

# El sistema hidrogeológico de Oviedo: incidencia en problemas de cimentación urbana

F. Pendás Fernández y B. González Fernández

Dpto. de Explotación y Prospección de Minas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad de Oviedo.  
Independencia, 13. 33004 Oviedo.

## RESUMEN

La acumulación de la población humana en las ciudades hasta alcanzar la cifra escalofriante del 50% de los habitantes viviendo en el 1% de la superficie de la Tierra lleva consigo una creciente influencia del subsuelo en el ambiente urbano.

Uno de los aspectos más olvidados hasta ahora es la hidrogeología. Se pone aquí de manifiesto como la existencia y circulación de agua en el subsuelo tiene una importancia extraordinaria en problemas habidos en edificaciones como consecuencia de la estructura del subsuelo y de la circulación ascendente por descarga de un acuífero en un barrio de Oviedo que toma su nombre de las "ventanielles" (ojos) de agua presentes en el mismo, ahora destruidas por la edificación.

Palabras clave: acuífero, circulación ascendente, estructura del subsuelo, Hidrogeología

## *The hydrogeologic system of Oviedo: incidence on the urban foundation problems*

### ABSTRACT

*The accumulation of the human population up to reach the impressive cipher of that the 50% of habitants live in the 1% of the earth surface takes itself an increasing influence of the subsoil in the urban environment.*

*One of the most forgotten aspects till now is the hydrogeology. Here we show how the existence and presence of water in the subsoil has an extraordinary importance in problems that have taken place in many constructions, as consequence of subsoil structure and upstream circulation by discharge of an aquifer in a quarter of Oviedo which takes its name from the water eyes (ventanielles) there placed, now destroyed by constructions.*

*Key words: aquifer, Hydrogeology, subsoil structure, upstream circulation*

## Introducción

Una buena parte del concejo de Oviedo (59 km<sup>2</sup> aproximadamente), entre la que se incluye su casco urbano, se encuentra asentado sobre terrenos del Cretácico y del Terciario. La estratigrafía, constituida por arenas, arcillas, calizas y yesos condiciona las características geotécnicas del terreno, pero muchas veces se ha olvidado el agua que lo satura, la hidrogeología. El olvido de los condicionantes hidrogeológicos ha sido y seguirá siendo el origen de muchos problemas en muy diversas obras civiles.

En las páginas que siguen se describen los materiales mencionados desde el punto de vista geológico e hidrogeológico y se analizan algunos problemas concretos relacionados con la circulación y contaminación de aguas subterráneas y superficiales así

como con la subsidencia de edificios y pavimentos que están en el origen de los problemas surgidos al realizar algún tipo de actuación sobre el subsuelo.

## Bosquejo geológico

El concejo de Oviedo se encuentra geológicamente situado en la Región de Pliegues y Mantos incluida, a su vez, dentro de la denominada por Lotze (1945) y Julivert y otros (1972) como Zona Cantábrica que constituye la zona más externa de la cordillera orogénica hercínica.

Los materiales deformados durante la orogenia hercínica constituyen el zócalo paleozoico sobre el cual se disponen discordantemente los materiales cretácicos y terciarios que forman parte de la deno-

minada Depresión Mesoterciaria Central de Asturias que constituye una estrecha franja (5-10 km) de dirección E-O situada entre Oviedo y Cangas de Onís.

Los materiales paleozoicos están agrupados en distintas formaciones: *Complejo de Rañeces*, constituido por 800 m de calizas bioclásticas, dolomías, margas y lutitas pertenecientes al Ordovícico inferior; *Caliza de Moniello*, 250-300 m de calizas y calizas margosas arrecifales del Devónico inferior-medio; *Areniscas del Naranco*, 300-500 m de areniscas ferruginosas, bandeadas, de colores rojizos y verdosos y edad Devónico medio; *Caliza Griotte*, formada por 25-30 m de calizas mudstone a wackstone rojizas y nodulosas, de edad Carbonífero inferior y finalmente, la formación *Caliza de Montaña* constituida a su vez por dos formaciones, la formación Barcaliente que alcanza una potencia de hasta 500 m de calizas estratificadas mudstone, grises negruzcas, fétidas y tableadas de edad Namuriense A y la formación Valdeteja cuyo espesor varía entre 200 y más de 800 m con calizas masivas mudstone a wackstone de color gris claro, masivas y de edad Namuriense B-Westfaliense A. Estos materiales están estructurados en un amplio sinclinal que aflora al norte (Naranco) y sur (Las Caldas) de Oviedo y bajo el núcleo urbano está cruzado por un complejo sistema de fallas oculto por la cobertera mesoterciaria.

En las Figs. 1 y 2 (esquema y corte geológico) se puede ver la estructura general que presentan tanto el zócalo paleozoico como la cobertera mesozoico-

terciaria en lo que podemos denominar sistema hidrogeológico de Oviedo.

## Hidroestratigrafía

### Cretácico

Alcanza una potencia aproximada de unos 275 m. Estos materiales fueron estudiados por varios autores siendo el más reciente Olima que en 1994 define una columna estratigráfica en la que distingue, de muro a techo, las formaciones Ullaga, Caleyú, Piedramuelle, Otero, Tercias, Argañosa y Oviedo. En el presente artículo se adopta básicamente la columna de este autor pero introduciendo algunos cambios: eliminamos la formación Ullaga y redefinimos las formaciones Caleyú, dividiéndola en tres miembros, y Piedramuelle; la interpretación de los ambientes sedimentarios se basa fundamentalmente en los estudios hechos por Bahamonde (1984) con algunas modificaciones.

Hidrogeológicamente se pueden diferenciar siete niveles permeables que presentan unas determinadas características determinantes de su comportamiento frente a posibles actuaciones que puedan variar su funcionamiento hidrodinámico o su calidad química-biológica. A continuación se describen la columna general y los niveles acuíferos:

