

Constitución geológica y características geotécnicas del subsuelo urbano de La Tenderina-Ventanielles (Oviedo)

J. A. Pulgar¹, M. Gutiérrez Claverol¹ y M. Torres Alonso²

¹ *Departamento de Geología. Universidad de Oviedo*

² *Dpto. de Explotación y Prospección de Minas. Universidad de Oviedo*

Recibido el 20 de Octubre de 1998.

Aceptado el manuscrito revisado el 16 de Diciembre de 1998.

Resumen: El análisis de numerosos sondeos mecánicos y de perfiles de georadar en la zona de La Tenderina-Ventanielles (Oviedo) han permitido obtener un corte detallado de los depósitos cuaternarios y terciarios que constituyen su subsuelo. La base del recubrimiento cuaternario dibuja puntualmente morfologías de tipo embudiforme, que parecen tener su origen en dolinas de subsidencia creadas por un proceso geológico de hundimiento en la zona carstificada de los yesos terciarios infrayacentes. Estas antiguas depresiones se encuentran colmatadas por los depósitos cuaternarios: materiales aluviales (arenas y gravas) y lagunares (limos arcillosos organógenos). Dentro de los materiales terciarios destaca un nivel de yesos masivos, que llega a alcanzar potencias que superan los 18 m, permitiendo precisar la extensión superficial de la cuenca lacustre desarrollada durante el Eoceno Superior (muy probablemente en el Bartonense Inferior-Medio).

Palabras clave: Cuaternario, Terciario, yesos, karst, colapso, Oviedo.

Abstract: A site investigation based on several mechanical boreholes and ground probing radar in La Tenderina-Ventanielles (Oviedo) have permitted to obtain a detailed section of the Tertiary and Quaternary deposits that constitute its subsoil. The base of the Quaternary cover exhibits punctually a funnel-shaped morphology, that seem to have its origin in collapse sinkholes (dolines) created by dissolution-collapse processes in an underlying karstified gypsum level of Tertiary age. This ancient depression was infilled by Quaternary deposits composed of alluvial sand and gravel, and marshy organic-rich mud. Within the Tertiary materials underlines a massive gypsum level up to 18 m thick that permits to specify the superficial extension of the lacustrine basin developed during Middle-Late Eocene (probably Early-Middle Bartonian).

Key words: Quaternary, Tertiary, gypsum, karst, collapse, Oviedo.

La zona de La Tenderina, situada en el noreste del núcleo urbano de Oviedo, se caracteriza por poseer un subsuelo deficiente que obliga a tomar medidas constructivas especiales. Los estudios geológicos precedentes realizados sobre esta zona de Oviedo la definen como problemática por sus precarias condiciones de cimentación. Coexiste la baja calidad geotécnica de los materiales que constituyen su subsuelo con la presencia permanente de agua, tanto superficial como subterránea. Aunque con al-

gunas variaciones, el nivel freático general de esta zona se sitúa muy próximo a la superficie topográfica. Antes de su urbanización, gran parte del barrio de La Tenderina estaba anegado de agua.

Las construcciones importantes erigidas en la zona no estuvieron exentas de problemas. Así, la cimentación del Palacio de los Deportes constituyó un caso geotécnico de singular interés, empleándose pilotes inclinados; al principio los pilotes se ejecutaron con cemento "Portland", pero los resultados

