- PENDIENTE : Variable según el caso, pero siempre menor a un 4 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo no cálcico. Ligero recubrimiento areno-arcilloso con algún canto.
- 7.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS : Drenaje superficial en lámina de agua. Infiltración media. Coeficiente de escurrentía $K = 50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables en general.
- 9.- RECURSOS GEOLOGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACION GEOAMBIENTAL : Localmente vertidos incontrolados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada e inicial en regueros, con ligera removilización del recubrimiento. Erosión en los bordes.

LOMAS RESIDUALES

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Se trata de unos relieves alomados que destacan suavemente de la monotonía del entorno y donde es difícil separar la zona culminante de las vertientes propiamente dichas. A techo de estas formas, se encuentra un depósito constituido por arenas arcillosas con cantos de carbonatos y sílex, sobre el que se desarrolla un suelo pardo mediterráneo truncado.

También es interesante resaltar los procesos de tipo kárstico que tienen lugar en función de la litología del sustrato y que se manifiestan por la existencia de dolinas y otras formas de hundimiento por disolución.

- 3.- LITOLOGÍA : Arenas y arcillas con cantos de sílex y carbonato sobre materiales del conjunto de margas y arcillas verdes.
- 4.- FORMA : Relieves alomados de contornos suavizados. Perfil transversal convexo.
- 5.- PENDIENTE : Variable, generalmente entre 3-8 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo mediterráneo truncado. Depósito de escaso espesor, siempre inferior a los 3 m. y constituido por arenas y arcillas con cantos de carbonato y sílex.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en surcos y regueros. Infiltración de tipo kárstico. Coeficiente de escorrentía $K = 50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables, aunque pueden existir problemas de hundimiento.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés didáctico.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos incontrolados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa e inicial en regueros. Hundimientos de origen kárstico. Marcada erosión en las laderas.

LADERA MUY ABRUPTA

1.- ESQUEMA :



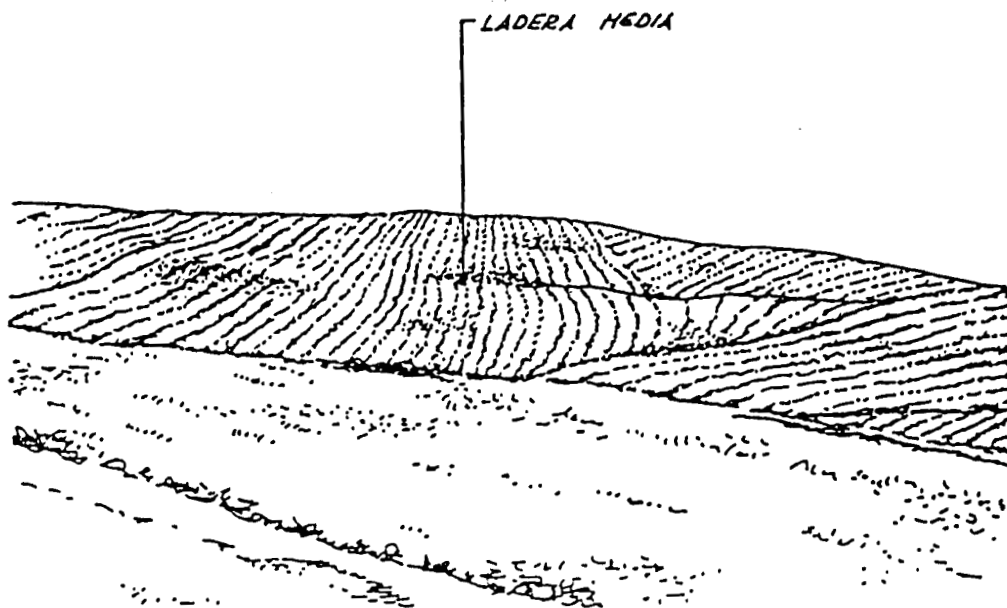
LADERA MUY ABRUPTA

- 2.- DESCRIPCIÓN : Aparece localmente en la zona más oriental de este contexto geológico, próximo al lugar conocido como "Cerro del Telégrafo". Los valores de la pendiente pueden llegar a alcanzar hasta un 50%, existiendo para esta zona procesos denudacionales muy fuertes acompañados de desplomes y caídas de bloques, que motivan la formación de un depósito coluvional al pie de estas laderas.
- 3.- LITOLOGÍA : Margas y arcillas verdes, localmente niveles de sílex y carbonato.
- 4.- FORMA : Laderas prácticamente verticales próximas al cantil.

- 5.- PENDIENTE : 30-50 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Localmente coluvión en su base.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS : Drenaje superficial en surcos y regueros incipientes. Coeficiente de escorrentía $K = 75$, $c = 0,65-0,80$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables derivadas de la pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés didáctico.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la fuerte pendiente, ocasionalmente deslizamientos y desplomes. Erosión en regueros y barrancos incipientes.

LADERAS MEDIAS

1.- ESQUEMA :



- 2.- DESCRIPCIÓN : Se trata de una unidad de escasa representación, situada generalmente en la zona más superior de las laderas de frente de los ríos Manzanares y Jarama. Esta unidad presenta pendientes que oscilan entre un 8 y un 15% y donde pueden darse procesos de arroyada claramente definidos en surcos y regueros, erosión del suelo y problemas derivados de la presencia de arcillas expansivas.
- 3.- LITOLOGÍA : Margas y arcillas verdes. Localmente niveles de carbonatos y sílex.
- 4.- FORMA : Perfil transversal cóncavo, longitud de las laderas de medias a cortas.

- 5.- PENDIENTE : Entre 8-15%.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelos inexistentes o truncados. Localmente coluvión en la base.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en regueros y barrancos incipientes. Coeficiente de escorrentía $K = 50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Desfavorable debido a la pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente y de la presencia de arcillas expansivas. Erosión en regueros y barrancos incipientes.

LADERAS SUAVES

1.- ESQUEMA :



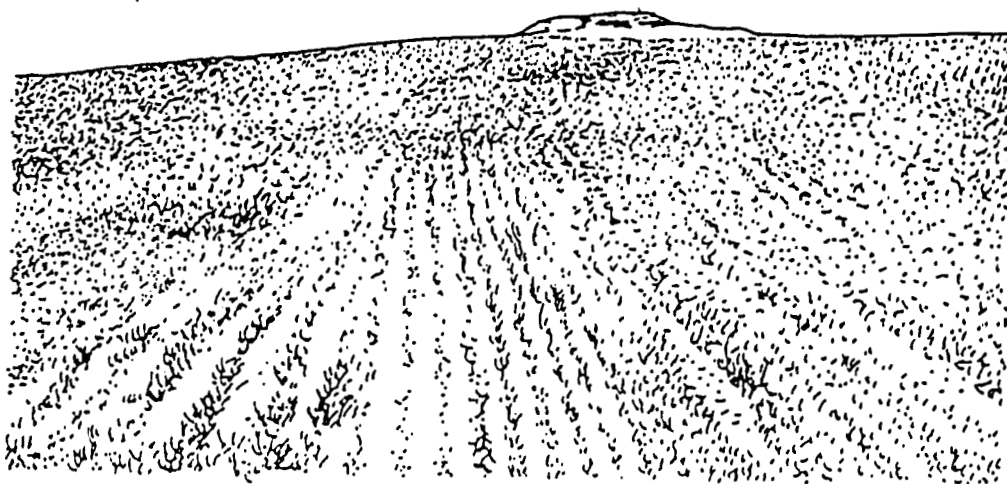
LADERA SUAVE

- 2.- DESCRIPCIÓN : Se encuentran ampliamente representadas dentro de la zona más meridional del Término Municipal de Madrid, asociándose a cualquier unidad morfológica existente en este contexto. Se trata de un terreno ligeramente inclinado, con unos valores de pendiente comprendidos entre 3 y 8%, donde es posible observar procesos de escorrentía en manto , arroyada incipiente y ligeros encajamientos tapizados de material aluvial-coluvial.
- 3.- LITOLOGÍA : Margas y arcillas verdes.
- 4.- FORMA : Perfil transversal plano o ligeramente cóncavo. Laderas de desarrollo longitudinal alto.

- 5.- PENDIENTE : Entre 3 y 8%.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Localmente suelo par
do mediterráneo.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en lá
mina e inicial en regueros. Coeficiente de escorrentía $K =$
 $= 50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables en general. Lo-
calmente problemas derivados de la expansión de arcillas.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Alguna explotación.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Vertidos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa e inicial en regueros.
Localmente problemas derivados de las arcillas expansivas.

LADERAS MUY SUAVES

1.- ESQUEMA :



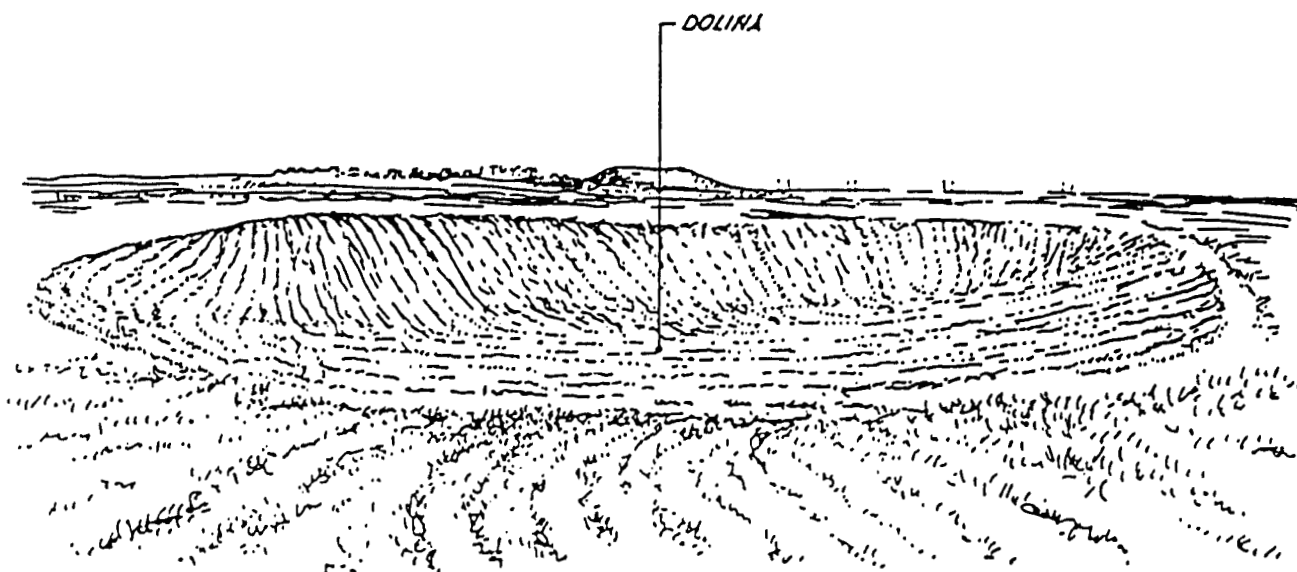
LADERA MUY SUAVE

- 2.- DESCRIPCIÓN : Este tipo de laderas ocupan una gran extensión y desarrollo, constituyendo una de las formas de paisaje más característica dentro de este contexto geológico. Es frecuente encontrarla en las proximidades de zonas endorreicas, como la de Vicálvaro-Coslada. El intervalo de pendiente para este tipo de ladera va de 0 a 3 %. Se trata, pues, de un terreno prácticamente llano sin denudación apreciable, donde es frecuente encontrar asentamientos urbanos y/o industriales.
- 3.- LITOLOGÍA : Margas y arcillas verdes.

- 4.- FORMA : Amplias zonas ligeramente onduladas y escasa pendiente.
- 5.- PENDIENTE : Menor a un 3 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Localmente pardo mediterráneo.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en lámina de agua, localmente regueros. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables en general, aunque localmente existan problemas derivados de las arcillas expansivas.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Puntualmente vertidos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada e inicial en regueros. Localmente problemas derivados de las arcillas expansivas.

DOLINAS

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Se sitúan en la zona sur del Municipio de Madrid, asociados a las facies yesíferas miocenas que afloran debajo de las arcillas verdes con carbonatos y cantos de sílex. Se trata de zonas deprimidas cuya morfología en planta es variada: ovalada, circular o en estrella son las más comunes. Sus bordes son netos pero no angulosos, con una ligera pendiente hacia el interior, a menudo tapizada de recubrimientos.

Su perfil transversal es el de una artesa o cubeta muy suave, cuyo fondo se encuentra relleno de materiales resultantes de la alteración del sustrato, estando constituido por margas arenosas, limos y algún canto. Este últi

mo hecho, junto con la retención de aguas superficiales que de alguna manera tiene lugar, hace que sean zonas idóneas para el cultivo.

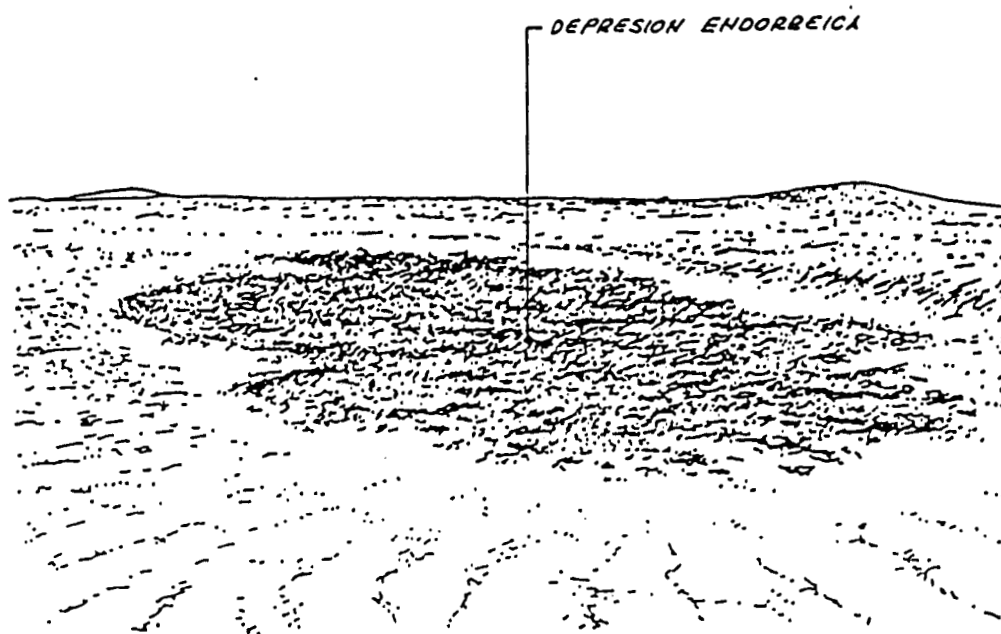
- 3.- LITOLOGÍA : Limos y arcillas de descalcificación sobre el conjunto de margas y arcillas verdes.
- 4.- FORMA : Disposición en planta variable, desde ovaladas, circulares o en embudo, pasando por formas más o menos estrenadas. Perfil transversal en suave cubeta, de fondo aplanado muy laxo y paredes interiores suavizadas.
- 5.- PENDIENTE : Variable de 0-8 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo mediterráneo, con dos horizontes bien definidos, uno de acumulación de arcillas y otro de carbonatos.

Importantes rellenos kársticos existen tapizando estas depresiones. Litológicamente, se encuentran constituidos por margas arenosas, arcillas y limos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Alta infiltración de tipo kárstico.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables por morfología.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Alto interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente ninguna.

12.- PROCESOS-RIESGOS : Ocasionalmente, riesgo de encharcamiento. Procesos de hundimiento y disolución de origen kárstico.

DEPRESIONES ENDORREICAS

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Las depresiones endorreicas existentes en el Término Municipal de Madrid se sitúan en el conjunto de arcillas verdes con sílex y carbonatos, encontrándose favorecidas por los cambios laterales de facies existentes.

Algunas de ellas, como la de Vicálvaro-Coslada, ocupan grandes extensiones, alrededor de 3 Km², otras no tan grandes ofrecen un contorno irregular que tiende a ser circular o elongado. Su fondo, prácticamente plano y deprimido, se encuentra tapizado de materiales típicos de este medio, arcillas y limos de color pardo oscuro con algunas arenas medias de origen fluvial, siendo característico la existencia de suelos arcillosos de color oscuro de carácter vértico.

Estas zonas endorreicas se encuentran alimentadas no sólo por las aguas de lluvia, sino por ciertos arroyos que a ellas llegan , produciéndose en cualquier caso problemas de encharcamiento y falta de drenaje. En algunas de estas zonas existe algún pequeño arroyo que evacua una ligera parte de este agua.

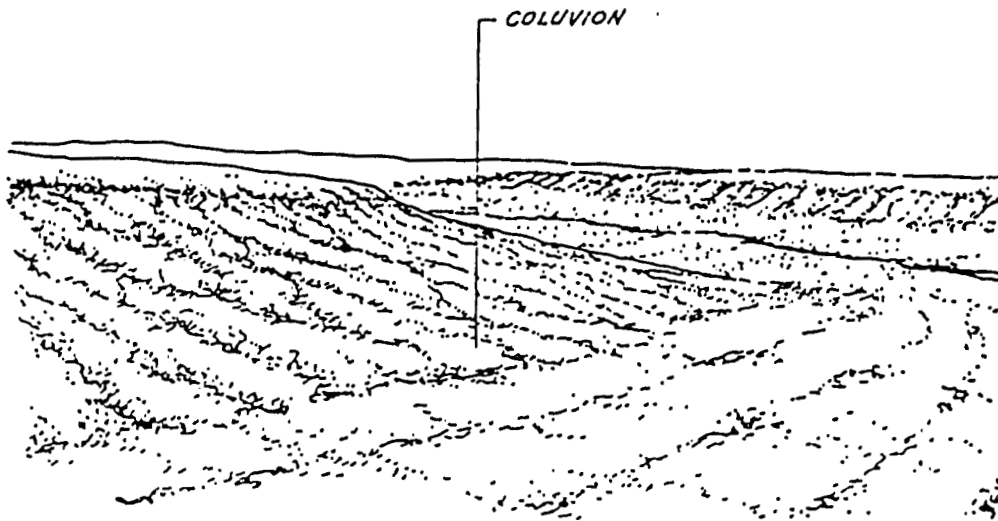
La acción antrópica tiene un importante papel en estas áreas, ya que en algunos casos colapsa o desvía estos cursos de agua naturales, potenciando en muchos casos estas áreas endorreicas. Aunque la mayor parte del año se encuentren prácticamente secas, es importante señalar que en épocas de lluvia se producen importantes inundaciones.

- 3.- LITOLOGÍA : Arcillas y limos de color oscuro, con algunos niveles de arenas sobre el conjunto de margas y arcillas verdes.
- 4.- FORMA : Disposición en planta irregular o tendente a circular. Perfil transversal ligeramente cóncavo.
- 5.- PENDIENTE : Menor al 1 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelos arcillosos de color pardo a negro. Suelos de carácter vértico. Depósito arcilloso y limos de color oscuro.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial deficiente. Altas condiciones de inundabilidad. Coeficiente de escorrentía $K = 30$, $c = 0,20-0,35$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables por encharcamientos e inundabilidad.

- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por su morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Vertederos incontrolados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Condiciones favorables de inundación y encharcamiento. Problemas derivados de la falta de drenaje y de la presencia de suelos vérticos.

COLUVIONES

1.- ESQUEMA :

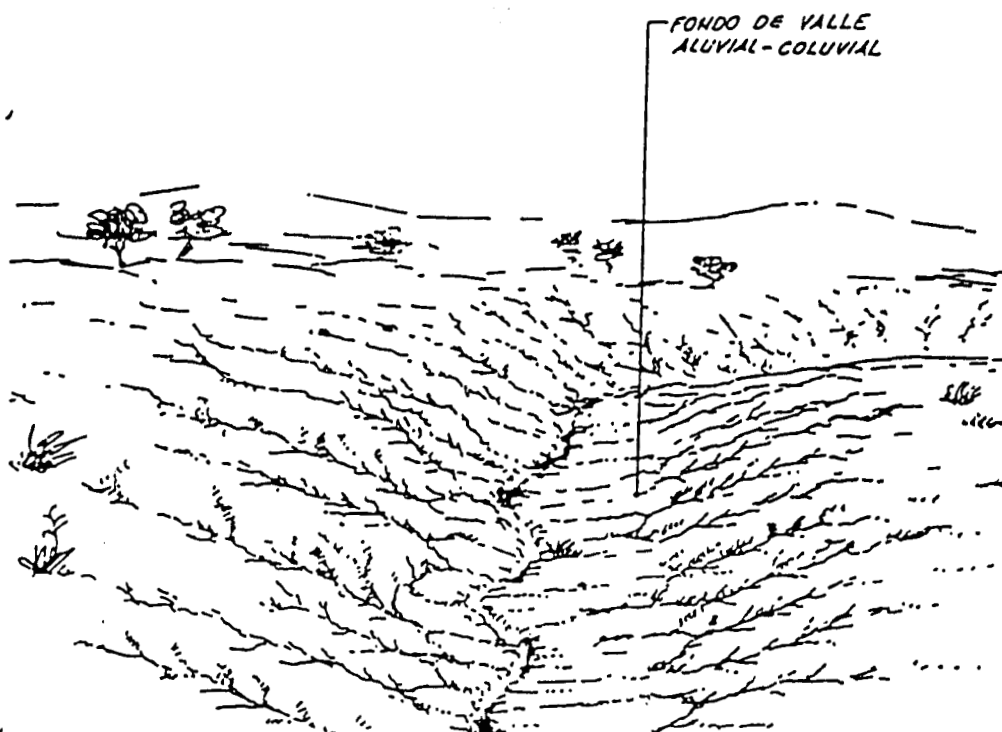


- 2.- DESCRIPCIÓN : Se trata de una unidad de escaso desarrollo que se encuentra apoyada sobre las laderas medias, siendo frecuente que se indenten con los depósitos puramente fluviales, así como con los conos aluviales. Los materiales que lo constituyen responden naturalmente al sustrato, siendo en este caso fundamentalmente arcillas y arenas medias con cantos de carbonato y sílex, sin ningún tipo de ordenamiento ni estructura como corresponde a un depósito de este tipo. La potencia oscila de 2 a 8 m.
- 3.- LITOLOGÍA : Intimamente relacionada con el sustrato sobre el que se apoyan. En general y para este sistema, se trata de arcillas y arenas con cantos angulosos de sílex y carbonato.

- 4.- FORMA : En planta adoptan una disposición alargada con un perfil transversal corto y ligeramente convexo.
- 5.- PENDIENTE : Variable, entre 8-30 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo coluvial poco evolucionado. Depósito coluvional sobre conjunto de margas y arcillas verdes.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en regueros incipientes. Coeficiente de escorrentía $K = 60$, $c = 0,50-0,65$,
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables por pendiente e incoherencia del material.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente y de la falta de compactación del material; ocasionalmente deslizamientos. Erosión en regueros.

FONDOS DE VALLE ALUVIAL-COLUVIAL

1.- ESQUEMA :

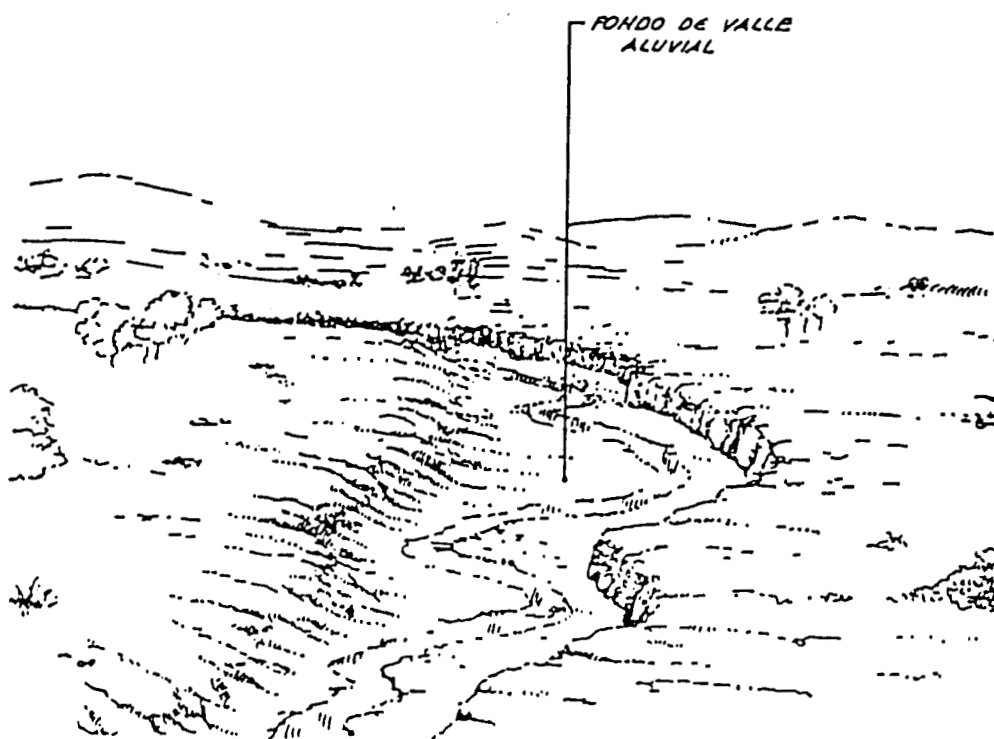


- 2.- DESCRIPCIÓN : Se trata de fondos de valle, suavemente incididos en el paisaje y en los que difícilmente se pueden separar los materiales aportados directamente por la ladera de los arrastrados por la dinámica fluvial. Su perfil transversal es cóncavo o en forma de artesa, mientras que el longitudinal depende directamente de la litología y del nivel de base. Es frecuente encontrar en la parte superior de ciertos valles y vagonadas, una zona más ensanchada, de contorno elíptico, fuertemente coluvionada y que constituye la cabecera de estos depósitos. Los depósitos que tapizan estas formas dependen directamente del sustrato por el que discurren, estando constituidos en general por materiales arcillo-arenosos con algún canto.

- 3.- LITOLOGÍA : Arenas y arcillas con algún canto de sílex y carbonato.
- 4.- FORMA : Perfil transversal en artesa muy suavizada. En ocasiones, su disposición en planta tiende a ser coalescente.
- 5.- PENDIENTE : Variable, en general de 0-8 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo mediterráneo. Depósito areno-arcilloso, con algo de limos y cantos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Buen drenaje superficial a favor del cauce. Coeficiente de escorrentía $K = 50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Desfavorables por posibles inundaciones y avenidas.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos incontrolados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Esporádicamente, riesgo de inundación, acompañado localmente de socavación en el cauce y aporte de material de las laderas.

FONDOS DE VALLE ALUVIAL

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Se trata en general de estrechos y alargados valles, cuyo fondo se encuentra cubierto de materiales aluviales, permaneciendo prácticamente secos o con un funcionamiento muy reducido, a lo largo del año. Sólo en arroyos de cierta importancia, como el de La Gavia, esto no ocurre así, sino que existe una circulación más o menos constante, aunque sea escasa.

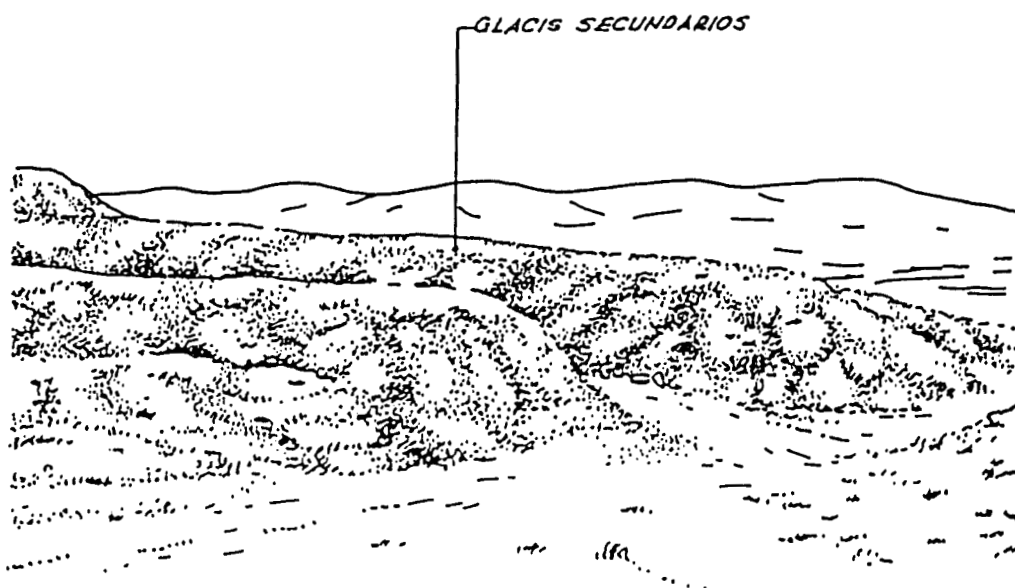
Su perfil transversal es un forma de V ligeramente suavizada, dado el carácter del sustrato. Los materiales aluviales que tapizan su fondo dan lugar a una superficie plana que incluye en ocasiones el primer depósito de terrazas.

- 3.- LITOLOGIA : Arenas de grano medio y arcillas con algunos cantos de carbonato y sílex.
- 4.- FORMA : Perfil transversal en V más o menos abierta dependiendo de las condiciones topográficas.
- 5.- PENDIENTE : Variable según el caso, en general de 0-8 % (aumentando algo en las zonas de cabecera).
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo mediterráneo sobre materiales aluviales. Depósito fluvial arenoso-arcilloso sobre conjunto de margas y arcillas verdes.
- 7.- CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS : Drenaje superficial a favor del cauce. Coeficiente de escorrentía $K = 50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables por proximidad al cauce. Posibilidad de inundaciones y avenidas.
- 9.- RECURSOS GEOLOGICOS : Localmente explotaciones de arenas y gravas.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACION GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Ocasionalmente, riesgo de inundación. Localmente, procesos de encajamiento del cauce y puntualmente, socavación lateral de las márgenes.

3.3.4. SISTEMA DE GLACIS-LADERAS EN YESOS.

GLACIS SECUNDARIOS

1.- ESQUEMA :

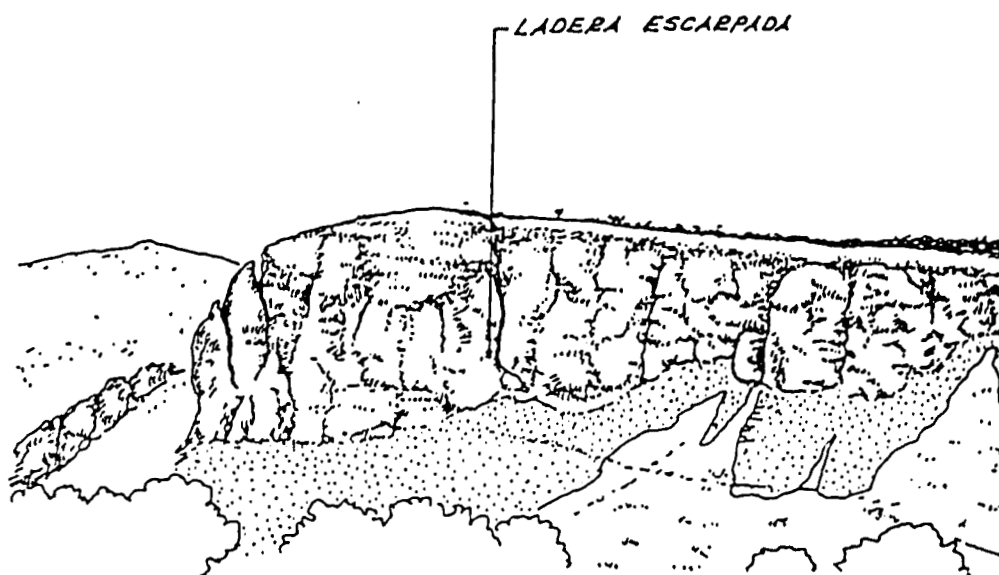


2.- DESCRIPCIÓN : Se encuentran constituidos por una suave superficie, en ocasiones ligeramente ondulada y dirigida hacia los cursos de agua actuales. Su límite superior es, a menudo, poco neto, presentando una cierta continuidad morfológica con otras unidades, mientras que el inferior se encuentra claramente definido, dando lugar a los escarpes que se localizan en la margen izquierda del río Manzanares. Su aspecto en planta es irregular y recortado, estando fuertemente incidido por arroyos y barrancos, cuyos interfluvios constituirán parte de esta unidad. En su superficie pueden observarse hundimientos y procesos de disolución derivados de la naturaleza del sustrato.

- 3.- LITOLOGÍA : Yesos, arcillas y limos yesíferos.
- 4.- FORMA : Suaves plataformas onduladas dirigidas hacia los valles.
- 5.- PENDIENTE : Variable entre 0-4 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Xerorendzina. Localmente recubrimiento areno-arcilloso de escaso espesor.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Drenaje superficial en lámina y pequeños regueros. Infiltración de tipo kárstico. Coeficiente de escorrentía $K = 50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Desfavorables por problemas de hundimiento.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa e inicial en regueros, con ligera removilización del recubrimiento. Localmente, problemas derivados de la disolución kárstica. Marcada erosión en los bordes. Problemas derivados de la presencia de sulfatos.

LADERA ESCARPADA

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Se sitúa en la margen izquierda del río Manzanares en el extremo meridional del Municipio de Madrid. Su acusada pendiente, la altura del cantil y los procesos que en ella tienen lugar, en función de la litología del sustrato, son sus rasgos más característicos.

En efecto, en la parte superior del talud, donde la pendiente es más acusada, es posible observar fenómenos de erosión a favor de grietas y fisuras que dan lugar a surcos y regueros; mientras que en la inferior, de pendiente algo más suavizada, se producen caída y desprendimiento de bloques, deslizamientos y derrames importantes. Todo ello da lugar a que al pie de esta ladera se produzca un importante depósito coluvionar.

- 3.- LITOLOGÍA : Yesos y limos yesíferos.
- 4.- FORMA : Laderas prácticamente verticales.
- 5.- PENDIENTE : Superior al 50 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Importante depósi to coluvionar en su base de arcillas y limos yesíferos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial en surcos y regueros. Coeficiente de escorrentía $K = 80$, $c = 0,65-0,80$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables por su elevada pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la fuerte pendiente y de la presencia de sulfatos. Gran actividad de movimientos en masa, deslizamientos y desprendimientos. Marcada erosión concentrada en barrancos.

LADERA MUY ABRUPTA

1.- ESQUEMA :



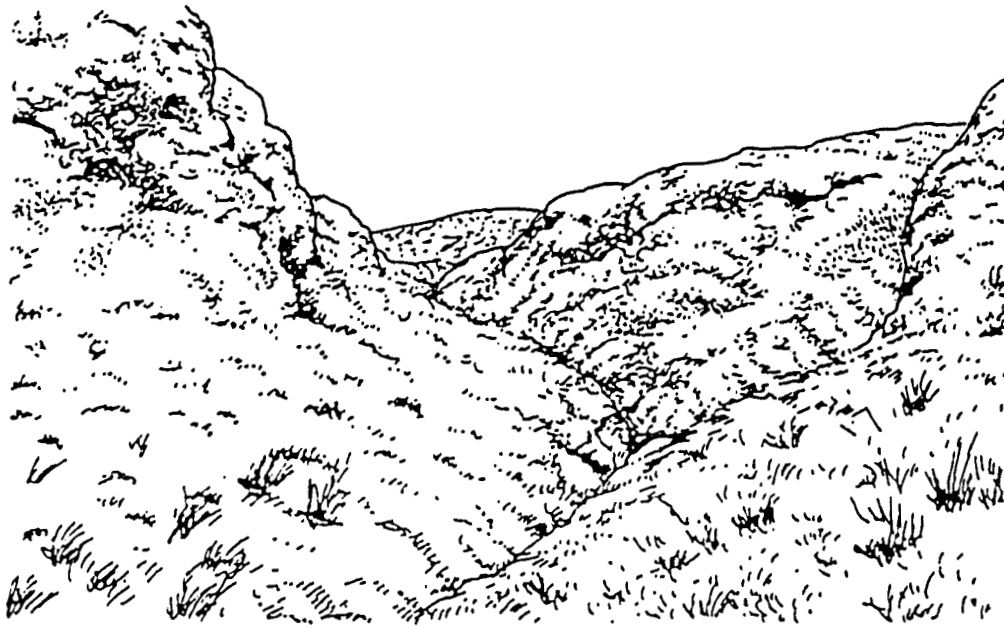
LADERA MUY ABRUPTA

- 2.- DESCRIPCIÓN : Se sitúa fundamentalmente en el extremo oriental del Término Municipal de Madrid, próximo al Cerro del Telégrafo, así como bordeando a relieves estructurales definidos en otro contexto geológico. Los valores de la pendiente son muy altos, oscilando entre un 30-50%, produciéndose en estas laderas procesos denudacionales muy fuertes con formación de surcos y barrancos que, junto con la disolución que tiene lugar en los materiales yesíferos, producen la caída y desplome del material.
- 3.- LITOLOGÍA : Yesos y limos yesíferos.
- 4.- FORMA : Paredes prácticamente verticales próximas al cantil.

