

URBANISMO Y GEOLOGIA O GEOLOGIA URBANA

Por FEDERICO MACAU VILAR

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Vocal de la Asesoría Geológica de Obras Públicas.

Hace resaltar el autor la influencia que la Geología ha tenido y tiene en el aspecto y desarrollo de los pueblos y ciudades, la creciente importancia que adquieren los estudios geológicos del subsuelo de las grandes poblaciones y la necesidad de que éstos se prodiguen y divulguen para que lleguen al conocimiento de todos los interesados. Llama muy acertadamente la atención acerca de las ventajas de todo orden que reporta a la ciudad el conocimiento de su geología; e indica cuantos futuros problemas podrían evitarse los Municipios si los actuales planes de expansión y nuevas urbanizaciones se proyectasen y construyesen teniendo en cuenta las condiciones geológicas del terreno sobre el que van a apoyarse.

Conocidas máximas populares expresan sabia y acertadamente la postura de seguridad ante cualquier actitud en la vida, entre otras, con la escueta expresión de "estar apoyado con ambos pies en el suelo", en algunas regiones, o con la de "pisar fuerte" en otras. Lo que no sea estar así, equivale a estar en precario "en el aire". Pero para que esta seguridad sea más firme implica, además, "conocer el suelo que se pisa".

Si esto es verdad para el individuo, no deja de serlo menos para la colectividad, y, en consecuencia, para la cristalización material de ésta, cual es sin duda el pueblo o la ciudad que aglutina bajo un mismo nombre y liga con profundos aspectos y raíces a las colectividades elementales que han surgido de las varias razones que han impuesto al hombre su régimen de vida en sociedad. Y si para su seguridad personal el hombre necesita conocer el suelo que pisa, no cabe duda que los pueblos y las ciudades deben también conocer la naturaleza del terreno sobre el que se apoyan, y que aun sin darse cuenta, ha influido y continúa influyendo constantemente tanto en su fisonomía y aspecto, como en el desarrollo de su propia vida; ya que en el conjunto del ambiente en el que nace y se desarrolla cualquier ciudad, la constitución geológica del terreno es uno de los factores que imprime huellas más profundas; bien patente, por ejemplo, es el característico y conocido aspecto de los monumentos salmantinos, debido a las areniscas silíceas de las canteras que rodean aquella capital (figura 1.ª).

Innumerables serían los ejemplos que podríamos aducir, referente al aspecto que presentan las diversas ciudades y sus principales y clásicos monumentos, consecuencia de la geología del ambiente. Las construcciones graníticas de Santiago de Compostela, situada en el macizo arcaico de Galicia, la Catedral de Gerona (fig. 2.ª) construida con la conocida caliza nummulítica de sus alrededores, las construcciones en ladrillo de Zaragoza en el centro de una zona arcillosa, la misma Giralda de Sevilla, la blanca Catedral de Valladolid (fig. 3.ª) edificada con caliza procedente del páramo pontiense o la oscura catedral de Aru-

cas (fig. 4.ª) en Gran Canaria, levantada con la traquita de sus canteras volcánicas inmediatas, son unos pocos de los muchos que cabría citar.



Fig. 1.ª—Magna portada del convento de San Esteban, de Salamanca; en cuya construcción intervinieron, desde 1550 a 1630, un equipo de seis escultores y veintidós tallistas, verdaderos artífices en el esculpido de las famosas areniscas silíceas, paleógenas, de los alrededores de aquella capital, cuyas propiedades y presencia han dado lugar al bello, típico y característico aspecto de la arquitectura urbana salmantina, cuya dorada coloración, que con el tiempo adquiere como consecuencia de las variaciones físico-químicas de su contenido en hidróxido férrico, le proporcionan su conocido encanto.

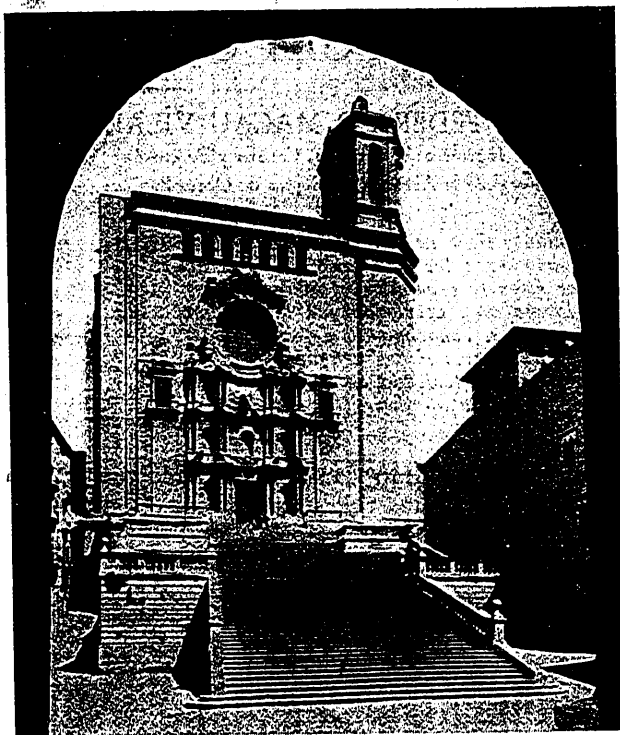


Fig. 2.ª — La catedral de Gerona, característica construcción de aquella región de caliza nummulítica, que si bien admite un bello pulimento, por efecto de la heladicidad del conjunto los nummulites se sueltan del resto de la roca, por lo que las fachadas y paramentos exteriores de los edificios y demás construcciones urbanas se afean o destruyen con relativa facilidad.

A todas las ciudades les interesa conocer su geología no sólo para aprovechar al máximo los recursos materiales que tiene más a mano y que puede resultar de utilidad para sus construcciones, sino porque además y principalmente las grandes ciudades, que empezaron a extenderse en horizontal, luego en vertical y que se expanden ahora cada vez más en profundidad, el conocimiento del suelo y del subsuelo sobre el que se apoyan y desarrollan, va adquiriendo más importancia y actualidad, dejando de ser una mera curiosidad para convertirse en una necesidad vital, si se quiere evitar, por otra parte, los grandes inconvenientes que pueden surgir en su crecimiento, si éste se realiza anárquicamente y con despreocupación "del suelo que se pisa".

Desde su origen, el hombre ha sentido la necesidad de asociarse con sus semejantes, aunque sólo fuera para defenderse colectivamente de los peligros comunes que le amenazan, en especial los que vienen del medio ambiente, y el factor dominante que empezó por determinar el lugar del establecimiento de los primeros núcleos fué y sigue siendo todavía para los nuevos, la presencia del agua, que como es sabido está íntimamente relacionada, junto con las condiciones climáticas a la geología del país.