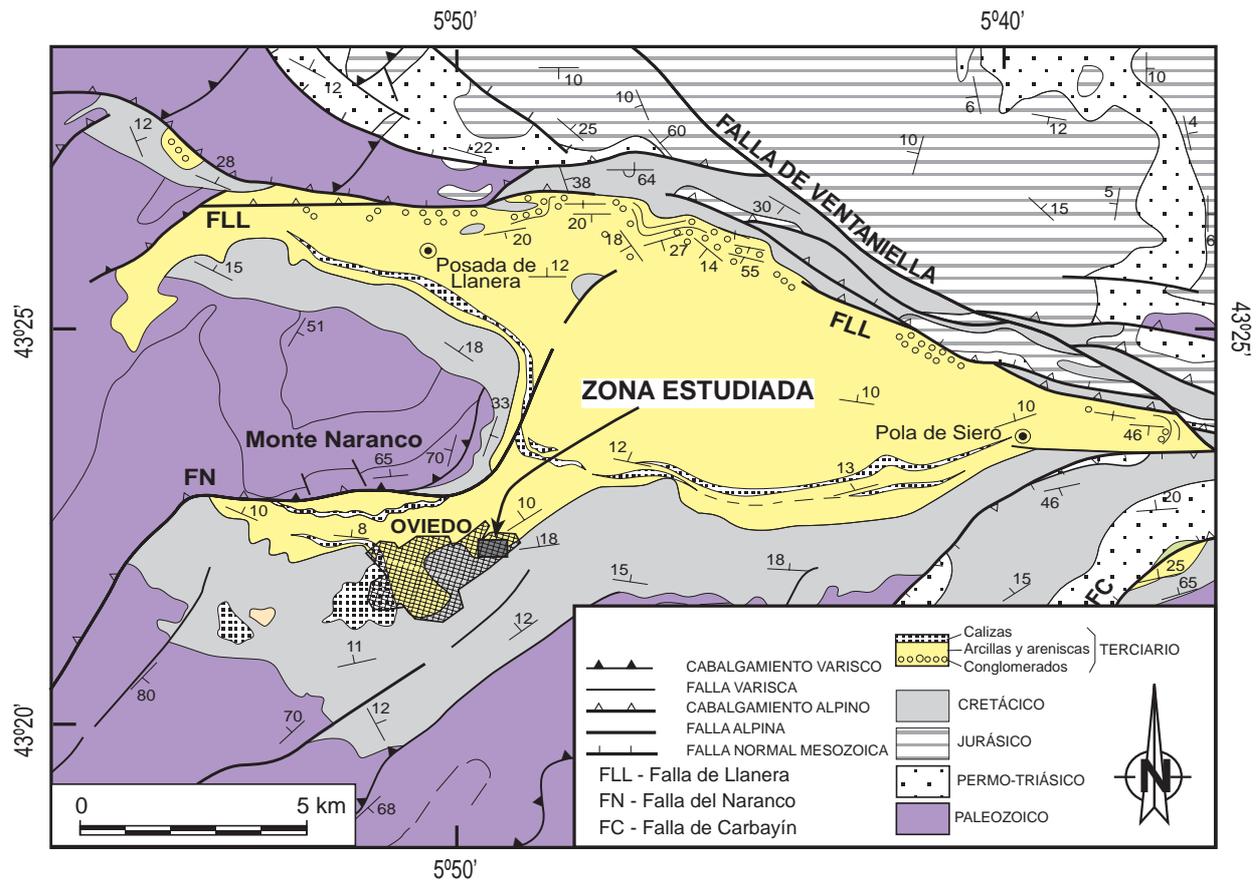


Figura 1.- Mapa geológico de la cuenca de Oviedo, con la situación de la zona estudiada (según Alonso y Pulgar, 1995).

negativos de las pruebas de carga que se realizaron, aconsejaron utilizar cementos especiales. Las edificaciones más recientes de esta zona recurrieron a cimentaciones mediante pilotes, utilizando la técnica de muros pantalla anclados cuando precisaron hacer excavaciones de cierta entidad. Es habitual la instalación de bombas para evacuar el agua en los sótanos de los garajes, que no suelen sobrepasar una planta.

En la calle Bermúdez de Castro, situada a escasa distancia al NO de la zona estudiada, se han producido, en tiempos recientes, importantes socavones al realizar una obra de canalización (colector de aguas residuales). El estudio geotécnico de la zona puso de manifiesto la existencia de cuevas naturales excavadas en calizas y yesos del Terciario.

Recientemente (agosto de 1998), tuvieron lugar en la zona de Ventanielles importantes asentamientos del terreno (de hasta 60 cm) que ocasionaron graves daños en algunas edificaciones de una parte

del barrio de Ventanielles, obligando al desalojo de una manzana completa de viviendas (en número de 362) ante el riesgo de colapso y dadas las condiciones generales de inhabilitabilidad. El estudio geológico-geotécnico realizado para determinar el origen y mecanismos de esta importante subsidencia en el terreno (Pulgar *et al.*, 1998) ha permitido obtener una gran cantidad de información sobre la constitución geológica y rasgos geotécnicos de un amplio sector de esta zona. En este trabajo se presenta una síntesis de estos nuevos datos, cuyo interés se acentúa por las dificultades existentes para obtener información geológica del subsuelo en una zona urbana tan densamente poblada como ésta y por la compleja problemática geotécnica manifestada.

Desde un punto de vista geológico, la zona estudiada se sitúa en el borde occidental de la cuenca mesoterciaria asturiana (Fig. 1), muy cerca del contacto Cretácico-Terciario.

Metodología de trabajo

Para disponer de los máximos datos geológicos, dado que se trata de un ámbito urbano, se recabó toda la información disponible sobre los sondeos mecánicos antiguos realizados en la zona, en distintas épocas, llegando a recopilarse cerca de 60. A ellos hay que añadir los 17 sondeos de reciente ejecución, sobre los cuales se ha podido tener un control directo (Tabla I; Fig. 2).

Asimismo se han realizado una serie de perfiles geofísicos del subsuelo (abarcando una longitud total de 2.533 m) utilizando la técnica del georadar. Se utilizaron dos fuentes de energía: una de 200 Mhz, para prospectar los 6 primeros metros, y otra de 80 Mhz, para analizar mayores profundidades (entre 15 y 20 m). La prospección más profunda aportó una información pobre debido a la importante interferencia que representan los terrenos más superficiales y las aguas que los saturan, que provocan múltiples reflexiones que distorsionan y atenúan los registros.

Con objeto de determinar y valorar el comportamiento geotécnico de los materiales involucrados, se ha

llevado a cabo un programa de análisis y ensayos, tanto sobre muestras inalteradas como sobre testigos. Los depósitos cuaternarios han sido objeto de especial atención con el fin de definir sus parámetros fundamentales y evaluarlos como elementos de sustentación de las edificaciones actuales y futuras que se construyan en la zona. Unos ensayos han sido de carácter general, como son los de identificación (densidad aparente, contenido en materia orgánica, límites de Atterberg), otros de carácter más específico, como son los ensayos mecánicos (resistencia a la compresión simple, corte directo y edométrico) encaminados a determinar la capacidad portante del terreno y sus posibilidades de crear asientos. Las Tablas III y IV recogen el conjunto de resultados obtenidos.

Características litológicas

El estudio de los testigos de los sondeos estudiados ha permitido obtener una información exhaustiva de los materiales que constituyen el subsuelo de esta zona de Oviedo, cuyos resultados se resumen en la Tabla I.