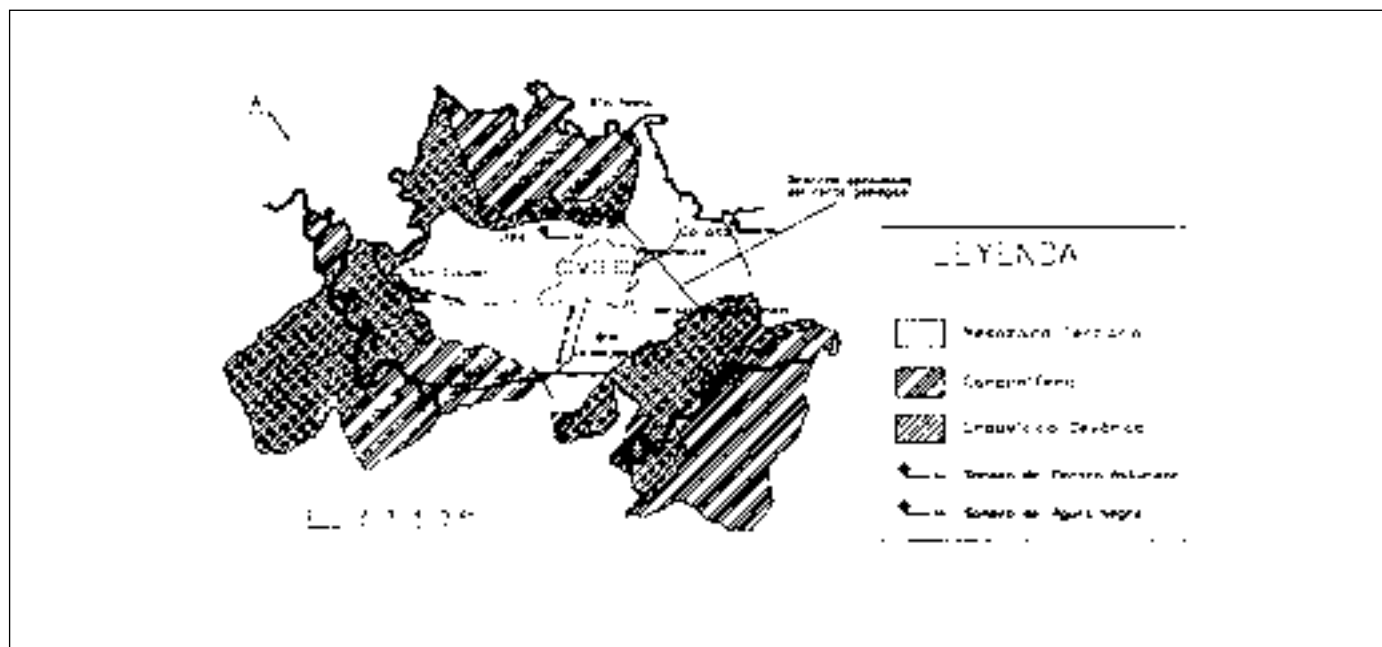


Fig. 1. Esquema geológico (basado en Claverol y Torres, 1995)  
Fig. 1. Geological sketch (modified from Claverol and Torres, 1995)

**Formación Caleyú**

Diferenciada en tres miembros:

- **Miembro Inferior:**  
 Comprende los materiales descritos anteriormente como Formación Ullaga y la base de la formación Caleyú. Está constituido por unos 35 m de alternancias de barras de calizas de 2 a 5 m de espesor y niveles arcillosos, limosos y de arenas finas. El nivel basal es carbonatado y en la zona de Santa Marina de Piedramuelle se destaca la presencia de perforaciones costeras cretácicas sobre la Caliza de Montaña. Las calizas presentan abundantes cambios laterales y verticales de facies encontrándose calizas packstone-grainstone de colores gris claro y marrón amarillento, bioclásticas con algas, equinodermos, lamelibranquios, foraminíferos (orbitolinas, lituólidos, textuláridos, cuneolinas, dicyclinas y miliólidos) y granos de cuarzo en proporción variable, wackstone de granos de cuarzo y color marrón amarillento con algún bioclasto y mudstone de tonos marrón claro-beige con miliólidos. En general las calizas están bastante oxidadas, a veces también presentan karstificación y suele ser frecuente la presencia de materia orgánica y glauconita encontrándose, en ocasiones, pirita, ámbar y costras ferruginosas. Algunas barras de caliza presentan estratificación cruzada. Las arcillas suelen presentar laminación ondulante y en ocasiones lenser.

El ambiente sedimentario se ha interpretado como de llanura intermareal lutítica o de fangos, con canales mareales de arenas y arenas intramareales y con niveles calcáreos que corresponderían a barras bioclásticas en unos casos y en otros al relleno de canales mareales. La asociación *Pseudocyclamina s.p.*, *Hensonina lenticularis*, *Dictyoconus casterasi*, *Charentia Cuvillieri* junto con las algas *Boueina* y *Triploporella fraasi* descrita por M. García Hernández (Univ. de Granada) permite datar este miembro como Albiense superior.

Como niveles permeables se consideran las barras de caliza y algunos niveles arenosos pudiendo asignárseles, basándonos en la bibliografía, una permeabilidad media-baja (entre 10<sup>-2</sup> y 10 m/día). Las arcillas, margas y limos por tener una permeabilidad baja-muy baja pueden ser considerados como niveles semipermeables que en determinadas condiciones pueden recargar verticalmente a otros acuíferos.

- **Miembro Medio:**  
 Está formado por unos 30 m de arenas blancas o blancoamarillentas de grano fino a medio con laminación cruzada e intercalaciones de arcillas rojizas, grises o negras cuya potencia varía desde pocos centímetros hasta 3 m. Es más frecuente la estratificación flaser que la lenser y hay estratificación planar buzando ligeramente hacia el norte. Son abundantes los niveles de emersión con cos-