Al pie de las fuentes y en las zonas de manantiales, surgieron los primeros núcleos de población, ya que instintivamente tanto el hombre como los animales prefieren el agua subterránea a la superficial.

Cuando estos núcleos humanos fueron creciendo y el hombre empezó la explotación agrícola sedentaria en las vegas de los ríos, tuvo que establecer sus villas y ciudades cerca de éstos, pero buscando los puntos elevados para huir de los efectos de las inundaciones. La construcción de los pueblos encima de los cerros y colinas fué la regla común de la Antigüedad y en toda la Edad Media.

Muchas de las ciudades desarrolladas junto a los ríos, en principio limitaron sus recintos fuera de los cauces de avenidas; posteriormente, empujadas por su crecimiento, han ido ocupando los solares secularmente inundables, que no pocas veces han resultado sensiblemente caros (fig. 5.ª).

Es clásico encontrar en muchos de nuestros pueblos y ciudades, en sus zonas más antiguas, la "calle alta de...", "barrio alto de..." en la parte alta de su topografía donde vive, además, la población autóctona, mientras que en la "calle baja de..." o en

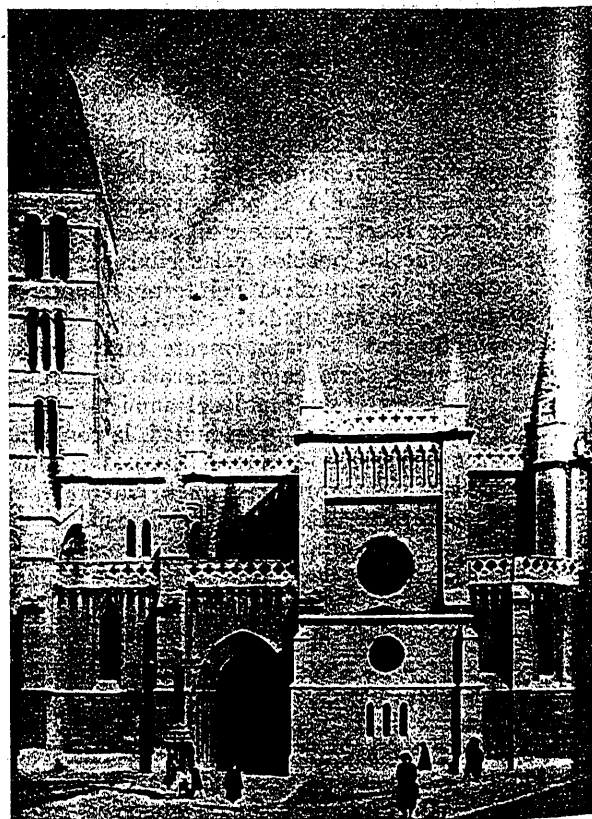


Fig. 3.ª — Fachada y torre de "La Antigua", de Valladolid, construida, como la mayoría de los monumentos vallisoletanos, con la caliza miocena de los páramos castellanos, de especial blancura, típica también de todas las construcciones de la meseta norte de nuestro país.

el "barrio bajo de..." es donde se han instalado los inmigrantes, cuanto más recientes más abajo.

Las grandes ciudades modernas, agotadas o limitadas sus posibilidades de extensión en planta, crecen hoy hacia arriba y hacia abajo; muchos de sus edificios disponen ya de varios sótanos donde albergan las instalaciones, servicios, almacenes, archivos, etcétera, etc., y la propia ciudad utiliza también cada vez más el subsuelo para la instalación y distribución de sus elementos fundamentales, como, por ejemplo,

yecto de la construcción de nuevas líneas del Metro que llaman de "grandes distancias", con el que se unirán los barrios extremos con el centro; con trenes directos sin paradas intermedias. Los túneles de estas nuevas líneas se piensan construir a 100 m. de profundidad por debajo de sus calles, pero esta profundidad no se ha fijado sin más ni más, sino que viene impuesta por las favorables condiciones que presentan para su construcción y entretenimiento unos bancos de caliza cretácica que se encuentran a este nivel

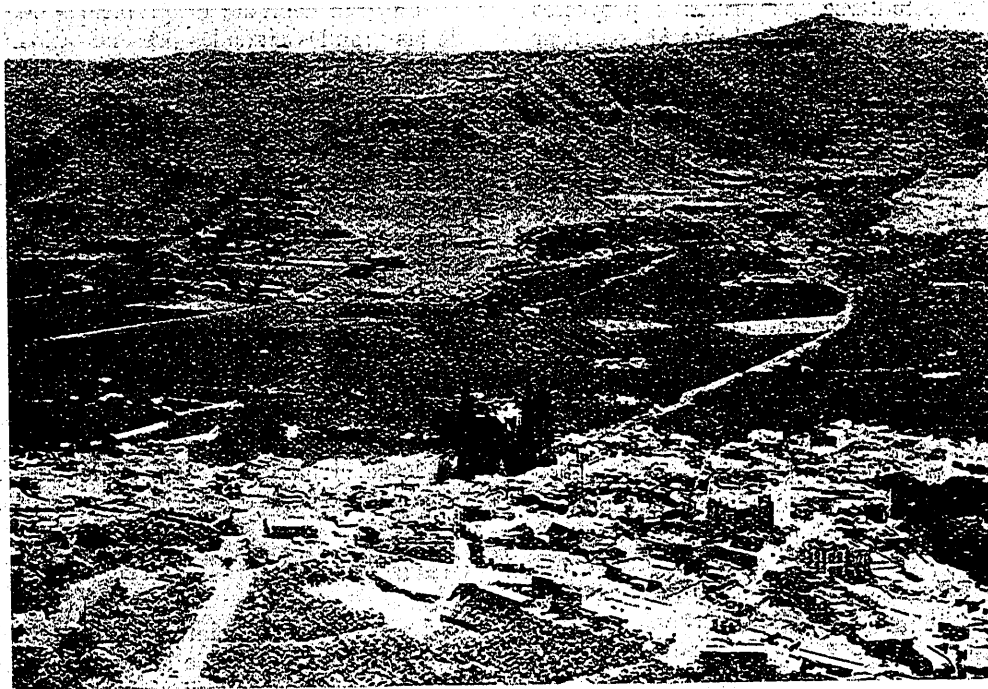


Fig. 4.*—Sobre el blanco encalado de la construcción urbana de Arucas y el verde de las plantaciones de plataneras de aquella rica zona, destaca la silueta de su catedral, filigrana arquitectónica esculpida en la oscura traquita de las vecinas coladas volcánicas, que ha dado el sello característico que distingue toda la cantería de las edificaciones de Gran Canaria.

entre otros, los transportes de personal, materiales, agua, energía, los colectores y emisarios de evacuación de las aguas negras; en muchas el establecimiento de refugios, etc., etc.