Tabla I.
Características litológicas generales de los sondeos recientes

SONDEO	Rellenos	Cuaternario					Terciario			Cretácico	
		Denominación	Profundidad (m)	Artificiales	Limos organógenos	Arcillas	Arenas y gravas	Arcillas y margas	Yesos	Margas y arcillas	Areniscas margosas
A	30,0	1,8	5,6	1,6	2,65	1,85	13,5	–	3,0	X	X
B	20,3	3,05	0,95	5,1	0,15	2,45	8,6	X	X	X	X
C	32,2	1,6	1,4	0,3	6,4	1,30	11,9	2,3	2,4	4,6	X
D	26,7	2,2	3,8	4,4	4,6	–	5,5	1,5	1,8	2,9	X
E	24,4	2,3	0,15	4,25	5,4	–	5,9	0,3	3,1	3,0	X
F	26,25	0,9	1,0	4,7	0,45	8,75	9,0	1,45	X	X	X
G	30,2	3,0	5,0	–	4,9	–	8,25	0,25	2,55	6,25	X
H	29,8	2,8	0,6	–	3,0	3,5	17,4	–	2,5	X	X
I	29,0	2,8	–	–	3,7	4,8	17,7	X	X	X	X
J	23,6	2,2	–	3,05	0,75	1,4	1,75	3,45	4,7	2,7	3,6
K	30,0	3,2	3,55	1,85	3,4	–	7,15	0,85	1,8	8,2	X
L	26,1	3,6	0,45	0,7	0,55	6,15	5,95	0,2	3,55	4,95	X
M	26,8	2,6	0,2	–	–	11,2	3,5	3,5	5,8	X	X
N	49,5	2,1	0,9	1,9	3,45	1,45	18,5	–	1,8	14,05	5,35
O	30,6	3,0	–	0,8	–	13,7	4,45	0,45	5,9	2,1	0,2
P	26,15	3,8	0,8	9,2	–	–	–	3,7	3,5	5,15	X
Q	38,3	2,7	–	2,9	3,0	12,3	9,1	2,7	3,0	2,6	X

El reconocimiento de excavaciones de las edificaciones en construcción en la zona ha permitido obtener un corte detallado de la parte más superficial (hasta unos 9 m de profundidad) de la sucesión litológica. Los sondeos realizados en esta campaña complementaron la columna estratigráfica general de la zona de La Tenderina, que queda extractada en la Tabla II.

En la Fig. 3 se muestra la correlación entre alguno de los sondeos. La zona estudiada está constituida por importantes acumulaciones –de hasta 16 m de espesor– de rellenos artificiales y depósitos cuaternarios (limos arcillosos con abundante materia orgánica, arcillas, arenas y gravas), superpuestos a una sucesión terciaria en la que destacan unos niveles de tipo evaporítico. Las Tablas III y IV recogen los ensayos de identificación y mecánicos realizados sobre materiales procedentes de testigos de sondeos.

Depósitos antrópicos (rellenos artificiales)

Gran parte de la zona estudiada se encuentra cubierta por importantes rellenos artificiales, que han sido vertidos con el fin de evitar la insalubridad que ofrecía el barrio antes de su urbanización. Están constituidos por residuos procedentes de la demolición de antiguas edificaciones. Localmente, se encuentran materiales arcillosos procedentes de excavaciones efectuadas en zonas periféricas.

La constitución heterogénea de estos rellenos y su escaso grado de compactación, caracterizan a este tramo como de mínima capacidad portante (<0,25 kg/cm²), susceptible de importantes asentamientos. Presentan una notable permeabilidad (salvo los materiales arcillosos).

Cuaternario

Los materiales del Cuaternario están formados por limos arcillosos, arcillas y, hacia el muro, arenas con horizontes de cantos.

La base del recubrimiento cuaternario dibuja puntualmente morfologías de tipo embudiforme, que parece tener su origen en “dolinas de subsidencia” creadas por un proceso geológico de hundimiento en la zona carstificada de los yesos infrayacentes (Fig. 2). Estas antiguas depresiones fueron colmatadas por depósi-

Tabla II.
Características estratigráficas generales de la zona de la Tenderina-Ventanielles

MATERIALES	ESPESOR
DEPÓSITOS ANTRÓPICOS	
Rellenos artificiales (restos de demoliciones y arcillas)	0,9-3,8 m.
CUATERNARIO	
Limos arcillosos organógenos negruzcos	0,0-5,6 m.
Arcillas ocreas y verdosas	0,0-9,2 m.
Arenas amarillentas y grisáceas con cantos silíceos	0,0-6,4 m.
TERCIARIO (EOCENO SUPERIOR)	
Arcillas y arcillas margosas verdosas y rojizas	0,0-13,7 m.
Yesos masivos	0,0-18,5 m.
Margas y arcillas margosas rojizas	0,0-3,5 m.
Areniscas margosas rojizas	1,8-5,9 m.
Conglomerado calcáreo con matriz margo-arenosa	2,1-14,0 m.
CRETÁCICO (CONIACIENSE-SANTONIENSE)	
Formación Oviedo: Calizas pardo-amarillentas	>5,3 m.

tos cuaternarios: materiales aluviales (arenas y gravas) y lagunares (limos arcillosos organógenos).

El nivel de arenas y gravas se apoya indistintamente sobre margas o yesos del Terciario.

Nivel de limos arcillosos organógenos. Son los sedimentos que recubren la mayor parte del subsuelo de la zona y tienen espesores comprendidos entre 0,2 y 5,6 m. Se trata de materiales caracterizados como limos arcillosos organógenos, pertenecientes al tipo OH en el S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos de Casagrande), con un contenido en materia orgánica que fluctúa entre el 4 y el 19% (ninguna muestra analizada superó el 20%, propio de las turbas) e impermeables, según atestiguan las pruebas de Lefranc realizadas.

Poseen baja densidad, alta plasticidad, muy reducido ángulo de rozamiento interno, cohesión media y mínima capacidad portante (mayoritariamente <0,2 kg/cm²), susceptibles de importantes procesos de consolidación. Tal conjunto de características, singularmente los valores de capacidad portante, definen a

Tabla III.- Ensayos de identificación y mecánicos de los materiales.