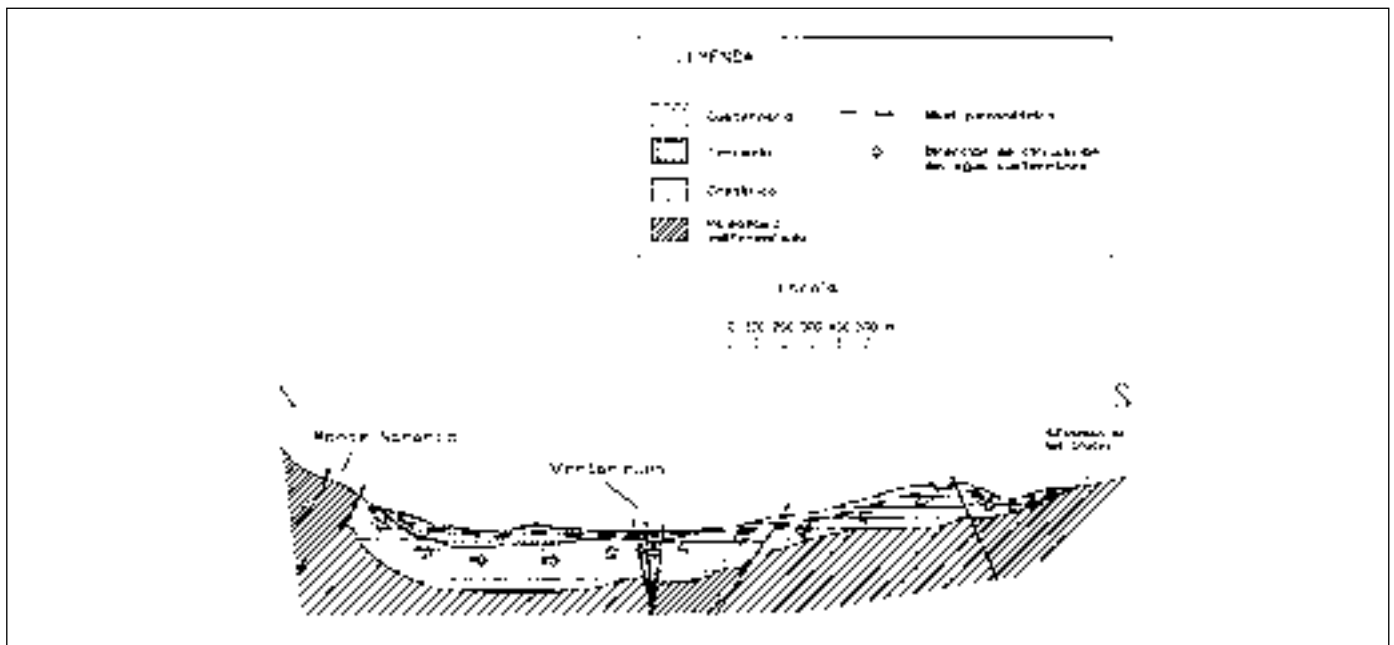


Fig. 2. Corte geológico de la Cuenca de Oviedo  
 Fig. 2. Geological cross section of the Oviedo Basin

tras ferruginosas y lignito; también puede encontrarse algo de ámbar y mica blanca.

Estos materiales corresponden a una llanura intermareal arenosa. Se le atribuye una edad Cenomaniense inferior-medio.

Desde el punto de vista hidrogeológico se le puede considerar como un nivel de permeabilidad media (entre 1 y 10 m/día).

- Miembro Superior:

Comprende los niveles superiores de arcillas, limos y calizas de la formación Caleyú definida por Olima y los niveles basales de calizas de la formación Piedramuelle definida por el mismo autor. Está constituido por 40 m de barras de caliza entre las que se intercalan arcillas, limos y arenas finas. Las barras de caliza, con un espesor de 2 a 5 m, pueden presentar estratificación cruzada, son wackstone a grainstone generalmente muy detríticas, a veces oxidadas y karstificadas, con glauconita y con bioclastos en proporción variable fundamentalmente algas, lamelibranquios, miliólidos y prealveolina. Es muy frecuente que a techo aparezca una caliza microconglomerática con granos de cuarzo visibles a simple vista. Los niveles de arcillas suelen presentar laminación lense y ondulante. Al igual que en el miembro superior se pueden encontrar abundantes restos de materia orgánica, pirita y ocasionalmente ámbar. También son frecuentes las costras ferruginosas.

Parece corresponder a un ambiente sedimentario similar al miembro inferior, de llanura intermareal de fangos. La edad atribuida por la presencia de *Prealveolina* es Cenomaniense Medio.

Al igual que en el miembro inferior son las barras calcáreas y las arenas finas los niveles permeables con permeabilidad media-baja (entre  $10^{-2}$  y 10 m/día). Las arcillas y los limos que tienen una permeabilidad baja-muy baja constituyen niveles semipermeables.

### *Formación Piedramuelle*

Constituida por unos 30 m de arenas de grano medio a grueso de tonos gris blanquecino o amarillento con niveles microconglomeráticos, algunas intercalaciones lenticulares de limos y arcillas, restos de materia orgánica (vegetal y carbonosa), caolín y frecuentes laminaciones y estratificaciones cruzadas.

Según Fernando Pendás, esta formación está constituida por dos secuencias granodecipientes separadas por niveles arcillosos con intercalaciones arenosas. En la base de los canales existe sedimentación lag de troncos de árbol y cantos blandos. Sigue

una sedimentación cruzada de gran ángulo y después festoneada.

El mismo autor considera que el ambiente sedimentario corresponde a secuencias de point-bar fluvial o de entrada de estuario. Se le atribuye una edad Cenomaniense Medio.

Representa un nivel de permeabilidad alta, entre 10 y 100 m/día.

### *Formación Otero*

Consiste en secuencias donde alternan arcillas, margas, limos y arenas con calizas de tonos gris oscuro que alcanzan en total una potencia aproximada de 20 a 25 m. Las arcillas y los limos presentan con frecuencia laminación lense y ondulante. Contienen abundante fauna marina de ostreidos, corales, equinidos, gasterópodos y foraminíferos; también pueden contener glauconita y ámbar.

Esta formación es una repetición de secuencias de somerización que podría interpretarse como un proceso agradable y los materiales que la componen, de carácter marino, se habrían depositado en una bahía o lagoon. La edad estimada es Cenomaniense Superior.

Puede considerarse como un nivel impermeable o de muy baja permeabilidad aunque, en ocasiones, algunas barras calizas wackstone a packstone que en general presentan espesores de 20 a 50 cm, pueden dar lugar a fuentes de escaso caudal.

### *Formación Las Tercias*

Constituida por unos 25 m de calizas nodulosas grises, wackstone a packstone o grainstone con abundante glauconita y numerosos microfósiles entre los que destacan gasterópodos, lamelibranquios, briozoos y equinodermos; también son numerosas las algas y algunos foraminíferos. A techo aparece un nivel de calizas amarillo-verdosas también muy glauconíticas y fosilíferas. En general están muy karstificadas siendo frecuente la presencia de dolinas visibles incluso en las zonas donde aflora con poca potencia la formación suprayacente que aparece rellenando los huecos kársticos.

El depósito de esta formación constituye el máximo transgresivo del Cretácico de Oviedo y habría tenido lugar en un ambiente de plataforma somera de alta energía. La edad atribuida es Turoniense Inferior.

Es un nivel permeable, kárstico y poroso cuya permeabilidad puede oscilar en torno a los 10 m/día.

### Formación La Argañosa

Constituida por unos 30 m de arenas de grano medio a muy grueso con abundantes niveles de gravas de cuarzo más frecuentes hacia el techo en el contacto con la formación suprayacente. Presenta intercalaciones arcillosas de colores variados fundamentalmente rosáceos más frecuentes hacia la base; también abunda la mica blanca a lo largo de toda la formación.

Se trata probablemente de depósitos litorales de llanura supramareal. La edad estimada es Coniaciense.

El sondeo del Centro Asturiano situado en el Naranco y que se puede ver en la Fig. 3 atraviesa un tramo de secuencias granodecrecientes que es interpretado por Fernando Pendás como perteneciente a esta formación.

Se trata de un nivel de porosidad intergranular con abundantes arcillas y con una permeabilidad que puede variar entre  $10^2$  y  $10^4$  m/día.

### Formación Oviedo

Constituida por unos 35 m de calizas mudstone a grainstone de color blanquecino amarillento con abundante fauna marina de briozoos, equinodermos, lamelibranchios (rudistas), gasterópodos, algas y foraminíferos (abundantes miliólidos). Presentan un tramo noduloso y masivo limitado a muro y a techo por sendos tramos de calizas, en ocasiones muy detríticas, con frecuentes estratificaciones cruzadas y karstificación. Hacia el techo pueden estar muy alteradas presentando un aspecto arenoso.