Para todos estos casos y otros muchos, la importancia de los fenómenos geológicos es primordial, y aun cuando las condiciones imperativas del subsuelo suelen ser permanentes y de difícil o más o menos costosa modificación, resulta, sin embargo, mucho más fácil prever su influencia, cuando se conocen y con tanta más facilidad y eficiencia cuanto más profundo sea el grado de conocimiento a que se haya llegado, y no cabe duda que el conocimiento geológico del subsuelo es el único camino que nos puede indicar en cada caso qué precauciones especiales habrá que tener en cuenta, dónde y por qué hay que tomarlas, y de qué clase han de ser.

En París, por ejemplo, se está estudiando el pro-

por debajo de las formaciones del eoceno y oligoceno, integradas por alternancias de areniscas, calizas travertínicas, yesos, arcillas, etc., etc.; el conocimiento geológico que posee París de su subsuelo, es lo que ha hecho posible la concepción de este proyecto, que ha de proporcionar interesantes soluciones a muchos de los problemas que allí tienen planteados.

Son muy pocas, que sepamos, las grandes ciudades que de un modo sistemático han estudiado con detalle y método la geología de su subsuelo: Nueva York, por la necesidad de estudiar las cimentaciones especiales de los rascacielos de Manhattan, y los túneles que cruzan por debajo del Hudson, uniendo aquella isla con los muchos barrios que se extienden por ambas orillas de los brazos del río; Méjico, para solucionar los problemas del hundimiento de sus edificaciones, asentadas en los terrenos que a finales del Plioceno ocupaban aún el lago Texoco, hoy reducido

en gran proporción, tiene especialmente reconocido y estudiado su subsuelo hasta más de 80 m. de profundidad; y París, que tuvo que enfrentarse, entre otros, con los problemas que presentaban la existencia de antiguas canteras, que se explotaron subterráneamente en su actual subsuelo, convertidas hoy en sus conocidas "catacumbas".

Para los fines que nos proponemos en el presente artículo, creemos de interés recordar rápidamente el proceso seguido por esta última capital en orden al estudio de la geología de su subsuelo.

En 1898, al estudiarse los primeros proyectos para la construcción del Metro, y luego al comenzar las obras de construcción de los túneles, se empezó a hacer un mapa geológico del subsuelo de la ciudad en el que se anotaban y registraban todos los datos de este tipo que tal construcción iba proporcionando.

Este primer mapa, de lenta elaboración, se empezó en el año 1900, no quedó terminado hasta 1925 y se editó para su venta al público en 1935. En él se presenta a escala 1/5 000 la constitución geológica de lo que han llamado el primer subsuelo de París, que interesaba hasta una profundidad de 25 a 30 m.

En 1935, al iniciarse el estudio del plan del Gran París, se acordó extender estos estudios a todo el subsuelo del departamento e interesando hasta una profundidad media de 300 m.

De estos trabajos se han obtenido datos interesantísimos y de enorme utilidad desde muchos puntos de vista; por ejemplo, aparte de los inmediatos acerca de la naturaleza y característica del suelo de cimentación, que ha permitido regular el tipo de éstas y, en consecuencia, el de las superestructuras superiores, fijando y delimitando zonas de distinta naturaleza y, por tanto, de diferente aplicación a diversos fines; se han localizado hasta 10 niveles acuíferos con importantes caudales de diferente calidad y, por tanto, de distinto aprovechamiento y explotación. Estudiados éstos y las diversas necesidades municipales, públicas y particulares, se han legislado con pleno conocimiento de causa, disposiciones que regulan y reservan la utilización de alguno de éstos, exclusivamente para ciertos servicios municipales (riegos e incendios); otros, en cambio, se destinan al servicio de los particulares y, finalmente, se ha prohibido en absoluto la utilización de otros para cualquier fin.

Del estudio detallado de estas aguas, y de la geología correspondiente, realizado por un equipo de ingenieros y geólogos, se ha descubierto incluso la procedencia de los caudales que alimentan estos mantos freáticos, algunos de los cuales tienen un origen tan lejano, que se han localizado en las llanuras holandesas.

Para estudiar y recopilar todos los datos que puedan ser de interés público, existe en París una oficina municipal a cuyo cargo corre esta misión. En ella hay establecido un verdadero archivo de los cimientos de la capital, y en París no se puede abrir

ninguna cimentación, zanja, pozo o excavación, cualquiera que sea, desde los túneles del Metro hasta el más pequeño y superficial ramal de alcantarillado, incluyendo todas las galerías de servicio y conducciones de agua, gas, electricidad, etc., etc., sin el permiso correspondiente de esta oficina, que ejerce además el visado de todas estas obras recogiendo, archivando y utilizando todos los datos que suministran acerca de la geología interesada, que convenientemente estudiados, clasificados y relacionados, quedan para su consulta a disposición de todo el mundo.

La gran cantidad de problemas que la expansión de las grandes ciudades presenta a los urbanistas encargados del estudio y dirección de estos inexorables crecimientos y en los que no siempre se tiene en cuenta el factor geológico del suelo, pueden dar lugar a una serie de posteriores complicaciones que en definitiva han de repercutir acentuadamente sobre el presupuesto municipal en el instante de remediar muchos estados de cosas que el estudio geológico previo hubiera podido evitar de antemano.

Creemos, por tanto, de interés llamar la atención sobre la existencia de estos problemas, sobre alguno de los cuales vamos a hacer una ligera referencia, aunque sólo sea sobre los principales, para darnos cuenta del interés que puede ofrecer y de las ventajas de todo orden que su correcto enfoque y planteamiento, desde el punto de vista geológico puede proporcionar a la ciudad que se preocupa de los mismos.

CIMENTACIONES.

La necesidad de cimentaciones especiales que requiere la construcción de los grandes edificios modernos, implica el estudio detallado de cada caso en particular, y por regla general cada vez que el proyectista ha de enfrentarse con este problema, su estudio ha de arrancar de cero, por no disponer, en la mayoría de los casos, de ninguna referencia ni cerca ni lejos del lugar que en aquel momento le interesa. Es evidente que, para resolver el problema, se toman todas las medidas necesarias y se hacen todas las pruebas y estudios pertinentes antes de empezar el vaciado del solar y la excavación de los cimientos, pero una vez superada esta etapa, y nada más iniciada la obra, todos los datos obtenidos se olvidan y terminan perdiéndose para todos o, en el mejor de los casos, quedan archivados en un expediente particular al que apenas acude nadie para posteriores consultas; unos, porque quedando en el ámbito particular no tienen acceso a ellos, y otros, porque ni siquiera conocen su existencia.