M.O. = Contenido en materia orgánica; g_{sp} = Densidad aparente; L.L. = Límite líquido; L.P. = Límite plástico; I.P. = Índice de plasticidad; q_u = Resistencia a la compresión simple; f = Ángulo de rozamiento interno; c = Cohesión; P_c = Presión de preconsolidación; C_c = Índice de compresión; S.U.C.S. = Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.												
MATERIALES	M.O. (%)	γ_{sp} (g/cm ³)	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	q_u (kp/cm ²)	f	c	P_c (kg/cm ²)	C_c	S.U.C.S.	
CUATERNARIO Limos arcillosos organogénos negruzcos	3,7	1,42	58	37	21	0,1	4,7°	0,13	1,0	0,284	OH	
	18,9	1,22	57	38	19	0,1	4,0°	0,08	0,9	0,472	OH	
	6,6	1,59	56	31	25	0,2	5,2°	0,51	–	–	OH	
	8,0	2,10	40	20	20	1,5	13,4°	0,20	1,2	1,745	CL	
	9,4	1,17	34	19	15	0,2	5,4°	0,58	–	–	CL	
CUATERNARIO Arcillas y limos arcillosos	1,9	1,83	55	25	30	0,2	7,8°	0,30	1,1	0,190	CH	
	1,3	2,10	40	20	20	0,6	16,1°	0,23	–	–	CL	
	2,8	1,84	57	33	24	0,4	15,6°	0,17	–	–	MH	
	1,9	1,64	45	18	27	–	14,4°	1,30	–	–	CL	
	15,7	1,93	57	33	24	0,4	11,7°	0,90	–	–	OH	
	0,7	2,04	46	18	28	0,7	15,6°	0,17	–	–	CL	
	2,9	2,07	44	21	23	0,1	11,7°	0,12	–	–	CL	
	–	2,04	33	15	18	1,0	10,3°	0,19	–	–	CL	
	–	–	41	21	20	–	15,6°	1,13	–	–	CL	
	–	–	31	15	16	–	–	–	–	–	CL	
	–	2,05	24	12	12	0,4	–	–	–	–	CL	
	–	1,98	48	18	30	1,1	–	–	–	–	CL	
	–	1,92	41	20	21	0,6	–	–	–	–	CL	
	–	–	81	40	41	0,3	–	–	–	–	CH	
	–	1,93	–	–	–	2,8	–	–	–	–	–	
CUATERNARIO RIO Arenas y arenas arcillosas	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	SP-SM	
	–	–	–	–	–	0,8	–	–	–	–	–	
	–	1,97	34	22	12	0,3	–	–	–	–	–	
TERCIARIO Arcillas y arcillas margosas	–	1,94	41	20	21	2,2	18,2°	0,81	2,0	0,079	CL	
	–	2,03	43	22	21	2,3	27,2°	0,73	–	–	CL	
	–	1,99	39	19	20	3,0	26,1°	0,77	3,0	0,136	CL	
	–	–	34	17	17	3,2	35,6°	0,74	–	–	CL	
	–	1,98	42	19	23	1,4	–	–	–	–	CL	
	–	1,80	68	31	37	1,3	–	–	–	–	CH	
	–	2,01	40	21	19	3,5	–	–	–	–	CL	
	–	2,19	37	17	20	2,3	–	–	–	–	CL	
	–	2,02	42	18	24	1,5	–	–	–	–	CL	
	–	1,86	60	35	25	0,7	–	–	–	–	CH	
	–	–	–	–	–	1,1	–	–	–	–	–	

este tramo como muy deficiente a efectos de cimentación, con la problemática añadida de creación de asentamientos, especialmente los de tipo diferencial.

Niveles arcillosos. Agrupa a materiales arcillosos, limosos y, puntualmente, arcillo-arenosos. Están ampliamente representados en la zona estudiada,

Tabla IV.- Resistencia a la rotura a compresión simple

CRONOLOGÍA	MATERIALES	q_u (valores medios)	Desviación típica
CUATERNARIO	Limos arcillosos negros organógenos	0,17 kp/cm ²	0,05
	Arcillas	0,35 kp/cm ²	0,17
	Arcillas arenosas	0,75 kp/cm ²	0,35
TERCIARIO	Arcillas margosas	2,60 kp/cm ²	0,49
	Yesos	251 kp/cm ²	79,5
	Areniscas margosas	184 kp/cm ²	94,4
	Conglomerados	91 kp/cm ²	46,2
CRETÁCICO	Calizas	399 kp/cm ²	109,1

con espesores muy variables (0,6-9,1 m). Se trata de materiales de reducida densidad, bajo contenido en materia orgánica y con una plasticidad de media a alta (tipos CL y CH). Asimismo presentan pequeños ángulos de rozamiento interno y bajos valores de cohesión y resistencia a la compresión simple ($>0,5$ kg/cm²). Dadas sus características son materiales susceptibles de asientos importantes.

Nivel de arenas y gravas. Constituido por arenas con de cantos silíceos redondeados. Sus características de porosidad y permeabilidad facilitan el que estén saturados de agua. Presentan una potencia bastante variable entre 0,1 y 6,4 m. Son materiales sueltos y saturados de agua, lo que comporta una mínima capacidad portante ($<0,2$ kg/cm²). Además, este tipo de sedimentos granulares son susceptibles de crear asientos en base a procesos de compresibilidad o de socavación.

Terciario

Está formado por sedimentos continentales (fluvio-lacustres) dispuestos discordantemente sobre un fuerte paleorrelieve carstificado del Cretácico.

Los materiales del Terciario de Oviedo fueron descritos por Llopis Lladó (1950 y 1957), Truyols y García Ramos (1991), Gutiérrez Claverol y Torres Alonso (1995) y García Ramos y Gutiérrez Claverol (1995).