El ambiente sedimentario podría corresponder a una zona de submareal abierta somera a intermareal. Se le atribuye edad Coniaciense-Santonense.

Las características hidrogeológicas son muy similares a las de la formación Tercias presentando, al igual que ésta, abundante karstificación pudiendo atribuírsele una permeabilidad aproximada de 10 m/día.

Sintetizando se podría decir que el Cretácico de Oviedo constituye un conjunto de materiales depositados en ambientes de llanura fluvial-mareal, estuario, lagoon y plataforma somera. Representa tres ciclos transgresivos con un máximo que se sitúa en la formación Tercias correspondiendo la formación Piedramuelle y la formación Argañosa a dos pequeños episodios regresivos progradantes (F. Pendás).

Por sus características hidrogeológicas constituye un acuífero fundamentalmente silicoclástico multipa con algunos niveles de alta permeabilidad.

En la Fig. 4 se pueden ver los registros gamma natural realizados en sondeos (Águila Negra y S2) que atravesaron casi totalmente las formaciones cretácicas y en la figura 5 se muestra una columna estratigráfica general del Cretácico de Oviedo.

### Terciario

Está representado por un conjunto de materiales depositados en un ambiente continental de carácter lacustre que se apoyan discordantes (y en ocasiones disconformes) sobre el Cretácico.

Estos depósitos presentan numerosos cambios laterales de facies que desde el punto de vista hidrogeológico implican la existencia de acuíferos de carácter local que no se extienden por la totalidad de la cuenca.

A partir de los detritus de un sondeo perforado a rotación con circulación inversa en el Centro

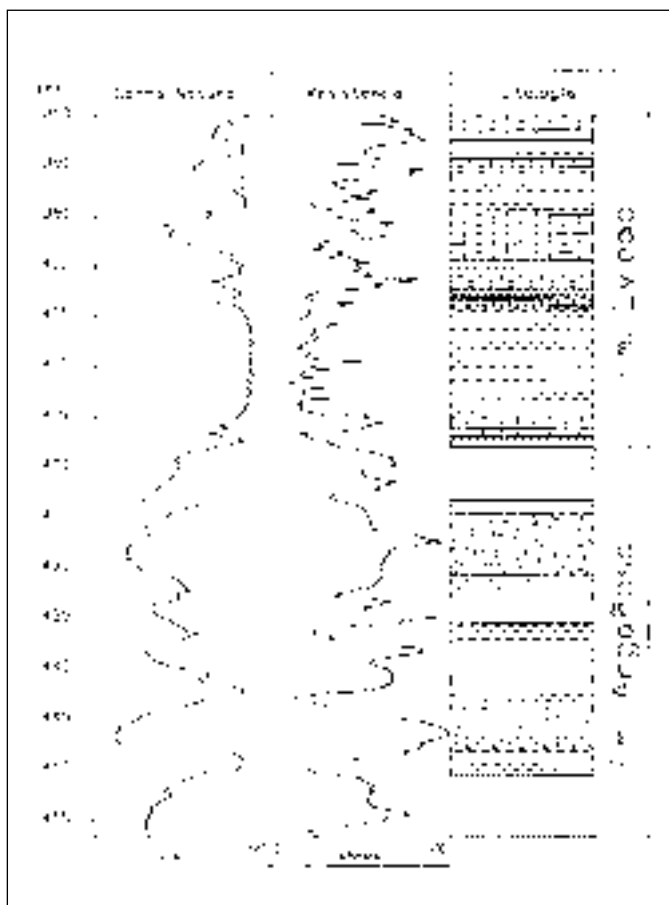


Fig. 3. Cretácico del sondeo del Centro Asturiano (sin entubar). (Pendás, 2000)

Fig. 3. Cretaceous formations intercepted by the well (without casing) drilled in the Centro Asturiano (Pendás, 2000)

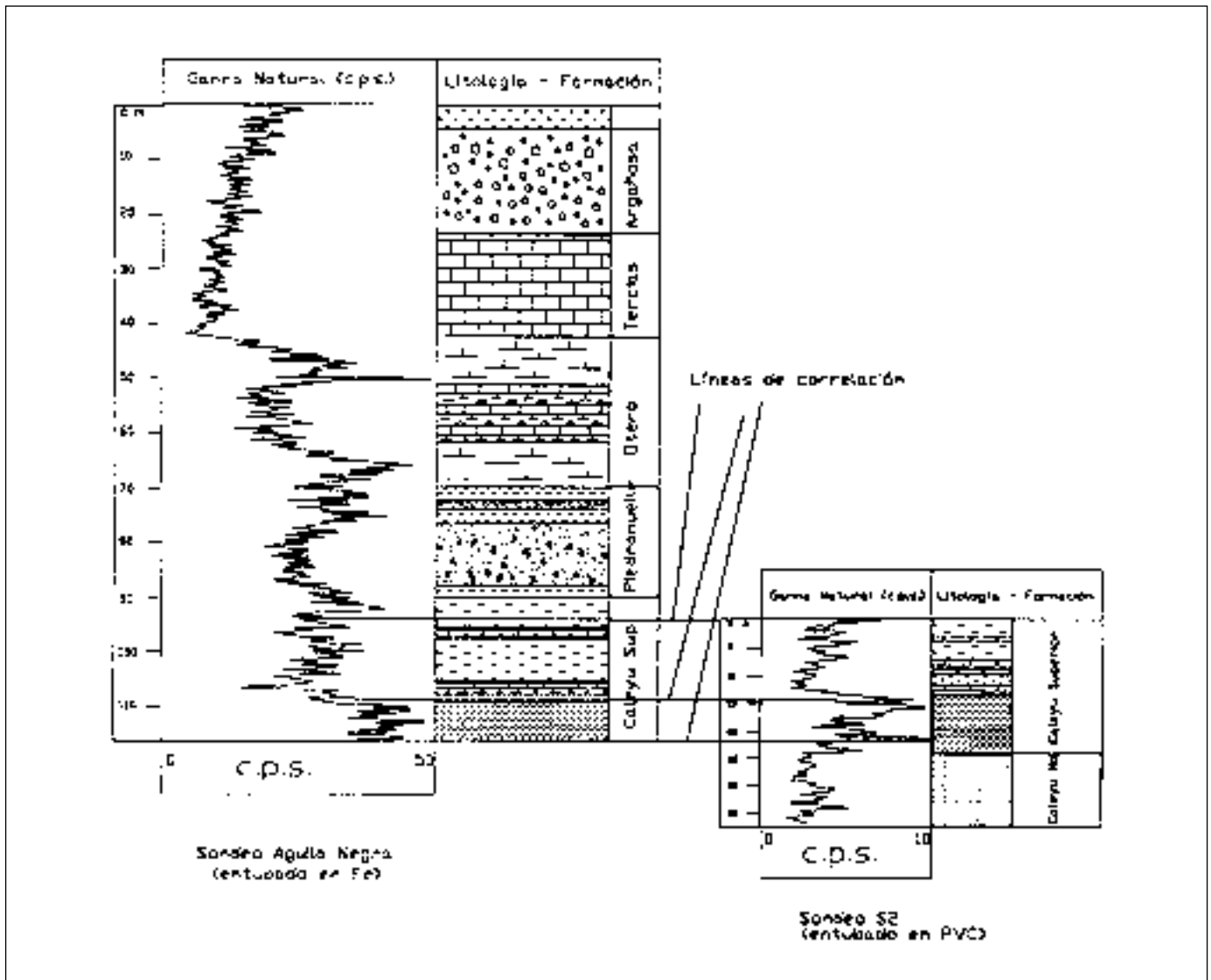


Fig. 4. Registros gamma natural del Cretácico de Oviedo  
 Fig. 4. Natural gamma-ray logs corresponding to the Cretaceous formations in Oviedo