Por otra parte, cualquier cosa o detalle de interés que puede haber aparecido, bien pronto queda oculto para siempre por la obra correspondiente, que tiene prisa en "salir de cimientos", y el resultado práctico real es que "nunca más se supo".

La existencia de un Centro que recogiera y ar-

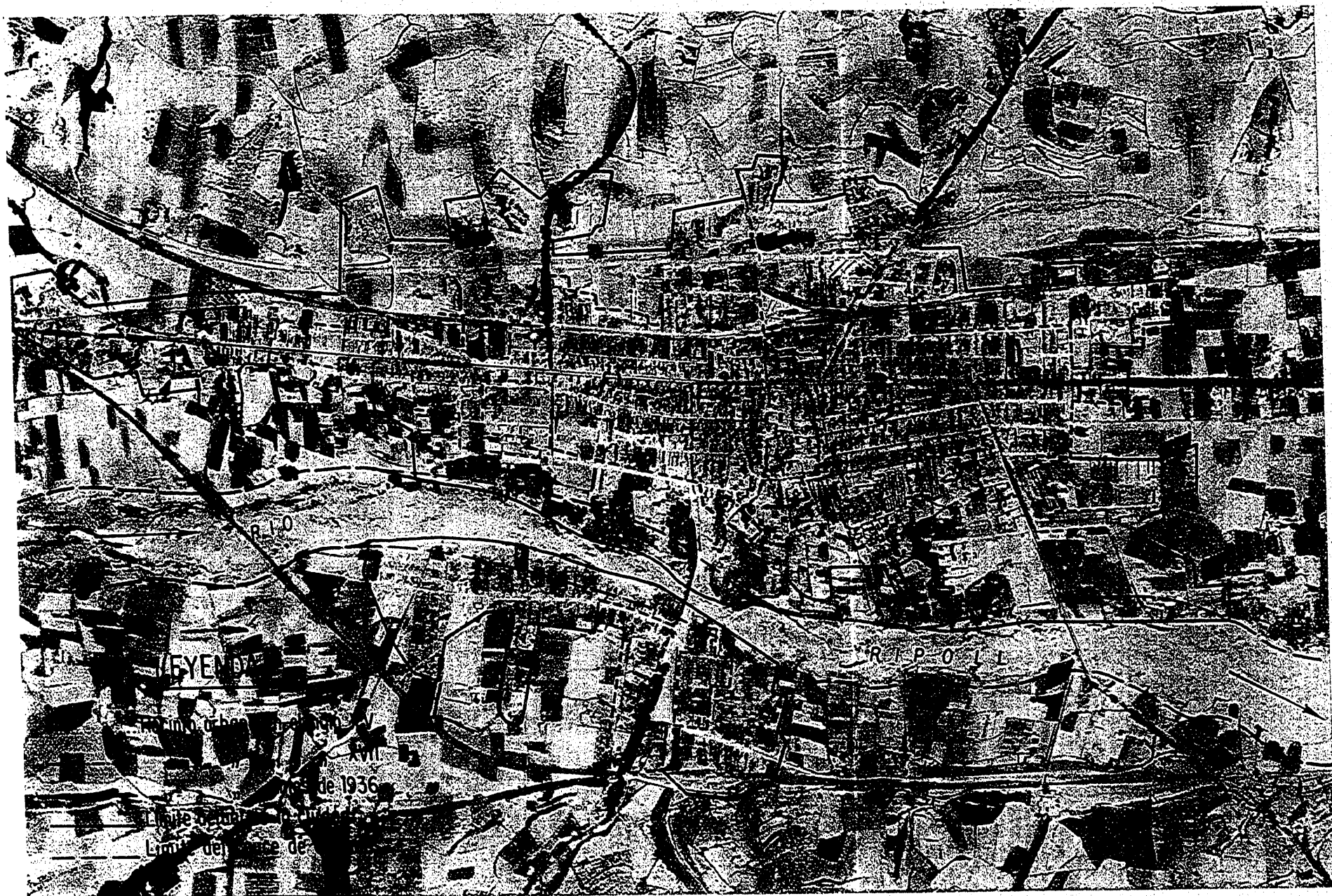


Fig. 5.ª—Vista aérea de Granollers (provincia de Barcelona), elocuente ejemplo de inconsciente invasión de terrenos peligrosos, por el crecimiento anárquico de la población. El núcleo primitivo de dicha ciudad (contorno punteado) fué, hasta el siglo xv, un reducido recinto construido sobre un montículo fuera del alcance de las aguas del río, en el antiguo cruce de las rutas milenarias Roma-Tarraco, Ausa-Illuro. Desde entonces, su perímetro se ha ido extendiendo a lo largo de aquellas vías de comunicación o de sus modernas derivadas, hasta llegar en la actualidad a invadir las zonas secularmente inundables por el río, con nuevas urbanizaciones evidentemente expuestas a las consecuencias de las crecidas del río, que de vez en cuando, más o menos periódicamente, vuelve, como se dice, con sus *escrituras en la mano*, reivindicando para sí los terrenos que, inconscientemente, se le han ido arrebatando poco a poco, por desconocimiento o haciendo caso omiso de las leyes hidrogeológicas preestablecidas por la Naturaleza.

chivara todos los datos que sin duda proporciona cualquier cimentación, no cabe duda que en un período de tiempo más o menos corto estaría en disposición de facilitar inapreciable información a todos los proyectistas y constructores que acudirían a ella, en lugar del recurso actual de fiarse del antiguo capataz o del peón "que dice" intervino en tal o cual obra, que puede parecerse o no a aquella de la que en aquel momento se trata.

ALCANTARILLADO, CONDUCCIONES Y GALERÍAS DE SERVICIO.

A las excavaciones que estas obras dan lugar, les viene ocurriendo lo mismo que a las cimentaciones de los edificios, con el agravante de que en ellas, por su misma índole y extensión, los datos que dejan de recogerse y conocerse, para quedar del mismo modo indefinidamente ocultos y desconocidos para el público técnico en general, abarcan un campo mucho mayor y sus condiciones estadísticas hubieran podido resultar de gran ayuda y valía.

El valor del suplemento de trabajo que puede representar la labor de ir consignando y registrando todas las características geológicas del terreno que por cualquier motivo se abre y queda temporalmente a la vista en cualquier obra, por superficial que sea, es mínimo comparado con el que puede economizarse el día de mañana al poder disponer del conjunto de estos datos obtenidos con la garantía de la labor de unos técnicos dedicados a ello.

TÚNELES DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN URBANA.