Los depósitos del Terciario suelen presentar unos niveles basales de carácter conglomerático, a los que se superpone una sucesión, muy variable, constituida por calizas margosas blanquecinas y arcillas versicolores, dominando los tonos verdoso-

blanquecinas. Las calizas margosas contienen arcillas de tipo attapulgita, hecho característico de facies lacustres (Gutiérrez Claverol, 1975). El régimen lacustre, bien caracterizado por estos niveles carbonatados blanquecinas y verdosos, se hace localmente evaporítico en los alrededores de Llamaquique, Pumarín y La Tenderina, con la aparición de una sedimentación yesífera. De techo a muro se pueden diferenciar los niveles siguientes:

Nivel arcillo-margoso. Engloba materiales muy variados, arcillas, arcillas margosas, margas arcillosas y margas. Los componentes arcillosos aportan un notable grado de plasticidad (tipos CL), que se hace más acusada en presencia de agua. La capacidad portante es evaluable entre baja (arcillas: 2 a 3 kg/cm²) y media (margas: >4 kg/cm²).

Nivel de yesos masivos. Dentro de los materiales terciarios destaca un conjunto de yesos masivos, que llega a alcanzar, en algunos puntos, potencias superiores a los 18 m (Figs. 3 y 4). Zonalmente los yesos están afectados por procesos cársticos que han llegado a disolverlos parcialmente, creando una importante red laberíntica de cuevas (alguna con dimensiones superiores a los 4,5 m en la vertical).

La Tabla V recoge los valores del grado de carstificación calculados a partir de los datos obtenidos en los sondeos realizados. Algún sondeo (p.e., en el P) no ha llegado a cortar el tramo de yeso, a pesar de encontrarse en un entorno donde sí han aparecido niveles de sulfatos. Parece probable que la ausencia de yeso en este sondeo podría ser debida a su total disolución, con lo cual el porcentaje de carstificación alcanzaría el 100%.

En la Fig. 4 se dibujan una serie de áreas representativas del grado de carstificación del tramo de ye-

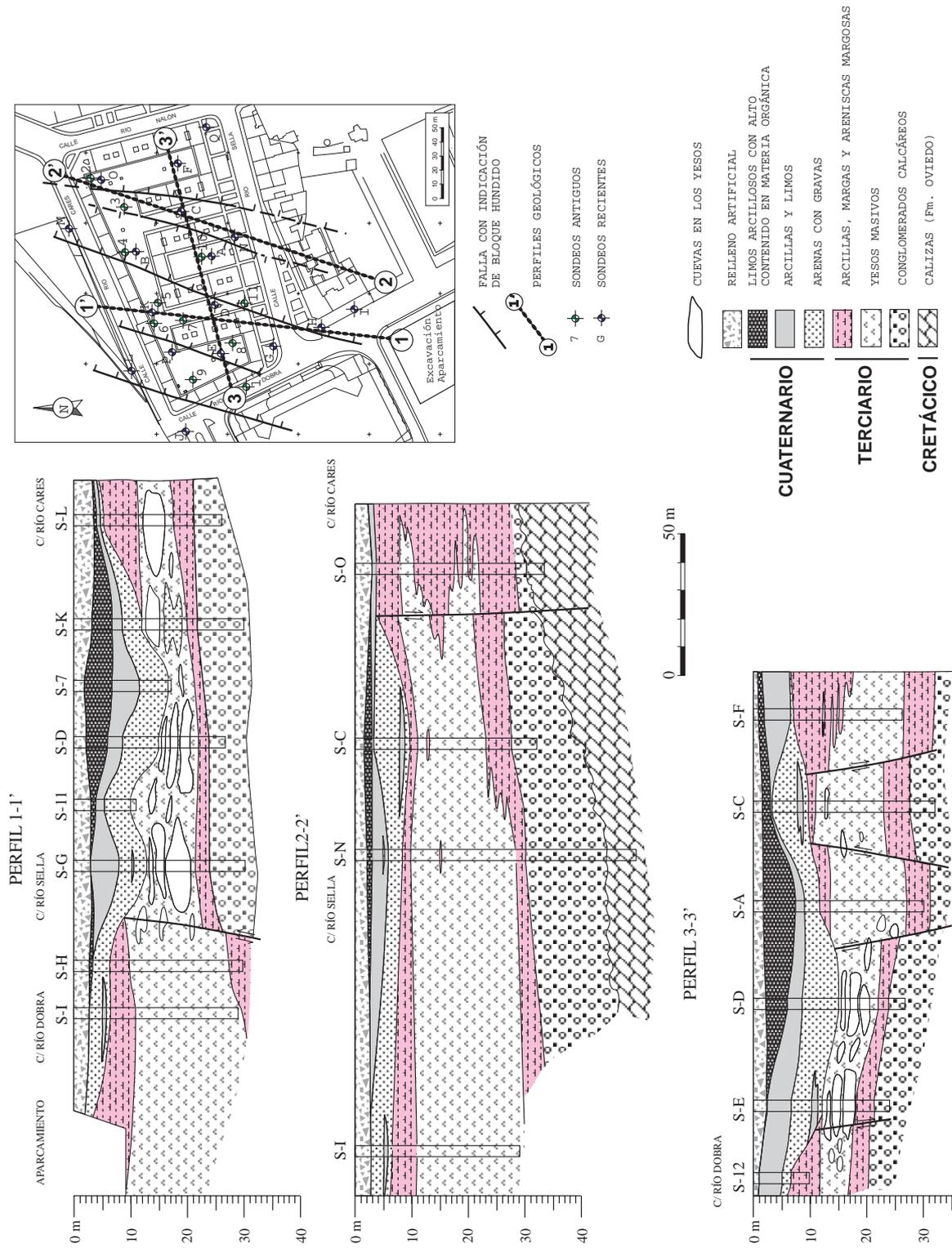


Figura 3.- Correlación de sondeos representativos de la zona de Ventanielles.