Asturiano del monte Naranco que atravesó todo el Terciario (Fig. 6), al que consideramos prácticamente horizontal, se ha elaborado la siguiente columna estratigráfica en la que se pueden diferenciar tres grandes tramos:

- Tramo inferior (385-291m): 94 m de margas y margas arenosas con alguna intercalación arenosa, calizas y areniscas calcáreas y hacia la base conglomerados. Localmente aparecen niveles yesíferos entre las margas y los conglomerados de base. Estos materiales reflejan condiciones de sedimentación pertenecientes a una cuenca lacustre en la que se depositarían las calizas, yesos y margas. Los conglomerados basales son el resultado de la

erosión del relieve cretácico y corresponden a depósitos de abanicos aluviales.

Este tramo fue estudiado con más detalle en la zona este de la ciudad, donde se perforaron varios sondeos (Fig. 7) que lo atravesaron parcialmente y a partir de los cuales se elaboró una columna estratigráfica detallada que, al compararla con la del sondeo del Centro Asturiano, permite apreciar importantes cambios laterales de facies.

De muro a techo se encuentran:

- Conglomerados (paraconglomerados y ortoconglomerados) heterométricos (centimétricos a decimétricos) de cantos calcáreos principalmente, aunque aparece algún canto silíceo y matriz margosa o calcarenítica. Los cantos pre-

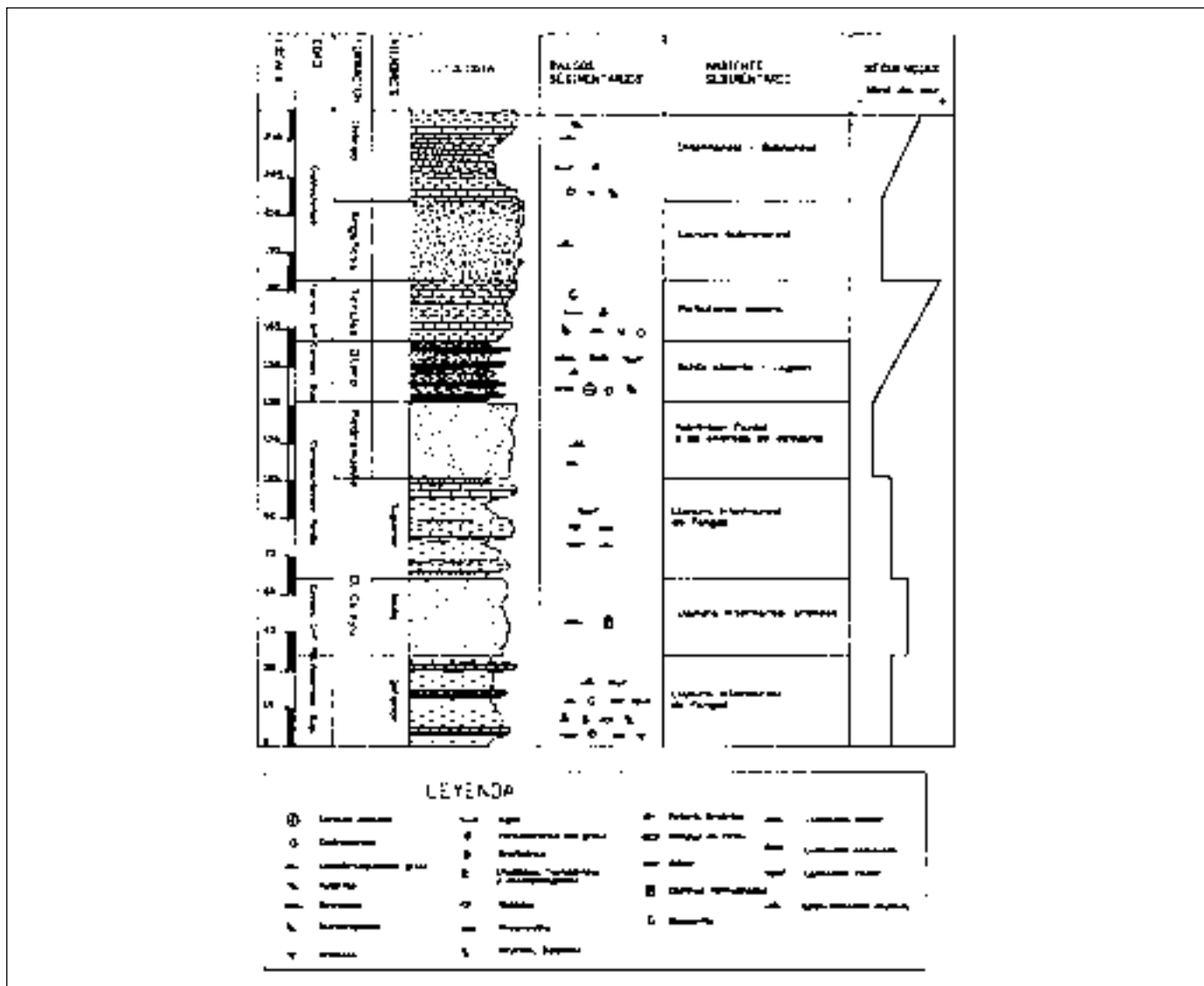


Fig. 5. Columna sintética del Cretácico de Oviedo (Pendás, 2000, basado en Ollma,1995 y Bahamonde, 1984)  
 Fig. 5. Synthetic stratigraphical column of the Cretaceous in Oviedo (Pendás, 2000, after Olima, 1995 and Bahamonde, 1984)

sentan tonalidades que van de blanquecino-amarillentas a rojizo-anaranjadas y la matriz es fundamentalmente de color rojizo-anaranjado adquiriendo, en algún caso, tonalidades verdes. La potencia de estos materiales oscila, en la zona de estudio, entre 5 y 9 m.

Estos materiales se pueden considerar como un nivel de baja permeabilidad.