La construcción de ferrocarriles metropolitanos, de toda índole, los cruces de calles a distinto nivel, los túneles para los pasos inferiores, etc., etc., proyectados y construidos por diversos organismos, ya sean estatales, municipales o particulares, necesitan aún mayores estudios geológicos que los casos anteriores, y la información que de ellos se puede y debe obtenerse, entendemos que no puede quedar sólo al servicio de unos pocos sino que, todo ello, constituye un conjunto de conocimientos que deben pasar al patrimonio cultural del municipio o del país al alcance y disposición de todos.

Cada organismo de este tipo será muchas veces contribuyente a este fondo de conocimiento general, pero muchas más, se podrá asimismo beneficiar libre y cómodamente del trabajo realizado por otro en bien y provecho de todos.

OBRAS DE LOS ABASTECIMIENTOS.

Cualquier ciudad que tenga un mediano sistema de abastecimiento de agua potable tiene necesidad de un depósito regulador en cabeza de la red de distri-

bución de capacidad suficiente para asegurar el servicio.

La mayoría de estos grandes depósitos son enterrados o semienterrados; su excavación, por tanto, ha dejado al descubierto un corte del terreno que ha podido suministrar mucha información geológica de gran aplicación posterior.

Desgraciadamente, esta fuente de información quedó rápidamente ocultada, y no son raros los casos en que por posteriores averías surgidas en las obras del propio depósito, han sido éstas las primeras en sufrir las consecuencias de no haber aprovechado aquella coyuntura y haber registrado los datos que temporalmente se tuvieron a mano.

ESTUDIO DE LOS NIVELES FREÁTICOS.

El conocimiento de la existencia, caudal, importancia, naturaleza, procedencia, posibilidades de captación, de regulación, de explotación, peligro de contaminación, aprovechamiento, etc., etc., de las aguas subterráneas en el subsuelo de la misma ciudad, es función de su constitución geológica, y lo que podríamos llamar "Hidrogeología urbana" es hoy uno de los problemas que más preocupa a todos los técnicos que en una forma u otra están relacionados con estos temas en los que intervienen el agua y el terreno que la contiene o por el que circula, unas veces para disfrutar de ella, y otras, para evitar los perjuicios que su presencia puede ocasionar.

El tema de las aguas subterráneas existentes bajo el solar urbano, presenta en seguida una envergadura tal, que escapa inmediatamente de los límites lógicos de unos simples comentarios como los presentes, pero como decíamos antes, merece la pena aunque sólo sea citar algunos casos de problemas relacionados con él, con los que forzosamente ha de tropezar cualquier desarrollo urbano que se intente y desde el primer momento de su iniciación.

El perfeccionamiento de los medios de alumbramiento de las aguas subterráneas ha producido como primera consecuencia la necesidad de valorar las disponibilidades de caudales utilizables y conocer su posible reposición.

El agotamiento de las reservas acuíferas subterráneas es un fenómeno universal y las medidas de control, conservación y posible realimentación se impone en la mayoría de los casos.

El estudio de la posible contaminación de estas aguas por la influencia que en un momento dado puedan tener sobre ellas los sistemas de evacuación o eliminación de aguas negras, o de las procedentes de ciertos procesos industriales, es otro punto íntimamente ligado con la naturaleza geológica del subsuelo.

La existencia de pozos absorbentes o filtrantes, cuya construcción es todavía muchas veces insoslayable a pesar de los peligros que puedan presentar,

necesitan, mientras no se pueda eliminar definitivamente su existencia, de una reglamentación de la que el conocimiento de la naturaleza del subsuelo no puede ni mucho menos estar ausente.

INSTALACIONES DIVERSAS.

Prescindiendo de las múltiples instalaciones industriales que pueden establecerse en el interior del recinto urbano de las grandes ciudades y cuyos subproductos por un lado, las aguas de refrigeración y más aún las procedentes de ciertos procesos de lavados o de tratamientos químicos, etc., etc., por otro, cuya eliminación y evacuación puede también relacionarse con la naturaleza del subsuelo, vamos a fijarnos, rápidamente, en algunas en particular que por su carácter de servicio público quedan más encuadradas en el marco general que estamos trazando.

En todos los núcleos de población, pero especialmente en las grandes ciudades, la producción de residuos de todas clases que hacen falta eliminar de su interior, adquiere diariamente volúmenes de gran importancia cuya destrucción o transformación plantea problemas de cierta envergadura, según los procedimientos que se empleen para ello.

Estos procedimientos pueden ser varios, desde el simple abandono al aire libre, a su tratamiento por incineración o digestión termofílica (procedimiento Becari) pasando por otros varios tales como acumularlas en depresiones naturales o artificiales en los llamados depósitos controlados.

La transformación de estas basuras se realiza por medio de procesos de fermentación que producen un afluente que, si está en contacto directo con el suelo y éste es de naturaleza permeable, puede fácilmente contaminar, aunque sólo sea localmente, las aguas freáticas existentes, convirtiendo estos depósitos en peligrosos focos de infección. No debe, por tanto, permitirse la instalación de estos depósitos en cualquier lugar. Una vez más la naturaleza geológica del terreno puede ser prohibitiva para tales instalaciones.

Otro tanto puede decirse referente a la instalación de los mataderos y de los carneros.

Hasta el presente, pocos, por no decir ninguno, han sido los casos en los que en la ubicación de estos servicios e instalaciones municipales se ha tenido en cuenta la constitución geológica del subsuelo y, sin embargo, ésta resulta fundamental para la elección de los terrenos que deben ocupar. El subsuelo de los mataderos, lo mismo que el de los carneros, debe ser impermeable o impermeabilizado, o en caso contrario muy permeable y filtrante, pero situado a distancia suficiente de cualquier pozo o manantial, al objeto de que la depuración bacteriológica de sus aguas residuales se pueda realizar antes de contaminar a aquéllos. El perímetro de protección no puede fijarse, evidentemente, sin el estudio geológico detallado del terreno, realizado por un hidrogeólogo especialista.

Otros problemas interesantes en este mismo orden de cosas es el de la construcción de nuevos cementerios.

El ciclo biológico que comprende la muerte de los seres vivos implica la desaparición de los cadáveres.

Prácticamente, hasta finales del siglo XVIII ningún principio higiénico ni mucho menos geológico, se tuvo en cuenta para la situación de los cementerios; hasta entonces, generalmente construidos junto a la iglesia parroquial en el mismo centro de los pueblos y, por tanto, rodeados por todos los pozos de las casas del vecindario.

Modernamente, en cambio, se ha exagerado quizá en la valoración del peligro que representan los cementerios cerca de los núcleos urbanos, invocando desprendimientos de gases, olores, etc., cuando en realidad, sin embargo, el único peligro, pero no pequeño, que pueden presentar se reduce al de la contaminación de las aguas subterráneas.