Tabla V.- Carstificación del tramo yesífero

DENOMINACIÓN DEL SONDEO	PROFUNDIDAD DEL YESO (m)	ESPESOR DEL YESO (m)	Nº DE CUEVAS	ESPESOR DE CUEVAS (m)	CARSTIFICACIÓN (%)
A	13,5	13,5	0	–	0
B	11,7	8,6	0	–	0
C	11,0	11,9	1	0,50	4
D	15,2	5,5	3	3,85	70
E	12,1	5,9	3	4,35	74
F	15,28	9,0	0	–	0
G	12,90	8,25	3	6,65	81
H	9,90	17,4	1	0,85	5
I	11,30	17,7	0	–	0
J	7,40	1,75	1	1,10	63
K	12,00	7,15	3	6,05	85
L	11,45	5,95	1	3,90	65
M	14,00	3,5	0	–	0
N	9,80	18,5	1	0,30	2
O	17,5	4,45	0	–	0
P	–	–	0	–	?
Q	20,90	9,1	0	–	0

sos. La mayor carstificación se sitúa en un bloque delimitado por las fallas más occidentales y prácticamente coincide con el trazado de la dolina de subsidencia detectada en Ventanielles (ver Fig. 2).

El yeso representa un material con una muy alta resistencia a la compresión simple (150-350 kg/cm²) y, desde este punto de vista, un excelente nivel de cimentación. Sin embargo, la carstificación puede causar fallos en las cimentaciones provocando hundimientos súbitos de las bóvedas de las cavidades. Parte de las cuevas están total o parcialmente colmatadas por sedimentos residuales, de naturaleza areno-arcillosa, arrastrados desde los niveles detríticos suprayacentes, cuya capacidad portante es prácticamente nula.

Nivel de margas y arcillas margosas. Margas arcillosas y arcillas margosas rojizas, también blanquecino-verdosas, habitualmente yesíferas y con vetas de yeso fibroso. Como se verá más adelante, el contenido fosilífero de estos niveles margo-arcillosos hallado en zonas ovetenses próximas indica una edad Bartonense.

Nivel de areniscas margosas. Areniscas margosas de tonos verdes y rojizos o pardo-rojizos. Suelen pre-

sentar un tamaño de grano fino y son muy porosas. Ocasionalmente contienen algunos cantos dispersos de naturaleza caliza, siendo dificultoso establecer en límite con el nivel conglomerático infrayacente.

Se trata de materiales con una elevada capacidad portante (>50 kg/cm²) y constituyen, por tanto, un excelente nivel de apoyo en las cimentaciones.

Nivel basal de conglomerados. Conglomerado calcáreo constituido por cantos y bloques de calizas del Cretácico Superior dispersos en una matriz arcillo-arenosa pardo rojiza o verdosa, otras veces están cementados por carbonatos. Suele presentar intercalaciones areniscosas.

Este nivel conglomerático constituye la base del Terciario de buena parte de Oviedo (Julivert y Truyols, 1969). Es característica la presencia de la problemática estructura calcítica conocida como Microcodium, junto con rasgos diagenéticos atribuibles a un medio de exposición subaéreo de facies caliche (Gutiérrez Claverol, 1985).

Edad de los materiales terciarios. Los depósitos terciarios fueron incluidos durante mucho tiempo junto a los de edad cretácica. Aunque no llegó a di-

ferenciar correctamente el Cretácico del Terciario, Barrois (1878) fue el primero en asignar al Terciario estos depósitos, al hallar en ellos una fauna de moluscos de aguas continentales; menciona la presencia de gasterópodos de probable edad eocena –clasificados por Tournouer– adaptados a la vida en aguas dulces, característicos de las facies lacustres: *Planorbis castrensis* Noulet, *Planorbis obtusus* (?) o *Planorbis spretus* Noulet y *Limnaea* sp., en un banco de caliza margosa blanquecina que aflora en la carretera de Lugones.

El nivel yesífero que aparece en la zona de La Tenderina parece corresponderse lateralmente con el existente en la zona de Llamaquique, donde, sin embargo, no sobrepasa los 4-5 m de espesor. En la antigua cantera de yeso –ya explotada en el siglo XVI– que existió en Llamaquique (en las proximidades del edificio de la Facultad de Geología) apareció una rica fauna de vertebrados (González Regueral y Gómez de Llarena, 1926; Gómez de Llarena, 1927; Royo y Gómez, 1927) constituida por: *Palaeotherium magnum* Cuvier, *Palaeotherium curtum* Cuvier, *Cynodictis* sp., *Asturichelys multicostatus* Bergoudioux y un roedor indeterminado. Estos mamíferos son comparables a los hallados en el Ludense de Montmartre (París) y típicos del Eoceno Superior (Casanovas *et al.*, 1991). Recientemente se han descrito dos nuevos paleotéridos en este yacimiento (Casanovas y Santafé, 1989 y 1991), por lo que la fauna de Llamaquique, correspondiente a este grupo paleontológico, queda constituida según estos autores por: un paquinolofino, *Paranchilophus remyi*, n. gen. n. sp., de pequeña talla, y tres paleoterinos, *Palaeotherium llamaquiquense* n. sp., el de mayor talla, –que sustituye al clasificado como *P. magnum*–, *Cantabrotherium truyolsi* (Casanovas y Santafé, 1987) y *Franzenium tetradactylum* n. gen. n. sp. –que probablemente corresponde a *P. curtum*–.

En niveles arcillosos basales del Terciario de Oviedo se han reconocido también algas carófitas que señalan una edad Eoceno Superior, coincidente con la datación realizada mediante la fauna de mamíferos de Llamaquique. En efecto, las arcillas rojizas y verdosas equivalentes a este nivel que afloran al sur de Oviedo contienen abundante microflora de oogonios de algas carófitas (Ramírez del Pozo, 1972), entre la que se han reconocido especies de los géneros *Stephanochara*, *Harrisichara*, *Grovesiella* y *Gyrogonia*.