- Calizas detríticas de tonos rojizos y verdes con un espesor variable de 1 a 5 m que a veces aparecen también intercaladas entre los conglomerados.

Constituyen junto con los conglomerados un nivel de baja permeabilidad, excepto cuando se encuentran karstificados.

- Yesos y yesos margosos con intercalaciones arcillosas y margosas, que en algunos tramos están karstificados habiéndose formado cavernas de hasta 120 cm de altura (ver registro densidad). El espesor varía entre los 2 y los 24 m y hacia el Norte va disminuyendo hasta llegar a desaparecer por efecto de una falla.

En la actualidad se desconoce la extensión de los yesos pero se sabe que llegan a desaparecer como se observa en algunos sondeos de Ventanielles y en el sondeo del Centro Asturiano. Constituyen un nivel permeable por karstificación la cual sigue una dirección aproximada NE-SO y se desconoce tanto el desarrollo horizontal como su morfología.

La presencia de esta red de conductos kársticos confiere una alta "permeabilidad direccional" a unos materiales que cuando están inalterados son masivos y prácticamente impermeables.

- Margas de tonos grises y verdes que por oxidación adquieren, en muchos casos, tonos rojizos y en ocasiones alternan con intercalaciones arcillosas presentando cambios laterales de espesor. Constituyen un nivel impermeable que confina a los yesos y los aísla del Cuaternario.

Tramo medio (291-165m): 126 m de arcillas de colores rojo, rosa, verde y ocre con frecuentes intercalaciones de calizas margosas de tonos rosáceos y verdes.

El ambiente sedimentario corresponde, al igual que el tramo anterior, a una cuenca lacustre.

- Tramo superior (165-0m): constituido por 35 m de margas y margas arenosas rosas y anaranjadas con alguna intercalación calcárea y arenosa, por encima se disponen unos 40 m de arcillas y margas arcillosas rojas y a techo se encuentran 90 m de margas y margas arenosas de colores rojo, rosáceo y gris con intercalaciones de calizas micríticas y calizas arenosas de tonos grises y rosados. La sedimentación de este tramo continúa siendo continental y de carácter lacustre.

En su conjunto el terciario es fundamentalmente margoso y por tanto, impermeable. Sólo las barras calcáreas y algunos niveles arenosos funcionan como pequeños acuíferos de permeabilidad baja y mal alimentados ya que se trata, en general, de calizas mudstone margosas y de arenas de grano fino. Las margas y arcillas actúan como confinante.

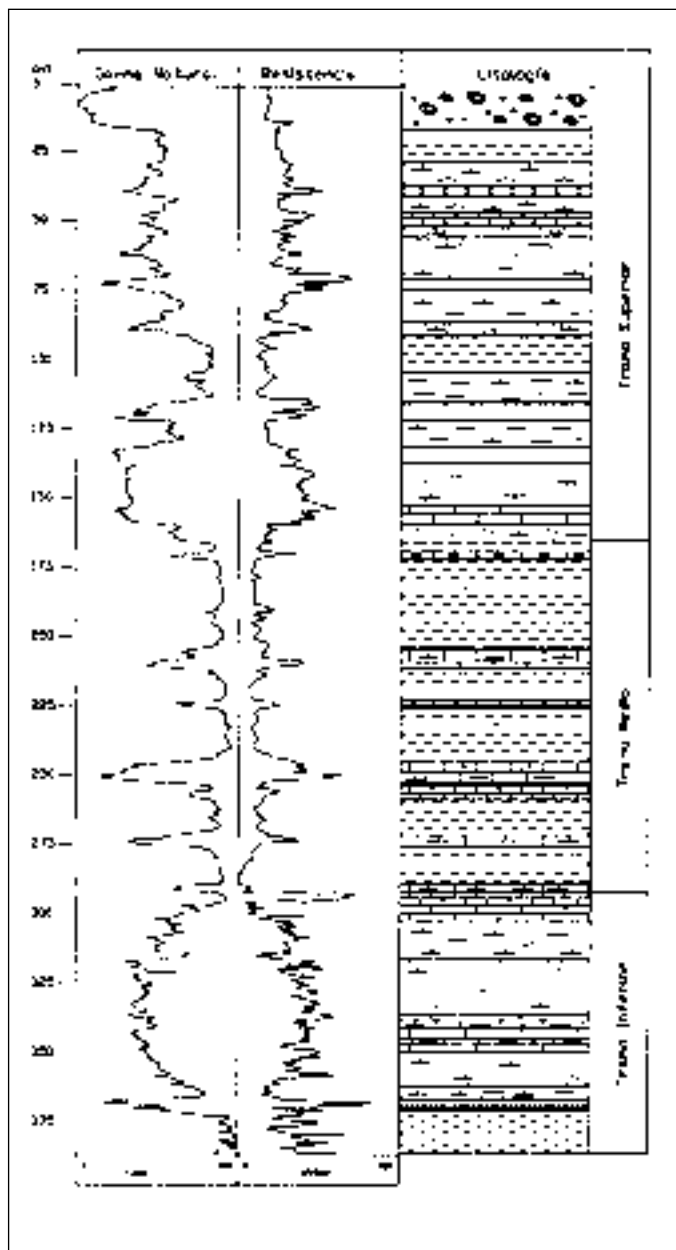


Fig. 6. Terciario del sondeo del Centro Asturiano (sin entubar)  
 Fig. 6. Tertiary formations intercepted by the well (without casing) drilled in the Centro Asturiano

### Cuaternario

Se puede diferenciar entre un cuaternario predominantemente arenoso y un cuaternario predominantemente arcilloso.

El primero cuya potencia oscila en torno a los 4 metros está constituido por gravas silíceas, arenas de grano grueso, arenas limosas y arcillosas y arcillas arenosas, siendo frecuente la presencia de restos vegetales (troncos).

El cuaternario de carácter arcilloso que llega a alcanzar un espesor de 12 metros está constituido por arcillas, arcillas limosas, arcillas margosas y margas con acumulaciones importantes de materia orgánica.

Estos materiales se depositaron en antiguos cauces fluviales correspondiendo las facies arenosas a los canales y las arcillosas a las llanuras de inundación o episodios con escasa sedimentación.

### Tectónica

La denominada Cuenca de Oviedo constituye una depresión en la que afloran los materiales cretácicos y terciarios en una amplia estructura sinclinal con el flanco norte verticalizado y el sur constituyendo una ladera estructural con pendientes de 15 a 20°; presentan de forma general una dirección Este-Oeste y se



disponen discordantemente sobre el paleozoico cuya dirección predominante es Noreste-Suroeste y forma un relieve elevado que limita la depresión. El contacto entre los dos grupos de materiales también tiene lugar, en ocasiones, por medio de fallas; así, al norte de la cuenca el paleozoico se dispone sobre la cobertura por efecto de un conjunto de fallas inversas como la falla del Naranco que ha sido interpretada como la reactivación de un cabalgamiento hercínico (Alonso *et al.*, 1995); esta reactivación habría tenido lugar durante la orogenia alpina que implicó a los materiales del Eoceno superior. Hacia el sur y suroeste también existen zonas donde el contacto es mecá-

nico. Así mismo los materiales cretácicos y terciarios están afectados por numerosas y pequeñas fallas que, desde el punto de vista hidrogeológico condicionan el funcionamiento del sistema.