- 5.- PENDIENTE : 30-50 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Localmente coluviones en la base acompañados de limos yesíferos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial en regueros y barrancos incipientes. Coeficiente de escorrentía $K = 75$, $c = 0,65-0,80$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables derivadas de la pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés didáctico debido a su morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente ninguna.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la fuerte pendiente y de la presencia de sulfatos. Deslizamientos y desprendimientos. Erosión en regueros y barrancos incipientes.

LADERA ABRUPTA ABARRANCADA

1.- ESQUEMA :



LADERA ABRUPTA ABARRANCADA

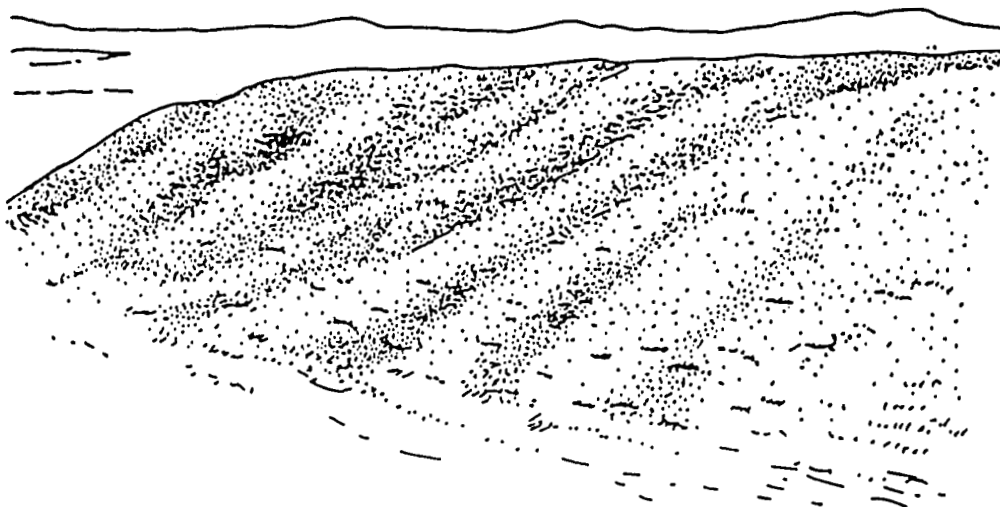
- 2.- DESCRIPCIÓN : Adquieren un cierto desarrollo en el extremo meridional del Municipio de Madrid, en la margen izquierda del río Manzanares. Su pendiente es alta, entre 15 y 30%, existiendo numerosos barrancos y cárcavas que, aunque no poseen una gran altura, confieren a este tipo de ladera un aspecto muy particular. Los procesos que tienen lugar son los ya descritos para este tipo de formas: incisión lineal, deslizamientos en masa, caída de bloques y lajas, reptación, etc.
- 3.- LITOLOGÍA : Yesos y arcillas yesíferas.
- 4.- FORMA : Aspecto irregular debido al abarrancamiento. Longi

tud de las laderas de medias a cortas en general.

- 5.- PENDIENTE : Entre un 15-30 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Localmente coluvión en la base, acompañado de limos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial concentrada en cárcavas. Coeficiente de escorrentía $K = 75$, $c = 0,65-0,80$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables, debido a pendiente, litología y procesos.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la fuerte pendiente y de la presencia de sulfatos; ocasionalmente movimientos en masa y aporte de material de las laderas. Erosión concentrada en cárcavas y barrancos.

LADERA MEDIA

1.- ESQUEMA :



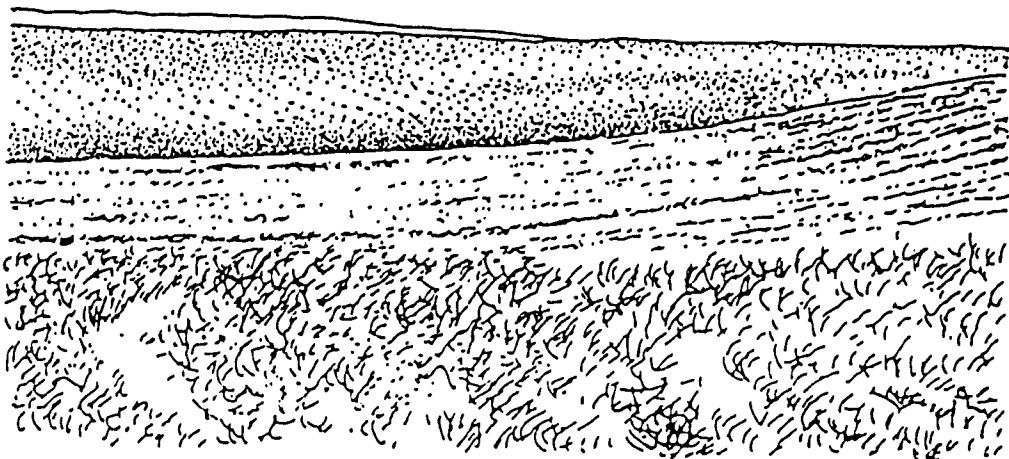
LADERA MEDIA

- 2.- DESCRIPCIÓN : Se trata de una unidad de escasa representación cartográfica en este contexto geológico-morfogenético, con unos valores de pendiente comprendidos entre 8-15% y en donde tiene lugar procesos de erosión en surcos, regueros y barrancos incipientes. Localmente es posible encontrar depósitos coluvionares y derrames al pie de estas laderas, encontrándose a menudo incididas por arroyos secundarios de corto recorrido.
- 3.- LITOLOGÍA : Yesos y arcillas yesíferas.
- 4.- FORMA : Perfil transversal cóncavo, longitud de las laderas corta.

- 5.- PENDIENTE : Entre 8-15 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelos inexistentes o truncados. Localmente coluviones en la base.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial en arroyos intermitentes. Coeficiente de escorrentía $K = 60$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Desfavorables debido a la pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Puntualmente antiguas explotaciones yesíferas.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés por antiguas excavaciones.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Vertederos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente y de la presencia de sulfatos. Erosión en regueros y barrancos incipientes. Localmente, coluvión en la base con deslizamientos.

LADERA SUAVE

1.- ESQUEMA :



LADERA SUAVE

- 2.- DESCRIPCIÓN : Poseen una mayor representación dentro de este contexto, caracterizándose por presentar valores de pendiente que van de un 3 a un 8% y definen, por tanto, zonas ligeramente inclinadas donde se manifiestan procesos de disolución y hundimientos como consecuencia de la naturaleza yesífera del sustrato. Así mismo, es posible observar procesos de escorrentía en manto, arroyada incipiente y ligeros encajamientos rellenos de material aluvial-coluvial.
- 3.- LITOLOGÍA : Yesos y arcillas yesíferas.
- 4.- FORMA : Perfil transversal ondulado o ligeramente cóncavo.

- 5.- PENDIENTE : Entre 3-8 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Xerorendzina.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial en surcos y regueros. A veces, lámina de agua. Coeficiente de escorrentía $K = 50$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables por pendiente pero pueden existir problemas debido a la disolución en yesos.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Localmente antiguas excavaciones.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Cierta interés didáctico.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertidos y escombros.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa e inicial en regueros. Problemas derivados de hundimientos por disolución y presencia de sulfatos. Erosión acentuada en los bordes.

LADERA MUY SUAVE

1. ESQUEMA :



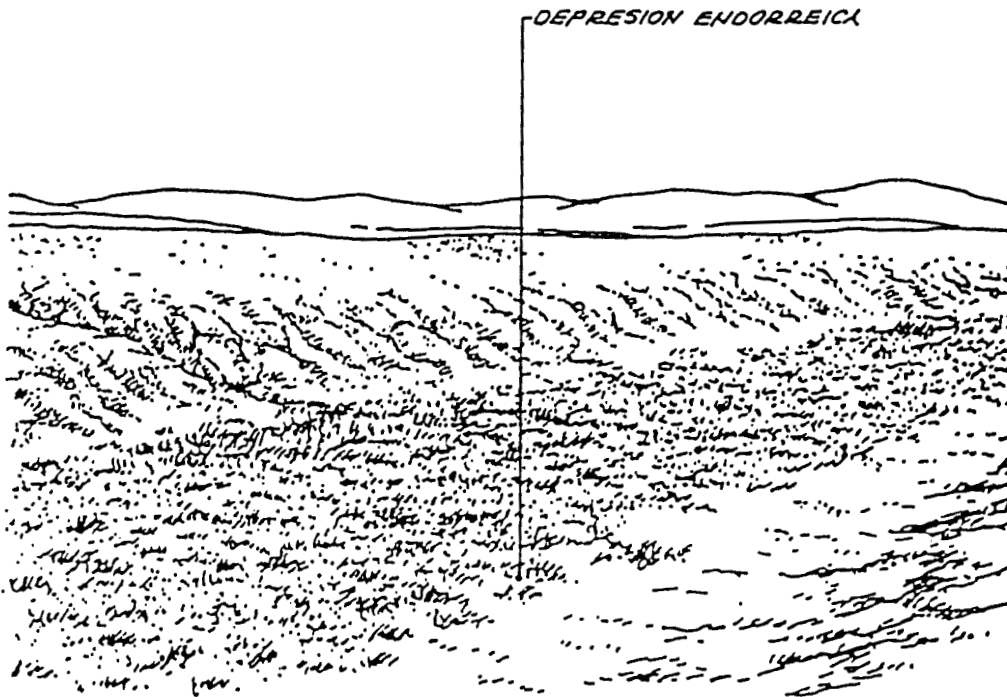
LADERA MUY SUAVE

- 2.- DESCRIPCIÓN : Aunque con mayor representatividad cartográfica, este tipo de laderas son escasas, pudiendo observarse en las proximidades de Mercamadrid. El intervalo de pendiente va de 0 a 3%. Se trata, pues, de un terreno prácticamente llano, sin denudación apreciable, y donde tienen lugar procesos de arroyada difusa. Debido a estas condiciones es frecuente encontrar asentamientos urbanos y/o industriales.
- 3.- LITOLOGÍA : Yesos y arcillas yesíferas.
- 4.- FORMA : Perfil transversal prácticamente plano o con ligeras ondulaciones.

- 5.- PENDIENTE : Menor a un 3 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Litosuelos o xerorendzinas.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial en lámina de agua. Localmente regueros. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables en general, aunque pueda existir problemas de hundimiento por disolución en los yesos.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Vertederos urbanos e industriales.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada. Problemas derivados de hundimientos por disolución y presencia de sulfatos.

FONDOS ENDORREICOS

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Se consideran como tales aquellas zonas con problemas de drenaje, susceptibles de presentar riesgo de encharcamiento e inundabilidad como consecuencia, no sólo de la litología del sustrato sino de la escasísima pendiente. Estas zonas se encuentran aumentadas tanto por las aguas de lluvia como por ciertos arroyos que a ellas llegan, existiendo igualmente otro pequeño cauce que funciona desaguando parte de este agua.

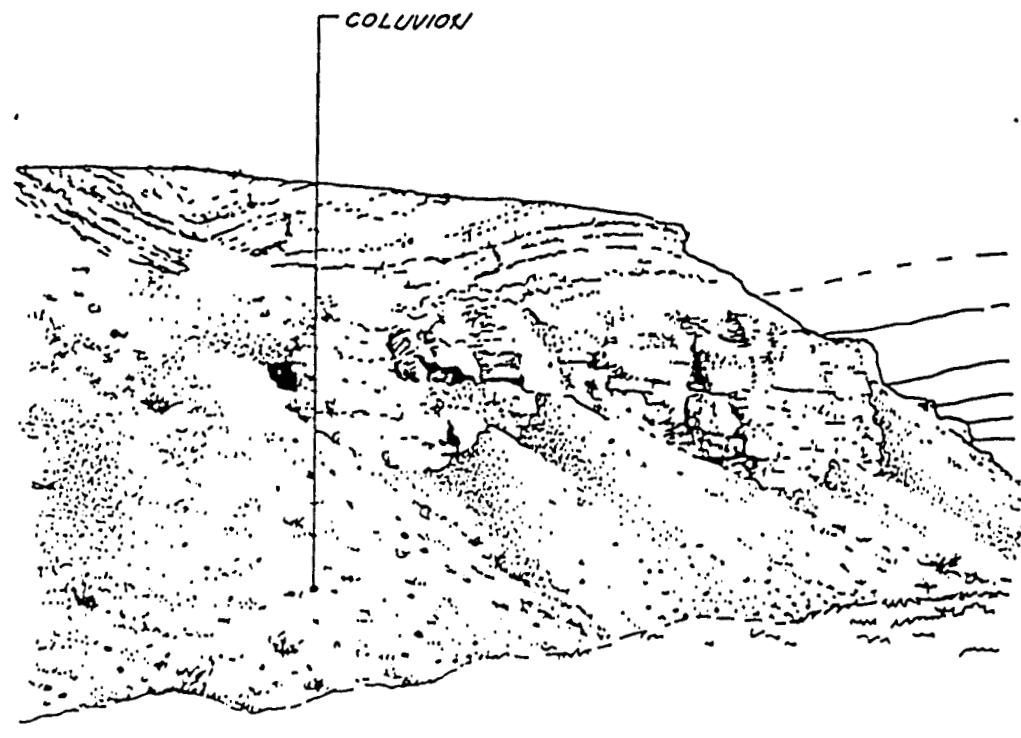
Su fondo prácticamente plano se encuentra tapizado de materiales de granulometría fina, limos y arcillas en su mayor parte y en donde pueden observarse suelos arcillosos de color oscuro y de carácter vértico. En este con

texto y para el Término Municipal de Madrid son escasas las zonas con estas características; solamente en las proximidades del arroyo de los Migueles puede observarse una zona con características semejantes.

- 3.- LITOLOGÍA : Arcillas y limos de color oscuro.
- 4.- FORMA : Alargada. Perfil transversal ligeramente cóncavo.
- 5.- PENDIENTE : Menor a 1 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelos de carácter vértico. Limos y arcillas de color oscuro.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial prácticamente nula. Condiciones de inundabilidad. Coeficiente de escorrentía $K = 30$, $c = 0,20-0,35$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por su morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Condiciones favorables de inundación y encharcamiento. Problemas derivados de la falta de drenaje.

COLUVIÓN

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Se sitúan al pie de algunas laderas y en las proximidades de valles importantes: río Manzanares, arroyo de La Gavia y arroyo de Los Migueles. La poca consistencia de sus materiales, la acusada pendiente y el carácter anguloso del depósito, son sus características más relevantes.

La naturaleza de los materiales que forman este depósito se encuentra íntimamente relacionada con el sustrato, estando constituidos por limos yesíferos, arcillas arenosas, y algún canto sin ningún tipo de estructura ni ordenamiento.

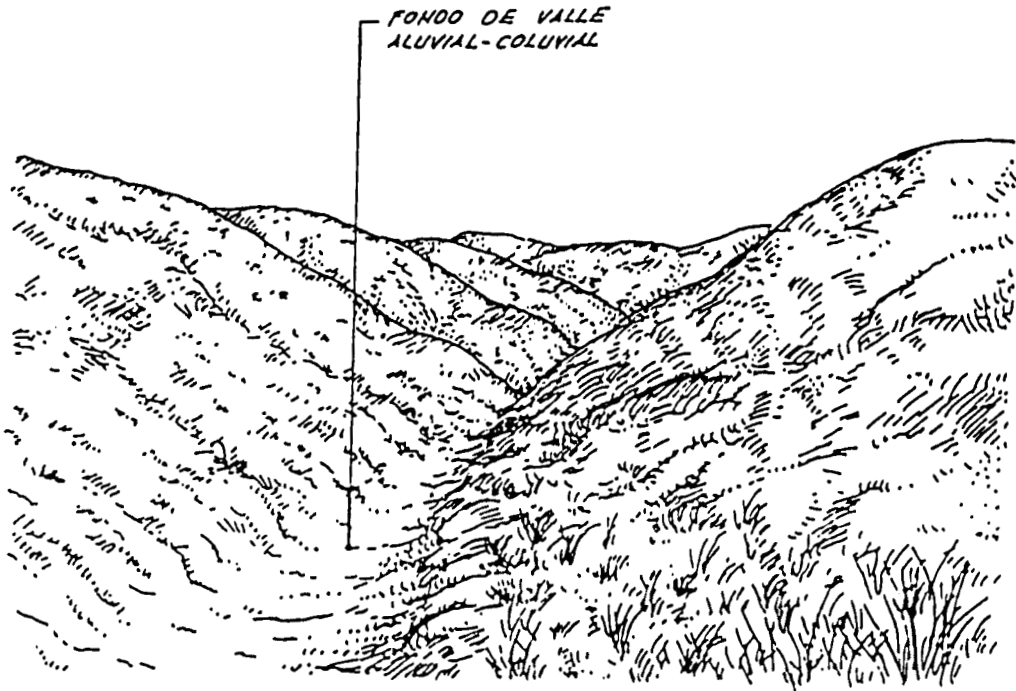
3.- LITOLÓGÍA : Limos yesíferos y arcillas con algún canto an

gulosos de yeso.

- 4.- FORMA : Estrechadas y alargadas franjas al pie de las laderas. Perfil transversal convexo.
- 5.- PENDIENTE : Variable, en general de 8-30 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo coluvial poco evolucionado. Depósito de arenas y limos yesíferos con cantos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial en regueros. Coeficiente de escorrentía $K = 60$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables por la acusada pendiente y la poca consistencia del material.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente y de la falta de compactación del material, frecuentes deslizamientos y procesos de reptación. Erosión en regueros.

FONDO DE VALLE ALUVIAL-COLUVIAL

1.- ESQUEMA :



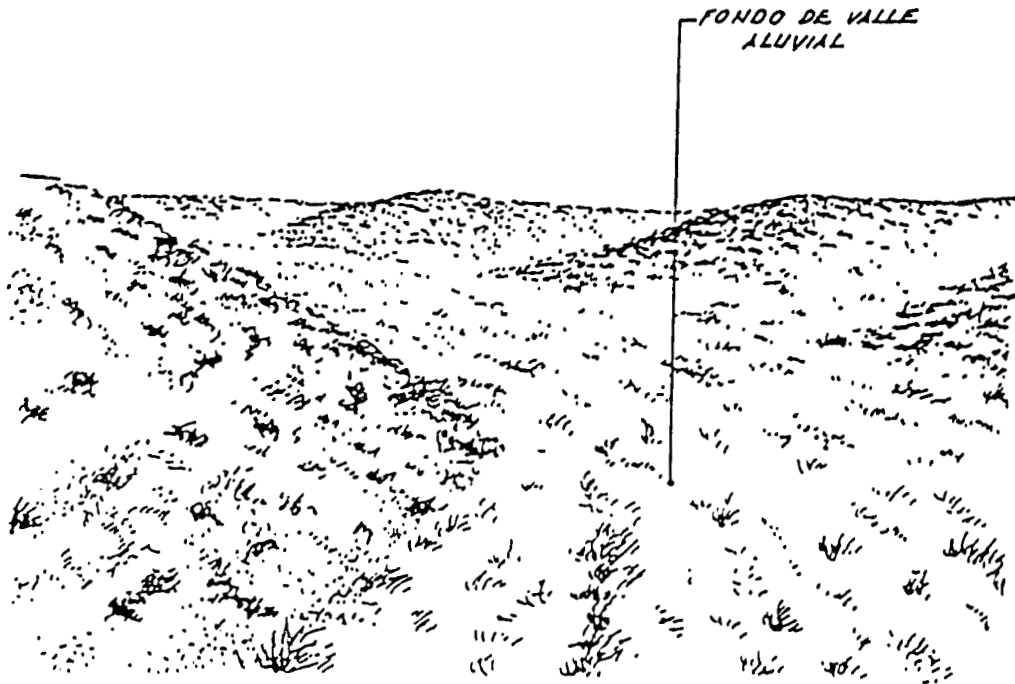
2.- DESCRIPCIÓN : Se consideran como tales aquellos fondos de valle en los que no es posible separar los materiales apor_{ta}dos directamente por la ladera de los arrastrados por corriente tractiva. Su perfil transversal es cóncavo o en forma de artesa, mientras que el longitudinal suele ser corto y sinuoso, a menudo relacionado morfológicamente con valles abarrancados.

Los depósitos que tapizan estas formas suelen ser de carácter más anguloso que los puramente fluviales, estando constituidos en general por limos yesíferos, arenas y algún canto. Su funcionamiento es desigual y esporádico estando relacionado con momentos de avenidas.

- 3.- LITOLOGÍA : Limos yesíferos, arcillas y arcillas-arenosas con algún canto anguloso.
- 4.- FORMA : Perfil transversal cóncavo en continuidad con las laderas. En general corto recorrido longitudinal.
- 5.- PENDIENTE : 0-8 %, pudiendo aumentar algo en zonas de cabecera.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo de yesos. Depósito arenoso con limos yesíferos y cantos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial buena, aunque esporádica. Coeficiente de escorrentía $K = 60$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Desfavorables por posibles inundaciones y avenidas.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Irrelevantes.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Esporádicamente riesgo de inundación, acompañado localmente de socavación en el cauce e importante aporte de material de las laderas.

FONDO DE VALLE ALUVIAL

1.- ESQUEMA :



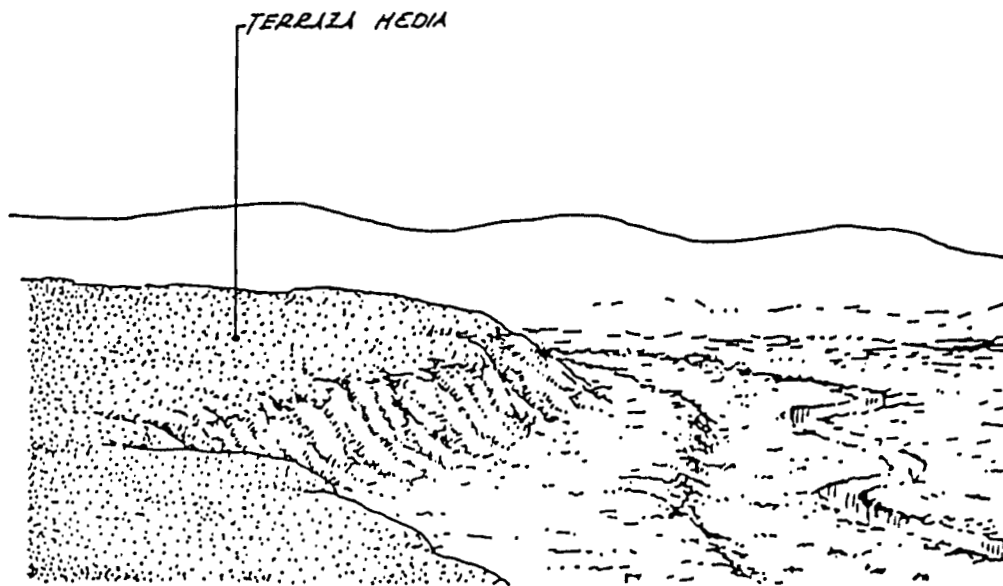
2.- DESCRIPCIÓN : Corresponde a los materiales aluviales depositados por los cursos de agua en momentos de sedimentación. En general y para este contexto no son muy numerosos, destacando el arroyo de Los Migueles en el extremo suroriental del Término Municipal y el arroyo de Butarque en la margen derecha del valle del Manzanares.

Litológicamente, se encuentran constituidos por limos yesíferos, arenas arcillosas y arenas con cantos y gravas dispersas o en finas hiladas. Morfológicamente, presenta un perfil transversal en V, no muy cerrada y con un fondo más o menos plano, relleno de materiales aluviales.

- 3.- LITOLOGÍA : Arenas, arcillas y limos yesíferos, con cantos y grava.
- 4.- FORMA : Alargadas, paralelas a los cursos de agua actuales. Perfil transversal en V.
- 5.- PENDIENTE : En general de 0-8 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo de yesos. Depósito de arenas y limos yesíferos con cantos.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Buen drenaje superficial a favor del cauce. Infiltración alta. Coeficiente de escorrentía $K = 70$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Muy desfavorables por proximidad al cauce. Posibilidad de inundaciones en momento de alta precipitación.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Localmente explotaciones de arenas.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Ocasionalmente riesgo de inundación. Localmente procesos de encajamiento del cauce y puntualmente socavación lateral de las márgenes.

TERRAZAS MEDIAS

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Constituyen los depósitos de origen fluvial que se sitúan fundamentalmente sobre la margen derecha de los ríos Manzanares y Jarama, a una cierta altura respecto al cauce, dejando ver en ocasiones el sustrato aflorante. Dan lugar a zonas aplanadas con disposición sensiblemente paralela al cauce atravesadas a menudo por los arroyos que por la margen derecha reciben estos ríos. Sus bordes son definidos, dando lugar a un escarpe que las separa de otros niveles más inferiores.

Para el río Manzanares, se trata fundamentalmente de gravas, cantos y bloques de cuarzo, granitoide, pórfido y feldespato englobados en una matriz arenosa que oscila des

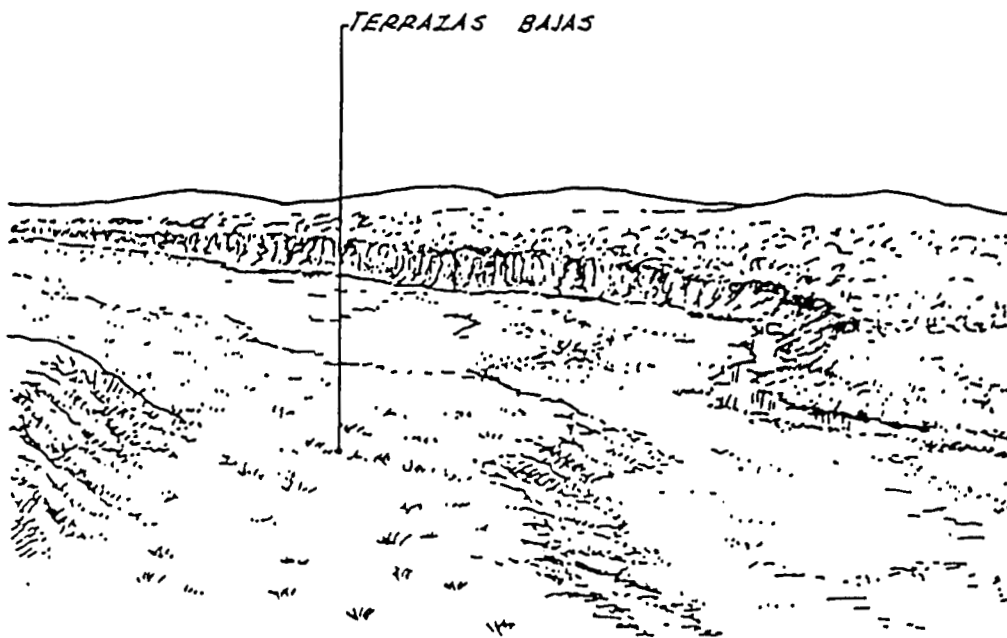
de gruesa a microconglomerática. El tamaño y porcentaje de los elementos gruesos varía en el sentido longitudinal descendente de los ríos. Para el río Jarama, la extensión ocupada por este nivel de terraza es muy importante, situándose en la Hoja de San Fernando de Henares fundamentalmente. Litológicamente, se encuentran constituidas por gravas, cantos y algún bloque de cuarcita, cuarzo, pizarra y granitoide en una matriz arenosa de media a muy gruesa.

- 3.- LITOLOGÍA : Depósitos fluviales correspondientes a las terrazas medias, fundamentalmente arenas, gravas, cantos y bloques de cuarzo, cuarcita, granitoide y pizarra.
- 4.- FORMA : Franjas alargadas paralelas al valle principal, de bordes recortados y escarpados. Perfil plano.
- 5.- PENDIENTE : Menor de 0,5 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo no cálcico. Depósito fluvial de arenas y gravas.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Infiltración natural alta. Influencia del nivel freático. Coeficiente de escurrentía $K = 50$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables excepto en talud.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Explotación de gravas y arenas.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos. Zonas ampliamente urbanizadas.

12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada. Erosión concentrada en los bordes del talud. Problemas derivados de la heterogeneidad litológica y escasa potencia.

TERRAZAS BAJAS

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Corresponden a los depósitos de carácter fluvial que se sitúan próximos a los ríos Manzanares y Jarama y que se desarrollan sobre la margen derecha con una mayor extensión y continuidad. Constituyen zonas aplañadas, con disposición sensiblemente paralela al cauce y limitadas por un escarpe que las separa del valle actual.

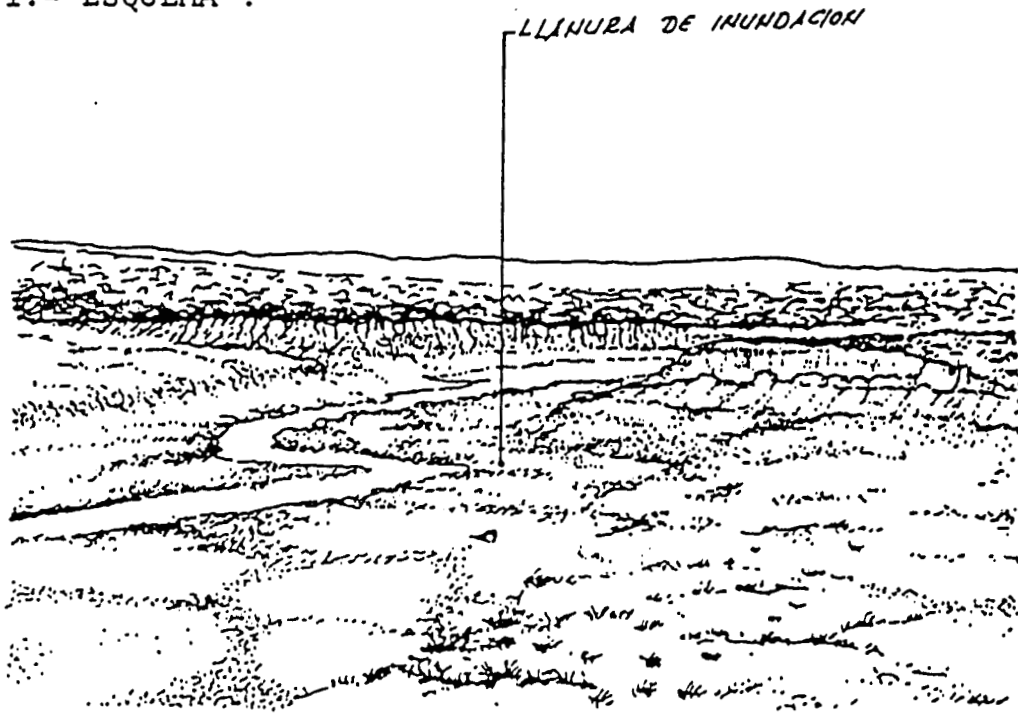
Para el río Manzanares, están constituidas por gravas, cantos y bloques de cuarzo, granitoide y pórfidos, en una matriz arenosa gruesa y microconglomerática. El tamaño de los elementos gruesos y su porcentaje varía en el sentido longitudinal descendente de los ríos. Para el río Jarama, gravas, cantos y algún bloque de cuarcita, cuarzo, pizarra y granitoide, en una matriz arenosa de media a muy gruesa.

- 3.- LITOLOGÍA : Depósitos fluviales correspondientes a las terrazas bajas, fundamentalmente arenas que varían de media a muy gruesa, gravas, cantos y algún bloque de cuarzo, cuarcita, granitoide y pizarra.
- 4.- FORMA : Franjas alargadas paralelas al valle, de borde escarpado y perfil plano.
- 5.- PENDIENTE : Menor a 0,5 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo pardo de vega. Depósito fluvial de arenas y gravas fundamentalmente.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Infiltración natural alta. Proximidad del nivel freático. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Favorables en general.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Explotación de gravas y arenas.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos y escombreras. Parcialmente áreas urbanizadas.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada. Proximidad del nivel freático. Problemas de erosión en l talud. Problemas derivados de la heterogeneidad litológica y escasa potencia.

3.3.5. SISTEMA FLUVIAL.

LLANURA DE INUNDACIÓN - PRIMERA TERRAZA

1.- ESQUEMA :



2.- DESCRIPCIÓN : Constituye una estrecha franja que se sitúa sobre ambos márgenes del cauce actual y que, en ocasiones, da lugar a zonas más ensanchadas. Dentro de esta unidad se agrupan los depósitos correspondientes tanto a la llanura de inundación como a la primera terraza. La separación morfoestratigráfica entre ambas es prácticamente inexistente. Morfológicamente, constituye una zona aplanada, próxima al techo del río y donde los procesos-riesgos van a ser prácticamente los mismos.

La litología de los depósitos presenta variaciones según se trate del río Manzanares o del Jarama, al presentar áreas madres diferentes. Para el primero, los materia

les son fundamentalmente arenas cuarzofeldespáticas, gravas, cantos y bloques de cuarzo, cuarcita y granito alternando con niveles de llanura de inundación de carácter limo-arcilloso. Respecto al segundo, procedente del macizo de pizarras y cuarcitas de Somosierra, los materiales son fundamentalmente gravas, cantos y algún bloque de cuarzo, cuarcita, pizarra y granitoide, con matriz arenosa. Limos arenosos y arenas limosas coronan las secuencias típicamente fluviales de la llanura de inundación.

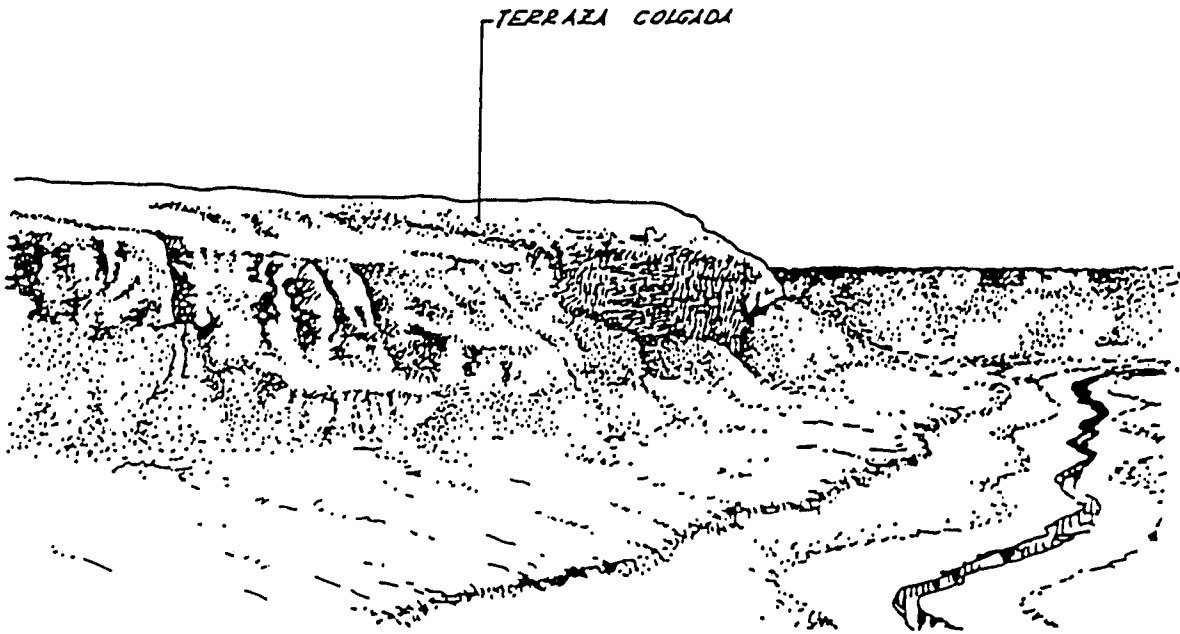
- 3.- LITOLOGÍA : Depósitos fluviales correspondientes a la llanura de inundación y/o primera terraza. En general, se trata de arenas con gravas, cantos y algún bloque de cuarzo, cuarcita y granitoide. Intercaladas aparecen secuencias de carácter limoso pertenecientes a la llanura de inundación.
- 4.- FORMA : Perfil transversal plano, anchura variable, en general estrecha.
- 5.- PENDIENTE : Menor a 0,5 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES : Suelo de vega. Depósito fluvial constituido por limos, gravas y arenas.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS : Escorrentía superficial a favor del cauce actual. Infiltración natural alta. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS : Desfavorables por crecidas y avenidas.

- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS : Explotaciones de gravas y arenas.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología y procesos.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Localmente vertederos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Frecuente riesgo de inundación, acompañada de ascenso del nivel freático. Procesos de encajamiento del cauce y puntualmente socavación lateral en las márgenes.

3.3.6. UNIDADES COMUNES A VARIOS SISTEMAS.

TERRAZAS COLGADAS

1.- ESQUEMA:



2.- DESCRIPCIÓN: Se incluyen en esta unidad todos aquellos materiales claramente fluviales que, por erosión y encajamiento de la actual red han quedado desconectados de los depósitos cuaternarios adyacentes, dejando ver el sustrato sobre el que se apoyan. Sus características pasan a ser semejantes a las de otros depósitos cuaternarios aislados, siempre que la naturaleza litológica sea la misma. Su situación topográfica y, por tanto, su edad no tienen en este caso importancia. Lo que sí es cierto es que las terrazas colgadas suelen corresponder más frecuentemente a las terrazas altas y medias. Litológicamente, son muy similares al sustrato con la diferencia de que el porcen

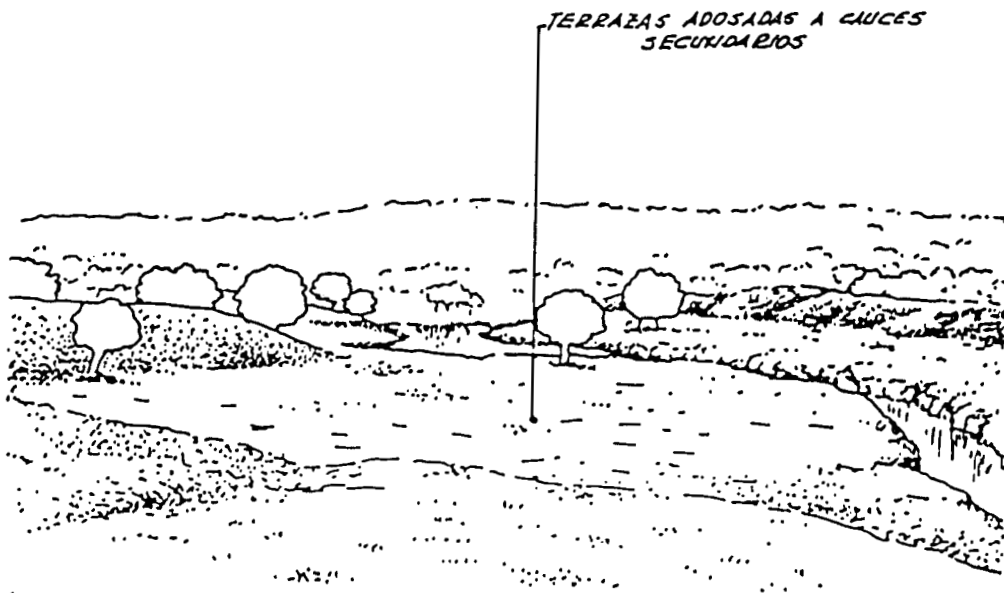
taje en siliciclásticos es superior, el grado de redondeamiento es más alto y hay un menor porcentaje de finos. El tamaño de grano de todos los componentes de una terraza aumenta hacia la cabecera y, en general, hacia el N. del Término Municipal. La potencia oscila entre 1-5 m.

- 3.- LITOLOGÍA: Gravas y cantos de cuarzo, rocas graníticas y feldespatos con matriz arenosa y microconglomerática, en el N. del Término Municipal. A medida que descendemos hacia el S. aumenta la matriz areno-arcillosa, disminuyendo los elementos más groseros.
- 4.- FORMA: Redondeadas u ovaladas en términos generales, con perfil transversal recto. Sus bordes, generalmente los que miran al río, suelen presentar pequeños escarpes, recubiertos en ocasiones por derrames de la misma terraza.
- 5.- PENDIENTE: Menor a 0,5 %. En formas pequeñas puede considerarse del 0 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Suelo pardo no cálcico. Depósito fluvial de gravas, arenas y arcillas.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Escorrentía superficial inexistente. Coeficiente de escorrentía $K = 30$, $c = 0,20-0,35$ y $c = 0,35-0,50$, dependiendo del sustrato litológico.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Favorables-muy favorables, siempre y cuando los niveles de agua no sean muy superficiales.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Explotación de graveras.

- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES : Interés didáctico por morfología y evolución dinámica de la actual red. Ejemplo más relevante de este tipo de unidad - Cerro Garabitas.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL : Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada. Marcada erosión en los bordes. Problemas derivados de la heterogeneidad litológica y dada su escasa potencia derivados de la naturaleza del sustrato.

TERRAZAS ADOSADAS A CAUCES SECUNDARIOS

1.- ESQUEMA:

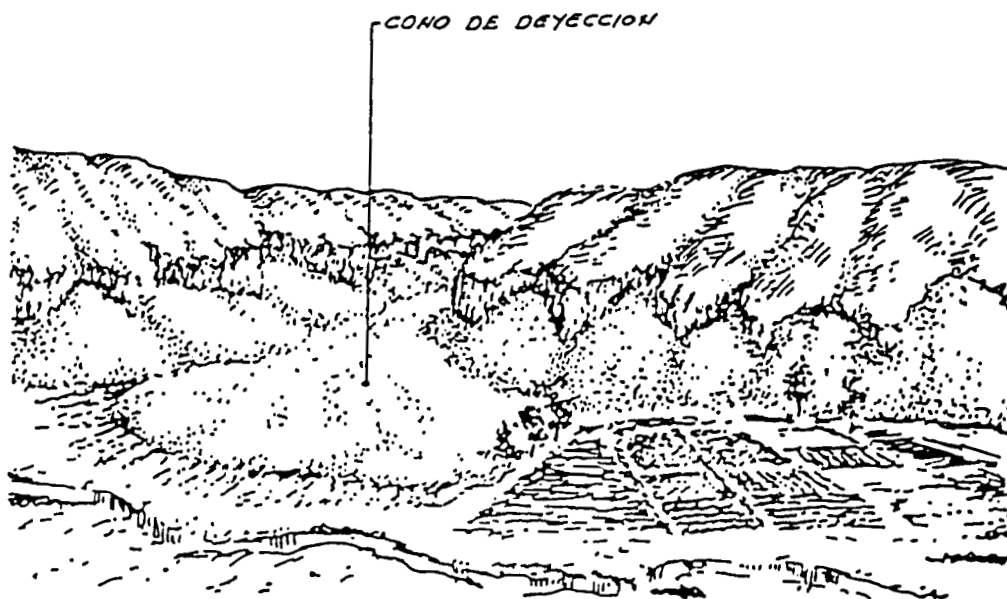


2.- DESCRIPCIÓN: Son aquellas que se localizan muy próximas a los cauces secundarios, presentando una ligera inclinación hacia él. Sus bordes están suavizados por materiales de derrame. Se instalan indistintamente sobre los tres conjuntos geológicos: el arcósico, el de arcillas verdes y el yesífero, presentando distintos caracteres litológicos y granulométricos, según se trate de uno ú otro. En general, se trata de arenas, limos arenosos y gravas de cuarzo y algún granitoide. En ocasiones, es posible observar un paquete poco potente de limos y limos arcillosos correspondiente a la antigua llanura de inundación.

- 3.- LITOLOGÍA: Dependiente del sustrato sobre el que se instalan, en general se trata de arenas, arenas arcillosas y limos con abundantes cantos de cuarzo y rocas graníticas o bien de sílex y carbonatos.
- 4.- FORMA: En planta dan formas alargadas, paralelas y dirigidas al cauce actual, con un perfil transversal prácticamente plano o ligeramente convexo.
- 5.- PENDIENTE: Entre 0-1 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Suelo pardo de vega poco evolucionado. Depósito de gravas, arenas y limos sobre el correspondiente conjunto litológico.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Nivel freático próximo a la superficie. Infiltración alta. Coeficiente de escorrentía $K = 40$, $c = 0,35-0,50$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Desfavorable por posibles inundaciones en períodos con alta incidencia de precipitación.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Posibles explotaciones de gravas.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Cierta interés didáctico por morfología.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Localmente, vertederos no controlados.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Arroyada difusa poco significada. Eventualmente riesgo de inundación. Puntualmente socavación en la base del talud.

CONOS DE DEYECCIÓN

1.- ESQUEMA:

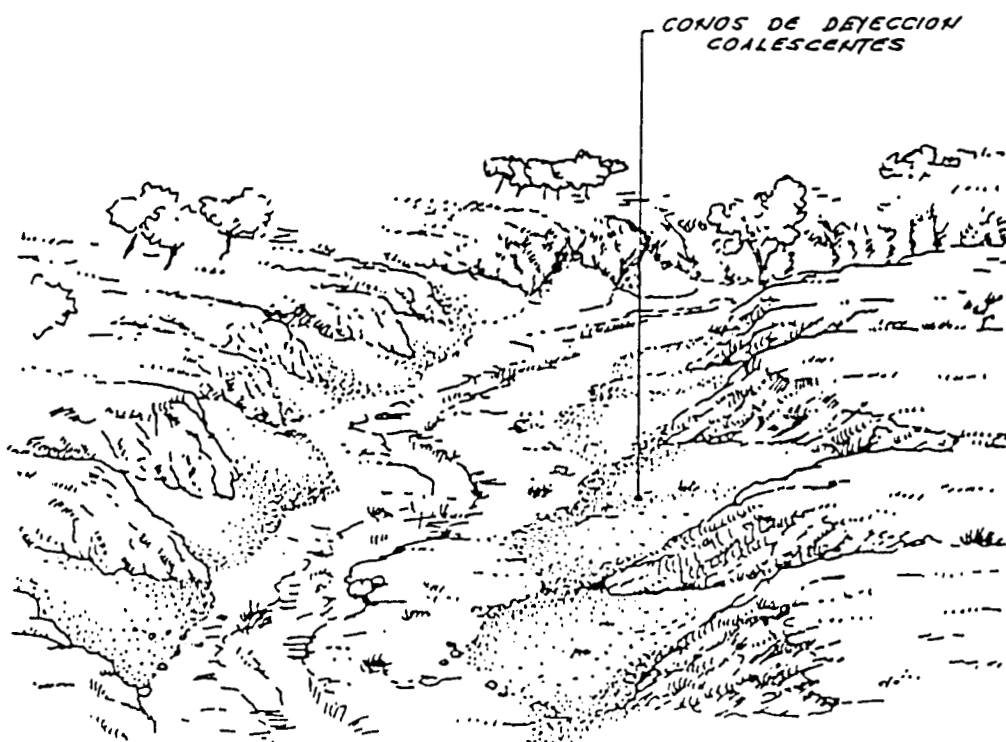


- 2.- DESCRIPCIÓN: Se instalan en la desembocadura de algunos ríos y arroyos, donde al producirse una disminución en la velocidad del flujo, se origina un depósito con forma cónica o de abanico. Merecen especial mención los situados en las proximidades de los ríos Manzanares y Jarama, procedentes de los arroyos de Las Rejas y de La Plata. Su presencia es abundante en todo el Término Municipal, pero sobre todo en la zona norte, donde el sustrato constituido por el conjunto arcósico da lugar a formas abultadas y convexas, mientras que más al Sur, las facies de arcillas verdes originan formas más aplanadas y abiertas. Otra característica fundamental de esta unidad, además de su forma, es la poca coherencia y consolidación del material. El espesor no siempre es observable, pero se estima que puede variar entre 2 y 10 metros.

- 3.- LITOLOGÍA: Arenas y arenas arcillosas con algunos cantos redondeados de cuarzo y rocas graníticas para los situados sobre el conjunto arcósico. Arcillas y arenas arcillosas con cantos de sepiolita para los procedentes de las facies de arcillas verdes. En general, el tamaño de los materiales disminuye de la zona apical a la zona distal.
- 4.- FORMA: Cónica o de abanico en planta. Perfil transversal y longitudinal convexo. Los procedentes de la facies Peñuela ofrecen una morfología más aplanada y abierta.
- 5.- PENDIENTE: Entre 3-8 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Aluvial poco evolucionado. Depósito de arenas, arenas arcillosas y arcillas con algún canto.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS: Infiltración media-alta dependiendo del conjunto geológico del que procedan. Coeficiente de escorrentía $K=55$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Desfavorables-muy desfavorables por la poca coherencia del material y, en ocasiones, por su pendiente y procesos.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Interés didáctico.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Localmente, vertederos no controlados y zonas urbanizadas.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente. Arroyada difusa y concentrada en regueros, eventualmente riesgo de arroyada intensa generalizada. Problemas derivados de la falta de compactación del material.

CONOS DE DEYECCIÓN COALESCENTES

1.- ESQUEMA:



- 2.- DESCRIPCIÓN: Similares en su origen y litología a los conos de deyección individualizados, se diferencian de éstos por las formas a que dan lugar. Aparecen al pie de laderas donde la presencia de arroyos y torrenteras es frecuente, de manera que el cono a que da origen cada curso de agua queda unido con los adyacentes, dando como consecuencia un depósito continuo en el que no pueden diferenciarse formas aisladas. El desarrollo lateral es menor al quedar frenado por los depósitos de las formas próximas, interdentándose los materiales de cada cono con los que constituyen el de al lado. La pendiente que ofrecen suele ser también superior.

- 3.- LITOLOGÍA: Arenas y arenas arcillosas con algunos cantos redondeados de cuarzo y rocas graníticas. El tamaño de los materiales disminuye de las zonas apicales a las proximales.
- 4.- FORMA: Franjas estrechas y alargadas en planta, con bordes festoneados, al pie de las laderas. Perfil longitudinal festoneado-convexo y perfil transversal convexo.
- 5.- PENDIENTE: Entre 3-15 %.
- 6.- SUELOS Y/O FORMACIONES SUPERFICIALES: Aluvial poco evolucionado. Depósito de arenas, arcillas y gravas de carácter fluvial.
- 7.- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS: Infiltración media-alta. Coeficiente de escorrentía $K=60$, $c = 0,50-0,65$.
- 8.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS: Desfavorables -muy desfavorables por la poca coherencia del material y, en general, por la elevada pendiente.
- 9.- RECURSOS GEOLÓGICOS: Irrelevantes.
- 10.- RECURSOS GEOCULTURALES: Interés didáctico.
- 11.- DEGRADACIÓN GEOAMBIENTAL: Prácticamente nula.
- 12.- PROCESOS-RIESGOS : Derivados de la pendiente. Arroyada difusa y concentrada en regueros. Problemas derivados de la falta de compactación del material.

3.4. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y RIESGOS.-

3.4.1. PROCESOS Y RIESGOS DE EROSIÓN.



Arroyada difusa

Consiste en la removilización y consiguiente dispersión de delgadas capas de material sobre la superficie del terreno, producida por el impacto de las gotas de lluvia y una escorrentía no encauzada. Este proceso se ve favorecido cuando se trata de materiales poco consolidados, con pobre cobertura vegetal y edáfica, y cierta pendiente. Como resultado, se produce un flujo superficial irregular a favor principalmente de pequeñas depresiones y muy eventualmente en lámina, que arrastra gran parte de material y produce una erosión del suelo.

La introducción de cualquier actividad no genera en este caso graves problemas, siendo por tanto zonas adecuadas, considerando este proceso, para el desarrollo de zonas urbanas y/o industriales, aunque en el caso de actividades agrícolas o de recreo es importante la gestión y, especialmente, las prácticas de cultivo para reducir al máximo esta erosión.



Erosión en regueros

Cuando el proceso de erosión en regueros migratorios se agudiza controlado por una mayor pendiente, algunos regueros alcanzan mayor profundidad, capturando a otros adyacentes, y se convierten en regueros semipermanentes.

Este proceso presenta mayores problemas en las facies arcóscicas que, dada su relativa cohesión, el lavado de los finos favorece la incisión de los regueros, con la dificultad de su posterior eliminación.



Erosión en regueros migratorios

Se origina por el transporte de materiales detríticos, previamente disgregados de la superficie del terreno, que arrastrados por las aguas de lluvia, van excavando surcos o pequeños canales de evacuación. La formación de estos regueros se produce porque el agua no discurre uniformemente por la superficie (irregularidades, obstáculos, etc...) sino que lo hace en pequeños hilillos capaces de abrir incisiones en el terreno. Estos regueros, dada su poca erosión, se eliminan entre tormentas o períodos de precipitación diferentes, tendiendo a allanar uniformemente el terreno a lo largo del tiempo.

Las zonas desprovistas de vegetación van a ser más susceptibles de este riesgo, especialmente frente a las actividades agrícolas.



Erosión de regueros en talud

Situados sobre paredes de gran verticalidad, presentan una disposición prácticamente paralela condicionada por la fuerte pendiente. La intensidad de los procesos erosivos es, en este caso, elevada, produciéndose el retroceso del escarpe y una importante acumulación de materiales al pie de estos surcos.

Estos procesos son especialmente activos en las facies arcóscicas.

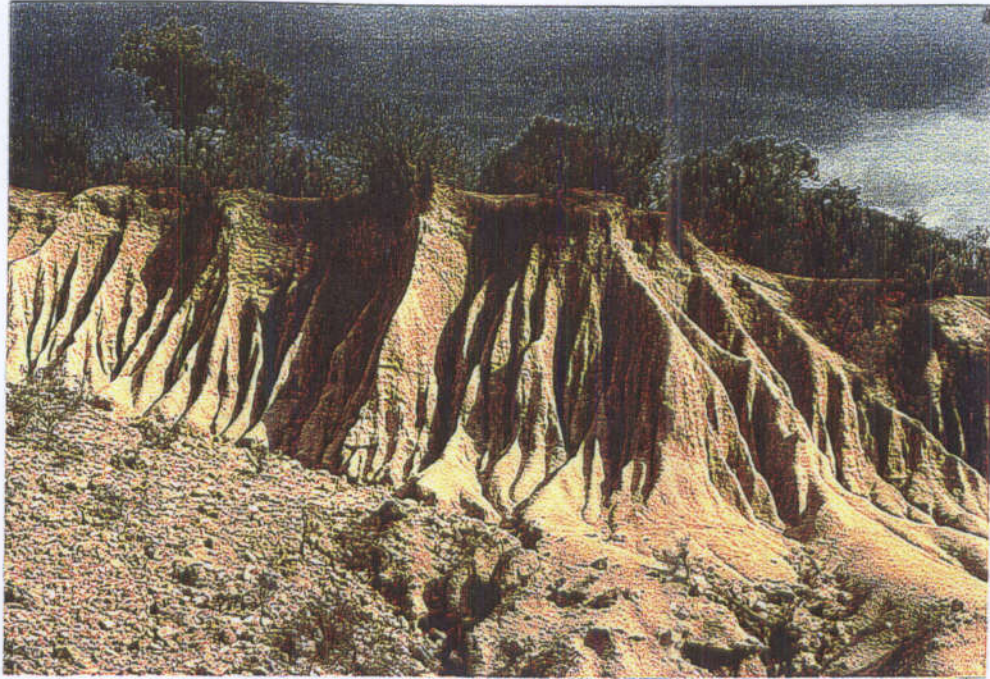


Erosión en barrancos

Se refiere al caso en que la incisión y mayor desarrollo de los regueros se realice a favor de canales individuales, pero de menor densidad y mayor tamaño que las cárcavas.

En estas zonas predomina el encajamiento lineal del cauce pero condicionado por procesos de ladera y retroceso en cabecera debidos a desprendimientos de lajas, deslizamientos y fenómenos de sifonamiento o sufusión.

El riesgo del proceso y las limitaciones de uso derivadas son análogas a las de las cárcavas y, aunque el proceso es aparentemente menos llamativo, su actividad es mayor.



Erosión en cárcavas

La mayor intensidad y desarrollo de los regueros acompañados de una mayor concentración de esorrentía a favor de direcciones preferentes de flujo genera profundas incisiones en el terreno, provocando la formación de cárcavas. El resultado es un relieve intensamente disectado, con vegetación escasa o ausente, valles de laderas cortas pero muy abruptas, marcado perfil de incisión en V y densidad de drenaje muy alta.

Estos procesos no están excesivamente desarrollados en intensidad en la zona. Su mayor actividad, aunque de forma muy local, se presenta en las facies de arcosas de bloques. También se desarrollan en arcosas y en yesos en mayor extensión pero con mucha menos actividad.

La fuerte erosión existente en estas áreas hace difícil su recuperación para cualquier actividad, excepto si se modifica el relieve, aunque en algún punto (p. ej., en las facies de arcosas con bloques de El Pardo pueden llegar a tener un interés geocultural y paisajístico). Es importante, en cualquier caso, evitar que el proceso se acelere o extienda a otras zonas.

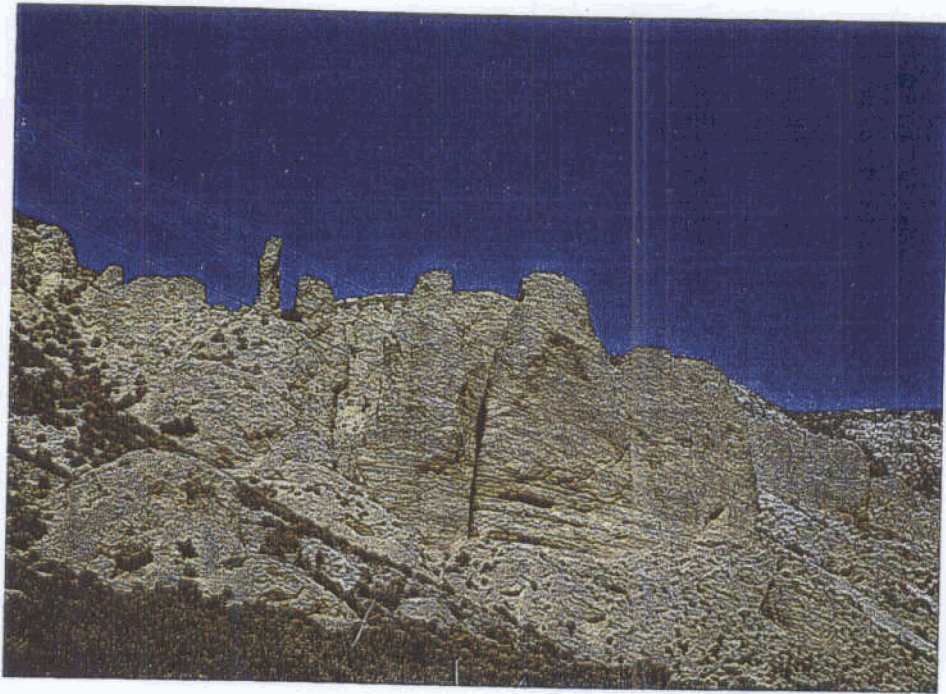


Coluvionamiento

Proceso de acumulación de derrubios en la base de la ladera por fenómenos mixtos de caída de material por gravedad, reptación, deslizamiento de derrubios y arroyada en regueros migratorios.

Los materiales que se acumulan por este proceso son muy diversos, tanto por su litología, que depende del substrato sobre el que se produzcan, como por su granulometría (de tamaño arcilla a cantos y bloques), aunque existe una relación entre estos tamaños y el material sobre el que se producen.

El riesgo que generan estos procesos va a estar condicionado por la actuación del hombre sobre ellos, pues son materiales poco consolidados y, por su situación en la base de la ladera, cualquier actividad puede acelerar los procesos. Sin embargo, su pequeña extensión y, en general, su poca potencia hacen que sea un problema fácilmente soslayable, una vez tomadas en cuenta sus características.

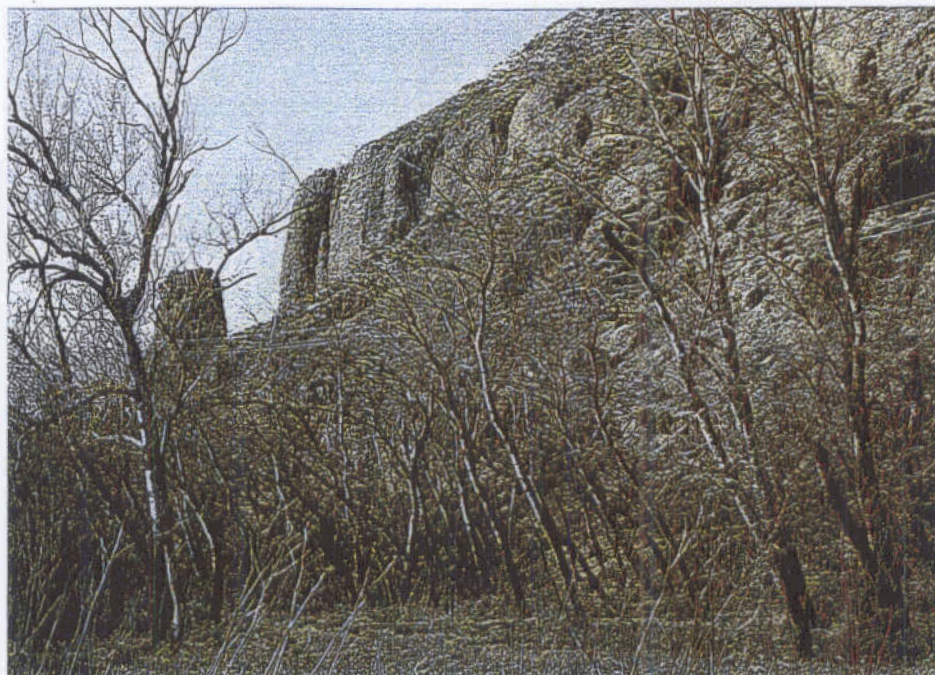


Desprendimientos de bloques

Consiste en el desprendimiento brusco de rocas o bloques en laderas escarpadas, que produce una caída libre muy rápida. La alta energía cinética de la masa desprendida hace que ésta pueda romperse y distribuirse en una zona muy amplia al pi de la ladera. Este proceso está favorecido por discontinuidades en la roca y especialmente el diaclasamiento paralelo a las paredes.

Se produce principalmente en las laderas abruptas en yesos. Los fenómenos de disolución a favor de diaclasas en estos materiales provocan unas formas de erosión en torreones muy susceptibles de ocasionar desprendimientos.

Estos fenómenos están favorecidos por la presencia de agua, por lo que se acentuarán en momentos de fuertes precipitaciones, o por actividades del hombre que generen la saturación en agua de las laderas. Así mismo, se verán acelerados por cualquier actividad que produzca vibraciones, sobrecarga o socavación en la ladera.



Deslizamientos

Se produce por rotura de cizalla entre dos o más superficies, ocasionando el movimiento de la masa en su conjunto. Para los casos que nos ocupan, generalmente la superficie de rotura es curva, produciéndose desplomes en la parte alta por su movimiento rotacional hacia atrás. El movimiento suele ser complejo, pudiendo llegar el frente de la masa a comportarse como un material con un flujo viscoso, especialmente favorecido por la entrada de agua en el sistema a favor de las grietas generadas en cabecera.

Estos procesos se activan temporalmente, permaneciendo inactivos largos períodos de tiempo, o con un movimiento muy lento de reptación.

3.4.3. PROCESOS Y RIESGOS FLUVIALES.



Inundabilidad del cauce

En momentos de crecida el agua desborda las márgenes de su lecho menor y pasa a ocupar la llanura de inundación e incluso la primera terraza.

Los arroyos secundarios y/o intermitentes tienen un régimen irregular condicionado por las características climáticas, y su cauce sólo es funcional ocasionalmente. Los ríos principales están en la actualidad regulados; aún así, la zona está sometida a riesgo en caso de vaciado rápido de embalses y en la desembocadura de los cauces secundarios.

El riesgo está derivado de usos inapropiados. Estas zonas deben dejarse desprovistas de cualquier actividad permanente y, sobre todo, de obras y construcciones que dificulten su desagüe.

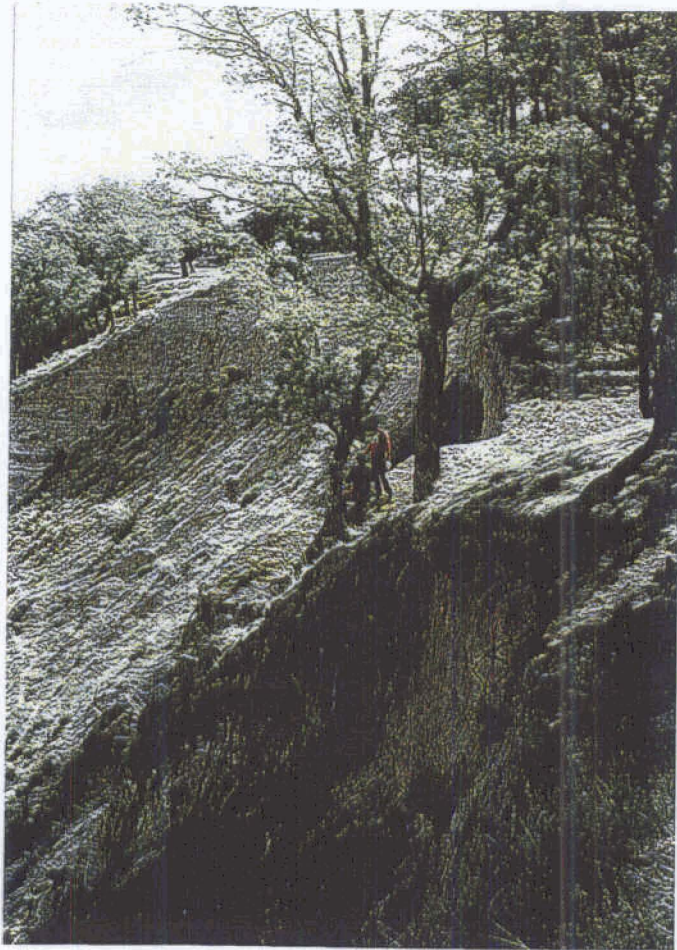


Encajamiento del cauce

Consiste en la incisión lineal del cauce en un tramo de su recorrido.

En los arroyos y vaguadas en estadio inicial de evolución, el perfil longitudinal del cauce tiene una forma escalonada, debido a que las zonas de encajamiento alternan con otras en mayor equilibrio. El encajamiento está causado por el retroceso de la cabecera de los escarpes por desplomes o por flujo subsuperficial. Estos procesos no se presentan con gran actividad en este área, exceptuando en las zonas de desarrollo actual de barrancos y su principal problema es su gran capacidad erosiva.

En cauces evolucionados el encajamiento se producirá por cambios en algún nivel de base local, derivados en este caso fundamentalmente de la actividad humana, como la extracción de áridos en graveras. (En el arroyo de la Trofa en El Pardo esta extracción ha provocado un encajamiento de varios metros ocasionando incluso el hundimiento de un puente).



Socavación lateral de las márgenes

Consiste en el zapado de las márgenes del cauce en determinadas zonas, provocando la erosión y desprendimiento del talud. Esta acción no es lineal a lo largo del cauce, si no que se produce básicamente en zonas de mayor sinuosidad, en la ladera cóncava de las curvas, especialmente en el caso de formas meandriformes.

No es un proceso especialmente activo en la zona, pero que puede verse acelerado por la actividad del hombre en las márgenes y más aún dentro del cauce. En el caso de canali zación de algún tramo, hay que prever el incremento de los efectos erosivos aguas abajo.



Encharcamientos y deficiencias de drenaje

Se presentan en las áreas de depresiones endorreicas o semiendorreicas del Este del Municipio. Son zonas que, aunque conectadas con la red de drenaje actual, se corresponden con rellanos sin apenas pendiente, desarrollados sobre las facies de las arcillas verdes e incluso sobre los yesos, en la proximidad del contacto entre ambos. Su origen está condicionado por estos niveles que quedan colgados sobre las redes que se encajan en los yesos hacia el Jarama y Manzanares, aunque es un fenómeno complejo en el que pueden intervenir también agentes de disolución y eólicos.

Pueden ocasionar problemas derivados de la insuficiencia de drenaje y de la presencia de los vertisoles que se han desarrollado a favor de ellas. Debe evitarse cualquier tipo de actividad que dificulte aún más las vías de desagüe.

3.4.4. PROCESOS Y RIESGOS KARSTICOS.

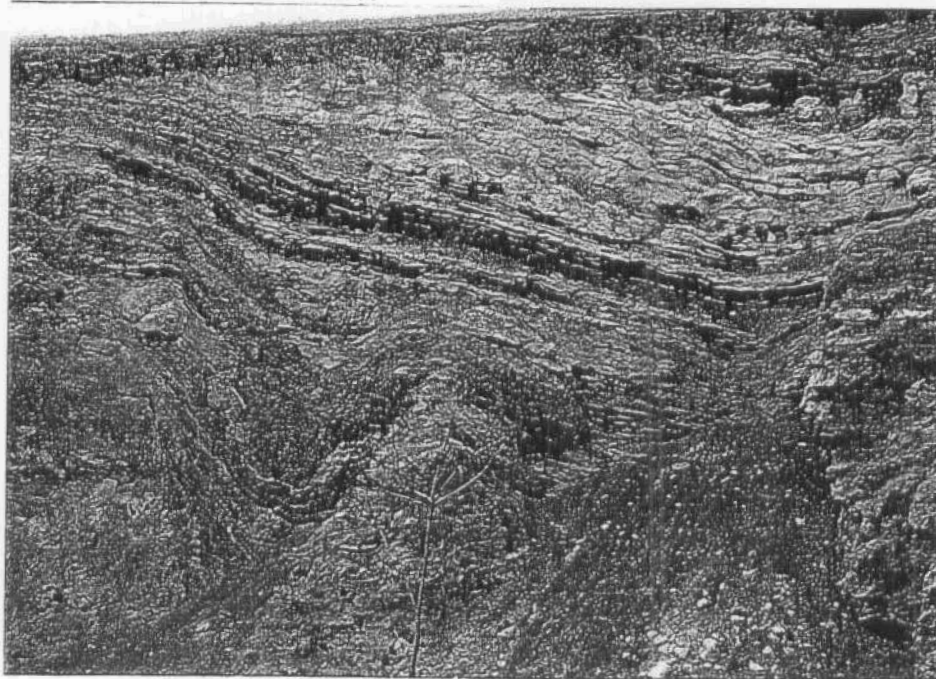


Disolución

Se trata de uno de los procesos más extendidos en la zona Sur de Madrid, consistiendo fundamentalmente en un fenómeno de disolución de las rocas solubles, en este caso, yesos y anhidrita, por las aguas de infiltración, viéndose favorecido por la existencia de grietas, diaclasas y planos de estratificación.

El clima tiene una incidencia directa, pues los valores de precipitación y la existencia de una cubierta edáfica de escaso desarrollo favorecen el desarrollo del proceso.

Los problemas de índole geotécnica e hidrogeológica que tienen lugar en estas zonas son de sobra conocidos, si bien presentan un mayor riesgo las zonas de techo de los macizos salinos y las zonas de contacto o cambios laterales de facies que representan vías preferenciales de circulación de aguas.



Colapsos

Uno de los resultados más espectaculares del proceso de disolución kárstica, que tiene lugar en materiales salinos, es la creación de cavidades y conductos de carácter interno lo que hace más compleja su detección y previsión. A medida que las tensiones y esfuerzos a que están sometidos superan las resistencias, se produce el desplome y caída del techo con el consiguiente peligro para la estabilidad de cualquier actividad situada en esa zona.

A menudo estas formas presentan un recubrimiento de materiales arcillo-limoso yesífero, correspondiente al residuo insoluble en este proceso.



Cuevas

La existencia de cavidades y galerías en el interior del macizo kárstico puede quedar de manifiesto de una forma natural a favor de la ladera. Este es el caso de las cuevas que pueden observarse en el cantil desarrollado en la margen derecha del río Manzanares, próximo al arroyo de la Gavia.

Los problemas de índole geotécnico que tienen lugar son los derivados de hundimientos y colapsos que, en este caso, generan una mayor desestabilización de los procesos de ladera, favoreciendo los desprendimientos y caída de bloques que contribuyen al retroceso del escarpe.



Dolinas

Son bastante frecuentes en la zona sur de Madrid, instalándose sobre las facies yesíferas miocenas, aunque a veces puedan afectar a los materiales carbonatados superiores. Se trata de formas externas asociadas a depresiones de colapso cuyo contorno en planta es variable y cuyas dimensiones, en general pequeñas, en algún caso pueden llegar al centenar de metros.

Los rellenos kársticos que aparecen tapizando el fondo de estas depresiones tienen un carácter arcillo-limoso con algo de arena y algún canto, alcanzando a veces varios metros de potencia, e incluso en algunas de ellas se pueden distinguir varias secuencias diferentes.

Actualmente están dedicadas al uso agrícola, dada la calidad del suelo bien desarrollado y con buena capacidad de retención de agua. Presentan un alto interés geocultural desde el punto de vista didáctico.