Un cadáver enterrado a una profundidad de 1,5 a 2,0 metros en terreno permeable pierde rápidamente del 65 al 70 por 100 de su peso, que corresponde a la parte acuosa del cuerpo humano; la oxidación de las partes blandas se facilita grandemente con el paso de las aguas de infiltración, que a la vez disuelven y arrastran las sales minerales, de modo que al cabo de tres a cinco años no queda en el terreno más que el esqueleto, salvo aquellos pocos casos en los que por la aparición de una esclerosis muscular, los cadáveres se convierten en momias secas.

Pero si a través de una tumba no circulan estas aguas de infiltración, no tienen lugar esos fenómenos de oxidación y se desarrolla entonces la fermentación anaerobia de las partes blandas de los cadáveres, que las transforma en adipocira, pudiéndose conservar los cuerpos en esta forma durante mucho tiempo y, con ellos, todos los gérmenes que contenían en el momento de la muerte, constituyendo un foco de contaminación que puede convertirse en operante en cualquier momento, por las más variadas causas.

La naturaleza del terreno de los cementerios no puede, pues, tampoco ser indiferente a su establecimiento; un terreno permeable será bueno para un cementerio, mientras que uno impermeable será malo como tal.

La fluctuación de las capas freáticas es menos de temer que el estancamiento del agua en el interior de una cubeta subterránea cerrada sin posibilidad de salida por el fondo y, en consecuencia, los cementerios deben situarse al ayuso geológico de las poblaciones, que no siempre coincidirá en el topográfico.

Si no puede escogerse, por no existir en las cercanías de la población un terreno permeable, la preparación ideal del terreno para el establecimiento de un cementerio consiste en el establecimiento de una cuadrícula de drenaje sobre el fondo impermeable y debajo de una capa de terreno echadizo que no contenga ni bloques grandes ni partículas de arcilla, mez-

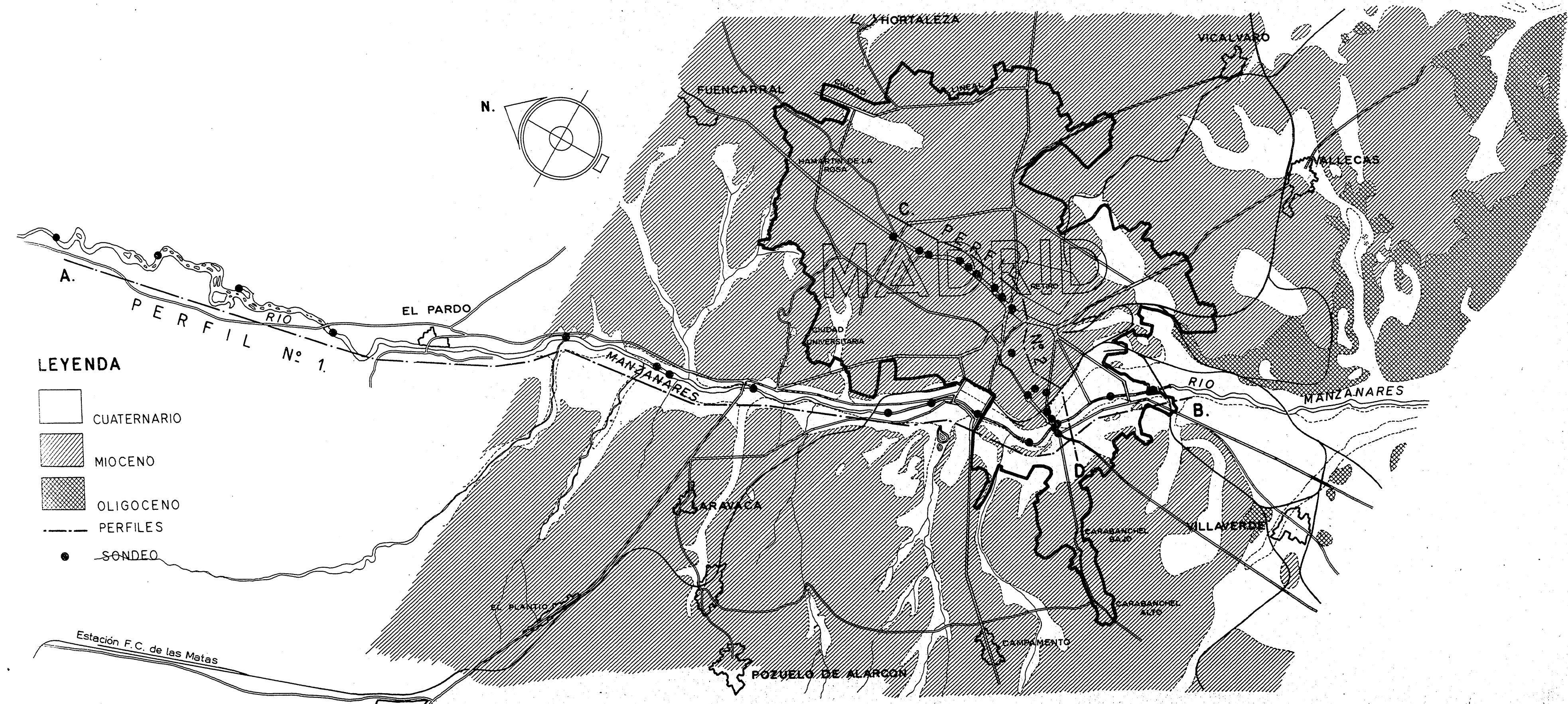
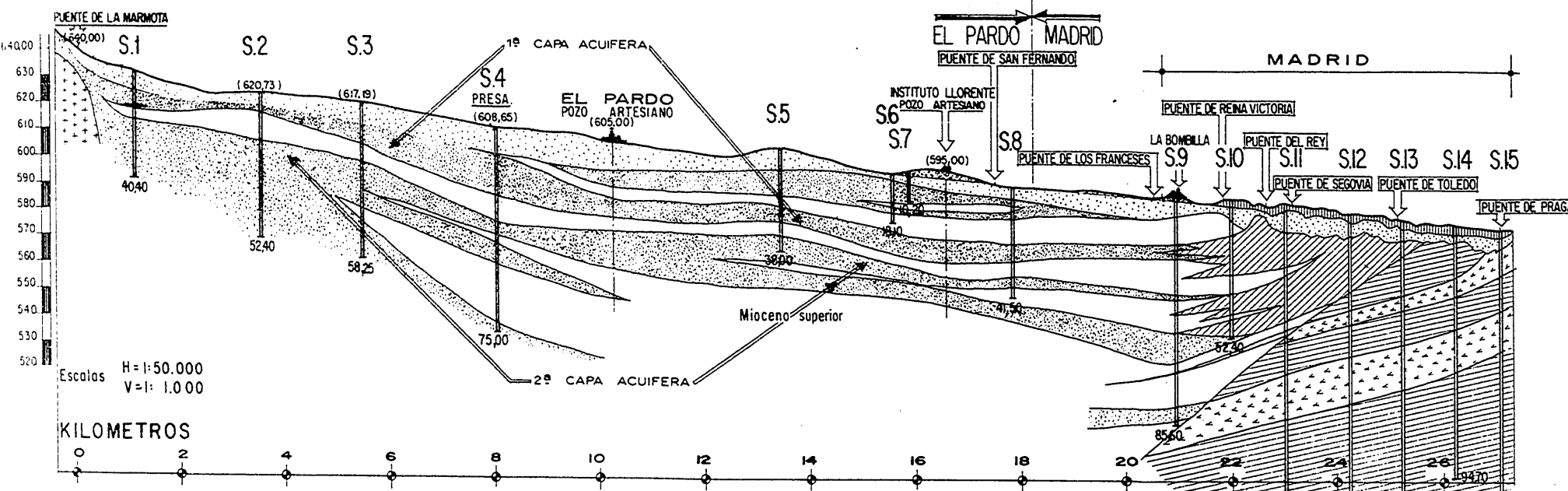