### Modelo conceptual del funcionamiento hidrogeológico de la cuenca de Oviedo

La cuenca Cretácica-Eocena de Oviedo constituye un sistema hidrogeológico que en la zona central del sinclinal donde la serie está completamente saturada se pueden definir siete niveles permeables cretácicos,

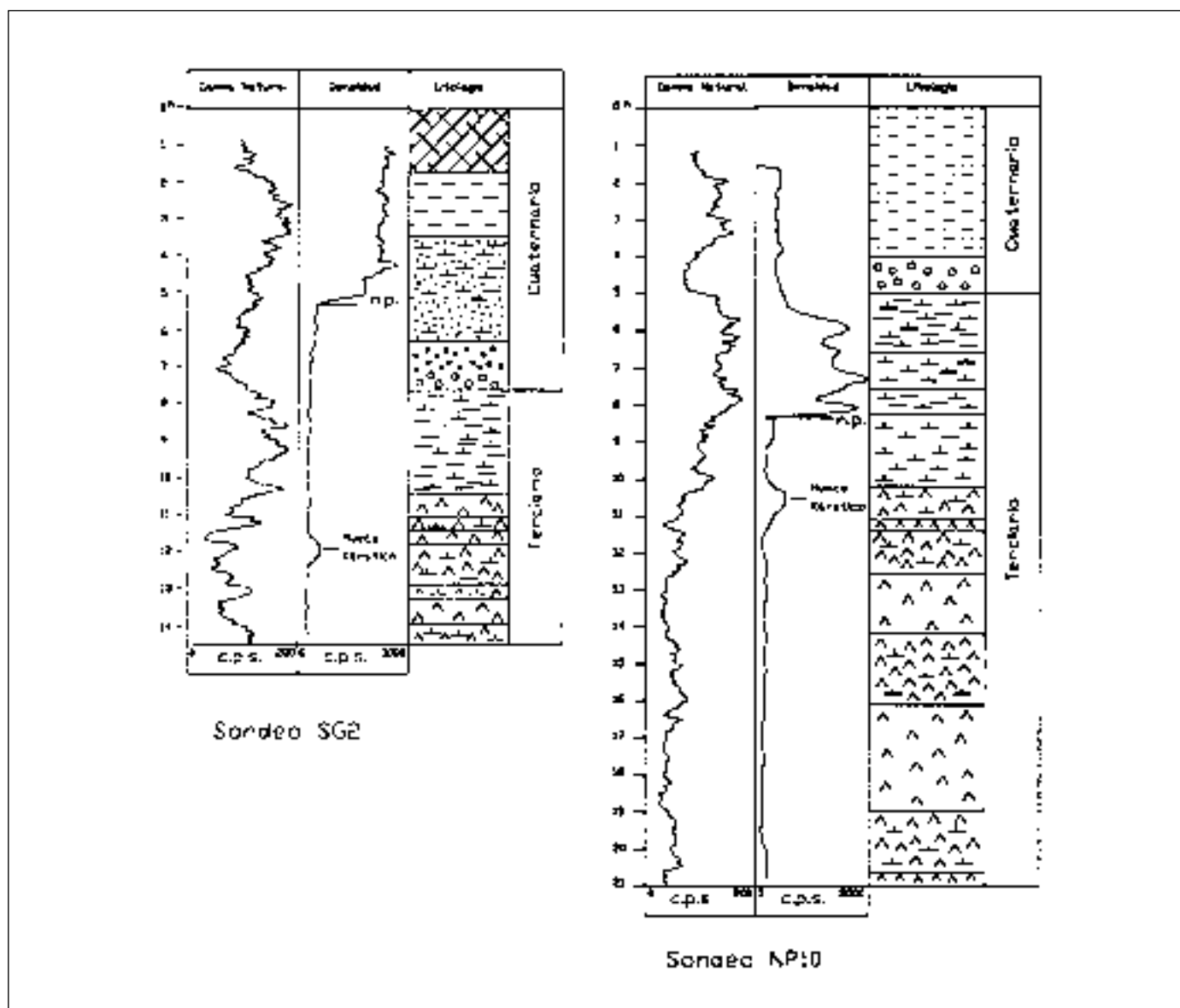


Fig. 7. Registros gamma natural y densidad del Terciario de la zona este de Oviedo  
 Fig. 7. Natural gamma-ray and density logs corresponding to the Tertiary formations in the East of Oviedo

con un espesor total del orden de 150 m. Considerando una porosidad del 10% y una extensión aproximada de 10 km<sup>2</sup> se obtiene un almacenamiento de 150 Hm<sup>3</sup>.

En cuanto a los límites del sistema, por el norte es la falla del Naranco a través del cual es probable que reciba alimentación del Paleozoico carbonatado fracturado y cabalgante. Al este el río Nora recibe la mayor parte de las descargas del sistema y constituye un límite de nivel constante. Por el sur el acuífero se sitúa a cotas elevadas y los niveles más permeables no están saturados. El río Vega drena los niveles altos del Cretácico y el Gafo los inferiores. A partir de la Manjoya el Gafo drena también el Cretácico inferior a través de la Caliza de Montaña. Al oeste el río San Claudio drena los niveles bajos y altos del Cretácico desde el barrio de la Argañosa.

Aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la cuenca drenan al Nora y la cuarta parte restante a los ríos Gafo y San Claudio

La alimentación en régimen natural del sistema se produce por infiltración del agua de lluvia ya sea directamente sobre los materiales cretácicos y terciarios o bien a través de los paleozoicos aflorantes (como ocurre en la zona norte donde las fuentes de Ules y del Sapo que drenan materiales devónicos contribuyen a la recarga del mesozoico).

En la parte alta y centro de la ciudad de Oviedo había infinidad de fuentes y una alimentación en cascada entre los distintos niveles no saturados y aflorantes del acuífero; naturalmente esta circulación está completamente alterada por la urbanización.

En la parte baja de la ciudad, principalmente en la zona de Ventanielles, tiene lugar la descarga principal del acuífero. Hay una circulación ascendente desde el Cretácico que a través de dolinas y el karst en los yesos descarga al Cuaternario que constituía una zona de humedales naturales ("ventanielles" o "ventanillas" de agua) ahora destruidos por la urbanización. El resto de la descarga tiene lugar por los pequeños arroyos de San Claudio, Gafo y La Corredoria que drenan en general zonas altas no completamente saturadas de los niveles permeables cretácicos.