Los problemas geotécnicos que van a tener lugar son los derivados de hundimientos y colapsos.

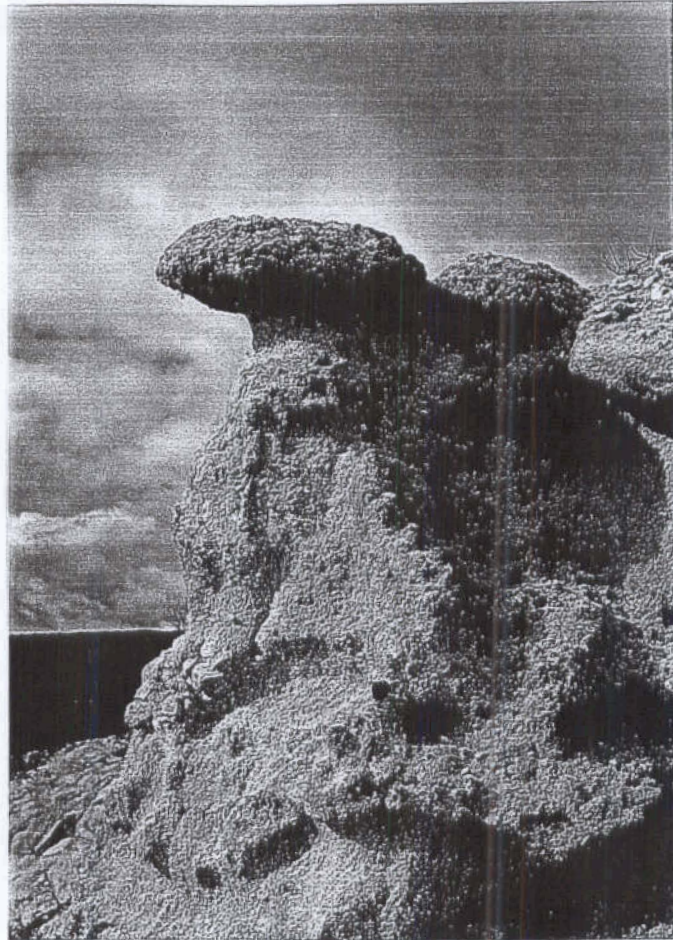
3.4.5. PROCESOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA LITOLOGÍA.



Arenización del granito

La meteorización del granito produce su desagregación en pequeños fragmentos de roca o minerales de tamaño arena. Se forma así un perfil de roca alterada de morfología muy irregular, pues está condicionada por zonas preferenciales de circulación de agua, diaclasas y fracturas y la propia forma de alteración del granito. El resultado es una serie de "bolos" o grandes bloques de granito sin alterar, que quedan dispersos en la zona de arenización, resultando difícil predecir en superficie la potencia y distribución de la masa alterada.

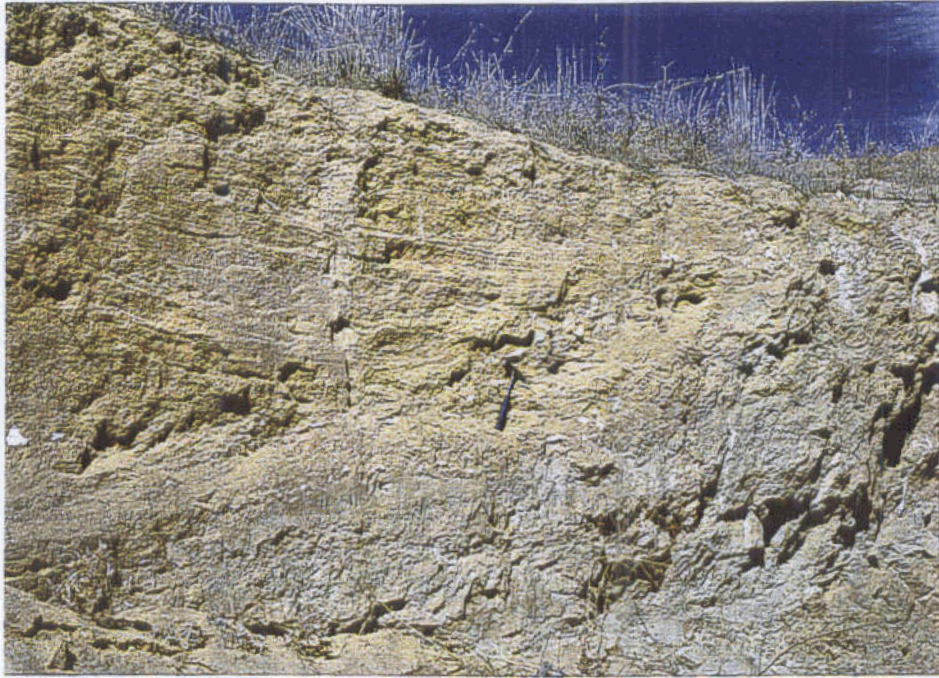
Los problemas derivados de este proceso son básicamente geotécnicos, dada la heterogeneidad de los materiales.



Arcosas con bloques

Las facies de arcosas con bloques del Norte del Municipio ofrecen problemas, especialmente de tipo geotécnico, excavación, cimentación y estabilidad de taludes, debidos a su heterogeneidad litológica. Esta viene condicionada por la presencia de bloques de granito, de tamaño muy variable y de distribución irregular, dentro de la matriz arcósica.

La actividad de los procesos erosivos, especialmente en pendientes altas y taludes, aumenta considerablemente respecto a las facies arcósicas, dada la menor cohesividad de los materiales.



Recubrimientos arenosos

En el SW del Municipio se presentan unos extensos recubrimientos cuaternarios, especialmente desarrollados sobre los glaciais y, en ocasiones, sobre las laderas de las facies de arcillas verdes. Son depósitos de arenas redondeadas de grano medio a grueso, poco coherente, bien seleccionados y presentan algunas estructuras de corriente, como laminaciones paralelas y cruzadas. Su distribución y potencia es irregular, aunque pueden llegar hasta más de 5 m., y aunque no presentan riesgos geotécnicos por sí mismos, éstos pueden derivarse de su irregular desarrollo, siempre y cuando no sean tenidos en consideración.



Presencia de depósitos antrópicos

El mayor riesgo derivado de la heterogeneidad litológica está representado por las acumulaciones y rellenos de depósitos antrópicos. La irregularidad de composición y compactación de estos materiales, su distribución caótica y la dificultad de establecer su extensión y potencia crean graves problemas geotécnicos, hidrogeológicos y urbanísticos.

4. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, E., GOY GOY, A., COMAS-RENGIFO, M.J., HERNÁN SANZ, J. y MORALES, J. (1974). Informe sobre 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. Informe para COPLACO, 83 pp. Madrid (inéd.).
- ALEXANDRE, T. PÉREZ GONZÁLEZ, A., PINILLA, A. y GALLARDO, J. (1977). Características mineralógicas del sistema fluvial Jarama-Henares. Trab. Neógeno-Cuaternario. v. 6, pp. 9-17. Madrid.
- ALÍA, M. (1979). El entorno de Madrid: Geología. Bol. Real Soc. Geográfica. t. 115, nº 12, pp. 35-44. Madrid.
- ARANEGUI, P. y HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1929). Nuevos datos sobre las terrazas cuaternarias de los ríos Jarama y Henares. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. t. 29, pp. 403-404. Madrid.
- ARCHE, A. (1983). Coarse-grained meander lobe deposits in the Jarama River, Madrid, Spain. Spec. Publ. Intern. Assoc. Sediment., v. 6, pp. 313-322.
- A.U.R. (1971). Análisis estructural básico de la Provincia y Area Metropolitana de Madrid. COPLACO. Serie Estudios Generales de Apoyo (13 vol.). Informe AUR para COPLACO (inéd.).

AYUNTAMIENTO DE MADRID (1982). Recuperar Madrid. Ed. Ayuntamiento de Madrid, pp. 1-207.

AYUNTAMIENTO DE MADRID. OFICINA MUNICIPAL DEL PLAN (1982). El medio físico en el Municipio de Madrid. Ed. Ayuntamiento de Madrid. Oficina Municipal del Plan, 124 pp. Madrid (inéd.).

AYUNTAMIENTO DE MADRID (1982). El clima de Madrid. Ed. Ayuntamiento de Madrid. Oficina Municipal del Plan, 53 p. (inéd.).

BARTOLOMÉ MARCOS, L. (1980). Dictamen sobre el Medio Físico Metropolitano. Diputación Provincial de Madrid.

BARTOLOMÉ MARCOS, L. (1982). Medio Físico. Documentos para la revisión del Plan General del Área Metropolitana. Diputación Provincial de Madrid, 102 pp. Madrid.

BASCONES ALVIRA, M., ECHEGARAY, M. y GALLEGO, E. (1983). Estudio del medio físico-geológico en una zona de implantación urbana. Importancia de las actividades didácticas y divulgativas. Caso Madrid. 2^a Reunión Nac. Geol. Ambiental y Ordenación del Territorio. 17 pp. Lérida.

BIROT, P. (1937). Sur la morphologie de la Sierra Guadarrama Occidental. Annales de Geogra. XLVI, 25-42. Paris. (Traducción de C. Vidal Box en Estudios Geográficos, 6, 18. pp. 155-168. Madrid, 1945.

CABRA GIL, P., FERNÁNDEZ GARCIA, F. y GARZÓN HEYDT, G. (1983). Modelos geomorfológicos para el estudio del medio fí

sico en el área de Madrid. 2ª Reunión Nac. Geol. Ambiental y Ordenación del Territorio. 17 pp. Lérida.

- CALVO, J.P. y col. (1984). Estudio geológico a escala 1:25.000 del Término Municipal de Madrid. I.G.M.E. Ayuntamiento de Madrid. (Inéd.).
- CARRILLO, L., GISBERT, J. y ARCHE, A. (1978). Modelo de sedimentación de la terraza baja (+18-20 m.) del río Manzanares. Estudios Geológicos, t. 31, pp. 549-552. Madrid.
- CASTELLS, S. y DE LA CONCHA, S. (1951). Mapa Geológico de España, esc. 1:50.000 (1ª serie). Explicación de la hoja nº 582 (Getafe). I.G.M.E.
- CETA (1974). Análisis cartográfico del suelo del Área Metropolitana de Madrid. COPLACO. Serie Estudios sobre Cartografía. Informe CETA para COPLACO (inéd.).
- COPLACO (1977). Plan especial de protección del Medio Físico de la Provincia de Madrid. COPLACO. Documentos de Planeamiento, 129 pp. + 2 planos E: 1/100.000. Madrid.
- COPLACO (1979). Atlas básico del Área Metropolitana. COPLACO, 31 pp. Madrid.
- COPLACO (1979). Climatología básica de la subregión de Madrid. COPLACO. Dossier: Marco institucional, 253 pp. Madrid.
- COPLACO (1980). Atlas básico climatológico de la subregión de Madrid. COPLACO. Dossier: Marco institucional, 35 pp. Madrid.

- COPLACO (1980). Estado ocupacional del suelo en el Área Metropolitana de Madrid. COPLACO. Dossier: Marco institucional. Memoria y 12 planos. E: 1/25.000. Madrid.
- COPLACO (1981). Directrices de Planeamiento Territorial urbano para la revisión del Plan General del Área Metropolitana. COPLACO. 572 pp. Madrid.
- C.S.I.C. (1973). Cartografía edafológica y capacidad de uso del suelo en la subregión de Madrid. COPLACO. Serie Estudios sobre Medio Físico. Informe del C.S.I.C. para COPLACO, 113 pp. (inéd.).
- DÍAZ OJEDA, M., MEDINA, J. y RÓIZ, M. (1980). Un recorrido por la zona NE de la Provincia de Madrid. II Jornadas de Estudios de la Provincia de Madrid. 25-28 Nov., Dip. Prov. Madrid, pp. 337-348.
- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE MADRID (1980). II Jornadas de Estudios sobre la Provincia de Madrid. Ed. Dip. Prov. de Madrid. 505 pp.
- ESCARIO, V. (1969). Los suelos de Madrid. Ed. Lab. Transporte y Mecánica del Suelo. Publ. n° 25, 23 pp. Madrid.
- ESCARIO, V., GARCÍA GONZÁLEZ, J.M., MOYA, J.F., OTEO, C.S. y SAGASETA, C. (1981). Problemas geotectónicos en torno a la ampliación de la red del metro de Madrid. Rev. de Obras Públicas. Marzo 1981. pp. 193-211. Enero 1981 pp. 7-27.
- FOURNIER, F. (1960). Climat et erosion. Ed. Presses Universitaires de France. Paris.
- FÚSTER, J.M. y DE PEDRO, F. (1956). Mapa geológico de España, Esc. 1:50.000 (1ª serie). Explicación de la hoja 533 (San Lorenzo de El Escorial). I.G.M.E.

- GALLARDO, J. y PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1983). Regiones fisiográficas. El Campo. Bol. Inform. Agrar., nº 90, pp. 10-15. Madrid.
- GARCÍA FERNÁNDEZ, J.L. (1972). Estudio sobre el paisaje y los recursos histórico-artísticos en la Provincia de Madrid. Información del Esquema Director. COPLACO. Serie Estudios sobre el Medio Físico. Informe para COPLACO (inéd.). Madrid.
- GARCÍA SANJUAN, J. (1974). Estudio climatológico general y temático de la subregión de Madrid. COPLACO. Serie Estudios sobre el Medio Físico. Informe para COPLACO. (Inéd.). Madrid.
- GARCÍA YAGUE, A. (1973). La Geología de Madrid. Rev. de Obras Públicas, pp. 1043-1055. Madrid.
- GEOESTUDIOS (1982). Informe. Estudio Geotécnico Colector interceptor de la margen derecha del Manzanares. Informe para Construcciones y Contratas, S.A. (inéd.), 29 pp. Madrid.
- GINER DE LOS RIOS, M. (1927). Excursiones Geológicas (In: Obras Completas). Ed. Espasa-Calpe, t. XVI, pp. 27-36 (artículo de 1885). Madrid.
- GÓMEZ OREA, D. (1976). El plan especial de protección del medio físico de la provincia de Madrid. Rev. Ciudad y Territorio, Febr. 1976. pp. 185-194. Madrid.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, J. et al. (1974). Cartografía temática de la subregión de Madrid. E: 1/100.000 COPLACO. Serie Estudios sobre Cartografía. Informe de ANTHOS para COPLACO (inéd.). Madrid.

- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. y col. (Inéd.). Estudio ecológico preliminar del área de "El Castillo de Viñuelas" (Madrid). Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Dpto. de Ecología. Universidad Autónoma. Madrid.
- GUERRA, J. y LÓPEZ VERA, F. (1984). Análisis y aplicación del factor climático de FOURNIER en la estimación de la erosión específica en la región de Madrid. I Coloquio sobre Procesos Actuales en Geomorfología. Octubre 1984. Jaca (Inéd.).
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1912). Elementos geográfico-geológicos de la Península Ibérica. Asoc. Esp. Progr. Cienc., Congr. Granada, t. 5, pp. 225-231. Madrid.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1923). Edad y origen de la Cordillera Central de la Península Ibérica. Asoc. Esp. Progr. Cienc., Congr. Salamanca, t. 11, pp. 119-137. Madrid.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1931-1932). Guía de la Sierra de Guadarrama y Montaña de Covadonga. Guías de los Sitios Naturales de Interés Nacional, nº 1. Ed. Ministerio de Fomento. Junta de Parques Naturales Madrid.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1941). Características fisiográficas del Territorio de Madrid. An. Cienc. Nat., Instituto "José de Acosta", C.S.I.C., t. 36, 11 pp. Madrid.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F., ALBERDI, M.T. y AGUIRRE, E. (1969). Proceso formativo y época de la Sierra de Guadarrama. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. 67, pp. 225-237. Madrid.

- IBERGESA. Estudio geotécnico e hidrogeológico del Parque de Pradolongo. Informe para el Aytº de Madrid, 25 pp. (inéd.). Madrid.
- ICONA y COPLACO (1975). Plan especial de Protección del Medio Físico de la Provincia de Madrid. Ed. COPLACO, 129 pp. + 2 planos. Madrid.
- I.G.M.E. (1971). Mapa geológico de España esc. 1/200.000. Sín tesis de la cartografía existente. Hoja nº 45 (Madrid). I.G.M.E.
- I.G.M.E. (1972). Mapa geotécnico general. E: 1/200.000. Hoja nº 5-6 (Madrid). I.G.M.E.
- I.G.M.E. (1974). Mapa geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Esc. 1/100.000. Hoja nº 9-11 (San Lorenzo de El Escorial). I.G.M.E.
- I.G.M.E. (1974). Mapa geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. E: 1/100.000. Hoja nº 10-11 (Madrid). I.G.M.E.
- I.G.M.E. (1974). Mapa geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Hoja nº 10-12 (Getafe). E: 1/100.000. I.G.M.E.
- I.G.M.E. (1974). Mapa geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Metodología. I.G.M.E., pp. 1-28.
- I.G.M.E. (1976). Mapa geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid. Metodología. I.G.M.E. 28 pp.

- I.G.M.E.-DIP. PROV. DE MADRID (1983). Atlas hidrogeológico de la Provincia de Madrid. I.G.M.E. 5 Mapas E: 1/200.000. Madrid.
- LÁZARO, I. y ASENSIO AMOR, I. (1980). Síntesis geomorfológica del Borde Meridional de la Sierra de Guadarrama. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. 78, pp. 113-131. Madrid.
- LÓPEZ VERA, F. (1975). Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid. Tesis Doctoral. Mem. I.G.M.E., v. 91.
- LÓPEZ VERA, F. y PEDRAZA, J. (1976). Síntesis geomorfológica de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid. Estudios Geol., t. 32, pp. 449-508. Madrid.
- Mc HARG, I.L. (1964). The Place of Nature in the City of Man. En: Environmental Geology, II. COATES, ed. 1974, pp. 30-41.
- MACPHERSON, I. (1888). Del carácter de las dislocaciones de la Península Ibérica. Anales de la Sociedad Española de Hist. Natural. Tomo XVII. Madrid.
- MARTÍNEZ ALFARO, P.E. (1978). Contribución al conocimiento de la geología del casco urbano de Madrid. Estudios Geol., t. 34, pp. 241-249. Madrid.
- MARTÍNEZ TAPIA, (1973). Inventario de usos del suelo urbano en la subregión de Madrid con exclusión de los cascos urbanos. COPLACO. Serie Bases Generales de Información. Informe para COPLACO (inéd.).

- MEGÍAS, A.G., ORDÓÑEZ, S. y CALVO, J.P. (1980). Un essai de synthese lithostratigraphique du bassin de Madrid. Scien. de la Terre (en prensa).
- MORENO SANZ, F. y SANZ DONAIRE, J. (1983). Geomorfología de la Provincia. El Campo. Bol. Inform. Agrar., nº 90, pp. 5-9. Madrid.
- PAQUET, H. y VAUDOUR, J. (1974). Sols et paléosols argileux fonces des environs de Madrid. Rev. Geogr. des Piry-nées et du Sud-Ouest, v. 145, fasc. 3, pp. 217-242.
- PEDRAZA, J. (1973). Estudio geomorfológico del extremo oriental de la cadena San Vicente-Peña de Cenicientos. Bol. Geol. y Min., nº 84, pp. 1-14.
- PEDRAZA, J. (1978). Estudio geomorfológico de la zona de enlace entre las Sierras de Gredos y Guadarrama (Sistema Central Español). Tesis Doctoral Facultad Cien. Geol. Madrid.
- PEDRAZA, J. (1981). Concepto de planificación: Bases geológicas de la misma. Geología y Medio Ambiente. Serie Monografías, nº 11, 463 pp. Madrid.
- PENCK, A. (1894). Das Klima Spaniens während der jüngeren Tertiärperiode und der Diluvialperiode. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin, pp. 109-1941.
- PÉREZ DE BARRADAS, J. (1921). Excursiones geológicas por el valle inferior del Manzanares (Madrid). Bol. Soc. Ibérica Cienc. Nat., t. 3, pp. 138. Zaragoza.
- PÉREZ DE BARRADAS, J. (1924). Excursiones por el Cuaternario del valle del Jarama. Bol. Soc. Ibérica Cienc. Nat. t. 22, pp. 25-28. Zaragoza.

- PÉREZ DE BARRADAS, J. (1926). Estudios sobre el Terreno Cuaternario del Valle del Manzanares. Publ. del Ilmo. Ayt° de Madrid. XIV Congr. Int. de Geología. pp. 1-135.
- PÉREZ DE BARRADAS, J. (1927). Los suelos y el terreno cuaternario de los alrededores de Madrid. Bol. de Agr. Tecn. y Econ., nº 226, pp. 425-441. Madrid.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1969). Un cambio en la geografía de los alrededores de Madrid. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. 67, pp. 369-372. Madrid.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1971). Estudio de los procesos de hundimiento en el valle del río Jarama y sus terrazas (nota preliminar). Estudios Geol., t. 27, pp. 317-324. Madrid.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1980). El marco geológico, geográfico y geomorfológico de los yacimientos de áridos en la cuenca del Tajo. In: Ocupaciones achelenses en el valle del Jarama. Publ. Exc. Dip. Prov. Madrid. pp. 15-28.
- PÉREZ GONZÁLEZ, A. y BRELL, J.M. (1969). Estudio sedimentológico de los ríos Manzanares, Henares y Jarama. V Reunión Grupo Esp. Sedimentología. Pamplona.
- PÉREZ MATEOS, J. y BENAYAS, J. (1963). Contribución de la mineralogía de las terrazas del Manzanares, Jarama y Henares. An. Edaf. Agrobiol., t. 22, nº 9-10, pp. 453-463. Madrid.

- PÉREZ REGODÓN, J. (1979). Guía Geológica, Hidrogeológica y Minera de la Provincia de Madrid. (3^a edic.). Mem. I. G.M.E., t. 26, pp. 1-183, 1^a edic. 1970; 2^a edic. 1976. Madrid.
- PRADO, C. (1864). Descripción física y geológica de la Provincia de Madrid. Junta Gen. Estadística. 219 pp. Madrid.
- PRIETO Y HERNÁNDEZ DE TEJADA, A. (1979). Aspectos forestales de la provincia de Madrid. Diputación Provincial de Madrid. 246 pp. Madrid.
- QUIROGA, F. (1886). Excursiones geológicas en los alrededores de Madrid. Bol. Inst. Libre de Enseñanza, t. 9, pp. 248-250 y 263-265. Madrid.
- QUIROGA, F. (1887). Excursiones al Cerro de Almodóvar y a San Fernando. Bol. Inst. Libre de Enseñanza, t. 28-II, pp. 59-60. Madrid.
- RIBA, O. (1957). Terrasses du Manzanares et du Jarama aux environs de Madrid. V Congr. Intern. INQUA. Livret guide de l'excursion C2, pp. 5-55. Madrid/Barcelona.
- ROYO GÓMEZ, J. (1929). Datos para la Geología de El Pardo (Madrid). Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. 29, pp. 334. Madrid.
- SANZ CAÑADA, E. (1978). Estudio para el planeamiento y gestión de recursos naturales de la Vega del Jarama. COPLACO. Serie Estudios sobre Medio Físico. Informe para COPLACO (inéd.).

- SANZ DONAIRE, J. (1979). Geomorfología del entorno de Madrid. Bol. Real Soc. Geográfica, T. 115, pp. 53-83. Madrid.
- SCHWENZNER, J. (1937). Zur morphologie das Zentralspanischen Hochlandes. Geographische Abhandlungen 10, 128 pp. Stuttgart (trad. VIDAL BOX, Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. n° 41, pp. 121-147. 1943).
- VAUDOUR, J. (1969). Données nouvelles et hypothèses sur le Quaternaire de la région de Madrid. Étud. et Trav. de Méditerranée, n° 8, pp. 79-92. France.
- VAUDOUR, J. (1972). Sols et structures agraires dans la région de Madrid. Act. du Coll. de Géographie agraire. Madrid. Marzo, 1971. CEGERM, pp. 5-12.
- VAUDOUR, J. (1974). Age et signification de quelques sols rouges sur gneiss et micashistes dans la cordillère centrale espagnole. 1^a Reunión Nacional del Grupo de Trabajo del Cuaternario.
- VAUDOUR, J. (1979). Les environs nord et est de Madrid. Présentation d'une carte morphopedologique au 1/100.000 en couleurs. Étud. et Trav. de Méditerranée, n° 3, pp. 45-63. France.
- VAUDOUR, J. (1979). Contribution a l'étude geomorphologique d'une région méditerranéenne semiaride. La région de Madrid. Altérations, sols et paléosols. Thèse Doctoral (1977). Ed. Ophrys. 381 pp.

- VEGAS, R., PÉREZ GONZÁLEZ, A. y MÍGUEZ, F. (1975). Mapa Geológico de España. E: 1/50.000 (2^a serie). Hoja nº 19-23 (Getafe). I.G.M.E. Madrid.
- VIDAL BOX, C. (1930). Morfología del valle alto del río Manzanares. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. 30, pp. 303-311. Madrid.
- VIDAL BOX, C. (1942). La línea morfogenética meridional de la Sierra de Guadarrama. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., t. 40, pp. 117-132. Madrid.
- VIDAL BOX, C. (1976). Guía de los recursos pedagógicos en Madrid y sus alrededores. Patronato José María Quesada, C.S.I.C. 487 pp. Madrid.
- VIDAL-PARDAL, M. (1963). Descripción geográfica-geológica del itinerario Madrid, San Lorenzo de El Escorial, Valle de Los Caidos. Serv. Geol. Informaciones y Estudios, Bol. nº 18, Madrid.
- WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. & UHLAND, R.E. (1958). Evaluation of factors in the Soil-Loss Equation. Agricultural Engineering, 39.8.458.

MEMORIA DEL
MAPA DE FORMACIONES SUPERFICIALES
"TÉRMINO MUNICIPAL DE MADRID" E: 1/25.000

J.L. GOY y C. ZAZO (Facultad de Geología, Madrid)

A. PÉREZ GONZÁLEZ (I.G.M.E., Madrid)

62076

FORMACIONES SUPERFICIALES

I. METODOLOGÍA

Los criterios metodológicos seguidos en la realización de estos mapas de formaciones superficiales del Municipio de Madrid están basados en los trabajos de: Goy, J.L.; Pérez-González, A.; Portero, J.M.; Zazo, C. (1.980), donde se propone un modelo de mapa de este tipo; Goy, J.L. y Zazo, C. (1.980) y Pérez-González, A. (1.980), en las Hojas Geológicas E. 1/50.000 de Fontiveros (480) y Peñaranda de Bracamonte (479) (Inéditas), donde se aplica el modelo anterior a escala 1/100.000; y por último, en Cabra, P.; Goy, J.L.; Hoyos, M.; Zazo, C. (1.983), donde se introducen modificaciones al modelo original al realizar una cartografía de este tipo a E. 1/25.000.

En este caso también se han hecho algunas variaciones como consecuencia de su posible utilización posterior para la elaboración de otros tipos de cartografía aplicada.

De una forma resumida, vamos a señalar las principales características que se han tenido en cuenta para su realización:

Se ha empleado una trama para representar la textura de las formaciones superficiales, de color rojo y otra en negro (con espaciado amplio) para las características texturales del sustrato. Estas tramas están separadas por trazo continuo en el caso de las primeras y discontinuo en el caso de las correspondientes a los diferentes sustratos.

Estos últimos, además de la trama, llevan una letra

mayúscula correspondiente a la génesis de estos materiales: S. roca sedimentaria; I. roca ígnea; a la que hay que añadir un subíndice numérico para separar los diferentes tipos.

La característica fundamental a tener en cuenta es el caracter textural de cada Formación y, en segundo término, el aspecto genético de éstas; lo que representa en un cuadro de doble entrada, en ordenadas la textura y en abcisas la génesis.

La trama textural está caracterizada mediante unos símbolos convencionales (Proy. MAGNA, 1.973) empleando, según el caso, los tipos texturales simples o combinados y diferenciando los cantos según su composición litológica, señalando además la abundancia de materia orgánica o carbonatos con un símbolo característico superpuesto a la trama.

La génesis se ha diferenciado mediante uno o dos caracteres alfabéticos que indican el origen: F- Fluvial, GR- Gravedad, K- Kárstico, ED- Edáfico, A- Alteración, MP- Poligénico, AN- Antrópico; dentro de cada tipo un subíndice numérico señala los diferentes subambientes dentro de estos medios: F₁- Terrazas; F₂- Llanura de inundación; F₃- Aluviales; F₄- Cauces abandonados; F₅- Conos aluviales; F₆- Superficies; F₇- Glacis de cobertera; F₈- Derrames.

Los espesores, sustancias útiles (explotaciones) y yacimientos están representados en el mapa de forma puntual; en el primer caso, con un número que indica la potencia en metros de dicha formación o un número y una o dos letras con subíndice que representan el tipo de sustrato o de formación superficial sobre la que se apoya. En el segundo, mediante

un símbolo que informa sobre si es activa o no la explotación y dos letras que corresponden al tipo de material extraído (según la simbología del Mapa de Rocas Industriales, I.G.M.E.). En el tercero, el signo diferencia la clase de yacimiento: paleontológico o prehistórico, y los tipos de cada uno.

A la hora de reproducir este tipo de mapa se podría destacar mediante color el aspecto genético, siendo éste diferente de acuerdo a los materiales originados por los distintos sistemas morfogenéticos; y dentro de cada uno los tonos indicarán las facies cartografiadas.

Acompaña a la leyenda de cada mapa un cuadro de doble entrada en donde vienen indicadas en vertical las unidades cartografiadas y en horizontal y correlativas una serie de propiedades seleccionadas: espesor (en m.), textura, medio sedimentario, consolidación, topografía, drenaje-erodabilidad, cronología y usos para terminar con un apartado de observaciones.

II. EL MAPA DE FORMACIONES SUPERFICIALES DEL MUNICIPIO DE MADRID

En este mapa, además de la cartografía de las Formaciones Superficiales y del Sustrato, se incluyen una serie de símbolos correspondientes a: Explotaciones, indicando si son activas o inactivas. Dentro del Municipio de Madrid se han señalado las correspondientes a Arcillas(Cr), Yesos (Ey), Sepiolitas (S_g), Granitos (Pg), Arenas (Dr). Yacimientos: se han indicado por una parte los yacimientos Paleontológicos, tanto de fauna cuaternaria como terciaria correspondientes en ambos casos a restos de vertebrados; y, por otra, los yacimientos Pre

históricos, de los que se han señalado los correspondientes a Industrias líticas, tanto del Paleolítico como del Bronce.

En otro Cuadro se indican los Tipos texturales utilizados en las Formaciones Superficiales, así como la composición litológica de los componentes gruesos (grava, canto, bloque).

Los Espesores vienen indicados de forma puntual, diferenciándose cuando se trata de espesor visto o espesor total.

II.1. EL SUSTRATO.

Se han diferenciado siete tipos diferentes de sustrato, siendo la zona Norte la más monótona en cuanto a tipo de material: Arcosas, Arcosas con bloques, Granitos, Yesos masivos y tableados, Arcillas con yesos, Arcillas con sílex y carbonatos, y calizas.

II.2. LAS FORMACIONES SUPERFICIALES.

De acuerdo con la textura y génesis de las mismas, se han diferenciado diecisiete tipos genéticos que, a su vez, comprenden varios tipos texturales. (Cuadro de doble entrada Textural/Genético). Un Cuadro de propiedades seleccionadas completa la idea del conocimiento de las Formaciones Superficiales en este área.

II.2.1. FORMACIONES SUPERFICIALES DE ORIGEN FLUVIAL.-

TERRAZAS

Se extienden a lo largo de los valles de los principi

pales cauces que atraviesan el Municipio de Madrid, río Jarama y río Manzanares, y ocupando una mayor extensión las del primero, aunque del mismo sólo estén representados los niveles correspondientes a la margen derecha, ya que el cauce en algunos casos sirve de Límite de Municipio.

Río Manzanares

Presenta once niveles de terrazas que se distribuyen entre las cotas de +8 m. y +80-85 m. sobre el cauce actual del río; la secuencia completa no se observa en ninguna sección transversal al mismo.

La litología de estas terrazas, aguas arriba del Ay² de los Meaques, está constituida por arenas cuarzo-feldespáticas con cantos de cuarzo y granitoides. Una característica muy común es que los niveles antiguos presentan un enriquecimiento notable en arcilla y acumulación de carbonatos de tipo enrejado.

Aguas abajo del Ay² de los Meaques, las terrazas son mucho más arenosas estando los tamaños acumulados en la fracción de arena gruesa a media con algunos cantos dispersos de cuarzo y granitoides.

La potencia de estos depósitos varía entre los 1,0 y 6 m. Se trata de materiales que presentan un buen drenaje, sobre todo los niveles pobres en arcilla, una erodabilidad ligera y una coherencia media, en general, dan sobre el paisaje una topografía plana.

Los afluentes del Manzanares que presentan un mayor desarrollo de niveles de terraza son el Ay² de la Trofa, mar

gen izquierda, y el Ay² de Tejada, margen derecha; ambos con seis niveles distribuidos entre la cota de +8 m. y + 44-46 m. La litología de estas terrazas es muy similar a la de las terrazas bajas del Manzanares, aguas arriba del Ay² de los Meaques.

El Ay² de la Gavia presenta algunas terrazas cuya composición litológica varía un poco, debido al tipo de sustrato que atraviesa; en este caso, el tamaño canto y grava está representado por materiales calizos y sílex.

Río Jarama

El cauce actual del río Jarama lleva asociado en su margen derecha una secuencia de terrazas constituida por trece niveles que se escalonan entre la cota de +150 m. y +8 m. La zona más alejada del cauce actual, en la que aparecen restos de estos depósitos, corresponde a la Hoja 1/25.000 de Viñuelas y Alcobendas.

La textura de los materiales que forman estas terrazas está constituida por unas arenas distribuidas en la fracción arena media a muy gruesa y cantos y gravas de cuarcita, como elemento principal, pizarras y algún granitoide.

Como sucede en el río Manzanares, los niveles más antiguos presentan enriquecimiento en arcilla y carbonato que, en general, se presenta en enrejado.

En general, estos depósitos dan superficies planas, constituyen zonas bien drenadas con una erodabilidad ligera y se comportan como materiales medianamente coherentes. La potencia varía desde los 1,5 m. a los 5 m.

Los afluentes más importantes que recibe el Jarama por su margen derecha son el Ay² de Viñuelas, con siete niveles de terraza, en general constituidas por arenas cuarzo-feldespáticas con cantos dispersos de cuarzo y granitoides y el Ay² de los Migueles y Valdeculebra, en los que el tamaño grava y canto está representado por la caliza y el sílex.

LLANURAS DE INUNDACIÓN Y ALUVIALES

Consideramos la llanura de inundación como los depósitos fluviales que, presentando una topografía plana, se extienden por encima de los cauces actuales de los ríos fundamentales (Jarama y Manzanares). Esta superficie aparece a +3-5 m. por encima del talweg actual y está constituido litológicamente por una mezcla de arenas, arcillas y limos con algún canto disperso. Se trata, en general, de materiales poco coherentes que se depositan en áreas moderadamente drenadas, y cuya potencia visible en el río Jarama es superior a los 2 m.

Constituyen los aluviales los depósitos de fondo de valle en el que están incluidas también las barras laterales. La composición textural de estos depósitos es similar a las de las terrazas bajas de los ríos correspondientes.

CONOS ALUVIALES

Son muy abundantes en todo el área del Municipio de Madrid, ya que la mayor parte de los arroyos dejan este tipo de depósito en su desembocadura. Tal es el caso de los barrancos que descienden al Ay² de Viñuelas, Trofa, Tejada, etc.; no obstante, los de mayor desarrollo son los que se observan en la margen derecha del río Jarama, correspondientes a la desembocadura del Ay² de la Plata, San Blas y de las Rejas.

Sin embargo, la secuencia más completa se conserva en la margen izquierda del río Manzanares, en la desembocadura del Ay² de Navahermosa, donde es posible distinguir al menos tres generaciones de conos aluviales.

La litología de estos depósitos en la zona Norte y margen derecha del Manzanares es muy similar y está constituida fundamentalmente por arenas con cantos dispersos de cuarzo y granitoides. En la zona Sur, donde el sustrato presenta una litología más variada, pueden incorporarse a la litología otros componentes tales como caliza, yeso y sílex (Ay² de la Gavia, Ay² del Barranquillo), caliza y sílex (Ay² Abroñigal), etc.

La potencia de estos depósitos oscila entre los 1 y los 3 m.; en general, dan topografías suavemente inclinadas con una erodabilidad ligera, constituyendo zonas bien drenadas, siendo en general el depósito poco coherente.