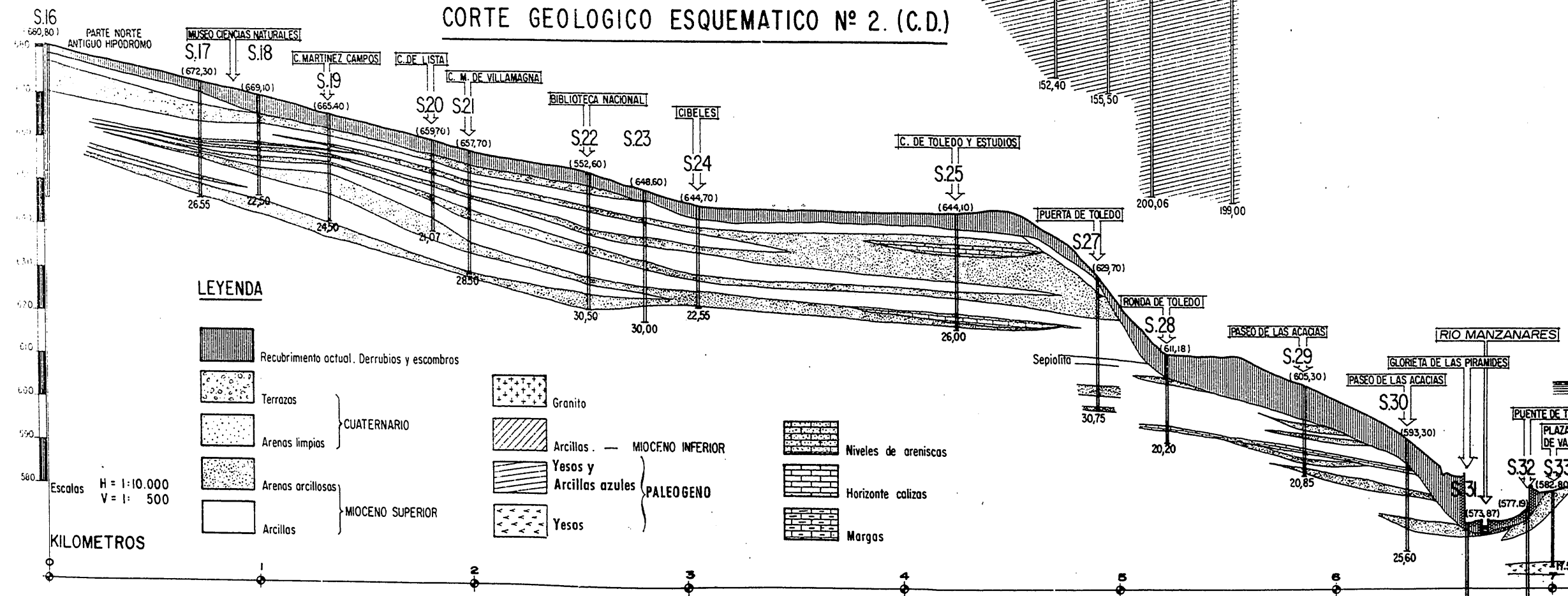
Figura 6.ª.

CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO Nº 1. (A.B.)

A LO LARGO DEL RIO MANZANARES



CORTE GEOLOGICO ESQUEMATICO Nº 2. (C.D.)