Más recientemente, en la excavación existente en el polígono de Llamaquique (solar existente entre las calles Comandante Caballero y Coronel Aranda) se encontró una flora de carófitas a 3 y 6 m por encima de la discordancia Terciario-Cretácico, muy próximas a un nivel yesífero cuneiforme. Esta flora está constituida por (Martín-Closas, 1991): *Maedleriella mangeloti* Grambast var. *embergeri* (Riveline, 1986) nov. comb., *Harrisichara caeciliana* Soulié-Märsche 1974, *Microchara hornicharoides* nov. sp., *Chara friteli* Riveline 1986 y *Chara* cf. *molassica* Straub 1952, entre otras. Una correlación bioestratigráfica con la cuenca de París permitió proponer una edad Bartonense Inferior-Medio (Luteciense Superior no excluido) para el Eoceno continental de Oviedo.

Cretácico

En Oviedo la serie terciaria se dispone discordante sobre los materiales cretácicos formando un ángulo de tan pocos grados que suele ser difícil su observación a escala de afloramiento. La superficie de contacto suele ser irregular al estar representada por un paleorrelieve pre-cenozoico, con evidencias de carstificación.

Los estudios más actuales referidos al Cretácico Superior de Oviedo se deben a Gutiérrez Claverol y Torres Alonso (1990 y 1995) y a García Ramos y Gutiérrez Claverol (1995).

Nivel de calizas. Hasta las profundidades investigadas (perfil 2-2' de la Fig. 3), únicamente está representado un nivel de calizas pardo-amarillentas de muy elevada calidad a efectos portantes (>300 kg/cm²). Este nivel carbonatado pertenece a la Formación Oviedo, sucesión que, en gran parte, constituye el subsuelo de la ciudad. La Fm. Oviedo presenta microfacies dominantes de biomicritas, con un horizonte de microsparita al muro, y con intraclastos, importantes recristalizaciones y muy arenosas (15-20% de cuarzo), hacia la parte superior. Posee un abundante contenido microfaunístico.

En el propio casco urbano afloran calizas brechoides pardo-amarillentas que hacia el techo se hacen arenosas. Como señala Bernárdez *et al.* (1993), que las denominan Fm. Calizas de Infiesto y de la Cueva, contienen una rica fauna de rudistas que indican una edad Coniacense: *Vaccinites* aff. *giganteus* (D'Hombres-Firmas), *Hippurritella praetou-*

casi (Toucas), *Biradiolites canaliculatus* D'Orbigny, *B. mauldei* (Coquand), *Radiolites sauvage-si?* D'Hombres-Firmas y *Praeradiolites requieni* (D'Hombres-Firmas). Los mismos autores mencionan algunos equínidos: *Hemiaster (Leymeriaster) nucleus* Desor y *Hemiaster (Mecaster) scutiger?* (Forges in Sharpe).

La microfauna que contiene indica una facies de plataforma interna carbonatada, con *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, *Globotruncana* sp., *Globotruncanita* sp., Rotalidae, *Glomospira* sp., *Marsonella cf. trochus* D'Orb., *Vidalina hispanica* Schlumb., *Sabaudia* sp., *Spirocyclus* sp., *Quinqueloculina* sp., *Acicularia* sp., *Boueina* sp., *Lithothamnium* sp., *Archaeolithothamnium* sp., briozoos, gasterópodos y lamebranquios. La asociación faunística *Vidalina hispanica*, *Dicyclina schlumbergeri* y *Globotruncanita* sp., indica que se alcanza una edad Santoniense (Gutiérrez Claverol y Torres Alonso, 1990).

Características Estructurales

Tanto en los depósitos superficiales como en el zócalo rocoso, la estratificación se dispone subhorizontalmente. El recubrimiento cuaternario se superpone al sustrato terciario mediante una neta discontinuidad, de manera que el contacto es fuertemente erosivo, situándose los depósitos cuaternarios sobre diferentes niveles litológicos terciarios (margas, arcillas, yesos). A su vez, los materiales del Terciario yacen también en discordancia erosiva sobre los del Cretácico.

Los materiales del Terciario y Cretácico están afectados por una serie de fallas con trazado NNE-SSO y con saltos del orden de hasta 6 m. A partir de los sondeos realizados no puede precisarse la naturaleza exacta de estas fallas más allá de constatar su posición fuertemente inclinada y su salto de pocos metros. La Fig. 3 muestra la disposición geológica de los materiales y la incidencia de los mencionados accidentes tectónicos.

Conclusiones

Con los datos manejados se pueden extraer las conclusiones siguientes:

1) Los rellenos superficiales presentan espesores importantes –hasta 16 metros– estando constituidos por depósitos lagunares (limos arcillosos orgánicos) y fluviales (arcillas, arenas y cantos).

2) Especialmente significativo desde el punto de vista geológico-geotécnico es la estructura en forma de cubeta semicircular de los depósitos cuaternarios en la zona de Ventanielles donde se localizan los mayores espesores. En efecto, en esta zona, la base del Cuaternario presenta una morfología embudiforme coincidente con la zona de mayor carstificación en los yesos terciarios infra-yacentes, lo que apunta a un origen relacionado con procesos de hundimiento por colapso de cavidades en los yesos.

3) El sustrato rocoso está representado por sedimentos atribuidos al Eoceno Superior. Destaca un nivel de yesos masivos, con un espesor máximo de 18 m, afectados por procesos cársticos que han llegado a disolverlos parcialmente, creando una importante red laberíntica de cuevas –algunas con dimensiones superiores a los 4,5 m de altura–.