SUPERFICIES

Constituyen las Formaciones superficiales más antiguas del Municipio de Madrid y dentro de las mismas hay que distinguir por su significado geo-morfológico dos grupos. La más antigua constituye la superficie divisoria entre el Jarama y el Manzanares, y se extiende desde el Cerro Otero (760 m.) próximo al límite del Municipio (H. Alcobendas), hasta el Cerro de Cuatro Caminos (734 m.), y el río Manzanares y el Guadarrama, extendiéndose desde Las Casas de Hito (768 m.) a El Ventorrillo de El Cano (741 m.).

La segunda superficie aparece claramente encajada en la anterior en la zona de El Goloso y ya está relacionada con la red actual, pero es más antigua que la terraza más alta del Manzanares. La zona más alta de esta superficie se observa en

Valdelagrana (750 m.) y va descendiendo hacia el Sur, donde los últimos retazos los constituyen Cuatro Vientos y Madrid a 700 m.

La composición litológica de estas superficies es muy similar: Arenas cuarzo-feldespáticas con cantos y bloques de cuarzo, granitoides y algún pórfido. Sobre ellas se desarrollan suelos arenosos cuyo perfil más completo es el siguiente: A₁ de 2-5 cm. (10YR 6/3); A₂ de 5-30 cm., B_{tg} de 30-110 cm. (2,5 YR 4/6 el rojo y 2,5 YR 7/2 para el gleico), C_{ca} tipo enrejado.

La topografía que dan estas superficies es la de planos suavemente inclinados (pendiente del 0,2 a 0,4%), con un drenaje medio, erodabilidad moderada y el depósito se comporta como medianamente coherente. El espesor de los depósitos asociados a estas superficies oscila entre los 1 y 4 m.

Existen en el Municipio de Madrid otras superficies de mucho menor desarrollo, pero que también se han cartografiado; éstas son las correspondientes al Cerro de Almodóvar y las que se observan en el límite Sur-oriental del término municipal, cuyo origen es fundamentalmente la alteración de los materiales del sustrato. La Litología en estos casos está constituida por cantos de sílex (C. Almodóvar) y de sílex y caliza en el segundo caso. No obstante, esta cobertura detrítica no suele superar el medio metro de espesor.

GLACIS

Constituyen los glacis desde el punto de vista morfológico, y en la mayor parte de los casos, las superficies de enlace entre las terrazas y las altas superficies que aparecen en esta zona. En todos los casos se trata de glacis del

tipo cobertera, cuyo espesor oscila entre los 0,5 y 3 m.

En general, existen varias secuencias, cuatro en la zona de El Pardo y cinco al Sur del Cerro de Almodóvar. Los más antiguos son los que se observan en el sector de El Plantío y la Estación de Cuatro Vientos, donde son con seguridad anteriores a la terraza más alta del río Manzanares; y el glacis de la Fríscola, que se desarrolla sobre la terraza de +110-130 m. del río Jarama. En este último caso, sobre el glacis se observa un horizonte de alteración correspondiente a un suelo de tipo tierra parda-meridional más o menos rubefactada (7,5 YR 4/6) con un inicio de iluviación de arcilla muy local.

La litología de estos glacis puede agruparse, a grandes rasgos, en dos conjuntos fundamentales: los correspondientes al Sector Norte y margen derecha del río Manzanares, y Madrid ciudad (arenas cuarzo-feldespáticas con cantos de cuarzo y granitoides); y los del Sector Sur (arenas arcillosas con cantos de caliza, sepiolita y sílex), al S. del Cerro de Almodóvar y Sur de Villaverde Bajo; y los de la zona de la Gavia en los que además se incorpora el yeso en el espectro litológico.

Como norma general, los glacis más antiguos presentan enriquecimiento en carbonatos que, normalmente, se distribuyen en forma de enrejado, y de arcillas, producto de alteraciones edáficas posteriores.

En la topografía se observan como superficies ligeramente inclinadas, dependiendo la pendiente de las mismas del recorrido del glacis y del relieve que presente la zona de la cual arrancan.

DERRAMES

Los más extensos aparecen en la zona de Palomeras y se extienden con una inclinación media hacia la depresión de la Gavia y de Vallecas.

Se trata de depósitos arenosos poco coherentes entre los que se observan algunos niveles muy discontinuos de gravas de caliza. Sobre ellos se desarrolla un suelo pardo en el que se observa el horizonte A_2 de lavado y un B_t (argílico) con clara estructura prismática de 0,5 m. de potencia. Los minerales de arcilla que contiene este último horizonte son: 80% de esmectita, 20% de illita e indicios de caolinita.

El espesor de todo el depósito es variable, pero puede llegar a alcanzar los 4 m. en la zona concreta de la Sevilla na.

Otros pequeños derrames se observan entre las terrazas del río Jarama, en la zona del Aeropuerto. En este caso, el derrame presenta una composición litológica muy similar a las terrazas, es decir, arenas con cantos de cuarcita, granitoides y pizarras, y el espesor no suele ser superior a un metro.

II.2.2. FORMACIONES SUPERFICIALES DE GRAVEDAD.-

COLUVIONES

Con poco desarrollo en este área se presentan, en general, asociados a los conos aluviales entre los que ocupan una estrecha franja en la zona basal de los interfluvios (Ay² de la Trofa, Ay² de Tejada, Ay² de Valdelamora, etc.).

En la margen izquierda del río Manzanares, próximo al Ay^o de la Gavia y al pie de los escarpes yesíferos, es posible distinguir en un mismo perfil al menos tres secuencias de coluviones, separadas por ligeros encostramientos de yeso.

La litología de estos depósitos está íntimamente relacionada con el sustrato del que proceden; así, en la zona Norte se trata, en general, de depósitos arenosos con algunos cantos dispersos, de tipo anguloso, de cuarzo y granitoides.

En la zona Sur, en el área de los yesos, la litología la constituyen unos limos arenosos con cantos de yeso, y en los sectores donde el sustrato aflorante es de tipo carbonatado, los cantos que se observan son de caliza y sílex.

La potencia de estos depósitos oscila entre los 1-3 m., y dan origen a topografías fuertemente inclinadas. Los materiales en general son poco coherentes, presentando una erodabilidad moderada.

II.2.3. FORMACIONES SUPERFICIALES DE ORIGEN KÁRSTICO.-

MATERIALES KÁRSTICOS

Hemos de aclarar que los materiales kársticos señalados en el Mapa de Formaciones superficiales corresponden a aquellos rellenos que, por su tamaño, pueden ser cartografiados dada la escala del Mapa.

Se desarrolla el Karst en la zona Sur del Municipio de Madrid en relación con la aparición de las facies yesíferas del Terciario.

Se trata de un Karst sobreimpuesto a una fase de Karstificación miocena (ALBERDI et al. 1.983, CALVO et al. 1.983, HOYOS et al. 1.984), que se ha rejuvenecido a lo largo del Cuaternario. Corresponde a un Karst fundamentalmente de tipo externo en el que las formas están representadas por depresiones de colapso asociadas a fracturas en cuyos bordes se desarrollan pequeñas dolinas y formas en pseudotorrecillas con un fuerte lapiaz superficial.

Las zonas en donde este Karst está más desarrollado corresponden al Sur de Vallecas (Canteras de Cañada) y en Cumbres de Vallecas (límite oriental del Municipio). Estos dos casos que constituyen los mejores ejemplos de Karst fosilizado no aparecen cartografiados en el Mapa dada la escala del mismo; no obstante, haremos la descripción del relleno de este Karst dada su importancia en relación con la evolución geomorfológica de la zona.

Canteras de Cañada (Antiguas Canteras de Vallecas).- Se trata de un Karst desarrollado sobre los yesos masivos inferiores; en la base de relleno de este Karst ha sido encontrada industria lítica del Achelense lo que indicaría que la reactivación de este Karst dataría al menos del Pleistoceno medio.

Los materiales que componen este relleno están constituidos fundamentalmente por niveles de margas arenosas con cantos de carbonato, sílex, sepiolita y yesos. La potencia del relleno es de unos 3 m.

Cumbres de Vallecas (límite oriental del Municipio de Madrid).- Se trata de un Karst desarrollado sobre los yesos superiores y que afecta a los materiales carbonatados (carbonatos tableados

y arcillas del Terciario por colapsamiento). En el relleno se observan distintas etapas de sedimentación que reflejan cambios climáticos a lo largo del Cuaternario (plaquetas de gelivación y paleosuelos). La potencia visible de estos rellenos es del orden de 6,5 m.

Los rellenos Kársticos que aparecen en el Mapa de Formaciones Superficiales corresponden a rellenos de dolinas que aún continúan activas en nuestros días; tal es el caso del Karst que se desarrolla en el Alto del Retiro, Cerro del Murmullo y Antiguas Canteras de Vallecas. En estos casos, el relleno está constituido por una arena arcillosa con algo de materia orgánica. La potencia visible de estos depósitos es del orden de un metro.

II.2.4. FORMACIONES SUPERFICIALES DE ORIGEN EDÁFICO.-

MATERIALES EDÁFICOS

Hemos representado como suelos aquéllos que por su extensión eran posibles de incluir dada la escala del Mapa, aunque el espesor de los mismos en la mayor parte de los casos es prácticamente despreciable.

Desde este punto de partida se han distinguido en el Término municipal tres tipos de suelos que, a grandes rasgos, llamaremos: suelos pardos, suelos de caracter vértico y suelos hidromorfos.

Los suelos pardos son los de mayor desarrollo y aparecen tanto en el zona Norte de Madrid como en el Centro y Sur y en general se presentan asociados a las facies arcósicas del Terciario. Se dan sobre topografías suavemente inclinadas y

presentan un espesor que oscila entre los 0,20-0,50 m. Son materiales poco coherentes que presentan un drenaje de tipo medio. La composición textural de los mismos es una mezcla de arcilla y arena.

Los suelos de caracter vértico se desarrollan fundamentalmente sobre los materiales que constituyen el relleno de los fondos semiendorreicos. Su coloración varía desde el pardo oscuro al negruzco y su textura es fundamentalmente arcillosa. A veces suelen presentar una estructura columnar muy característica.

Los suelos hidromorfos se desarrollan en zonas mal drenadas, con topografía plana y presentan una textura arcillo-arenosa; el espesor de los mismos no suele superar el medio metro.

Son mucho más interesantes desde el punto de vista genético y evolutivo los que se desarrollan sobre algunos glaciares (La Fríscola, Pingarrón, La Sevillana, etc.) por el desarrollo de sus horizontes dentro de un mismo perfil, sin embargo la extensión de los mismos en la actualidad no permite su cartografía para un Mapa de Formaciones Superficiales.

II.2.5. FORMACIONES SUPERFICIALES-POLIGÉNICAS. -

FONDOS

Se trata de depresiones semiendorreicas que se extienden en la zona Sur instaladas, en general, en los sedimentos miocenos de las arcillas verdes con sílex y carbonatos, caso de la depresión de Vicálvaro-Coslada y Sur de Vallecas, o como en el caso de Abrantes y Parque de Ingenieros (al NO de Vi

llaverde Bajo) en zonas de cambios laterales de facies.

El relleno de estos fondos está constituido desde el punto de vista textural por unas arenas medias a gruesas, cuarzo-feldespáticas y arcillosas de color pardo-oscuro, que alternan con paleosuelos de color negruzco, pobres en materia orgánica (<1%) y con alto contenido en montmorillonita (>70%) para la fracción < 2 μ .

Estos rellenos dan origen a zonas mal drenadas con materiales medianamente coherentes con erodabilidad baja. El espesor de estos rellenos varía desde 1 a 3,5 m.

ALUVIAL-COLUVIAL

Se extienden por todo el área de Madrid asociados a los barrancos o arroyos con bastante pendiente que desembocan en los cauces principales.

La composición litológica de estos depósitos, cuya génesis es mixta entre fluvial y de gravedad, depende exclusivamente del tipo de sustrato o formación superficial que atraviesen; es por ello que en la zona Sur el espectro litológico es mucho más amplio.

Se trata en general de depósitos poco coherentes con una buena drenabilidad y que se asocian a topografías inclinadas. La potencia de estos materiales no suele ser superior al metro.

LIMOS YESÍFEROS

Aparecen asociados a las facies yesíferas del Terciario en el sector más meridional del Municipio, extendiéndose

con mayor desarrollo y potencia en los alrededores del Ay^o de la Gavia.

Se trata de los productos de alteración de los yesos, transportados a las zonas deprimidas por escorrentía difusa y, en parte, por el viento.

La potencia de estos materiales oscila entre 0,5 y 2 m. Se trata de depósitos no coherentes que dan origen a zonas mal drenadas con alto grado de erodabilidad.

ANTRÓPICOS

Son las Formaciones Superficiales que se extienden con mayor desarrollo sobre todo en la zona Centro y Sur del Término Municipal; no obstante, en este mapa sólo se han cartografiado las más significativas con el fin de no complicar las tramas y dado que se ha realizado un Mapa Geotécnico de este mismo área.

Con tal motivo se han marcado los depósitos antrópicos de los alrededores del Cerro de Almodóvar, Vicálvaro, Casa de Campo, San Blas, Canillejas, Hortaleza, Manoteras y los de la margen derecha del río Manzanares al Norte de Villaverde Bajo, donde en el área de S. Fermín llegan a alcanzar los 10 m. de potencia.

Aunque no se han hecho diferencias en cuanto al tipo de materiales antrópicos, existe una característica general y es que los antrópicos más antiguos, década de los 40 y 50, están constituidos en general por productos correspondientes a "basureros", mientras que a partir de los años 60 lo que más abunda son vertidos correspondientes a materiales procedentes de Obras Públicas, construcciones, etc.

III. BIBLIOGRAFÍA

- ALBERDI, M.J., HOYOS, M., JUNCO, F., LÓPEZ MARTÍNEZ, N., MORALES, J., SESE, C. y SORIA, M^a D. (1.983). Biostratigraphie et évolution sédimentaire du Néogène continental de l'aire de Madrid. Intern. Colloq. RCMNS. Paleoclimatic Evol. Montpellier, p.15-18.
- CABRA, P., GOY, J.L., HOYOS, M. y ZAZO, C. (1.982-83). Estudio geomorfológico del Cuaternario y de las Formaciones superficiales del sector meridional de la Sierra de La Cabrera. Tecniterrae, n° 51. p.32-42.
- CALVO, J.P., ORDÓÑEZ, S., HOYOS, M. y GARCÍA DEL CURA, M.A. (Inéd.). Caracterización sedimentológica de la Unidad Intermedia del Mioceno de la zona Sur de Madrid. Rev. Mat. y Proc. Geol., 1.983.
- GOY, J.L., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., PORTERO, J.M. y ZAZO, C. (1.980). Aportaciones para un modelo de mapa de Formaciones superficiales en España. Comunicaciones I Reunión Nacional del Grupo Español del Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Santander, Mayo 1.980.
- GOY, J.L. y ZAZO, C. (Inéd.). Cartografía y Memoria del Cuaternario, geomorfología y Formaciones Superficiales de la Hoja n° 480 (Fontiveros) E: 1/50.000. Mapa Geológico de España (2^a serie) I.G.M.E., 1.980.
- HOYOS, M., JUNCO, F., PLAZA, J.M., RAMÍREZ, A. y RUIZ, J. (Inéd.). El Mioceno de Madrid.

PÉREZ-GONZÁLEZ, A. (Inéd.). Cartografía y Memoria del Cuaternario, Geomorfología y Formaciones Superficiales de la Hoja nº 479 (Peñaranda de Bracamonte) E: 1/50.000. Mapa Geológico de España (2ª serie) I.G.M.E., 1.980.

LAMINA I

Foto 1.- Cauce actual del río Manzanares. Barras centrales y laterales (Aluviales - Formación superficial correspondiente genéticamente al tipo de cauces definidos). Zona de El Pardo.

Foto 2.- Cono aluvial. Depósito arcósico con algún canto disperso fundamentalmente de cuarzo y granitoides. Ay^a de Tejada (Formación superficial de cauces definidos).

LAMINA II

Foto 3.- Suelo pardo-rojizo del que se conserva parte del horizonte A (arenoso), el B_t (acumulación de arcillas, con estructura prismática) y el C_{ca} de acumulación de carbonatos que afecta al sustrato (Arcillas con sílex y carbonato). Formación superficial de origen edáfico. Mercamadrid.

Foto 4.- Relleno kárstico, chimenea de colapso, que se desarrolla sobre los yesos tableados que constituyen el sustrato. Este relleno está constituido por arcillas arenosas con plaquetas de caliza. Cumbres de Vallecas. Formación superficial de origen kárstico.

Foto 5.- Arenas medias con algunos niveles finos de gravas de caliza. Sobre ellas se desarrolla un suelo pardo del que se conserva el horizonte A, arenoso de lavado y el B_t de acumulación de arcillas que da la textura prismática. Superposición de dos formaciones superficiales. Derrame y suelos. La Sevillana, próximo a Palomeras.

Lámina I

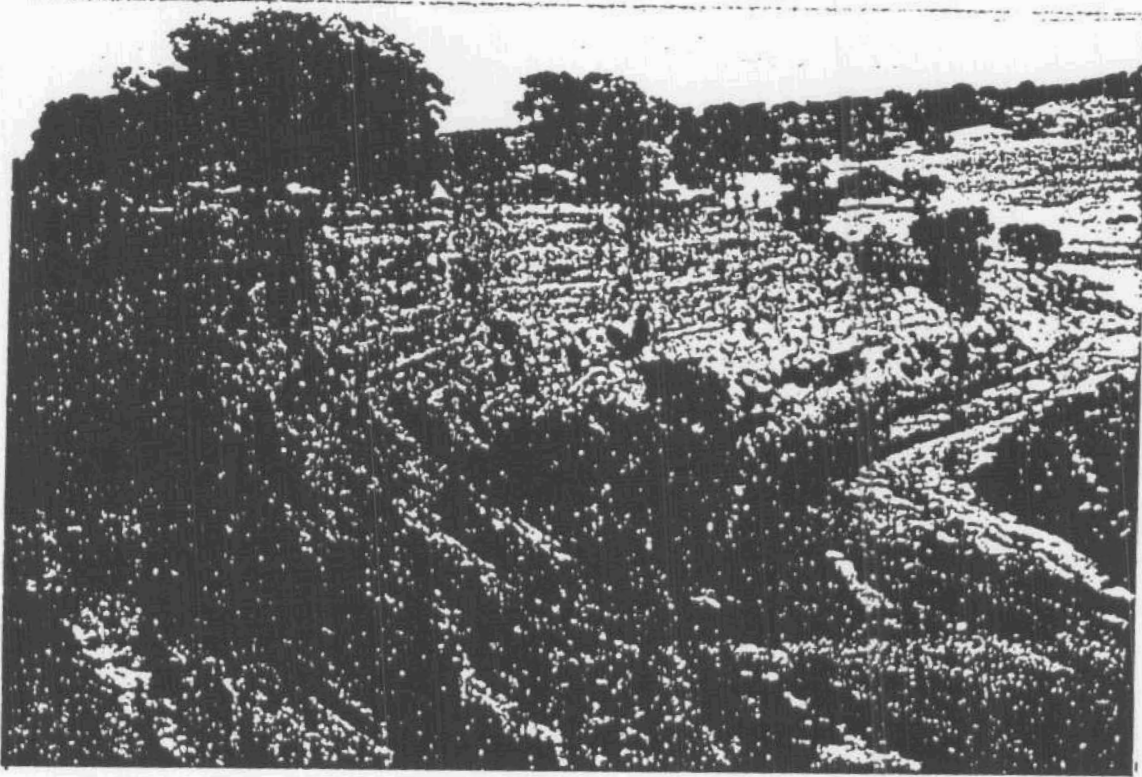


Foto 1



Foto 2

Lámina II

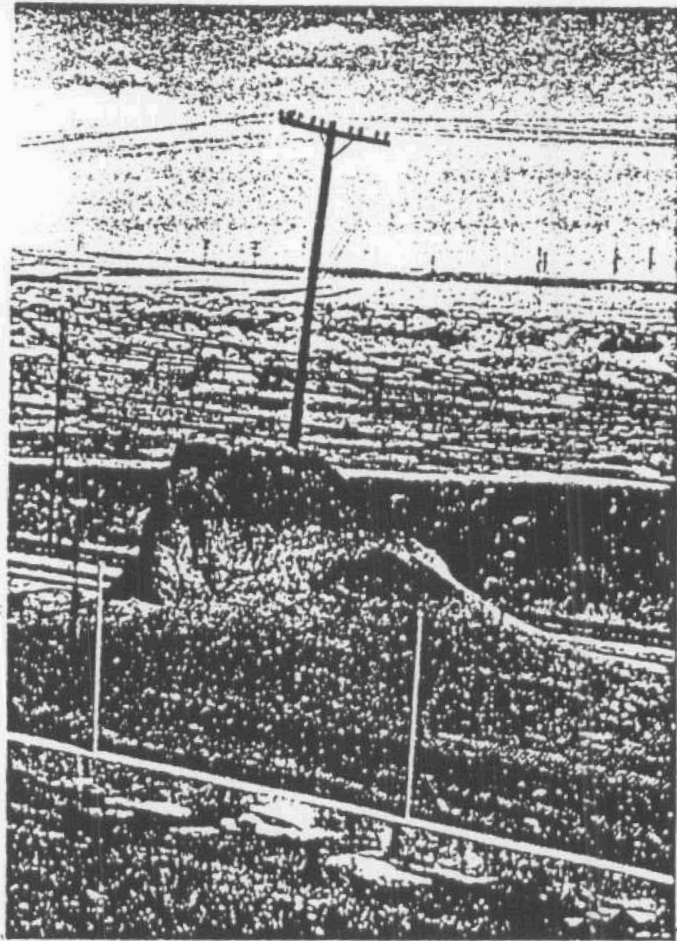


Foto 3

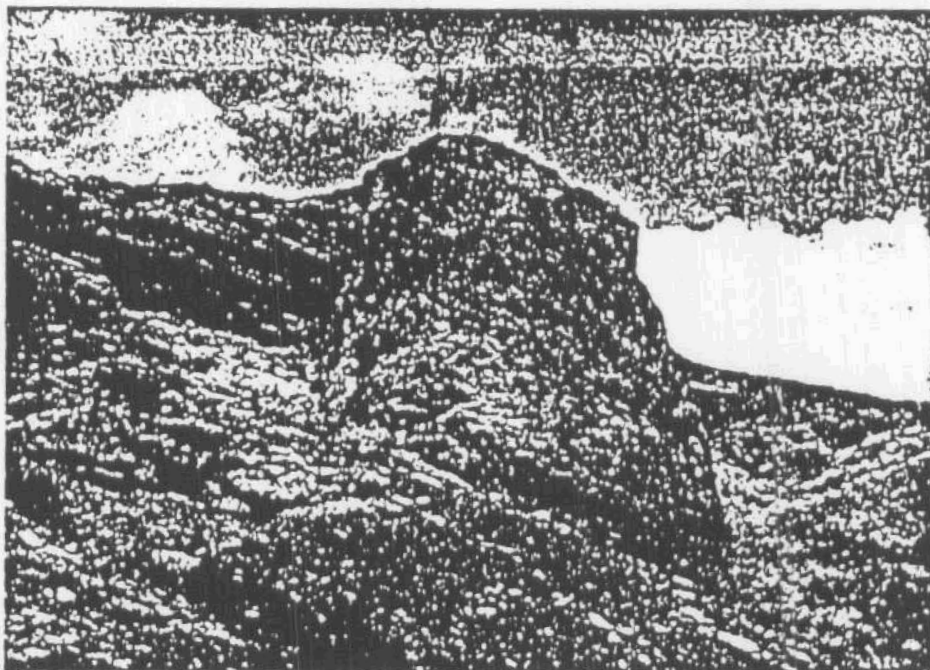


Foto 4

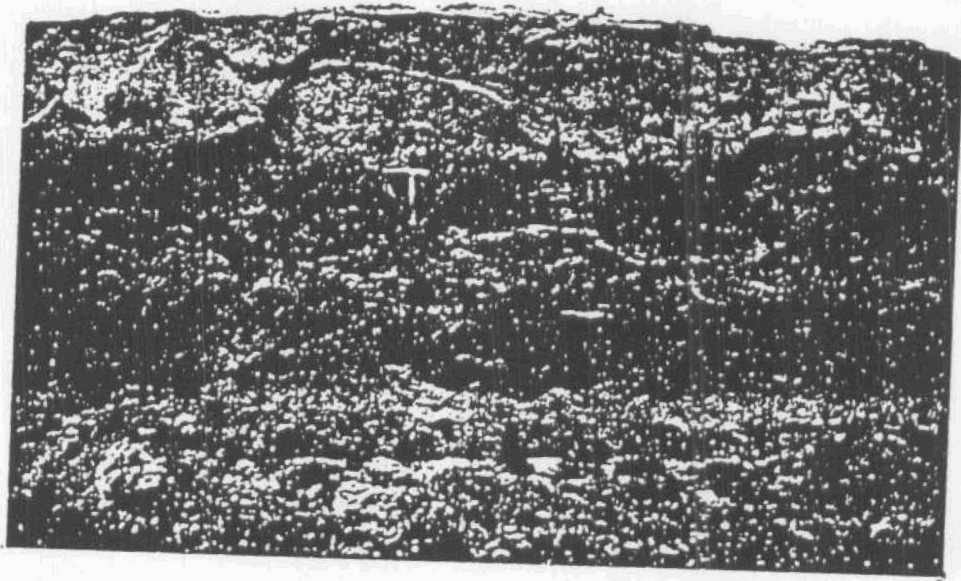


Foto 5

MEMORIA DE LOS MAPAS DE CONTENIDOS DE Cd, Hg, Pb y Zn

"Término Municipal de Madrid" E. 1:50.000

María José Pellicer Bautista
Roberto García García
José Rives Pantoja
Dpto. de Petrología
Fac. de Ciencias Geológicas
Madrid, Noviembre 1.984

I N D I C E
=====

	<u>Págs.</u>
I. INTRODUCCION	1
II. DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS	2
II.1. Cadmio	2
II.1.1. Producción y usos	2
II.1.2. El cadmio en sedimentos .	4
II.1.3. Toxicología	5
II.2. Mercurio	7
II.2.1. Producción y usos	7
II.2.2. El mercurio en sedimentos .	9
II.2.3. Toxicología	10
* II.3. Zinc	18
II.3.1. Producción y usos	18
II.3.2. El zinc en sedimentos ...	20
II.3.3. Toxicología	20
III. METODOLOGIA	21
III.1. Muestreo	23
III.2. Métodos de análisis	24
III.3. Resultados	25
IV. DISCUSION DE LOS RESULTADOS	36
IV.1. Cadmio	36
IV.1.a. Cadmio en sedimentos	36
IV.1.b. Cadmio en suelo del casco urbano	40
IV.1.c. Cadmio en terrenos culti- vables	40
* II. 3. Plomo	13
II.3.1. Producción y usos	13
II.3.2. El Plomo en sedimentos	16
II.3.3. Toxicología	16

IV.2. Mercurio	41
IV.2.a. Mercurio en sedimentos .	41
IV.2.b. Mercurio en suelo del casco urbano	50
IV.2.c. Mercurio en terrenos cul- tivables	51
IV.3. Plomo	51
IV.3.a. Plomo en sedimentos	52
IV.3.b. Plomo en suelo del casco urbano	56
IV.3.c. Plomo en terrenos culti- vables	63
IV.4. Zinc	64
IV.4.a. Zinc en sedimentos	65
IV.4.b. Zinc en suelo del casco urbano	68
IV.4.c. Zinc en terrenos cultiva- bles	71
V. CONCLUSIONES	72
VI. BIBLIOGRAFIA	74

Este trabajo se ha realizado en el Departamento de Petrología de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

En él han colaborado:

Ramón Vaquer, Profesor Titular de la Universidad de Barcelona como asesor científico en la determinación del Hg.

Francisco Jimenez de la Empresa Nacional ADARO en determinación analítica de Cd y Hg.

Roberto García y José Ribes, geólogos, quienes han efectuado recogida de muestras y determinaciones analíticas.

Eduardo Alegre en el trabajo de mecanografía.

José Manuel Angulo, Victoria Mateos y Enrique Bernardo, como dibujantes.

María Josefa Pellicer, Profesora Titular del Departamento de Petrología de la Universidad Complutense de Madrid, en la dirección.

I. INTRODUCCION

La incidencia de las actividades humanas sobre el en torno físico de las ciudades es muy fuerte, siendo la contamina ción del medio uno de los principales resultados. La contamina ción más notoria es sin duda la contaminación atmosférica, pero además existe la contaminación del suelo. Los expertos conside ran que los residuos industriales y domésticos vierten cerca del millar de contaminantes distintos. Unos pueden no ser peli grosos para la salud, aunque sean desagradables y produzcan mal olor. Otros tienen una influencia directa o indirecta sobre los organismos y representan un peligro a corto ó largo plazo. Ta- les sustancias son los policíclicos aromáticos, pesticidas, ma terial radiactivo y los metales trazas.

En el presente trabajo nos hemos ocupado del estudio del último grupo; han sido analizados cuatro elementos: Cd, Hg, Pb y Zn; que son considerados como metales claramente tóxicos. Los metales tienen la particularidad que no se destruyen como otros contaminantes orgánicos, sino que se van acumulando, tanto en el medio que está siendo contaminado, como en los organismos que van extrayendo de él su alimento hasta llegar a concentraciones peligrosas, que pueden ocasionar enfermedades y en algunos casos la muerte.

La introducción de los contaminantes al medio tiene dos vías principales una es la atmosférica originada por la com

bustión de distintas sustancias y otra vía es la fluvial en donde llegan los vertidos de alcantarillas de aguas residuales de origen tanto doméstico como industrial. Hay una tercera forma de contaminación y es la que se puede considerar de superficie como la ocasionada por el hombre en la utilización de fertilizantes y pesticidas. No consideramos aquí la importante contaminación de metales pesados ocasionada por la minería; ya que en el entorno que nos ocupa no tiene influencia.

II. DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS

En este capítulo se pasa revista a cada uno de los metales analizados; haciéndose una exposición de su producción, usos, sus concentraciones en sedimentos de arroyos y su toxicidad. La mayoría de los datos expuestos en este capítulo son tomados de MOORE y RAMAMOORTHY, 1983.

II.1. Cadmio

II.1.1. Producción y usos

El Cd se encuentra naturalmente asociado con el Zn, en yacimientos; formando tanto sulfuros como carbonatos. El Cd se obtiene como subproducto en el refinamiento de el Zn y de otros metales y de esta forma el hombre sin saberlo, ha estado

contaminando de Cd en la producción de metales tales como el Cu, Pb o Zn.

Ultimamente la producción de Cd ha aumentado mucho ya que se emplea en una gran variedad de industrias.

Galvanizado: El Cd es depositado tanto electrolíticamente como mecánicamente sobre objetos para dar una apariencia brillante y mayor resistencia a la corrosión. Se emplea en la industria del automóvil, en la de los aviones, en la construcción, en la de los astilleros, en radio y Tv y en aplicaciones de uso doméstico. Es muy utilizado en la industria de embalaje, excepto cuando estos van a ser utilizados para el embalaje de alimentos.

Pigmentos: Los sulfuros de Cd dan colores amarillos anaranjados y los sulfoseleniuros de Cd dan colores de rosa rojizo a marrón. Estos pigmentos son utilizados en las industrias plásticas, cerámicas, de pinturas y de revestimientos. Los pigmentos de Cd se utilizan en pinturas de tráfico y en las etiquetas rojas pintadas sobre vidrio de las botellas Coca-Cola, por citar algún ejemplo.

Estabilizadores plásticos: Estearatos de Cd se utilizan como estabilizadores, en la producción de plásticos polivinílicos clorurados (PVC), que son utilizados muy extensamente, pero, no deben utilizarse para recipientes de alimentos.

Baterias: Debido a que presenta reacciones electroquímicas perfectamente reversibles en un amplio rango de temperaturas el Cd es utilizado en baterías las cuales tienen un uso generalizado.

Otros usos: a) compuestos de P y Cd se utilizan en los tubos de TV, en lámparas fluorescentes en pantallas de rayos X, en tubos de rayos catódicos en cintas fosforescentes.

b) Aleaciones de Cd en soldaduras de Ag-Cd, aparatos de detección de incendios, válvulas para bombonas de gas a alta presión, cables del teléfono, radiadores de automóviles.

c) Aplicaciones electrónicas como conmutadores, contactos, y células fotosolares.

II.1.2. El Cd en sedimentos

Absorción: la absorción por los sedimentos crece con el pH a partir de un punto umbral ($\text{pH} = 7$, para el Cd) virtualmente todos los iones metálicos son absorbidos. En presencia de absorbentes los valores de pH requeridos para precipitación de Cd se reducen mucho.

Hay correlación entre la materia orgánica y la absorción de Cd. Aunque BOWER et al. (1978), encuentran altas concentraciones de Cd (908 ppm.) en sedimentos superficiales cerca de las partes de descarga de fábricas de baterías, los niveles de

cienden mucho conforme uno se aleja. Los niveles descienden proximos al nivel de fondo en sedimentos algo más profundos (20 cm.).

El Cd en sedimentos de capas exteriores a la época industrial era de 1.7 ppm. a 2.0 ppm. (ISKANDAR et al., 1974 y TURTELOT et al., 1964).

BOWER et al. (1978) dice que el Cd es transportado en asociación con los solidos suspendidos. En zonas donde los vertidos son alcalinos el Cd es menos móvil que el Ni, aparantemente debido a la formacion de $CdCO_3$

II.1.3. Toxicidad

Hay pocos casos de envenenamiento por Cd en humanos, producidos por consumo de pescado o agua contaminada, pero el ejemplo más significativo de intoxicación por Cd fué la enfermedad denominada Itai-Itai, que fué diagnosticada en residentes de la prefectura de Toyama (Japón), de 1.940 a 1.960. Los residuos de una mina productora de Zn descargaban a rios locales. El agua potable estaba muy contaminada y era utilizada además para regar campos de arroz, que por tanto tambien se contaminaban. Los pacientes que sufrían esta enfermedad mostraban signos de osteomalacia en huesos y calcificación y pielonefritis en los riñones. Lo que produce una deformación del esqueleto y disfunciones renales. El

Cd inducía enfermedades de riñón que no eran conocidas en ningún otro sector de la población.

Debido a que la acumulación de Cd en órganos tiene una larga vida media (10-30 años) la ingestión de pequeñas cantidades de pescado contaminado durante largos periodos puede producir alguna forma de intoxicación de Cd.

Los efectos teratogénicos y embriotóxicos de el Cd, han sido documentados en un número de especies animales, GALE y LAYTON (1980).

Varios estudios epidemiológicos han demostrado una relación casual entre la exposición al Cd y la incidencia de cáncer. KJELLSTRÖM et al. (1979). encuentran un numero de muertes debido a cánceres de próstata que son significativamente mayor que lo esperado entre los trabajadores de fabricas de aleaciones de Cd. También encontró que el número de casos de cánceres nasofaríngeos era significativamente mayor entre trabajadores de fábricas de baterías de Cd-Ni. LEMEN et al. (1976), examinaron las historias de 292 mujeres que trabajaban en fábricas de Cd y que habrían trabajado al menos 2 años en la planta. El número de neoplasmas malignos que causaron la muerte era de 27, comparado con el esperado que era de 17.6. La mayoría de estos estaban asociados al sistema respiratorio. El riesgo de cáncer aumentaba con la duración del empleo.

II.2. Mercurio

El Hg es un inhibidor enzimático y proteínico.

II.2.1. Producción y usos.

España es uno de los principales países productores de Hg, y las minas de Almadén representan el yacimiento mayor del mundo, siendo el cinabrio su mineral principal, aunque el mercurio es uno de los pocos metales que se encuentran puros como elemento o nativo.

La producción total de Hg durante esta centuria ha sido de 4.36×10^5 toneladas métricas. La producción por década permanece estable de 1.900 a 1.939 (0.35×10^5 toneladas métricas por década), pero se incrementó a 0.62×10^5 toneladas durante los años 40 y 0.85×10^5 durante los 70. La producción mundial de Hg ha descendido desde 1.973; al descubrirse la alta toxicidad de este elemento, y a partir de entonces su utilización ha estado más controlada.

La combinación de propiedades físicas-químicas tales como liquidez a temperatura ambiente, expansión de volumen uniforme sobre un amplio rango de temperaturas, alta tensión superficial y no mojar las superficies de cristal, hace del mercurio un producto único para medición en termómetros, barómetros y manó

metros. Su baja resistividad eléctrica y su alta conductividad térmica hacen del Hg un conductor eléctrico excelente y un buen refrigerante. Debido a su capacidad de absorber neutrones, el Hg también se utiliza como escudo a las radiaciones atómicas.