DETALLE DEL SONDEO EN EL PUENTE DE PRAGA

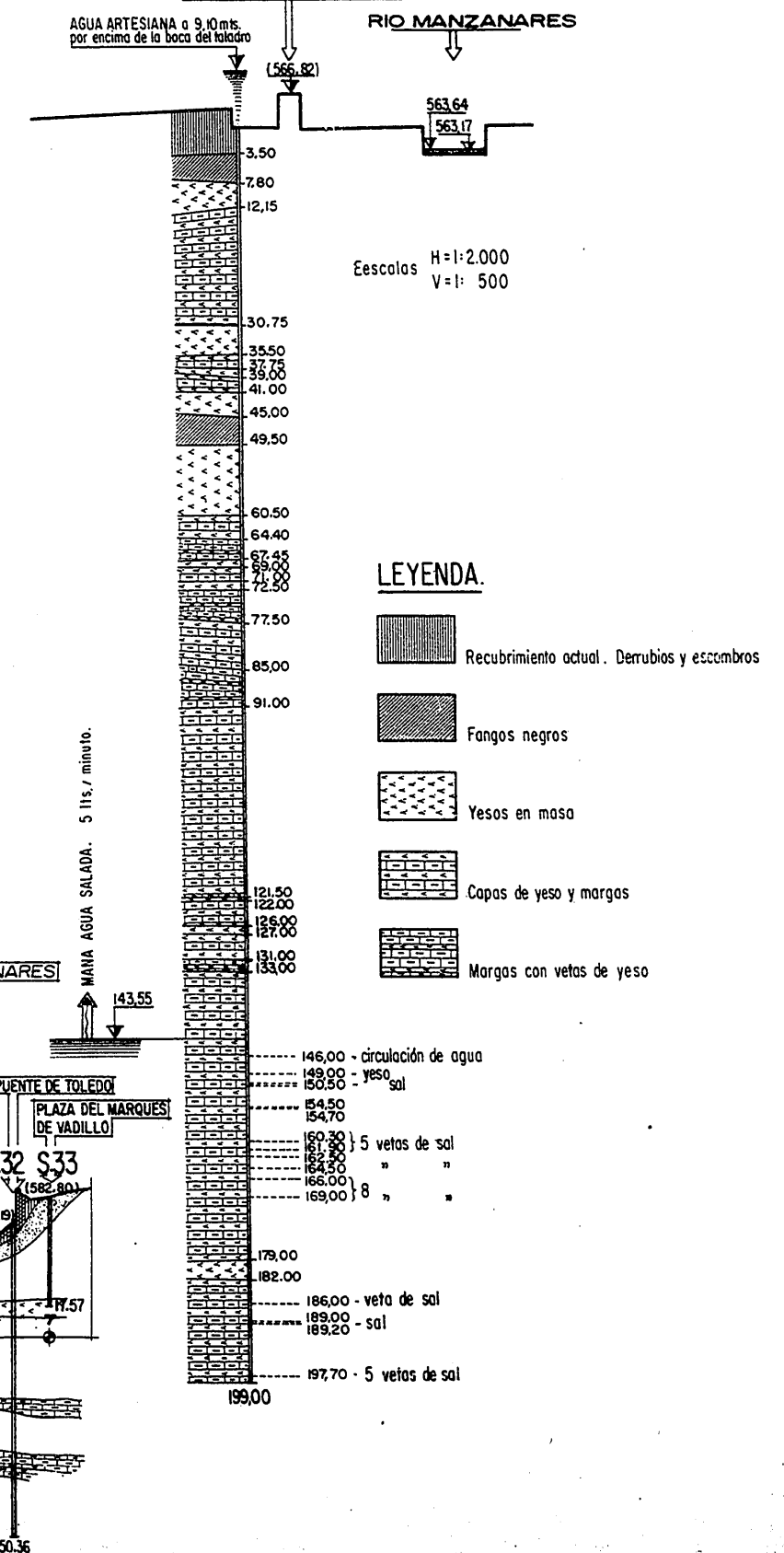


Figura 7.ª.

clado con escorias, hasta un total de 2 m. de altura, que se recubre luego con una capa de tierra vegetal sobre la que puede instalarse el jardín correspondiente.

Las aguas procedentes de la red drenante se tratarán en filtros de escorias y se depurarán convenientemente antes de evacuarlas a los colectores o emisarios dispuestos.

La ubicación de los cementerios, función sin duda municipal, está, pues, íntimamente relacionada una vez más con los problemas de hidrogeología del subsuelo.

De la envergadura que llegan a adquirir a veces estos problemas nos puede dar una idea la cantidad de pozos de uno de los barrios de París, que hubo necesidad de cegar a fines de siglo pasado como medida de salubridad pública. En este mismo barrio y rodeado por todos estos pozos, existía el quequeño cementerio llamado de los "Inocentes", en el que desde el siglo XI hasta 1735 en que fué cerrado, se habían enterrado cerca de un millón y medio de cadáveres.

Fácilmente se deduce de todo lo anterior la importancia que tiene la geología en la solución de los problemas que plantea el moderno desarrollo urbanístico de las grandes ciudades y, sin embargo, son aún muy contadas las capitales que han dedicado seriamente su atención a este aspecto del urbanismo.

Algunas, como hemos dicho, obligadas por necesidades imperiosas, lo han abordado, y desde hace tiempo han emprendido sistemáticamente el estudio geológico de su subsuelo con palpables y satisfactorios resultados. Otras, en cambio, aún no han caído en la cuenta, y cuanto más tardan en emprenderlos, mayores serán los perjuicios a remediar, que hubieran podido ser evitados.

Por lo que se refiere a nuestro país, ninguna de nuestras grandes capitales se han ocupado ni colectiva ni municipalmente de realizar directamente sus estudios, ni siquiera a patrocinarlos, ni a recoger lo que por diversas causas se ha hecho por diversos organismos o particulares en puntos concretos o para obras determinadas. Algunos de estos estudios han quedado archivados, otros pueden haberse perdido, y para la mayoría de los técnicos a los que su conocimiento podría vivamente interesar, son prácticamente inexistentes.

Por lo que a Madrid se refiere, no nos cabe duda que muchos de los problemas que tanto le afectan, relacionados con la naturaleza de su subsuelo, podrían entrar en vías de solución si se dispusiera de un conocimiento geológico más amplio y divulgado del mismo.

La localización de los siempre demasiado frecuentes socavones, sobre un mapa geológico del subsuelo urbano, seguro que nos pondría en buen cami-

no para su previsión y, en consecuencia, para su solución.

Basta, por ejemplo, por otra parte, la simple contemplación del adjunto bosquejo geológico que adjuntamos (figs. 6.^a y 7.^a), realizado con los pocos datos existentes en nuestro Servicio Geológico de Obras Públicas, obtenidos por nuestro compañero D. Antonio del Aguila, para percatarnos de la utilidad y grandes ventajas que se podrían obtener si se dispusiera de un mapa geológico completo de todo el subsuelo del solar urbano de la capital, en orden a las futuras urbanizaciones, ubicación de instalaciones y servicios, etc., etc.

Madrid se está extendiendo con preferencia hacia zonas donde la presencia del yeso y de ciertas arcillas en el subsuelo ha de producir a la larga trastornos importantes, dejando en cambio de lado otras zonas exentas de estos peligros materiales que geológicamente ofrecen, por tanto, condiciones mucho mejores para recibir su desarrollo urbanístico, y es muy posible que en un próximo futuro se sufran las consecuencias de no haber tenido en cuenta al planear el actual crecimiento, las condiciones y características geológicas del subsuelo que se está pisando.

La misma falta de datos y conocimientos geológicos del subsuelo urbano concurren en Barcelona, y nos parece oportuno en estos momentos llamar la atención sobre este extremo. La capital catalana está en vísperas de emprender importantes obras urbanas subterráneas con motivo de la gran ampliación planeada, de su red de ferrocarriles metropolitanos. Creemos que es una magnífica ocasión para arrancar en la importante e interesante labor del estudio geológico del subsuelo urbano de aquella ciudad, que dispone por otra parte de elementos extraordinariamente preparados para ello, no en balde radica allí una de las escuelas geológicas de más prestigio y solera del país, y en la cual ya existe la inquietud por estos temas, como lo atestigua la interesante conferencia que con análogo título al de este artículo pronunció recientemente la doctora C. Virgili en la Universidad de Barcelona, y sería un lamentable error dejar perder la ocasión de recoger y estudiar sistemáticamente todos los datos y características geológicas del terreno que temporalmente han de dejar al descubierto las extensas e importantes obras subterráneas citadas.

La experiencia obtenida en las pocas ciudades que se han preocupado de estos temas, permite afirmar sin temor de equivocarse, que la ejecución de este tipo de estudios resulta ser una de las inversiones municipales más rentables que puede hacer una ciudad.

Como decíamos al principio, *el conocimiento del suelo que se pisa ha pasado de ser una mera curiosidad para convertirse en una imperiosa necesidad de primer orden.*