4) La correlación de detalle de los materiales del Terciario pone de manifiesto la existencia de fallas con trazado NNE-SSO y saltos del orden de hasta 6 metros.

5) Se han localizado tres niveles acuíferos: el más superficial se corresponde con los rellenos artificiales, el intermedio se encuentra relacionado con las arenas y gravas del Cuaternario, y el inferior se localiza en el nivel de los yesos y presenta un carácter cautivo. Los tres acuíferos se encuentran intercomunicados entre sí. La presencia de niveles de sedimentos del Cuaternario (arenas y arcillas) dentro de algunas de las cuevas demuestra netamente su interrelación.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Consejería de Fomento del Principado de Asturias con cuya ayuda hemos podido realizar este trabajo. También queremos destacar la colaboración de la empresa SEINCO, en cuyos laboratorios se realizaron buena parte de los ensayos geotécnicos que se presentan.

Bibliografía

- Alonso, J. L. y Pulgar, J. A. (1995): La estructura de la Zona Cantábrica. En *Geología de Asturias* (F. Bastida y C. Aramburu, eds.). Editorial Trea, 103-112, Gijón.
- Barrois, Ch. (1978): Sur le terrain crétacé du bassin d'Oviedo (Espagne). *Ann. Soc. Géol. du Nord*, 10: 1-40.
- Bernárdez, E., Gallemí, J., López, G., Martínez, R., Muñoz, J., Pons, J. M. y Santamaría, R. (1993): Macrofauna de invertebrados del Cretácico Superior de la Depresión Central Asturiana. *Trab. Mus. Geol. Barcelona*, 3: 41-60, Barcelona.
- Casanovas, M. L. y Santafé, J. V. (1989): Dos nuevos Paleotéridos (*Mammalia, Perissodactyla*) del yacimiento eocénico de Llamaquique (Oviedo). *Trabajos de Geología. Univ. Oviedo*, 18: 37-52, Oviedo.
- Casanovas, M. L. y Santafé, J. V. (1991): Los Paleotéridos (*Mammalia, Perissodactyla*) del yacimiento de Llamaquique (Oviedo, España). *Bol. Cien. Natur., RIDEA*, 41: 101-188, Oviedo.
- Casanovas, M. L., Jiménez Fuentes, E., Martín-Closas, C., Moya-Sola, S., Santafé, J. V. y Truyols, J. (1991): Consideraciones sobre la edad del yacimiento eocénico de Llamaquique (Oviedo, España). *Bol. Cien. Natur., RIDEA*, 41: 253-261, Oviedo.
- García-Ramos, J. C. y Gutiérrez Claverol, M. (1995): La cobertera mesozoico-terciaria. En *Geología de Asturias* (F. Bastida y C. Aramburu, eds.). Editorial Trea, 81-94, Gijón.
- Gómez de Llarena, J. (1927): Algunos datos sobre el Terciario continental de Oviedo. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 27: 219-220, Madrid.
- González Regueral, J. y Gómez de Llarena, J. (1926): Hallazgo de restos fósiles de un mamífero terciario en Oviedo. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 26: 399-407, Madrid.
- Gutiérrez Claverol, M. (1975): Presencia de atapulgita en el Paleógeno asturiano. *Bol. Inst. Est. Astur. (Supl. Ciencias)*, 20: 159-165, Oviedo.
- Gutiérrez Claverol, M. (1985): Hallazgo de *Microcodium* en el subsuelo de Oviedo. *Bol. Cien. Nat., IDEA*, 35: 119-128, Oviedo.
- Gutiérrez Claverol, M. y Torres Alonso, M. (1990): Precisiones sobre el Cretácico Superior del subsuelo urbano de Oviedo. *Geogaceta*, 7: 40-42, Madrid.
- Gutiérrez Claverol, M. y Torres Alonso, M. (1995): *Geología de Oviedo. Descripción recursos y aplicaciones*. Ed. Paraíso, 276 pp., Oviedo.
- Julivert, M. y Truyols, J. (1969): Sobre la naturaleza del contacto Cretáceo-Terciario en la zona urbana de Oviedo. *Brev. Geol. Astur.*, 13 (2): 17-24, Oviedo.
- Llopis Lladó, N. (1950): *Mapa geológico de los alrededores de Oviedo (escala 1:25.000)*. Serv. Geol. del IDEA de la Excma. Dip. Prov. Oviedo, Oviedo.
- Llopis Lladó, N. (1957): El Terciario continental de los alrededores de Oviedo. *Est. Geol.* 14 (35-36): 287-304, Madrid.
- Martín Closas, C. (1991): Las carofitas del Eoceno de Oviedo (Asturias). *Bol. Cien. Natur., RIDEA*, 41: 215-241, Oviedo.
- Pulgar, J. A., Gutiérrez Claverol, M. y Torres Alonso, M. (1998): *Estudio geológico-geotécnico de la zona de Ventanielles delimitada por las calles Río Cares-Río Dobra-Río Sella-Río Nalón (Oviedo)*. Informe inédito. Consejería de Fomento del Principado de Asturias.
- Ramírez del Pozo, J. (1972): Algunas precisiones sobre la bioestratigrafía, paleogeografía y micropaleontología del Cretácico asturiano (zona de Oviedo-Infiesto-Villaviciosa-Gijón). *Bol. Geol. Min.*, 83 (2): 122-162, Madrid.
- Royo y Gómez, J. (1927): Découvertes des restes de *Palaeotherium magnum* dans la Péninsule Iberique. *C. R. somm. Soc. Géol. France*, 3: 25-27, Paris.
- Truyols, J. y García-Ramos, J. C. (1991): El Terciario de la cuenca de Oviedo y el yacimiento de vertebrados de Llamaquique. *Bol. Cien. Natur., RIDEA*, 41: 77-99, Oviedo.