Compuestos mercuriales tienen gran utilización como insecticidas, fungicidas, bactericidas y productos farmacéuticos. Debido a su naturaleza estereoespecífica, varios compuestos, especialmente óxidos, cloruros y sulfuros, han sido utilizados como catalíticos, especialmente en la manufacturación de polímeros sintéticos.

El Hg se utiliza como cátodo en operaciones electroquímicas (ej. industrias cloroalcalinas). Amalgamado con otros metales tienen una gran variedad de aplicaciones en metalurgia. En los últimos años, los dos usos mayores han sido la manufacturación de aparatos eléctricos y la producción electrolítica de cloruros y sosa cáustica.

Descargas: se ha hecho un cálculo de los vertidos mundiales de Hg teniendo en cuenta consideraciones económicas y la existencia de leyes proteccionistas del medio ambiente.

1.- El mayor incremento de vertidos de Hg al medio ambiente se produce en los países menos desarrollados del mundo.

2.- En las regiones desarrolladas, las descargas al agua se incrementan muy poco o muestran una tendencia a disminuir.

3.- Descargas al aire por actividad humana se doblarán entre 1.975 y 2.025, aunque ello puede constituir solo un 25% de las descargas naturales.

El consumo y descarga de útiles conteniendo mercurio es la fuente principal de descargas de Hg por la actividad humana, pero el incremento de quema de fuel y el procesamiento de materiales mantendrán altos los niveles de descargas. La cantidad de mercurio movilizado a partir de las plantas de tratamiento de basuras municipales incrementará el Hg vertido al aire. Aunque las descargas de Hg en el agua parece que disminuirán en los próximos 50 años, el efecto acumulativo sobre los sedimentos del fondo, especialmente cerca de los sitios de vertidos de alcantarillados puede ser significativo. Por tanto un chequeo frecuente de los niveles de mercurio en los sedimentos del fondo es un requisito de una legislación sobre limpieza de las aguas.

II.2.2. Mercurio en sedimentos.

Absorción: El rango de absorción de Hg por los sedimentos depende principalmente de las condiciones fisico-químicas del sedimento. RAMAMOORTHY y RUST (1976), mostraron que el máximo de absorción se correlaciona con la superficie > contenido de materia orgánica > capacidad de cationes de cambio > tamaño de grano. Similarmente KUDO y HART (1974) encuentran que la absorción del mercurio sigue el siguiente orden: Astillas de madera

> arcillas > arenas. La asociación de mercurio y metales pesados con sedimentos puede variar desde débiles fuerzas de Van der WAALS hasta fuertes enlaces covalentes pasando por coprecipitación con óxidos de hierro y manganeso e incorporación a las redes cristalográficas. La vuelta del mercurio absorbido de los sedimentos a el agua depende de los coeficientes de reparto, que en parte están relacionados con las características del sedimento y parámetros ambientales tales como pH, Eh y cantidad de Cl^- en los agentes chelantes.

Desorción: La desorción es un proceso lento, originando un problema a largo tiempo bastante después que las fuentes de contaminación se hayan eliminado. REIMERS y KRENKEL (1974) se encuentran que la desorción de compuestos mercuriales inorgánicos es prácticamente inapreciable para arcillas, materia orgánica y arenas. Por el contrario WASLENCHUK (1975) que hace un seguimiento del contenido de Hg en el río Ottawa en un programa de descontaminación, encuentra que las concentraciones en sedimentos de Hg descienden en un 50% anualmente, una vez que se eliminaron los efluentes que llevaban Hg.

II.2.3. Toxicidad

Los compuestos orgánicos del Hg son mucho más tóxicos que los compuestos inorgánicos; pero debido a la acción de las bacterias anaerobias, los compuestos inorgánicos, son

transformados en orgánicos, de aquí la peligrosidad de vertidos mercuriales, aunque sean inorgánicos. Su toxicidad afecta a todas las formas de vida desde el reino vegetal al animal. Es conocida su utilización como fungicida y por tanto inhibidor de las formas de vida más sencillas del reino animal entre ellas las algas. Su acción sobre los animales perjudica tanto a peces donde ha llegado a ocasionar muertes masivas y a pájaros que se alimentaban de estos peces. Por su influencia en cada uno de los eslabones de la cadena alimenticia la exponemos en Fig. 1 y es recogida de HARTUNG (1972).

En las rias gallegas y otras zonas de nuestro país como el Coto de Doñana, se han realizado valoraciones de Hg en distintos órganos vitales de los animales que viven allí, RICO et al (1933), como son gaviotas y otras aves marinas, llegando a concentraciones de 22 ppm. de Hg en hígado de cormorán lo cual puede influir negativamente en la reproducción de estas aves. Compuestos mercuriales orgánicos pueden inducir una toxicidad que es comúnmente referida como enfermedad de Minanata. Los signos clínicos de intoxicación incluyen ataxia, depresión de las sensaciones periféricas, pérdida de visión, parálisis e incluso la muerte. El metilmercurio, absorbido es transportado por el torrente sanguíneo, y acumulado en tejidos tales como el hígado, riñones y cerebro. La vida media del metilmercurio en el cuerpo es inferior a 70 años. Todas las formas de mercurio pueden ser eliminadas en las heces, excretadas por la orina o por los cabellos, aunque en muchos casos en menor proporción de la que se ingiere.

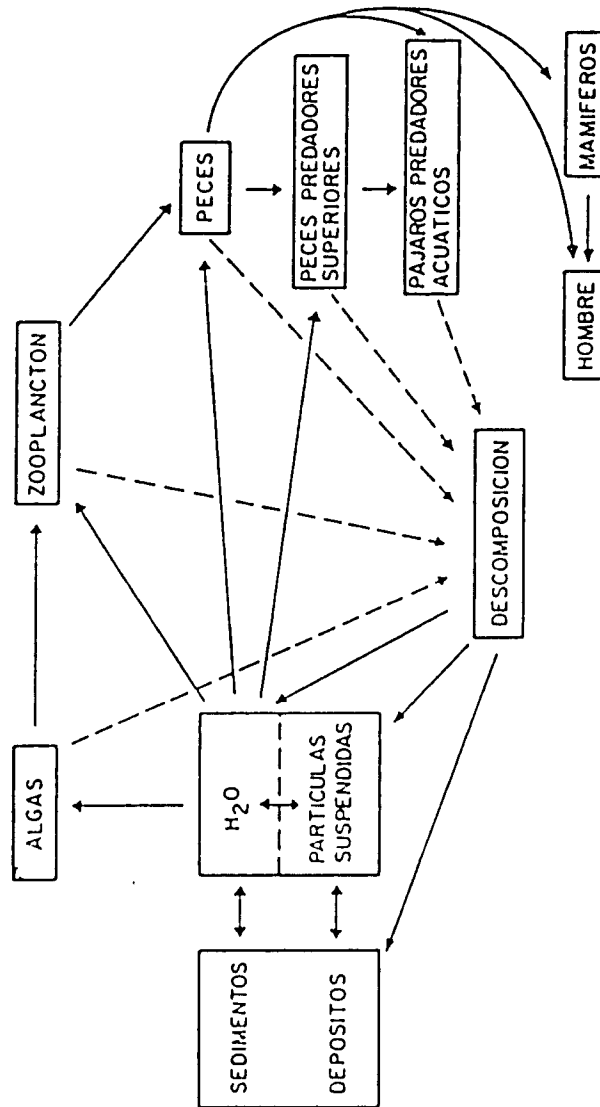


Fig. 1.- Ciclo biológico del Hg según HARTUNG, 1972

Aunque los compuestos de mercurio no son cancerígenos varios estudios han demostrado efectos citológicos tanto en plantas como en animales. SKERFVING et al. (1970), trabajó con 9 sujetos que mostraban niveles altos de mercurio en los glóbulos rojos. Estos individuos habían consumido pescado con niveles altos de metilmercurio. Demostrando que la frecuencia en leucocitos y linfocitos con cromosomas partidos se correlacionaba significativamente con las concentraciones de Hg en los glóbulos rojos.

II.3. Plomo

II.3.1. Producción y usos

La producción global del Pb a partir de minería y fundición ha sido relativamente alta durante todo este siglo. La producción total de Pb de 1.900-1.909 fué de 9.6×10^6 toneladas métricas, mientras que en los años 70 fué de 34.0×10^6 toneladas.

El Pb es uno de los metales más antiguamente conocidos por el hombre y desde la edad media ha sido utilizado en cañerías, materiales de construcción, soldaduras, pinturas, municiones y fundiciones. En épocas más recientes el plomo ha sido utilizado en baterías, productos metálicos, químicos y pigmentos.

Baterías: El Pb es utilizado en baterías de acumulación ácidas. Esfuerzos significativos se han realizado para reducir la cantidad de Pb en ellas, y también para incrementar el promedio de vida de una batería. En los últimos años ha habido un aumento del consumo de Pb para esta utilización.

Productos metálicos: Los dos productos más importantes son: municiones y soldaduras, seguidos de fundición, laminas de Pb y otros. El consumo de Pb para municiones ha crecido desde 1.960: 11.8% a 22.4% (1979) de el total de metal producido. El consumo se ha incrementado en la manufacturación de material anti-ruidos, tanto como láminas y en la composición de paneles.

En la construcción se utilizan láminas de acero revestidas de plomo. Revestimientos de plomo y asbesto se emplean en edificios de oficinas, apartamentos y hoteles expuestos a vibraciones en zonas de mucho tráfico. También se utiliza en el montaje de aire acondicionado, equipos de industria pesada, lavadoras comerciales. Ultimamente la utilización del Pb ha descendido como material de revestimiento en todos los países industrializados.

Químicas: El tetraetileno de plomo constituye un agente antidetonante en gasolinas. La producción de gasolina sin plomo para el uso de automóviles con control de emisión ha reducido marcadamente la utilización de gasolinas con tetraetileno

de Pb desde 1972. Estearatos de Pb se utilizan en la producción de polímeros sintéticos. El 75% del consumo de Pb en Estados Unidos en 1.975 era para baterías y como aditivo de gasolinas.

Pigmentos: La utilización del Pb en pinturas decorativas (tal como el blanco plomo) ha declinado significativamente. No obstante el consumo de pinturas anticorrosivas utilizadas en las autopistas (rojo plomo y cromatos de plomo) ha aumentado.

Usos varios: Lastres de barcos, distintas aleaciones y en las ferritas de plomo para imanes permanentes en motores eléctricos pequeños. Se utiliza también mucho en la elaboración de cerámicas. Y su utilización crece como paneles antirradiaciones nucleares y contenedores de residuos nucleares. Los compuestos orgánicos de Pb tienen potencialmente muchas aplicaciones.

Descargas: Emisión a la atmósfera, ha crecido marcadamente durante esta centuria alcanzandose el pico de 4265×10^3 toneladas métricas durante los años 70. Los vertidos antropogénicos exceden grandemente a las fuentes naturales.

La combustión de gasolinas y petróleos supera más del 50% de la emisión antropogénica, y a su vez son los responsables directos de la asimilación de plomo por los hombres que

mayoritariamente se efectua por via respiratoria.

II.3.2. Plomo en sedimentos.

La absorción del Pb en los sedimentos se correlaciona con el contenido en materia orgánica y con el tamaño del grano. Cuando no existe la presencia de ningún compuesto soluble a-complejante el Pb es casi totalmente absorbido y precipitado a pH 6.0. En un medio ácido la materia orgánica absorbe el Pb con mayor fuerza que las arcillas. Lo contrario sucede cuando el pH, es superior a 6.5, en este caso se forman complejos húmicos de Pb solubles. La presencia de carbonatos en el medio ocasiona la rápida precipitación del Pb como carbonato de plomo o cerusita.

II.3.3. Toxicidad

La toxicidad por plomo, al contrario que la ocasionada por el mercurio, o por cadmio, es conocida desde la época de los griegos, quienes la denominaban plumbismo. Posteriormente este tipo de envenenamiento fué olvidado o postergado, pues hasta muy recientemente no ha sido tenido en cuenta en los programas de salud pública. Aún hoy este envenenamiento representa una enfermedad difícil de diagnosticar.

Envenenamiento por plomo se producen con relativa frecuencia sobre todo en niños que viven en suburbios, puesto que

suelen ingerir partículas de materiales que aunque no son alimentos, están a su alcance, como trozos de pinturas y plásticos. Un trozo de pintura del tamaño de una uña de un adulto puede contener de 50 a 100 mg. de Pb.

Se ha reconocido casos de envenenamiento por Pb al haber utilizado vasijas de cerámica vidriadas como recipientes de sustancias alimenticias ácidas: vino o jugos de fruta. Así como el envenenamiento producido en algunas ciudades donde las cañerías eran de plomo; el agua que se recogía al principio de la mañana presentaba mayor concentración de Pb (COENEN et al. 1972), produciéndose dolores intestinales, de cabeza, y en algunos casos la muerte.

Muchos compuestos de plomo importantes ambientalmente como los haluros, sulfatos, fosfatos, hidróxidos son insolubles y por tanto tienen relativamente baja toxicidad en el sistema acuático. En los humanos el plomo recuerda al Ca en depósito y transporte, de acuerdo con las altas concentraciones de Pb en el esqueleto. La mayor fuente de plomo tomada por los humanos es a través del aparato respiratorio. Esto refleja la fuerte asociación de el plomo con las partículas del aire urbano. Compuestos inorgánicos de Pb inducen carcinomas renales en ratas y afecta a los embriones.

II.4. Zinc

II.4.1. Producción y usos

La mena principal ZnS, aparece en todo el mundo asociada también a depósitos de Pb. Metales traza (ej. Cd, Ge y Ga) asociados con ZnS, se recuperan en la extracción. La mayoría de los principales depósitos de Zn-Pb de el mundo son de tipo estratiforme como Riocín (Santander), en rocas carbonatadas asociadas a fenómenos de dolomitización. Después de los procesos de minería los concentrados de sulfuros de Zn se convierten en zinc metálico por procesos pirometalúrgicos o por combinación de pirometalurgia y procesos electrolíticos.

La producción global de zinc se ha incrementado durante esta centuria y se ha doblado en la pasada década. Canadá es el país de mayor producción de zinc, aproximadamente el 25% de zinc consumido procede de este país.

Usos: La principal utilización del zinc es como galvanización del hierro, dándole una gran resistencia a la corrosión y la producción de aceros. Estos son utilizados en la construcción, y en la fabricación de automóviles.

Nuevas aleaciones tales como las de zinc-aluminio se han desarrollado como cubiertas protectoras en construcción.

Aleaciones de zinc se utilizan en piezas de acabado tales como parrillas, cerraduras, carburantes, bombas y otros componentes mecanicos del autom6vil. La industria USA del autom6vil, consume 2/3 de la producci6n de aleaciones de zinc. La tendencia a producir coches m1s peque1os y ligeros hace que haya declinado el consumo de zinc en la industria del autom6vil que han sido sustituidas por aleaciones de Al, Mg y pl1sticos.

El desarrollo de baterias de Ni-Zn de uso en veh6culos electricos proporciona un nuevo mercado en los a1os futuros. La producci6n de lat6n ocupa el tercer puesto en el consumo de zinc.

El zinc se utiliza en la contrucci6n de baterias secas, fotogalvanizados, impresi6n litogr1fica, techado y conducciones del agua de lluvia.

M1s de la mitad del 6xido de zinc producido es empleado como cat1lisis en la vulcanizaci6n del caucho. Tambien se utiliza en pinturas, papel de fotocopias, productos de la agricultura, productos cosm1ticos y farmac1uticos.

El polvo de zinc se utiliza en el estampado de telas, en la purificaci6n de grasas y en la precipitaci6n de plata y oro a partir de soluciones cianhidricas. Las pinturas resistentes al agua basadas en 6xidos de zinc forman un m1todo de protecci6n

muy duradero, para superficies que estan a la intemperie.

II.4.2. Zinc en sedimentos

Absorción y desorción: El zinc en sedimentos analizado en dos rios en Canadá, se encontró predominantemente en formas solubles. Las fracciones fueron: óxidos de Fe-Mn (41-39%) asociado a carbonatos (21-24%), materia orgánica (5,6%), residual (33-29%) y en la fracción de cambio (0.9-2,2%). Estos resultados coinciden con la propiedad conocida de los óxidos Fe-Mn de extraer en Zn de las soluciones.

La biohabilidad de metales generalmente sigue el orden fracción de intercambio > fracción unida a carbonatos \approx fracción unida a oxidos de Fe-Mn \approx fracción unida a materia orgánica >> fracción residual. El enriquecimiento de Zn en los ácidos húmicos y fúlvicos comparado con los sedimentos asociados es mucho menor que para el Cu, Pb, Ni y Cr. Por ejemplo el factor de enriquecimiento para Zn y Cu son respectivamente 0.61-0.81 y 21-25. En todos los estudios realizados el Zn muestra mayor movilidad que Pb, que es mas facilmente precipitado.

II.4.3 Toxicidad

La toxicidad del zinc no es muy alta para las plantas acuáticas, hay muchas especies que se adaptan a vivir bajo altas

concentraciones. Tanto para los invertebrados como para los peces ocurre lo mismo. El mercurio, el plomo y el cadmio son más tóxicos que el zinc; aunque el plomo en ciertas condiciones puede ser menos tóxico para ciertos organismos.

El zinc raramente interfiere con el azufre o los grupos sulfidrilos en los sistemas biológicos. Así el zinc es un elemento esencial en la formación de una variedad de metaloenzimas y en la biosíntesis de ácidos nucleicos y polipéptidos. La toxicidad rara del zinc radica en su interacción sinérgica-antagónica con otros metales pesados particularmente con el cadmio, con el que esta asociado en yacimientos. Si el zinc no es asimilado pueden producirse deficiencias de este elemento, cuyos síntomas incluyen supresión de actividad enzimática y de la respuesta inmunológica.

III. METODOLOGIA

Los metales pesados tienden a acumularse en las arcillas y en la materia orgánica tanto del suelo como de los sedimentos de arroyos, lagos y finalmente marinos.

Las arcillas debido a su estructura cristalográfica laminar y a sus cargas negativas pueden absorber cationes y por tanto representan una trampa geoquímica para los cationes metálicos. Por tanto uno de los medios para estudiar la contamina-

ción de estos metales en el medio físico es el análisis de la fracción fina o arcillosa de los sedimentos de arroyo, lo cual nos aporta además un conocimiento de los metales contaminantes del medio acuático.

El sedimento de río supone un medio de muestreo natural muy bueno ya que con una muestra puntual podemos tener información de todo el área de la cuenca drenada; por eso este medio de muestreo ha tenido mucha aplicación en geología fundamental, agricultura, exploración mineral y estudios ecológicos, WEBB (1974) y THORNTON et al. (1975). Descubriéndose a partir de estos estudios áreas contaminadas bien por minería o por residuos urbanos. Los índices de contaminación que nos proporcionan son más estables que los de las aguas asociadas, puesto que como los valores son acumulativos no fluctúan temporalmente según el caudal o bien el cierre momentáneo de la fuente de contaminación; además en ellos podríamos obtener la historia de la dispersión de los contaminantes en la cuenca. Hasta hace muy poco tanto en este país como en el resto del mundo, se habían hecho estudios de metales en sedimentos de arroyos con vistas a la prospección minera, REY de la ROSA (1973), PELLICER (1979) entre otros, pero no con aplicación ecológica.

Los metales pesados que se hayan distribuido vía atmosférica, en una gran mayoría, van a acumularse o fijarse a las arcillas del suelo, mediante la precipitación de partículas soli

das o mediante la lluvia, que periódicamente lava el aire sucio de las ciudades. El medio de muestreo para este tipo de contaminación ha sido las arcillas o finos extraídos de suelos de jardines o solares dentro del casco urbano.

Especial interés se ha puesto en el muestreo de zonas de huertas o áreas cultivables. Las zonas de huertas en el municipio de Madrid son pocas, agrupadas principalmente en el sur a lo largo del Manzanares y otras en las márgenes del Jarama. Estas huertas dada su ubicación (proximidad a vías de alta densidad de tráfico, irrigación con aguas donde hay gran cantidad de vertidos, dirección de vientos predominantes después de su paso por la ciudad), nos hacían prever concentraciones en metales pesados relativamente altos.

III.1. Muestreo

Se realizaron dos tipos principales de muestreos, uno de sedimentos de arroyos y otro de suelos.

El muestreo de sedimentos de arroyo no se realizó en lecho vivo sino que se llevó a cabo en las márgenes del mismo puesto que nos interesaba muestrear todo tipo de arroyo, tanto el que presenta una corriente de agua continua, como el que solo fluye en épocas de lluvia por tanto, y a fin de poder recoger muestras que pudieran compararse se planteó el muestreo siempre en seco, y

por tanto en las márgenes de estos rios y arroyos que permanentemente llevan agua, ya que estos márgenes representan los sedimentos del rio en épocas avenida.

El muestreo de suelos en jardines, solares, y huertas se hizo sobre la parte más superficial ya que es la expuesta a la contaminación atmosférica.

III.2. Metodos analíticos

Las muestras al ser recogidas se almacenaron en bolsas de polietileno; una vez en el laboratorio se secaron a temperatura siempre inferior a 60° C.; puesto que el Hg a mayor temperatura empieza a escapar de la muestra. Posteriormente se disgregaron y se tamizaron por una malla de 150 mesh, afin de obtener la fracción de finos donde se analizaron los metales.

El Pb y Zn se determinaron por fluorescencia de Rayos-X, el Cd y el Hg fueron analizados por Absorción Atómica. En el analisis por fluorescencia de Rayos-X la concentración que se obtiene es del elemento total de esa muestra. Para el Hg y el Cd se hizo una extracción de los elementos con ácidos fuertes, ClH y NO_3H en caliente, con este ataque no se llegó a destruir la red de los silicatos pero en realidad todo el Cd y Hg de la muestra se extrae, ya que la presencia de estos elementos se debe a contaminación y por tanto están absorvidos a las arcillas y mate

ría orgánica, no estando incluidos en las redes de los silicatos, por lo que la destrucción de sus redes se hace innecesaria.

III.3. Resultados

Se expone a continuación los resultados obtenidos en el análisis de las distintas muestras:

- La tabla I corresponde a los 189 análisis de sedimentos de ríos y arroyos
- La tabla II corresponde a los 159 análisis de suelos del caso urbano.
- La tabla III corresponde a los 52 análisis de terrenos cultivables.

En total se han analizado 400 muestras.

III.3.1. Tratamiento de los datos

Establecer unos valores fijos a partir de los cuales una muestra puede decirse que está o no contaminada requiere tener en cuenta diversos aspectos.

Por una parte es necesario conocer los valores de fondo de la roca a partir de la cual se ha originado ese suelo o ha corrido el arroyo; por otra parte requiere un estudio estadístico y finalmente se debe contrastar los resultados con los expuestos en la bibliografía. Además, es necesario disponer de una

TABLA I
CONTENIDOS DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DE RIOS Y ARROYOS

Nº	Pb	Zn	Cd	Hg	Nº	Pb	Zn	Cd	Hg
1.-	135	121	0.60	0.47	33.-	334	579	1.00	0.43
2.-	426	2181	1.80	3.72	34.-	163	258	0.40	0.47
3.-	127	63	0.40	0.38	35.-	96	154	0.40	0.73
4.-	136	80	0.40	0.33	36.-	113	153	<0.20	0.33
5.-	199	446	0.60	3.56	37.-	222	301	0.40	0.82
6.-	691	1598	0.80	2.43	38.-	59	128	<0.20	0.41
7.-	189	408	0.04	1.23	39.-	237	274	0.40	0.29
8.-	857	1326	0.80	5.01	40.-	244	371	<0.20	0.53
9.-	1038	712	0.80	0.93	41.-	45	151	<0.20	0.29
10.-	155	188	<0.20	0.33	42.-	65	79	<0.20	0.24
11.-	131	83	0.40	0.33	43.-	79	118	<0.20	0.41
12.-	248	317	0.80	0.38	44.-	82	111	<0.20	0.29
13.-	179	129	0.40	0.23	45.-	73	88	<0.20	0.35
14.-	152	111	0.40	0.40	46.-	52	100	<0.20	0.40
15.-	237	137	<0.20	0.33	47.-	71	141	<0.20	0.71
16.-	131	219	0.60	0.80	48.-	59	63	<0.20	0.07
17.-	168	101	0.40	0.27	49.-	63	58	<0.20	0.93
18.-	157	208	0.40	0.87	50.-	64	82	<0.20	0.40
19.-	158	373	0.40	0.53	51.-	107	177	0.40	1.84
20.-	149	326	<0.20	0.87	52.-	76	105	<0.20	0.51
21.-	47	146	<0.20	0.47	53.-	417	946	2.20	0.12
22.-	135	251	<0.20	0.53	54.-	71	96	<0.20	0.51
23.-	217	359	0.60	0.53	55.-	90	100	<0.20	0.45
24.-	171	232	0.40	1.07	56.-	83	124	<0.20	0.45
25.-	47	60	<0.20	0.07	57.-	60	85	<0.20	0.32
26.-	78	81	<0.20	0.53	58.-	182	508	0.40	0.32
27.-	142	322	0.80	0.38	59.-	58	97	<0.20	0.10
28.-	48	64	<0.20	0.33	60.-	139	134	0.40	0.51
29.-	91	144	<0.20	0.27	61.-	541	631	4.00	2.67
30.-	99	312	0.44	0.33	62.-	42	56	0.20	0.32
31.-	121	258	1.80	0.60	63.-	37	54	<0.20	0.19
32.-	153	233	0.80	0.27	64.-	76	143	0.40	0.38

TABLA I (Cont.)

CONTENIDOS DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DE RIOS Y ARROYOS

N°	Pb	Zn	Cd	Hg	N°	Pb	Zn	Cd	Hg
65.-	139	161	<0.20	0.27	97.-	139	481	0.60	0.18
66.-	277	250	0.40	0.93	98.-	111	123	<0.20	0.23
67.-	163	202	0.40	0.53	99.-	76	99	0.20	0.42
68.-	114	86	<0.20	0.40	100.-	390	189	1.20	3.32
69.-	68	93	<0.20	0.27	101.-	85	107	0.20	0.11
70.-	65	92	<0.20	0.20	102.-	66	117	<0.20	0.34
71.-	55	104	<0.20	0.20	103.-	155	146	<0.20	0.11
72.-	42	93	<0.20	0.33	104.-	61	129	<0.20	0.09
73.-	58	95	<0.20	0.33	105.-	52	100	<0.20	0.11
74.-	57	188	<0.20	0.40	106.-	58	81	<0.20	0.09
75.-	77	140	<0.20	0.53	107.-	62	108	<0.20	0.09
76.-	66	108	<0.20	0.33	108.-	61	112	<0.20	0.09
77.-	72	135	<0.20	0.47	109.-	63	124	0.40	0.09
78.-	166	278	0.60	0.87	110.-	88	142	0.40	0.06
79.-	122	232	<0.20	0.40	111.-	65	174	<0.20	0.06
80.-	68	76	<0.20	0.47	112.-	45	55	<0.20	0.08
81.-	119	168	<0.40	0.67	113.-	70	39	<0.20	0.10
82.-	101	144	1.20	0.67	114.-	55	63	<0.20	0.09
83.-	292	140	0.60	0.40	115.-	85	121	<0.20	0.17
84.-	115	169	0.40	0.40	116.-	93	100	0.80	0.08
85.-	211	235	0.60	0.71	117.-	52	43	<0.20	0.23
86.-	77	102	<0.20	0.35	118.-	81	99	<0.20	0.09
87.-	63	117	<0.20	0.35	119.-	76	85	<0.20	0.10
88.-	116	131	0.40	2.00	120.-	69	101	<0.20	0.03
89.-	189	170	<0.20	0.59	121.-	67	89	<0.20	0.03
90.-	142	203	0.40	0.82	122.-	70	96	<0.20	0.03
91.-	633	1387	1.60	1.41	123.-	40	61	<0.20	0.05
92.-	384	715	4.20	0.88	124.-	40	104	<0.20	0.03
93.-	998	738	3.80	9.11	125.-	37	64	<0.20	0.03
94.-	783	600	2.00	9.76	126.-	26	79	<0.20	0.05
95.-	286	264	0.70	0.47	127.-	37	78	<0.20	<0.01
96.-	107	102	<0.20	0.31	128.-	44	70	<0.20	0.03

TABLA I (cont.)

CONTENIDOS DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DE RIOS Y ARROYOS

Nº	Pb	Zn	Cd	Hg	Nº	Pb	Zn	Cd	Hg
129.-	60	76	<0.20	0.05	160.-	67	94	<0.20	0.10
130.-	52	73	<0.20	0.03	161.-	1101	848	4.00	12.93
131.-	38	62	<0.20	0.05	162.-	306	463	1.00	1.93
132.-	33	88	<0.20	0.03	163.-	351	541	1.60	1.90
133.-	47	87	<0.20	0.05	164.-	335	840	1.80	2.57
134.-	191	188	0.40	1.71	165.-	133	185	0.20	0.30
135.-	51	96	0.20	0.05	166.-	89	168	<0.20	0.10
136.-	51	77	<0.20	0.03	167.-	103	144	0.40	0.12
137.-	63	54	<0.20	0.14	168.-	183	201	0.20	0.33
138.-	108	85	<0.20	0.44	169.-	415	347	0.80	0.93
139.-	61	68	<0.20	0.22	170.-	326	386	0.80	1.00
140.-	23	82	<0.20	0.08	171.-	295	437	0.80	1.19
141.-	56	64	<0.20	0.40	299.-	53	75	<0.20	0.24
142.-	70	134	0.60	0.05	323.-	61	68	<0.20	0.22
143.-	70	117	0.40	0.05	324.-	108	85	<0.20	0.44
144.-	49	63	<0.20	0.05	325.-	100	93	<0.20	0.25
145.-	50	70	<0.20	<0.01	326.-	50	90	<0.20	<0.01
146.-	50	90	<0.20	<0.01	327.-	70	99	<0.20	0.11
147.-	60	110	<0.20	0.06	328.-	83	121	<0.20	0.11
148.-	50	40	<0.20	0.06	329.-	61	47	<0.20	0.22
149.-	88	73	<0.20	0.46	330.-	120	83	0.40	0.15
150.-	81	68	<0.20	0.24	331.-	145	243	2.00	0.59
151.-	74	81	<0.20	0.22	332.-	128	78	<0.20	0.05
152.-	63	57	<0.20	0.24	333.-	65	66	<0.20	0.12
153.-	47	52	<0.20	0.26	334.-	81	84	<0.20	0.07
154.-	53	75	<0.20	0.24	335.-	49	50	<0.20	0.05
155.-	66	106	<0.20	0.26	336.-	131	335	<0.20	0.44
156.-	67	84	<0.20	0.24	337.-	49	39	<0.20	0.07
157.-	116	123	0.40	0.29	338.-	55	26	<0.20	0.07
158.-	77	87	<0.20	0.31	339.-	158	472	0.60	0.22
159.-	252	3459	4.00	2.30					

TABLA II
CONTENIDOS DE METALES PESADOS EN SUELOS DEL CASCO URBANO

Nº	Pb	Zn	Cd	Hg	Nº	Pb	Zn	Cd	Hg
172.-	132	176	0.40	0.45	203.-	236	167	0.40	0.10
173.-	141	134	0.40	0.20	204.-	171	172	0.40	0.13
174.-	84	124	<0.20	0.10	205.-	169	162	<0.20	0.28
175.-	507	619	0.40	1.22	206.-	540	210	0.80	0.09
176.-	60	119	<0.20	0.06	207.-	489	335	0.60	1.76
177.-	410	416	0.40	0.65	208.-	496	450	0.80	1.00
178.-	211	176	<0.20	0.18	209.-	273	314	0.50	4.91
179.-	185	196	<0.20	0.13	210.-	510	110	0.20	0.06
180.-	87	120	<0.20	0.07	211.-	270	180	0.40	0.14
181.-	254	277	<0.20	0.19	212.-	1000	310	0.80	0.26
182.-	10	90	0.20	0.33	213.-	180	180	0.20	0.23
183.-	310	205	<0.20	0.15	214.-	220	120	0.80	0.11
184.-	87	79	0.20	0.06	215.-	120	70	<0.20	0.32
185.-	111	102	<0.20	0.18	216.-	247	193	<0.20	0.13
186.-	102	127	0.40	0.28	217.-	430	200	0.30	0.20
187.-	112	113	<0.20	0.09	218.-	970	290	0.50	0.34
188.-	121	110	0.20	0.06	219.-	820	480	1.20	0.64
189.-	143	133	<0.20	0.06	220.-	560	480	1.20	0.80
190.-	186	166	<0.20	0.10	221.-	89	120	<0.20	0.13
191.-	526	263	0.60	0.40	222.-	305	205	<0.20	0.40
192.-	1980	520	1.60	0.51	223.-	338	243	0.20	0.45
193.-	584	422	0.40	1.81	224.-	670	310	0.60	0.45
194.-	233	174	<0.20	0.45	225.-	895	413	1.00	0.96
195.-	80	100	0.40	0.45	226.-	446	252	<0.20	3.65
196.-	224	227	<0.20	0.30	227.-	130	120	0.20	0.21
197.-	250	160	0.40	0.20	228.-	184	143	<0.20	0.45
198	710	200	0.40	0.20	229.-	214	220	0.50	0.18
199.-	740	360	1.20	0.23	230.-	1400	673	1.60	0.23
200.-	461	338	0.60	0.28	231.-	321	193	0.40	0.58
201.-	350	320	0.60	0.20	232.-	293	205	0.20	0.35
202.-	160	140	1.20	0.40	233.-	176	163	0.40	0.38

TABLA II (Cont.)

CONTENIDOS DE METALES PESADOS EN SUELOS DEL CASCO URBANO

Nº	Pb	Zn	Cd	Hg	Nº	Pb	Zn	Cd	Hg
234.-	846	401	0.60	0.81	265.-	403	444	0.20	1.25
235.-	155	144	0.20	1.76	266.-	152	264	0.80	1.10
236.-	621.	347	0.80	2.77	267.-	355	230	0.60	0.50
237.-	753	368	0.60	1.09	268.-	188	209	0.40	0.51
238.-	546	306	0.40	1.41	269.-	494	360	0.40	1.37
239.-	973	513	1.20	1.18	270.-	58	82	-0.20	0.19
240.-	89	153	<0.20	0.06	271.-	134	120	0.40	0.37
241.-	188	167	0.20	0.60	272.-	108	96	0.20	0.10
242.-	240	170	0.40	0.29	273.-	104	113	0.60	0.10
243.-	214	153	<0.20	1.16	274.-	97	171	1.40	0.22
244.-	682	387	0.40	0.63	275.-	97	156	0.60	0.15
245.-	160	110	0.20	1.27	276.-	205	251	0.80	0.27
246.-	1566	991	2.20	0.55	277.-	178	184	0.20	0.32
247.-	369	314	0.80	0.35	278.-	220	168	0.40	0.17
248.-	523	240	0.70	1.44	279.-	167	192	1.20	0.34
249.-	446	184	<0.20	4.66	280.-	224	303	0.60	0.34
250.-	238	173	<0.20	0.05	281.-	92	141	<0.20	0.07
251.-	583	398	0.80	0.43	282.-	159	187	0.60	0.07
252.-	167	153	<0.20	0.05	283.-	99	121	<0.20	0.12
253.-	263	302	0.20	0.35	284.-	112	114	<0.20	3.56
254.-	135	181	0.40	0.15	285.-	808	414	0.60	0.17
255.-	202	229	0.80	0.15	286.-	892	363	0.60	0.07
256.-	463	342	0.60	0.60	287.-	182	106	0.20	0.04
257.-	130	120	0.20	0.37	288.-	565	426	0.80	0.15
258.-	407	343	0.60	0.32	289.-	104	140	0.20	0.07
259.-	84	120	<0.20	0.14	290.-	87	130	0.40	0.09
260.-	264	219	0.40	0.20	291.-	118	182	<0.20	0.13
261.-	267	372	0.40	0.72	292.-	327	321	1.00	0.24
262.-	397	354	0.80	0.78	293.-	313	197	0.40	0.26
263.-	130	145	<0.20	0.29	294.-	404	231	0.60	0.19
264.-	191	193	0.20	0.26	295.-	249	177	0.40	0.29

TABLA II (Cont.)

CONTENIDOS DE METALES PESADOS EN SUELOS DEL CASCO URBANO

Nº	Pb	Zn	Cd	Hg
296.-	115	144	<0.20	0.12
297.-	319	226	0.60	0.12
298.-	261	257	0.80	0.10
300.-	387	591	8.00	0.29
301.-	216	276	0.40	0.24
302.-	179	232	0.40	0.19
303.-	83	144	0.20	0.10
340.-	120	150	<0.20	0.31
341.-	1356	535	0.60	0.11
342.-	181	144	<0.20	0.20
343.-	123	152	<0.20	0.07
344.-	5268	810	2.80	5.10
345.-	308	289	0.20	0.24
346.-	301	331	0.80	0.62
347.-	380	344	0.80	0.15
381.-	1071	930	1.40	2.59
382.-	5563	3704	38.00	1.89
383.-	109	189	<0.20	0.09
384.-	577	1671	6.00	1.64
385.-	143	550	0.60	0.13
386.-	155	239	0.80	0.90
387.-	91	93	<0.20	0.02
388.-	221	201	0.40	0.44
389.-	103	57	<0.20	0.13
390.-	97	117	<0.20	0.02
391.-	189	216	0.40	0.31
392.-	108	195	0.40	0.07
393.-	143	182	0.40	0.13
394.-	101	124	0.20	0.07
395.-	211	289	1.00	0.13
396.-	153	167	0.40	0.20
397.-	1323	492	1.20	0.36
398.-	110	108	0.40	0.15
399.-	360	237	0.60	0.18
400.-	661	664	1.20	1.31

TABLA III

CONTENIDOS DE METALES PESADOS EN TERRENOS CULTIVABLES

N°	Pb	Zn	Cd	Hg	N°	Pb	Zn	Cd	Hg
304.-	98	116	<0.20	0.51	355.-	96	109	0.20	0.11
305.-	68	60	0.20	0.41	356.-	63	151	<0.20	0.07
306.-	219	239	0.40	0.57	357.-	286	272	0.40	0.79
307.-	59	41	0.40	0.16	358.-	204	165	<0.20	0.92
308.-	93	41	0.40	0.14	359.-	180	265	0.40	1.04
309.-	96	75	0.20	0.45	360.-	70	132	0.40	0.11
310.-	644	361	1.00	0.27	361.-	89	214	<0.20	0.09
311.-	54	51	0.40	0.26	362.-	50	96	0.40	0.11
312.-	127	99	0.20	0.43	363.-	71	80	<0.20	0.10
313.-	43	32	<0.20	0.14	364.-	121	135	0.40	0.13
314.-	261	32	2.20	0.99	365.-	276	275	0.60	0.73
315.-	160	233	0.60	0.77	366.-	100	145	<0.20	0.07
316.-	411	524	1.60	2.16	367.-	176	165	0.40	0.38
317.-	176	201	0.60	1.03	368.-	182	203	0.40	0.34
318.-	366	458	1.20	3.00	369.-	74	126	0.40	0.20
319.-	246	253	0.60	1.81	370.-	171	144	<0.20	0.26
320.-	230	317	1.00	1.70	371.-	79	109	<0.20	0.09
321.-	172	277	0.80	1.08	372.-	37	98	<0.20	0.10
322.-	71	118	<0.20	0.12	373.-	59	73	<0.20	0.07
348.-	64	87	<0.20	0.14	374.-	82	132	0.40	0.17
349.-	48	43	0.20	0.07	375.-	70	141	0.40	0.09
350.-	76	49	0.20	0.70	376.-	66	129	<0.20	0.07
351.-	390	468	1.00	2.04	377.-	79	145	0.40	0.12
352.-	177	116	<0.20	0.31	378.-	52	128	0.40	0.07
353.-	70	134	<0.20	0.11	379.-	119	86	<0.20	0.09
354.-	87	131	<0.20	0.02	380.-	359	123	1.20	0.07

zona que se suponga que no ha tenido contaminación y tomar estos como base. En este caso disponemos de las muestras recogidas en El Pardo, que aunque algunas presentan una ligera contaminación, la gran mayoría de ellas pueden considerarse como no contaminadas y por tanto tomarlos como base.

Con respecto al primer aspecto, en el caso que nos ocupa, tenemos dos tipos de rocas fundamentales: por una parte la zona norte, donde los suelos se han originado a partir de arenas procedentes de rocas ácidas; en estas rocas los contenidos de fondo de los metales que nos ocupan son muy bajos.

Los clarkes, que son los valores promedios de los distintos tipos de rocas, están recogidos en la Tabla IV, según GRANIER (1973). En la zona sur al ser la roca madre de naturaleza arcillosa los clarkes aumentan considerablemente, en el caso del Pb y en el caso del Hg quedan multiplicados por 10.

Respecto al estudio estadístico, se considera que los elementos en la naturaleza tienen una distribución logarítmica, por lo tanto al hacer una distribución de su valores, se han utilizado intervalos de clase logarítmicos, LEPELTIER (1969). Posteriormente se han proyectado en papel probabilístico sus frecuencias acumuladas, SINCLAIR (1976), y se han tomado como valores contaminados aquellos en que la curva de distribución sufría una inflexión.

TABLA IV

	Pb	Zn	Hg	Cd
Clarke de rocas ácidas	2	60	0.04	0.1
Clarke de rocas sedimentarias arcilosas	20	80	0.4	0.3
Concentraciones medias de "El Pardo"	60	80	0.1	0.20
Valores umbrales de contaminación	140	160	0.5	0.6
Valores de contaminación de 2ª Grado	280	320	1	1.20
do				
Valores de contaminación de 3ª Grado	560	640	2	2.40
do				

Posteriormente estos valores han sido comparados con estudios bibliográficos, comprobándose la similitud de muchos de estos valores; así JOHNSTON (1977), en testigos de sondeos realizados en los sedimentos de la bahía de Kingston, considera como fondo de áreas contaminadas, que pueden hacerse extensibles a otros lugares los valores siguientes: Cd = 0.70; Pb = 28.5 y Zn = 120 ppm.

PIERCE, (1972) considera que los suelos con 1 ppm. Hg son suelos contaminados. En el caso que nos ocupa se ha considerado umbral de contaminación el 0.5 puesto que este valor, comparado con los valores de El Pardo supone un factor de 5 y es el más alto de los factores entre todos los elementos considerados. Si lo comparamos con el clarke de las rocas ácidas tenemos un factor superior a 10. Si lo comparamos con el clarke de las rocas arcillosas, el valor umbral de contaminación es bastante parecido al de fondo.

Por otra parte es necesario señalar que se ha tomado un único valor umbral para las distintas muestras de sedimentos de arroyos, jardines y áreas cultivables; aunque estas muestras han sido estudiadas separadamente los puntos donde se inflexionaban las rectas de su proyección en papel probabilístico, coincidían aproximadamente y por tanto no ha sido necesario tomar distintos valores umbrales lo cual nos simplifica mucho su representación cartográfica.

IV. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

IV.1. Cadmio

El valor que hemos considerado umbral para este elemento es de 0.6 que corresponde a la media de "El Pardo" multiplicada por 3. El valor de las rocas ácidas para este elemento es de 0.1 que sería el valor que predominaría en la zona norte si no existiera algo de acumulación de este catión en el proceso de formación de los suelos. En rocas sedimentarias arcillosas el promedio sube hasta 0.3. Por lo que consideramos el valor 0.6 representativos de materiales contaminados, en general. (Fig. 2)

IV.1.1. El Cd en sedimentos.

El Cd es uno de los elementos que tradicionalmente se miden en sedimentos de arroyos, así FÖRSTNER (1980), presenta una tabla de valores del Cd en sedimentos de ríos europeos, según este autor, los valores más frecuentes de ríos contaminados por vertidos urbanos industriales oscilan entre 10 y 20 ppm. En el Danubio se encontraron hasta 45 ppm. (Tabla V)

Una investigación general en sedimentos de arroyos y de grandes ríos, llevada a cabo en la República Federal de Alemania durante Noviembre de 1.971 (FÖRSTNER y MÜLLER, 1973), indicó que el río Neckar estaba altamente contaminado en Cd. Entre Hei-

FIG.: 2

MAPA DE CONCENTRACIONES EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE ARROYOS

MICROFILM 35 mm.

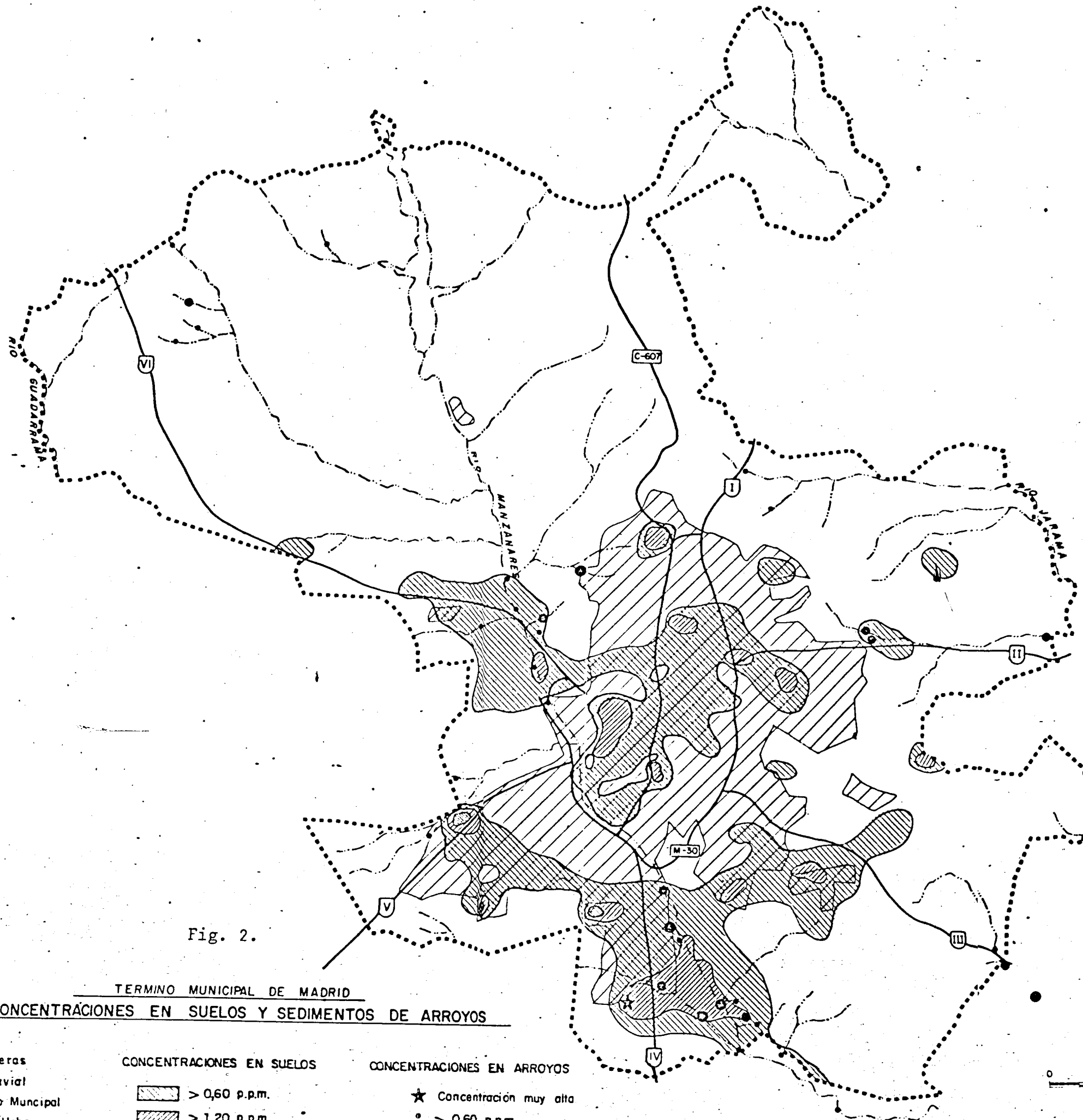


Fig. 2.

TERMINO MUNICIPAL DE MADRID

MAPA DE CONCENTRACIONES EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE ARROYOS

- Carreteras
- - - Red fluvial
- Término Municipal
- ▨ Casco Urbano

CONCENTRACIONES EN SUELOS

- ▨ > 0,60 p.p.m.
- ▨ > 1,20 p.p.m.
- ▨ > 2,40 p.p.m.

CONCENTRACIONES EN ARROYOS

- ★ Concentración muy alta
- > 0,60 p.p.m.
- > 1,20 p.p.m.
- ⊙ > 2,40 p.p.m.

0 2000 4000 6000 Metros

TABLA V

Concentraciones de Cadmio en sedimentos de rios y arroyos de Europa.

	Cd (ppm)	fuentes	Referencia
Tributarios del Lago Ginebra	1.4		Vernet (1976)
Suiza	(0.09-12.4)		Viel et al. (1978)
Rio Elba, R.F.A.	2.9 -19.4		Lichtdu and Brümmer(1977)
Rio Sajó, Hungría	max. 20		Literathy and Laszlo (1977)
Rio Blies, R.F.A.	0.5 -24.0		Becker (1976)
Rios Bavaros, R.F.A.	0.05-29.2		Bayerische landesanstalt für Wasserforschung (1977)
Rio Voglajna, Yugoslavia	max. 66	Eflu. Industriales	Stern and Förstner (1976)
Alto Rodano, Suiza	0.1 -73	Eflu. Industriales	Ribordy (1978)
Rio Conway, Reino Unido	3 -95	Eflu. Mineros	Thornton et al. (1975)
Rio Stola, Polonia	max. -116	Fundición Zn	Pasternak (1974)
Rio Neckar, R.F.A.	max. -230	Fábrica Pinturas	Förstner and Müller (1973b)
Rio Tawe, Wales, Reino Unido	max. -355	Metalurgia	Vivian and Massie (1977)

En Förstner y Wittmann (1981)

delberg y Stuttgart, las muestras recogidas en este tramo mostraban concentraciones superiores a los 200 ppm. Esta alta concentración del Cd en sedimentos hacía que las aguas también estuvieran contaminadas. También se encontraron concentraciones altas aguas abajo donde el río Neckar confluye con el Rin. El incremento raro en Cd, que entre otras cosas había originado el envenenamiento de los peces del río, era originado por una planta de producción de pinturas que vertía anualmente, aproximadamente 10-20 toneladas de Cd disuelto o en partículas, en el río. Como resultado del avance en las técnicas de tratamiento de aguas residuales, se ha producido un descenso considerable del contenido del Cd en el último tramo del río Neckar desde 1.973.

Los valores más altos obtenidos aquí en Madrid, oscilan alrededor de los 4 ppm. Estos puntos están concentrados en los alrededores de Villaverde, tanto en el arroyo de Butarque, donde llega a 4.2 ppm., como en el Manzanares. En el arroyo de los Migueles en la zona de Vaciámadrid, también se alcanzan los 4 ppm. y en Peña Grande. Estos valores no llegan a ser tan altos como los valores dados para algunos ríos europeos.

Tampoco estamos en valores tan altos como los encontrados en la prefectura de Toyama en el río Jintsu (Japón), celebradamente conocido por el masivo envenenamiento por Cd, donde los valores de Cd llegaban a las 43 ppm., en zonas de cultivos; en estas áreas y localmente a la salida de minas los valores eran más

altos. En algunas salidas de fábricas en Japón han llegado a detectarse hasta 368 ppm.

IV.1.2. Cd en suelo del caso urbano.

La contaminación por Cd en suelo del casco urbano no es especialmente elevada ya que este elemento no tiene incidencia como contaminante distribuido por vía atmosférica ni es debido a una contaminación urbana, propiamente dicha. Los valores más habituales de las áreas contaminadas del casco urbano son alrededor de las 1.2 ppm.

Hay zonas en la periferia Sur donde la contaminación ya es originada por industrias, alcanzándose valores tales como 2.8 ppm. en Campamento, y 6 y 8 ppm. en Carabanchel. Especial importancia tiene la contaminación industrial en Villaverde donde se ha obtenido un valor de suelo de 38 ppm., lo cual ya nos sitúa en valores de alta contaminación que deben ser vigilados. Las industrias que en esta zona son causantes de la contaminación deben ser obligadas a la utilización de filtros dado el alto riesgo tóxico de este elemento.

IV.1.3. Cd en terrenos cultivables.

El valor más alto de Cd encontrado en suelo cultivable en Madrid es de 2,20 ppm., en una huerta de la ribera del

Manzanares en la zona Sur, valores bastante próximos a este son predominantes en esta zona. Si atendemos a las distintas legislaciones estos valores son superiores a los admitidos para la mayoría de los suelos agrícolas, (Tabla VI)

Por otra parte la mayoría de los suelos agrícolas de la zona Sur, presentan valores de 0.4 ppm. o inferiores; lo que puede considerarse como no contaminados, si tenemos en cuenta que son rocas sedimentarias arcillosas cuyos valores de fondo son aproximadamente 0.3 ppm.

Las áreas cultivables de la zona Norte presentan valores muchos de ellos < 0.2 ppm. lo cual es lógico ya que están sobre suelos formados a partir de rocas ácidas con contenidos de fondo de 0.1 ppm.

En general los terrenos cultivables de los alrededores del casco urbano no presentan contaminación de Cd exceptuando las huertas del Manzanares donde algunos valores son superiores a los admitidos para suelos agrícolas según la legislación de algunos países.

IV.2. Mercurio

El valor que hemos considerado umbral para este elemento es el de 0.5 que corresponde a los valores promedios de "El Pardo" multiplicado por 5. Comparado con el clarke de las

TABLA VI

Contenidos máximos admisibles de metales pesados en
suelos agrícolas expresados en mg/Kg peso seco (Web-
ber, 1981)

	Zn	Pb	Cd	Hg
Alemania	300	100	2	5
Canada (Ontario)	150	40	0.7	0.5
mini	100	225	2.5	-
EE.UU.				
maxi	450	900	9	-
Finlandia	50	90	0.3	-
Francia	300	100	2	-
Gran Bretaña	250	450	2.5	-
Holanda	90	25	0.5	-
Suiza	350	110	3.5	-

rocas ácidas, el factor es superior a 10; pero si lo comparamos al de las rocas arcillosas los valores de fondo son más próximos.

PIERCE et al. (1972) estudia suelos, rocas y sedimentos de EE.UU. y señala que cuando la concentración del Hg es superior a 1 ppm. se puede considerar como contaminado; bien por la contaminación artificial (residuos, basuras etc.) o por contaminación natural (proximidad del depósito, como Almadén).

Creemos que en el caso que nos ocupa considerar 1 ppm. es un umbral excesivamente alto y en base a la distribución de los valores obtenidos es más correcto tomar el valor de 0.5 ppm. como umbral de contaminación (Fig. 3).

IV.2.1. Mercurio en sedimentos.

Los sedimentos de arroyo son un lugar idóneo para la acumulación del Hg y puesto que aun pH normal el Hg es rápidamente extraído de las aguas por los sedimentos, son muchos los trabajos que se han realizado sobre este elemento, desde el tristemente famoso envenenamiento de la bahía de Minamata: (Japón).

Hay muchos autores que estudian el mercurio en sedimentos de río, como una forma de medir la contaminación.

FIG.: 3

MAPA DE CONCENTRACIONES EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE ARROYOS

MICROFILM 35 mm.

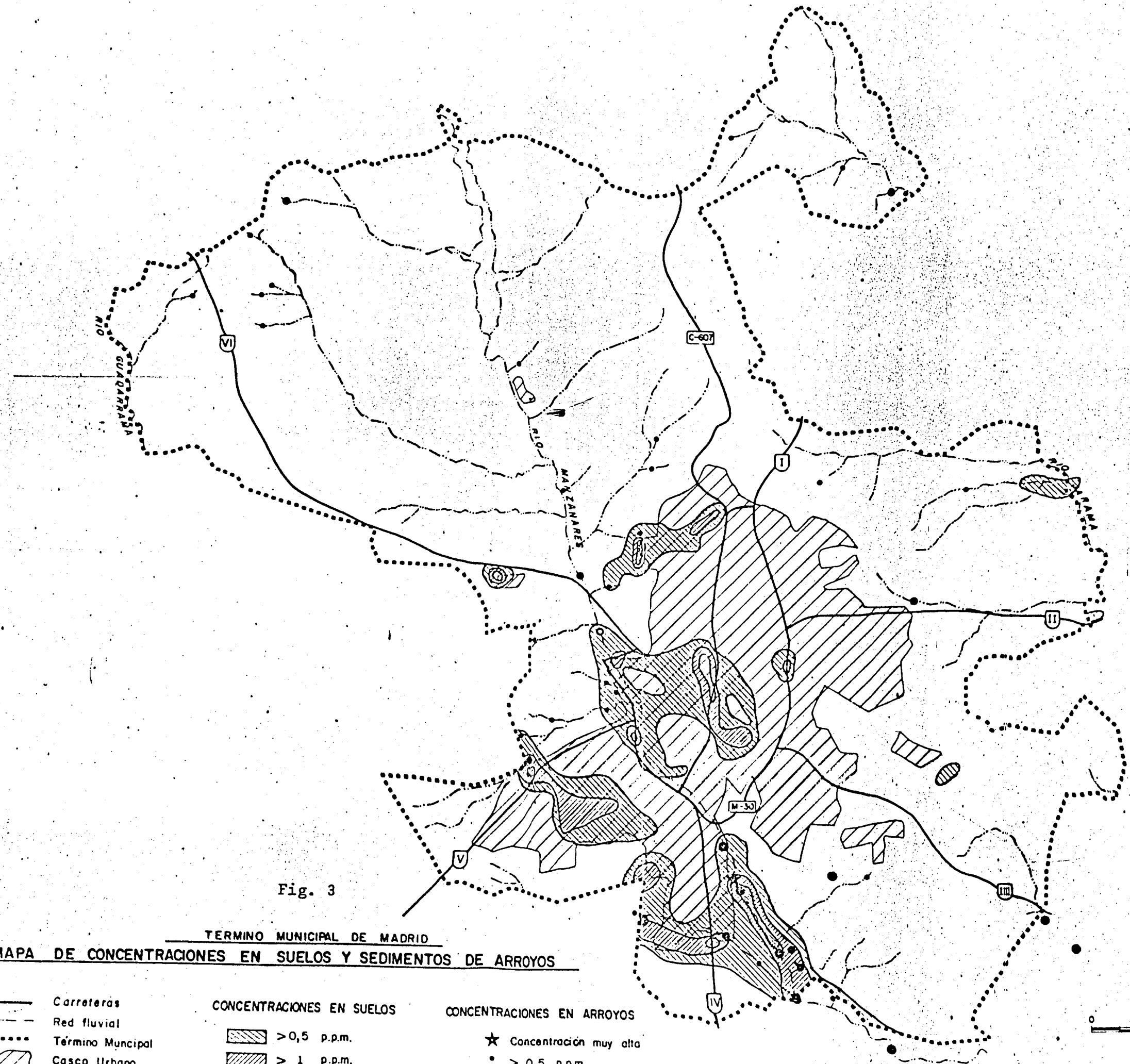


Fig. 3

TERMINO MUNICIPAL DE MADRID

MAPA DE CONCENTRACIONES EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE ARROYOS

- Carreteras
- - - Red fluvial
- Término Municipal
- ▨ Casco Urbano

CONCENTRACIONES EN SUELOS

- ▨ > 0,5 p.p.m.
- ▨ > 1 p.p.m.
- ▨ > 2 p.p.m.

CONCENTRACIONES EN ARROYOS

- ★ Concentración muy alta
- > 0,5 p.p.m.
- > 1 p.p.m.
- ⊙ > 2 p.p.m.

0 2000 4000 6000 Metros

En todos los estudios de contaminación en sedimentos hay que tener en cuenta el grado de erosionabilidad del río, puesto que si el río está erosionando, no originará tanta contaminación al menos cerca del punto contaminante; por ejemplo, LASZLO et al. (1977), obtuvieron para el río Sajó, en Hungría, unos valores y tres meses más tarde después de una avenida la concentración de Hg se había reducido la cuarta parte.

En los años 70 se hicieron distintos estudios en los ríos de Norteamérica, sobre contaminación de Hg de tal forma que se promulgó una ley sobre la restricción del Hg en los afluentes, pero hoy en día aún existe alta concentración de Hg en ríos y sobre todo en los sedimentos de lagos, lo que supone un peligro potencial para estos ecosistemas. (Tabla VIII)

NAKANISHI (1975) (en BUFA, 1976), hace un estudio detallado sobre la contaminación de Hg en sedimentos del río Wabigoon, en Canadá a partir de una fábrica de elaboración de pulpa de papel, comparando datos obtenidos en 1970, cuando las descargas de Hg eran máximas y en 1974 en que ya se habían restringido, las curvas presentaban un mínimo en unos lugares donde había unos rápidos. Los valores de contaminación descendieron con el tiempo en los sedimentos de ríos (Ley restrictiva), pero aumentaron en los lagos. En España sería interesante hacer determinaciones de metales en ciertos pantanos. Estudios hechos en EE.UU. y Canadá en sedimentos de lagos dieron como resultado fuerte conta

TABLA VII

Concentraciones de Mercurio en sedimentos de rios y arroyos de Norteamerica

	max. conc.	Fuente	Referencia
Rio St. Lawrence	0.18 ppm.	Industria distante	Johnston (1977)
Rio Oswego	0.67 ppm.	Industrial, municipal	Fitcko and Hutchinson (1975)
Rio Ottawa	3.0 ppm.	Eflu. Fab.pulpa de madera	Rust and Waslenchuk (1974)
Arroyo Islais (California)	6.9 ppm.	Industrial	Smith (1972)
Arroyo Taylor Mts. (Alaska)	10.0 ppm.	Industria Minera	Clark et al (1970)
Rio Tenessee	32. ppm.	Indus. Calcoalcalina	Derryberry (1972)
(Norh Fork)			Turner and Lidberg (1978)
(Weeler Dam)	(550 ppm.)	Indus. Calcoalcalina	Lloyd et al. (1978)
Wabigoon (Ontario)	56.0 ppm.	Fabrica pulpa de madera	Buffa (1976)
Rio St. Clair	60.0 ppm. (1700 ppm.)	Indus. Calcoalcalina	Cline et al. (1973)
Rio Detroit	86.0 ppm.	Indus. Calcoalcalina	Turney (1971)
Rio Wisconsin	792.0 ppm.	Indus. Calcoalcalina	Iskandar et al. (1972)

En Förstner y Wittmann (1981)

minación en algunos de ellos de tal forma que los peces de estos lagos presentaban alto contenido de Hg en el hígado.

En Europa la vigilancia de la contaminación mediante medidas en sedimentos de arroyos, comenzó en Holanda en los años 60, por DE GROOT (1966), y otros colaboradores. Hay muchos estudios de este tipo hechos en Alemania, entre ellos el más importante es el seguimiento de la contaminación de Rhin hasta que desemboca en el mar. En las inmediaciones de Mainz, contiene hasta 100 ppm. de Hg (en un canal que desemboca en este río).

En Suiza se ha llevado a cabo investigación en los ríos (VERNET, et al. 1972), encontrándose alta concentración en el Ródano originada por fabricas elaboradoras de productos cloroalcalinos. También altas contaminaciones se han obtenido en Suiza en relación con plantas de papel, Tabla VIII

En Inglaterra, los ríos se han protegido de la contaminación por metales, al existir una ley muy restrictiva sobre vertidos industriales. En Gales, donde hay mucha minería los ríos también están contaminados.

Para Madrid, los valores más altos de Hg han sido localizados en el Manzanares a partir del cruce con la M-30 en la zona Sur, hacia abajo, hay valores que van desde 12.93, el valor más alto, a un valor medio de esa zona que puede estar alrededor

TABLA VIII

Concentraciones de Mercurio en sedimentos de rios Europeos

Rios	max. conc.	Fuente	Referencia
Danubio (Hungria)	0.1-2.6 ppm.	descargas distrib. y locales	Literathy (1974)
Sena (Francia)	8.4 ppm.	Industrial, municipal	Chesterikoff et al. (1973)
Blies/Saar (R.F.A.)	9.6 ppm.	Industrial (?)	Becker (1976)
Gurk (Austria)	23.3 ppm.	Indus. Cloroalcalinas	Ebner and Gams (1975b)
Kaminska Bistrica (Yug.)	31.8 ppm.	Industrial (?)	Stern and Förstner (1976)
Elba (R.F.A.)	35.0 ppm.	Industrial, municipal	Müller and Förstner (1976)
Toce (Italia)	46.0 ppm.	Industrial (?)	Gaggino et al. (1975)
Wupper (R.F.A.)	47.0 ppm.	Industrial	Banat et al. (1972)
Ródano (Suiza)	55.0 ppm.	Industria Química	Vernet and Johnstone (1974)
Sambre (Belgica)	70.0 ppm.	Industrial	Billen et al. (1974)
Ume Alv (Suecia)	102.0 ppm.	Fabrica de pulpa de madera	Hasselrot and Gothberg (1974)

En Förstner y Wittmann (1981)

de las 9 ppm. Si consideramos que la 1^a muestra en la cola del Pantano de El Pardo es 0.08 el valor de la contaminación se ha multiplicado por un factor superior a 100.

Si comparamos estos valores con los de la Tabla VII, vemos que son muy similares a los del Sena y que estan por debajo de todos aquellos ríos a los que viertan industrias químicas.

Un punto importante es el de la vida media de este elemento en los sedimentos. Según los estudios hechos por WASLEN CHUK (1975), en el río Ottawa, donde se han aplicado un programa de descontaminación, encuentra que la vida media es algo menor que un año; pero que hay que tener dos tipos de descontaminación, en cuenta, una la mecánica, que depende del nivel de erosión y otra la química, haciendo experimentos en el laboratorio muestra una fuerte correlación del Hg con los óxidos de Fe; pero que su vida media también es aproximadamente 1 año, aunque ello llevará el depósito de Hg más abajo.

Por el contrario otros autores (REIMERS y KRENKEL, 1974), encuentran que la desorción del Hg de las arcillas es un proceso muy lento y más lento o casi inexistente en los compuestos orgánicos.

En el Manzanares observamos que, antes de llegar a la última depuradora, los valores del Hg han descendido hasta 3,5 ppm.

lo cual implica el gran poder de captación del mercurio por los sedimentos, que no le permite una amplia dispersión.

Otros puntos donde se ha encontrado alta contaminación de mercurio son: Butarque, arroyo de los Migueles (en Vaciamadrid), arroyo procedente de Vallecas, el arroyo que va a la Casa de Campo desde Campamento y en las zonas urbanizadas próximas a El Pardo. Es notorio que en el Soto de Viñuelas y en El Pardo haya algunos puntos contaminados; posiblemente por la relación con el detonante empleado en cartuchos de caza. La contaminación de Campamento podría estar relacionada con la industria militar.

IV.2.2. Mercurio en suelo de casco urbano.

Respecto a los datos de contaminación en el casco urbano, no hemos encontrado en la literatura otros datos con los que comparar.

Creemos que la contaminación por mercurio en las ciudades, puede provenir de la ubicación de industrias, debido a su gran volatilidad, el mercurio puede tener una gran zona de influencia, puesto que el transporte se realiza atmosféricamente. También su procedencia puede ser debido a su utilización como fungicida y al estar nuestras muestras recogidas sobre jardines nos pueden dar valores directamente influenciados por

estos productos de utilización agraria. Aravaca, que es una zona sin industria, presenta contaminación por mercurio, debido posiblemente a esta fuente.

Las anomalías de Campamento (6.10 ppm.) y Villaverde (2.5 ppm.) posiblemente se deban a industrias.

IV.2.3. Mercurio en terrenos cultivables.

El mercurio es un elemento que se acumula en los organismos vivos, principalmente en aquellos que están en el medio acuático, como peces y algas. Para plantas más evolucionadas parece que no hay tanto peligro, por eso la contaminación por este elemento en las huertas del Manzanares aunque puede ser alta no es preocupante.

IV.3. Plomo

El valor que hemos considerado umbral para este elemento es de 140 ppm. que se corresponden a la media de El Pardo multiplicada por 3.3; comparandolo con los clarkes de las rocas ácidas y sedimentarias el factor es aun mayor. Si lo comparamos con los valores de contenidos máximos admisibles para suelos agrícolas (Tabla VI), tenemos que este valor umbral es menor que el legislado en algunos países y mayor que en otros; aunque en

nuestro caso siempre estamos tratando de valores obtenidos en la fracción arcillosa y no el total del suelo; en el total del suelo estos valores serian menores dependiendo de la granulometría del mismo.

El plomo, por tener múltiples aplicaciones, su contaminación esta muy generalizada y últimamente acrecentada por su utilización como detonante en gasolinas, por lo cual ha sido muy estudiado, NRIAGU (1978), lo cual nos hace disponer de múltiples datos bibliograficos. (Fig. 4)

IV.3.1. Plomo en sedimentos

Son numerosos los datos que se tienen de los contenidos en plomo en sedimentos de rios, de distintas partes del mundo, algunos de ellos estan recopilados en la Tabla IX, aquí no se han puesto datos de rios que drenan regiones mineras por considerar que no son comparables con la contaminación urbana. De estos datos NRIAGU (1978), deduce que el valor umbral para fijar la contaminación en sedimentos de rios debe de ser 98 ppm. En el caso que nos ocupa el valor umbral es algo superior por considerar que en la gran ciudad la contaminación es más intensiva. Merece la pena señalar en esta tabla que el Mississipi no muestra contaminación debido probablemente a su gran caudal; mientras que el Rhin a su paso por zonas muy industrializadas de Europa aumenta de 155 ppm. a 850 en el estuario; algo

FIG.: 4

MAPA DE CONCENTRACIONES EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE ARROYOS

MICROFILM 35 mm.

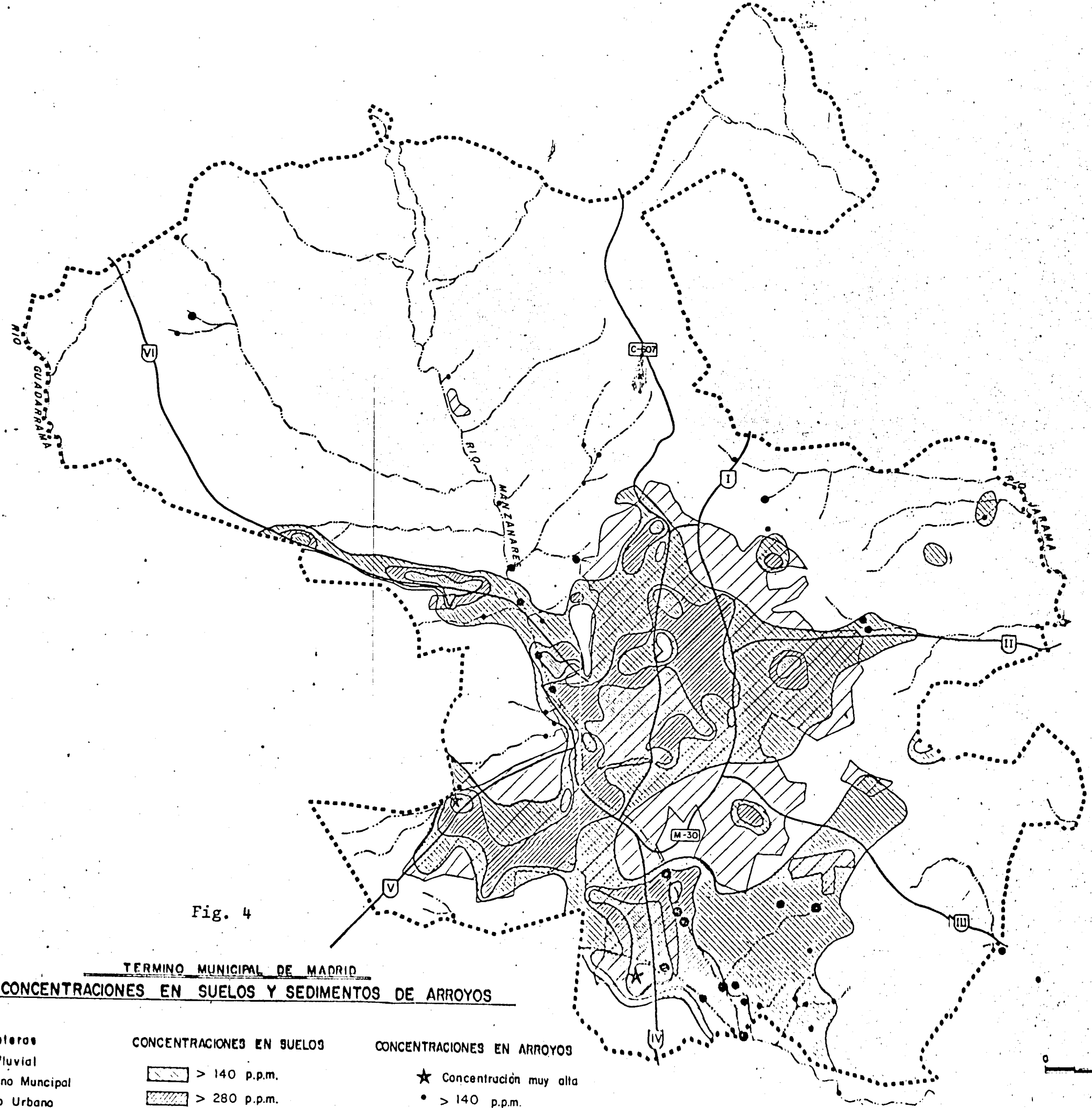


Fig. 4

TERMINO MUNICIPAL DE MADRID
MAPA DE CONCENTRACIONES EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE ARROYOS

- Carreteras
- - - Red fluvial
- Término Municipal
- ▨ Casco Urbano

CONCENTRACIONES EN SUELOS

- ▨ > 140 p.p.m.
- ▨ > 280 p.p.m.
- ▨ > 560 p.p.m.

CONCENTRACIONES EN ARROYOS

- ★ Concentración muy alta
- > 140 p.p.m.
- > 280 p.p.m.
- ⊙ > 560 p.p.m.

0 2000 4000 6000 Metros

TABLA IX
Plomo en sedimentos de rios

Rios	Pb conc. (ppm.)	Referencia
Mississippi Inferior	13.8	Hartung, 1974
"	24	Potter, et al., 1963
Chattahoochee, Georgia	51	"
Current, Missouri	16	"
Humbolt, Nevada	18	"
Lamar, Wyoming	34	"
Pamlico, Carolina N.	13.7	Harding and Brown, 1975
Calcaieu, Louisiana	53	Gambrell et al., 1975
Ottawa R., Ontario	26	Oliver, 1973
Rideau, Ontario	42	"
St. Clair, Ontario	12.1	Fichko and Hutchinson, 1975
Fraser, Columbia Britanica		
segmento industrial	416	Hall and Fletcher, 1974
segmento residencial	25.6	"
segmento agrícola	11.1	"
Rhin		
cabecera	155	Förstner and Müller, 1973
curso medio	369	"
estuario	850	De Groot and Allersma, 1975
Main, Alemania occidental	218	Förstner and Müller, 1973
Neckar, "	221	"
Danubio, "	156	"
Ems, "	112	"
Weser, "	241	"
Elba, "	314	Müller and Förstner, 1975
Ródano, Suiza	60	Vernet and Johnston, 1974

en Nriagu, 1978

parecido sucede con el Fraser en la Columbia Británica.

Los valores obtenidos en sedimentos de ríos del término municipal de Madrid, tienen un rango de 20 a 1100 ppm. Los valores más contaminados son los del Manzanares, de ellos el valor más alto es el de 1101 ppm. de la estación 161, antes de una de las depuradoras del río; en este trayecto y hasta la próxima depuradora de Butarque, los valores se mantienen cercanos a las 1000 ppm.; a partir de esta depuradora parece que los valores comienzan a descender.

En el río Manzanares se ha recogido una muestra en la cola del embalse de El Pardo, cuando el río entra en el término municipal de Madrid, y su valor es de 93 ppm; aguas abajo este valor se mantiene más o menos constante, hasta que antes de atravesar la autopista de la carretera nacional VI sufre una fuerte contaminación después de recibir las aguas del arroyo del Fresno en la zona Norte. Esta zona, aunque hoy la contaminación que recibe sea doméstica, hace unas décadas estaba ocupada por gran cantidad de chatarrerías. Una vez que el río se interna en el casco urbano, los valores van aumentando a lo largo de su trayecto hasta llegar a los valores máximos de las depuradoras de la zona Sur ya mencionados.

Otro arroyo muy contaminado de plomo es el procedente de Vallecas, dando valores de hasta 1038 ppm. Acusada conta-

minación también se observa en el Arroyo de Butarque. En los arroyos de la zona Oeste hay dos zonas con contaminación especial que es el arroyo Rejas a su paso por la carretera de la Alameda de Osuna y el arroyo de Los Miguelés, cuando atraviesa la carretera N. III.

La contaminación acusada por los arroyos se debe fundamentalmente a vertidos, acentuados por el agua de lluvia procedente de zonas de gran circulación.

En lo que respecta al Río Jarama los valores de Pb en sus sedimentos son notoriamente bajos, están comprendidos entre 80 y 60 ppm. Aunque los puntos están representados sobre la margen derecha del río, corresponden a muestras recogidas del cauce.

IV.3.2. Pb en suelos del casco urbano.

La contaminación por Pb en gran parte está provocada por la combustión de gasolinas y otros derivados; por lo que las áreas urbanas sufren un gran impacto de este metal.

Los suelos representan el impacto mayor de contaminación por Pb, y los suelos de las ciudades se comportan como auténticas piscinas a donde el Pb de la combustión y otras procedencias se va acumulando. En los hielos polares que son áreas de una contaminación no directa, se ha estudiado la contamina-

ción por Pb (MUROZUMI, et al. 1969). y la concentración se ha incrementado desde menos de $0.0005 \mu\text{g}/\text{Kg}$ que habia antes del 800 a.C. a más de $0.02 \mu\text{g}/\text{Kg}$ en 1965 lo que supone un alto factor de contaminación antropogénica. La tendencia historica, de la contribución antropogénica del Pb en los suelos se puede seguir en el estudio de los anillos de los árboles (HUTCHINSON, et al. 1974), o en los perfiles de las turberas (BANUS, et al 1974).

Hay muchos estudios realizados sobre la contaminación de Pb provocada por el tráfico en autopistas y en ciudades; se ha llegado a determinar la contaminación cuando la densidad de coches es mayor o menor (PAGE y CRANJE, 1970), la distancia de la contaminación respecto a las autopistas, e incluso la mayor contaminación en las proximidades de semáforos o cruces de calles (KINARD, et al., 1976). Tambien existe una relación con las condiciones meteorológicas y la dirección dominante de vientos (ATKINS 1969; WARD, et al., 1976; KINARD et al., 1976). Aunque el 50% de la contaminación del Pb empieza a decrecer a los 10-20m de la carretera (DAVIES y HOLMES, 1972), hay muchas partículas que quedan flotando en la atmósfera por ser inferiores a 2μ de diámetro y por tanto se distribuyen por zonas más amplias.

La acumulación del Pb en el suelo tiene lugar en la capa más superficial, en los 10 primeros cm. (WARD, et al. 1976), ello nos puede indicar la gran afinidad del material arcilloso por captar el Pb o bien que el Pb de los automóviles llegue al

suelo de una forma inmóvil (NRIAGU, 1974).

Se ha hecho un estudio sobre una ciudad hipotética, de cual sería la contaminación de Pb en el suelo llegando al siguiente orden: barrios densamente poblados > comerciales > industriales > parques, según HUNT, et al. (1970) y SARTOR y BOYD, (1972).

Pero quizás el medio más contaminado por Pb en las grandes ciudades es el polvo, el peligro potencial que encierra sobre todo para los niños que viven en los centros urbanos ha sido tratado en distintos medios. La concentración en Pb puede llegar desde niveles de fondo hasta más del 6.5%. Tabla X.

El agua de la lluvia que ha lavado una gran ciudad puede estar fuertemente contaminada en Pb y otros metales.

El Pb contenido en los parques de las ciudades y sitios donde los niños juegan está siendo considerado como un medio donde pueden producirse envenenamiento de Pb (JORDAN y HOGAR, 1975; LEPOW et al., 1974; DUGGAN y WILLIAMS, 1977), como por ejemplo el alto contenido en Pb encontrado en zonas de recreos de escuelas en Manchester Tabla XI.

Otro contaminante que tendremos en el suelos de las ciudades es el Pb vertido por las industrias a la atmósfera,

TABLA X

Plomo en polvos de calles

Localización	Concentración de Pb (ppm)	Referencia
Birmingham	1700 (1000-2500)	Day et al. 1975
Leeds, 1933	4120 (40-15.000)	Dun and Bloxham, 1933
Manchester	970 (90-10.200)	Day et al. 1975
Zurich	2000	Jordan and Hogan, 1975
Rio de Janeiro	700	Cited in Day et al. 1975
Vancouver, densamente habitado	6000	Warren et al. 1971
Toronto, industrial	67.800	Warren et al. 1971
Richmond, Brithis Columbia	40.000	Warren et al. 1971
New York, 1924	1190	Kaye and Reznikoff, 1947
New York, 1934	1760	Kaye and Reznikoff, 1947
New York, en alta densidad de tráfico	20.000	Warren et al. 1971

en Nriagu (1978)

TABLA XI
Contenido de Plomo en suelos urbanos.

Localizacion	Pb ppm
Europa	
Austria, Viena (Helden Platz)	85
Belgica, Bruselas (Gare Midi)	859
Dinamarca, Copenague (City Hall)	105
Francia, Paris (Tuileries)	220
Alemania, Munich (English Garden)	158
Hamburgo (Botanical Garden)	411
Hannover (Masch Park)	757
Holanda, Amsterdam (Museum Park)	893
Inglaterra, Cabridgeshire (Cambridge)	300
Cornwall (Feock)	150
Devonshire (Morwellham)	200
(Holworthy)	320
Isle of Man (Douglas)	400
Manchester (recreos de escuelas)	1014

En Nriagu (1978)

puesto que con la lluvia va a revertir sobre el suelo; hay muchos estudios que tratan sobre este tema y hay dos aspectos que deben de tenerse en cuenta, que es la concentración de los valores de Pb en los suelos y la dispersión del Pb en relación a la fuente. El grado de contaminación depende en primer lugar de el Pb que arroje su fuente contaminante y su dispersión puede estar muy ligada a las condiciones atmosféricas; por tanto no es solución el que la chimenea de la fábrica sea más alta sino que lo único que hace es dispersarlo más; la solución sería mejores filtros.

Por otra parte la vida media del Pb de contaminación en los suelos no es muy larga (< 20 años, ROBERTS y GOODMAN, 1973). Aunque LOCKERETZ (1974), dice que el lixiviado completo de Pb en los suelos puede durar algunas décadas, no estamos de acuerdo, puesto que, se han encontrado contaminaciones en el desierto debido a carabanas que transportaban mineral hace 2000 años.

Suelos alpinos que podrían considerarse como vírgenes de contaminación, han dado altas concentraciones de Pb y ello es debido a la lluvia ácida que precisamente puede con más frecuencia descargar en estas zonas elevadas; por tanto el problema de la contaminación no puede ser considerado como regional.

En cuanto a los valores obtenidos en los suelos de Madrid, van desde valores de fondo ≈ 50 ppm. hasta valores superiores a los 5.000 ppm., lo cual nos indica que la contaminación

por Pb es una de las contaminaciones más altas que puede presentar una gran ciudad, y que la contaminación en los suelos es superior a la de los sedimentos de arroyos.

Estos valores de los 5.000 ppm. estan en dos puntos concretos, uno el más alto en Villaverde y otro en Campamento. Ambos puntos se deben sin duda a contaminación industrial y pueden tener una extensión más o menos localizada. De todas formas estos puntos deben mantenerse contralados.

Muy importante por su extensión y concentración, parece la contaminación de la zona centro. Esta es en su gran mayoría producida por la combustión de la gasolina, llegando en algunos puntos a las 1500 ppm.

En relación con las autopistas hay muestras muy contaminadas y otras que parecen tener menor contaminación; probablemente esto se puede deber a que unas muestras se tomaron a distinta distancia de la calzada, y aunque en el mapa las diferentes distancias no queda reflejada, la contaminación por Pb lo acusa mucho puesto que, al ser las partículas de Pb en muchos casos sólidos se precipitan rápidamente.

Tambien es importante la contaminación acusada en la zona Sur en la dirección de la carretera N-IV ello es debido a que además de ser una zona con alto tráfico ya que está entre la

la Crta. de Andalucía y la de Toledo es un sector industrial.

La contaminación en las proximidades del Aeropuerto de Barajas también es manifiesta, aunque los valores no sean tan altos como en los suelos del casco urbano, ello puede ser debido a que tiene un esparcimiento superficial mayor y que las muestras fueron tomadas en los alrededores del aeropuerto y no en las pistas.

IV.3.3 Pb en terrenos cultivables.

Las primeras observaciones sobre contaminación en plantas fueron hechas por prospectores geoquímicos (WARREN y DELADAULT, 1969), quienes en una campaña con fines de prospección minera encontraron de 1000 a 3000 ppm. de plomo en plantas vivaces de autopistas de Canadá. Posteriormente CANNON y BOWLES, 1962), llaman la atención sobre este problema y a partir de aquí es cuando se empieza a tomar en consideración en EE.UU. (PATTERSON, 1965), en Gran Bretaña (WEBB et al. 1968) y en Canadá.

Las coníferas son plantas que acumulan el Pb en mayor proporción que los árboles de hojas caducas; se han hecho estudios en el abeto Douglas, encontrándose valores del rango de 15-60 ppm, en las cenizas de los tallos jóvenes de un año o dos en zonas no contaminadas. En muestras recogidas a 50 pies de autopistas puede encontrarse de 250 a 2000 ppm. de Pb y a veces más.

Muestras de árboles de zonas urbanas han dado valores de 5 a 10 veces más que los valores de zonas rurales.

De tal forma que el contenido en el suelo de un determinado elemento se acumulará en los vegetales que se cultiven en ese área por tanto es importante llevar un control de estas concentraciones sobre todo en huertas.

Se tienen estudios sobre las concentraciones de plomo en distintos vegetales (SEOANEZ CALVO 1977), encontrándose que entre los vegetales que más plomo acumulan son la lechuga, la remolacha y la zanahoria, por tanto el consumo de estos vegetales cultivados en zonas muy contaminadas como las cercanas a las autopistas a largo plazo podrían llegar a ser peligrosas.

Las huertas a lo largo del Manzanares presentan contenidos en Pb altos, llegando en alguna ocasión hasta las 644 ppm. Valores también bastante altos se encuentran en terrenos cultivables en los alrededores del arroyo de Butarque, en algún punto de Vallecas y cerca de Coslada en las proximidades de la vía férrea.

IV.4. Contaminación por Zinc

El valor que hemos considerado umbral para este elemento es de 160 ppm., corresponde a la media de los valores de El

Pardo multiplicado por 2. El valor de fondo para las rocas ácidas es de 60 ppm. y para las rocas sedimentarias arcillosas es de 80 ppm. la legislación internacional para este elemento es bastante permisiva puesto que no se trata de un elemento tan tóxico como cualquiera de los estudiados. Fig. 5.

El zinc es un elemento que tradicionalmente se ha estudiado como contaminante debido a que está muy unido a la actividad humana, pero no así por su toxicología.

IV.4.1. Zinc en sedimentos de arroyos

Son numerosos los estudios que se han realizado sobre concentraciones de Zn (Tabla XII) y las concentraciones de Zn son superiores en muchos casos a las de cualquier otro elemento.

En nuestro caso los valores de Zn contenidos en los sedimentos de arroyo alcanzan valores de hasta 3.459 ppm. que efectivamente superan a los valores más altos obtenidos para el Pb en sedimentos.

En la R.F.A. se han llevado a cabo estudios sobre concentraciones de metales pesados en el Rin y sus tributarios. Estos estudios destacan el papel del zinc como elemento característico de afluentes domésticos e industriales (SCHLEICHERT y

FIG.: 5

MAPA DE CONCENTRACIONES EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE ARROYOS

MICROFILM 35 mm.

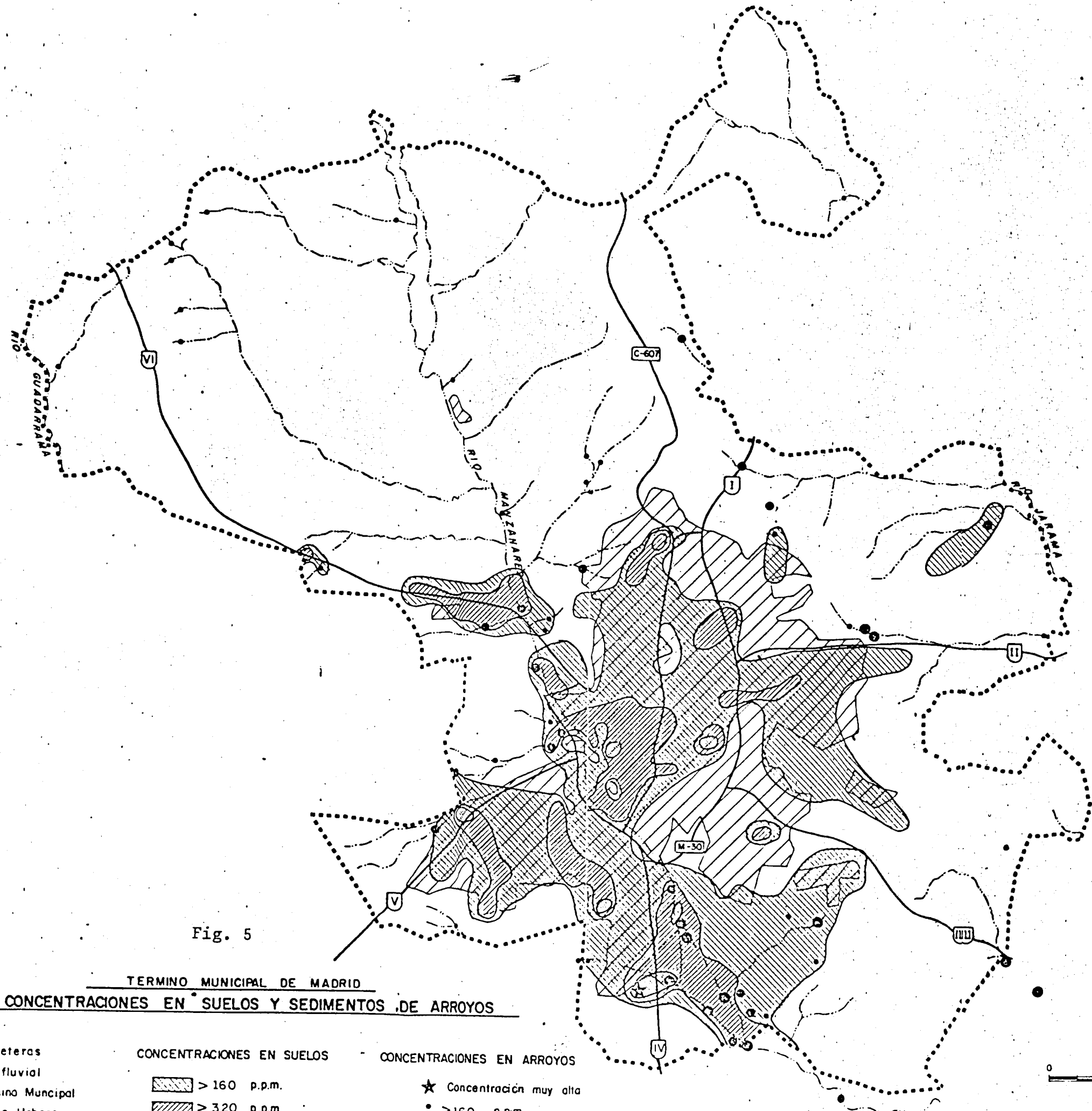


Fig. 5

TERMINO MUNICIPAL DE MADRID

MAPA DE CONCENTRACIONES EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE ARROYOS

- Carreteras
- - - Red fluvial
- Término Municipal
- ▨ Casco Urbano

CONCENTRACIONES EN SUELOS

- ▨ > 160 p.p.m.
- ▨ > 320 p.p.m.
- ▨ > 640 p.p.m.

CONCENTRACIONES EN ARROYOS

- ★ Concentración muy alta
- > 160 p.p.m.
- > 320 p.p.m.
- ⊙ > 640 p.p.m.

0 2000 4000 6000 Metros

TABLA XII

Metales pesados en sedimentos del Lago Constanza, del Rin y en metales arcillosos no contaminados.

	Cd	Hg	Pb	Zn.
Biesbosch (Holanda)	-	18	850	3900
Estación Rin 9-19	13	9	369	1240
Estación Rin 1-8	4	3	155	520
Lago Constanza				
fondo	0.2	0.2	19	124
promedio en pizarras	0.3	0.4	20	95

en Förstner y Wittmann (1981)

HELLMANN, 1973). Enriquecimiento especial de zinc se notó en el Rhin en la vecindad de Mainz, que llegó hasta concentraciones de más de un 1% en sedimentos secos.

No estamos en casos de la alta contaminación por Zn como el observado en la ría de Suances a donde van a parar lavados de minas productoras de Zn (GARCIA SEPULVEDA et al, en prensa)

Las muestras de sedimentos de arroyo con contenidos más altos pertenecen al arroyo de los Migueles en Vaciamadrid y alcanzan hasta 3.400 ppm. El Manzanares es su zona Sur llega a valores del orden de las 1500 ppm. El arroyo Rejas localmente llega a concentraciones cercanas a las 1000 ppm. El arroyo procedente de Vallecas presenta niveles de 700 ppm lógicos en un arroyo procedente de un casco urbano. En general muchos arroyos en todo el término municipal, muestran contaminación de zinc, ello es lógico si se tiene en cuenta la gran densidad de viviendas que existen no ya en los distintos cascos urbanos, sino también en el campo y que el zinc actúa como un indicador de contaminación doméstica.

IV.4.2. Zinc en casco urbano

La contaminación de zinc de una ciudad es muy extensa ya que hay gran cantidad de galvanizados que originan contaminación. El agua de lluvia que lava las grandes ciudades es una de

las vías más importantes por medio de la cual se fija el zinc al suelo. LEGITTIMO, et al. (1980) dan concentraciones de 8-330 $\mu\text{g L}^{-1}$ en el agua de lluvia de Florencia. La nieve en el sur de Noruega contiene de 10-220 $\mu\text{g L}^{-1}$, mientras que en el Antártico el promedio de concentración es de 0.06 $\mu\text{g L}^{-1}$, (ELGMORK, et al., 1973) y LANDY y PEEL, (1981). Dependiendo del lugar el Zn precipitado de la atmósfera puede tener mucha importancia.

A fin de comparar nuestros resultados con otros de la bibliografía exponemos valores de metales pesados en suelos urbanos. Tabla XIII

En general en el caso del zinc pasa lo contrario que con el plomo; las concentraciones más altas pertenecen a muestras de sedimentos de arroyos y ello es debido a que las anomalías de este elemento van unidas a la dispersión hídrica.

Especial atención requiere una muestra recogida en la zona centro que llega a concentraciones muy próximas a las 1000 ppm.

Mención aparte es la contaminación por zinc ocasionada por la industria, como son las muestras de Campamento 810 ppm. Carabanchel 1671 ppm., y especialmente la muestra más contaminada de toda la campaña fue la de Villaverde con 3704 ppm. ocasionada por industrias.

TABLA XIII
Metales pesados en suelos urbanos

Localización	Extraídos con EDTA 0.05 m		
	Pb	Zn	Cd
Hartfordshire (Rural Arable)			
Rothamstead	42	112	<0.5
Hill Farm	52	52	<0.5
Long Marston	63	121	<0.5
Medias	(53)	(95)	(<0.5)
Greater London (Urban)			
Gunnensbury Park	266	294	1.6
Horsenden Hill	137	180	1.2
Mattock Lane	219	450	1.3
Chiswick Lane	854	1047	1.6
Ravenor Park	78	117	<0.5
Princes Avenue	93	151	<0.5
Medias	(275)	(373)	(-)
Central London			
Chelsea	553	222	1.3
Hyde Park	913	319	1.4
Russell Square	799	496	1.7
Hyde Park Gardens	521	401	1.0
Royal Hospital	607	301	1.2
Princes Gate	2405	220	1.1
Medias	(966)	(327)	(1.3)

IV.4.3. Zinc en terrenos cultivables.

En lo relativo a huertas no hay problema excepto en el Manzanares que llega a 524 ppm. y otros a 450 ppm. Si tenemos en cuenta que la mayoría de las legislaciones admiten las 300 ppm como contenido máximo para suelos agrícolas estas huertas están en valores límites, aunque las dos medidas no son exactamente comparables ya que estos límites se establecen para suelo total seco y nosotros hemos hecho las medidas en la fracción arcillosa que concentra los metales, pero teniendo en cuenta que estos suelos presentan una gran proporción de arcillas el contenido de Zn en suelo total debe estar cercano a estos límites. De todas formas el Zn no puede considerarse como un elemento tan tóxico como los anteriormente descritos, por tanto las concentraciones en suelos agrícolas pueden ser relativamente altas.

CONCLUSIONES

- Se demuestra la eficacia de los medios muestreados en la determinación de las áreas contaminadas. Los sedimentos de arroyo ponen de manifiesto la contaminación a mayor escala y aquella que va unida a vertidos. Mientras que los análisis de suelos de jardines son eficaces en el estudio más detallado de contaminación de ciudad.
- En ríos y arroyos el elemento que presenta mayor contaminación es el Zn seguido del Pb, del Hg y del Cd en orden decreciente.
- En suelos del casco urbano la contaminación sigue el orden $Pb > Zn > Cd > Hg$.
- En terrenos cultivables el orden es $Pb > Zn > Hg > Cd$.
- El que el orden de los metales sea distinto en los diferentes medios se debe a que son diversas las causas de la contaminación. En arroyos la principal causa de contaminación son las aguas residuales urbanas (Zn), el agua procedente de lluvia (Pb) y vertidos industriales (Hg). En el suelo de la ciudad el principal contaminante es el Pb (originado en su mayoría por combustión de gasolinas), además de humos industriales (Pb y Cd). Los terrenos cultivables van a estar influidos por la contaminación que influye en los dos medios anteriormente descritos.

- Las muestras de arroyo más contaminadas son las del Manzanares después de atravesar la carretera M-30 en la zona sur. Así como el arroyo de los Migueles de Vaciamadrid.
- Las muestras de suelo urbano más contaminadas son debidas a industrias en Villaverde y en Campamento donde hay importante contaminación de Pb, Zn, Cd y Hg, así como la alta contaminación por Pb que se detecta en las vías de mucho tráfico.
- La contaminación de huertas se debe al agua con la que se riega y a la proximidad a vías de alta densidad de tráfico. Las huertas de la zona sur del Manzanares presenta, a veces, valores superiores a los admitidos para suelos agrícolas en legislaciones de algunos países.
- En general los suelos de la zona sur están más contaminados que los de la zona norte, ello es debido a la presencia de industrias, así como la dirección dominante de vientos, además de ser suelos que por sus características geológicas (mayor presencia de arcillas y carbonatos) son mejores acumuladores de estos metales que los de la zona norte.

BIBLIOGRAFIA

ATKINS, P.R.

1.969 J. Air Pollut. Control Assoc. 19, 591-594

BANUS, M.D., VALIELA, J., TEAL, J.M.

1.974 Export of lead from salt marshes. Mar. Pollut. Bull.
8, 6-9.

BOWER, P.M., SIMPSON, H.J., WILLIAMS, S.C. y LI, X.H.

1.978 Heavy metals in the sediments of Foundry Cove,
Cold Spring, New York, Environmental Science and
Technology 12, 683-692.

CANNON, H.L. y BOWLES, J.M.

1.962 Science 137, 765-766.

COENEN, R., FEHRENBACH, R., FRITSCH, W., GOETZMANN, S.,

PIOTROWSKI, H.O, SCHLADITZ, R.

1.972 Alternativen zur Umweltmisere-Rambban oder Partne-
rschaft? München: Carl Hanser.

DAVIES, B.E. y HOLMES, P.L.

1.973 J. Agric. Sci. (Camb.) 78: 479-484

DUGGAN, M.J. y WILLIAMS, S.

1.977 Sci. Total Environ. 7: 91-97.

ELGMORK, K., HAGEN, A. y LANGELAND, A.

1.973 Polluted snow in southern Norway during the win-
ters 1.968-1.971. Environmental Pollut. 4: 41-52.

FÖRSTNER, U. y MÜLLER, G.

1.973 Heavy metal accumulation in river sediments: A
response to environmental pollution. Geoforum 14:

53-61.

FÖRSTNER, U. y WITTMANN, G.T.W.

- 1.981 Metal Pollution in the Aquatic Environment. Ed. Springer-Verlag, Berlin, 486 pp.

GALE, T.E. y LAYTON, W.M.

- 1.980 The susceptibility of inbred strains of hamsters to cadmium-induced embryotoxicity. *Teratology* 21: 181-186.

HUTCHINSON, T.C., WHITBY, L.M.

- 1.974 Heavy-metal pollution in the Sudbury mining and smelting region of Canada: I Soil and vegetation contamination by nickel, copper and other metals. *Environ Conserv.* 1: 132-133.

GARCIA SEPULVEDA, I., CARAMES, M. y COY, R.

- 1.984 Niveles de metales pesados en los sedimentos de la ría de Suances (Cantabria). *Tecniterrae* (en prensa).

GRANIER, C.L.

- 1.973 Introduction a la prospection géochimique du gites metalliferes. Ed. Masson and Cie.

GROOT, A.J. de

- 1.966 Mobility of trace elements in deltas. *Trans. Comm. II y IV Int. Soc. Soil Sci.* Aberdeen: 267-297.

HARTUNG, R.

- 1.972 The role of food chains in environmental mercury

- contamination. En: "Environmental Mercury Contamination, Hartung, R.". Dinman, B.D. (Eds.). Amer Arbor: Science Publ. Inc. 172-174.
- HUNT, W.F., PINKERTON, C. MCMULTY, O.M. y CREASON, J.
- 1.970 Trace substances in environ. Health 4: 56-68.
- ISKANDAR, I.K. y KEENEY, D.R.
- 1.974 Concentration of heavy metals in sediment cores from selected Wisconsin Lakes. Environmental Sci. and Technology 8: 165-170.
- JOHNSTON, R.
- 1.977 Geochemistry of selected sediment cores from the Kingston Basin upper St. Lawrence River area. Abst. Conf. Great. Lakes Res.
- JORDAN, L.D. y HOGAR, D.J.
- 1.975 N.Z.J. Sci. 18: 253-260.
- KINARD, J.T., TISDALE, J. y ALEXANDER, E.
- 1.976 Jour. Environ. Sci. Health, Environ. Sci. Engr. All. 153-164.
- KJELLSTRÖM, T., FRIBERG, L. y RAHNSTER, B.
- 1.979 Mortality and cancer morbidity among cadmium-exposed workers. Environ. Health Perspectives 28: 199-204. Environmental Health Perspectives 28: 199-204.
- KUDO, A. y HART, J.S.
- 1.974 Uptake of inorganic mercury by bed sediments. J. of Environmental Quality 3: 273-278.
- LANDY, M.P. y PEEL, D.A.
- 1.981 Short-term fluctuations in heavy metal concentrations

in Antarctic snow. Nature 291: 144-146.

LASZLO, F., LITERATHY, P. y BENEDEK, P.

- 1.977 Heavy metal pollution in the Sajo River Hungary.
Proc. Int. Conf. Heavy Met. Environ. Toronto II/2
923-932.

LEGITTIMO, P.C., PICCARDI, G. y PANTANI, F.

- 1.980 Cu, Pb and Zn determination in rainwater by differential pulse anodic stripping voltammetry. Water, Air and Soil Pollution 14: 435-441.

LEMEN, R.A., LEE, I.S., WAGONER, J.K. y BLEJER, H.P.

- 1.976 Cancer mortality among cadmium production workers. Annales of the New York Academy of Sciences 271: 273-279.

LEPELTIER, C.

- 1.969 A simplified statistical treatment of geochemical data by graphycal representation. Economic Geology 64: 538-550.

LEPOW, M.L., BRUCKMAN, L., RUBIND, R.A., MARKOWITZ, S., GILLETTE M. y KAPISH, J.

- 1.974 Environ. Health Perspect. 7: 99-102.

LOCKERETZ, X.

- 1.974 Water, Air, Soil Pollut. 3. 179-193

MOORE, J.M. y RAMAMOORTHY, S.

- 1.984 Heavy Metals in Natural Waters applied monitoring and Impact Assessment. Ed. Springer Verlang New York

MUROZIMI, J.; CHOW, R.J. y PATTERSON, C.

- 1.969 Chemical concentrations of pollutant aerosols, terrestrial dusts and sea salts in Greenland and Antarctic snow strata. *Geochim. Cosm. Acta.* 33: 1247-1294.

NAKANISHI, J.

- 1.976 The cause and channels of mercury pollution in western Ontario. *Cong. Sci. Hum. Environ.* Tokyo, Japón (1975), pags. 43-52. Cit. Buffa (1976).

NRIAGU, J.O.

- 1.978 The biogeochemistry of lead in the environment. *Elsevier*. Amsterdam. pags. 422.

PAGE, A.L. y GANJE, T.J.

- 1.970 *Environ. Sci. Technol*, 4: 140-142

PATTERSON, C.C.

- 1.965 Contaminated and natural lead environments of man. *Arch. Environ. Health*, 11: 344-360.

PIERCE, A.P.; BOTBOL, J.M. y LEARNED, R.E.

- 1.972 Mercury content of rocks, soils and stream sediments *Geological Survey Professional Paper*, 713: 14-17

PELLICER, M.J.

- 1.979 Prospección de Pb y Zn en el Arroyo de Valdemoros, Guadalix de la Sierra (Madrid) *Tecniterrae*, 32: 20-23.

RAMAMOORTHY, S. y RUST. B.R.

- 1.976 Mercury sorption and desorption characteristics of

- ... some Ottawa River sediments. Canadian Jour. of Ear. Sci. 13: 530-536.
- REIMERS, R.S. y KRENKEL, P.A.
- 1.974 Kinetics of mercury adsorption in sediments. Jour. Water Pollution Control Federation, 46: 352-365.
- REY DE LA ROSA, J.
- 1.973 Trabajo de investigación de Pb-Zn en la reserva de Loma Charra, provincia de Soria. Bol. Geol. y Min. T. 84-1: 32-43.
- RICO, M.C.; GONZALEZ, M.J. y HERNANDEZ, L.M.
- 1.983 Primeros datos sobre contaminación de las aves españolas por mercurio. Quercus Cuaderno 11: 22-23.
- ROBERTS, T.M. y GOODMAN, G.T.
- 1.973 In trace Substances in Environ. Health 7: 17-125.
- SATOR, J.D. y BOYD, G.B.
- 1.972 Water Pollution aspects of Street Surface Contaminants. EPA-R2-72-081 WASHINGTON, D.C. 235 pags.
- SEOANEZ CALVO, M.
- 1.977 La contaminación agraria. Publi. Ints. Nac. de Inv. Agrarias. Ministerio de Agricultura.
- SHACKLETTE, H.T. y BOERNGEN, J.G.
- 1.984 Element Concentrations in Soils and Other Superficial Materials of the Conterminous United States. U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 1270.
- SCHLEICHERT, U y HELLMANN, H.
- 1.973 Auftreten und Herkunft von Zink in Gewässern. Lite

raturber. 1972/3. Bundensanst Gewässerkde. Koblenz.

SINCLAIR, A.J.

- 1.976 Applications of Probability Graphs in Mineral Exploration. The Association of Exploration Geochemists. Special Vol. nº 4.

SKERFVING, S.; HANSSON, K. y LINDSTEN, J.

- 1.970 Chromosome breakage in humans exposed to methyl mercury through fish consumption. Archives of Environ. Health. 21: 133-139.

THORNTON, I. y WEBB, J.S.

- 1.975 Trace elements in soils and surface waters contaminated by post metalliferous mining in parts of England. En Trace Substances in Environmental Health. Hemphill, D.D. (ed.) vol. IX. Columbia, Miss.: Univ. Missouri: 77-88.

TOURTELOT, H.; HUFFMAN, C. y RADER, L.

- 1.964 Cadmium in samples of the Pierre Shale and some equivalent stratigraphic units, Great Plains Region. U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 475-D.

VERNET, J.P. y THOMAS, R.L.

- 1.972 Levels of mercury in the sediments of some Swiss Lakes including lake Geneva and the Rhone River. Eclogae Geol. Helv. 65/2: 293-306.

WARD, M.J.; BROOKS, R.R. y REEVES, R.D.

- 1.976 Copper, Cadmium, lead and Zinc in soils, stream sediments, waters, and natural vegetation around the

Tui Mine, the Aroha, New Zealand. M.Z.J. Sci. 19: 81-89.

WARREN, H.W.; DELAVault, R.E. y CROSS, C.H.

1.969 Trace substances in Environ. Health, 3: 9-19.

WEBB, J.S.; NICHOL, I. y THORNTON, I.

1.968 The broadening scope of regional geochemical reconnaissance. 23rd Int. Geol. Congr. 6: 131-147.

WEBB, J.S.

1.974 In Geochemical Exploration. (I.L. ELLIOT and W.K. FLETCHER, eds.) Amsterdam, Elsevier, 5-17.

WEBBER, N.D.

1.981 Epannage des boues residuaires sur les sols. Une evaluation. Rapport du Centre Technique des Eaux Usées. Service de Protection de L'Environnement. Canada.

WASLENUK, D.G.

1.975 Mercury in Fluvial Bed Sediments subsequent to Contamination. Environ. Geol. 1: 131-136.