### **El papel de la hidrogeología en algunos problemas urbanos**

Desde hace muchos años existen problemas con las "cimentaciones" de edificios en los barrios situados en la parte baja de la ciudad (Teatinos, Ventanielles, Pumarín) que se achacan a deficiencias en la construcción, afecciones de excavaciones, características intrínsecas del material portante, etc y que en general

ocurren en edificaciones cimentadas sobre el techo de la formación Oviedo y base del Terciario. Comprender el funcionamiento hidrogeológico de la zona puede contribuir a explicar lo ocurrido y a que en el futuro se tomen las medidas precisas para solucionar los problemas.

De los conocimientos adquiridos en trabajos en la ciudad se puede decir que existe una karstificación bien desarrollada tanto en el nivel carbonatado de la formación Oviedo como en los niveles de yesos y conglomerados basales que pueden ocasionar serios problemas en las edificaciones. En las calizas de la formación Oviedo existen chimeneas karstificadas rellenas por materiales descompuestos de muy baja resistencia ligados a la discordancia terciaria.

En la parte baja de la ciudad se disponen de techo a muro:

- Un cuaternario correspondiente a antiguos cauces fluviales que transportaban productos de la erosión de materiales cretácicos y terciarios, cantos, arenas, arcillas y margas. En las antiguas zonas de humedales en dolinas se depositaba abundante materia orgánica (turberas). En general el cuaternario se deposita sobre el nivel de margas que existe encima de los yesos excepto en las zonas de dolinas subsidentes donde se formaban las "ventanielles de agua".

- Un nivel de margas terciarias sobre un nivel de yesos o margas yesíferas de la base. Este es un nivel impermeable. Únicamente el nivel de yesos cuando está karstificado aloja un acuífero con flujo pistón, es decir que funciona como una tubería.

- En la base existe un conglomerado terciario que puede ser permeable y conectado con los yesos y con el cretácico o poco permeable con conductos kársticos con flujo pistón. Este último a todos los efectos funciona como un gran acuífero pues los distintos niveles permeables se conectan mediante las numerosas pequeñas fallas normales e inversas que han sido puestas de manifiesto en varias excavaciones urbanas.

Hidrogeológicamente en las zonas bajas de la ciudad el funcionamiento es como el de un acuífero con dos capas, Cuaternario y Cretácico-Conglomerado-Yesos separados por las margas que confinan el nivel inferior. Estos dos niveles están interconectados por dolinas y zonas de fractura. En el resto de la ciudad el acuífero es monocapa más o menos saturado.

Sobre la compleja estructura natural de las zonas bajas han actuado las acciones antrópicas que complican aún más las cosas: dentro del cuaternario se ha construido el emisario de aguas residuales de la ciudad que es una obra de mampostería de los años cuarenta que transporta un caudal medio del orden de 1

m<sup>3</sup>/s en época normal pero más de 10 m<sup>3</sup>/s en eventos tormentosos. El emisario realiza el drenaje de la zona en aguas bajas pero en aguas altas y aguas de tormenta alimenta al cuaternario, actuando las alcantarillas de la zona como canales de recarga provocando, además de las inundaciones de sótanos, la contaminación de las aguas del cuaternario.

El acuífero Cretácico-Conglomerado-Yesos tiene un nivel piezométrico superior al del cuaternario implicando esto una circulación ascendente del agua cretácica a través de los yesos por zonas de circulación preferente cargándose en sulfatos que pasan al acuífero cuaternario. Además en el cuaternario se produce la degradación en régimen anaerobio de la materia orgánica procedente del emisario con la producción de H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. El H<sub>2</sub>S al pasar a condiciones aerobias y en contacto con el agua forma H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, que puede atacar a los cementos sino son especiales.

En los yesos, debido a su extraordinaria solubilidad, se desarrollan con rapidez procesos de karstificación ligados a pequeños accidentes tectónicos que, cuando alcanzan dimensiones adecuadas, colapsan dando lugar a las "ventanielles".

En la localización de los huecos kársticos el método que mejores resultados dio fue el de registros de sondeos con las sondas gamma natural y densidad o gamma-gamma (ver Fig. 7), las mismas que se emplean para la localización de capas de carbón. Las cuevas en yesos responden con una bajada de c.p.s. (cuentas por segundo) en el gamma natural y con una subida en el densidad. La existencia de derrumbes en las paredes de los sondeos también provoca una subida de c.p.s. en el densidad pero de forma muy discontinua y además no coincide con bajada del gamma natural.

El registro de inducción permitió realizar las determinaciones de conductividad con el sondeo entubado en plástico y conseguir que en una sola campaña se hicieran los registros de sondeos sin necesidad de tener inmovilizado sobre el terreno el equipo de registro, lo que supone un gran ahorro.

La hidroquímica, especialmente el contenido en sulfatos, muestra la alimentación del agua del Cretácico-Conglomerado-Yesos a través de los bordes de las zonas bajas y el drenaje hacia los emisarios de aguas residuales.

## Conclusiones

1- Los problemas de subsidencia de edificios y pavimentos que han llevado al agrietamiento e incluso al colapso de varias estructuras y construcciones en algunas zonas de la ciudad de Oviedo se pue-

den relacionar directamente con la estructura hidrogeológica y es la circulación ascendente del agua junto con la karstificación de yesos terciarios lo que da lugar a "ventanielles" de agua o dolinas rellenas de depósitos de humedal que originan suelos con pobres parámetros constructivos que pueden provocar fenómenos de inestabilidad.

- 2- La disolución de yesos da origen:
  - a) al aumento de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en las aguas subterráneas ascendentes, que incluso llegan a la saturación. Se produce H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en las aguas del cuaternario que degradan el cemento de las cimentaciones.
  - b) la formación de cuevas kársticas de rápido desarrollo que en su colapso pueden afectar a las construcciones.
- 3- La realización de obras que provoquen variaciones del nivel piezométrico en el nivel acuífero de los yesos puede ocasionar colapsos locales en zonas donde los yesos ya estén previamente en situación inestable ya sea por karstificación o por fracturación.
- 4- El registro en sondeos de los parámetros Gamma Natural, Densidad y Conductividad con registro de inducción ha permitido situar con gran precisión los huecos kársticos y definir las características geométricas de los acuíferos.
- 5- Los registros geofísicos proporcionan una información objetiva del subsuelo y es una lástima que no se hagan en los numerosos sondeos geotécnicos que se ejecutan en la ciudad. Se podría así elaborar un GIS con una información objetiva de gran ayuda para resolver los problemas constructivos que surgen continuamente y seguirá habiendo en el futuro.

No es suficiente la ejecución de un sondeo geotécnico en cada parcela, habría que ir a una modelización del terreno que tuviera en cuenta no sólo las características constructivas sino todos los condicionantes geológicos e hidrogeológicos, que estuviera a disposición de los urbanistas, constructores y vecinos en general.

## Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento:

- A las personas que participaron en los trabajos hidrogeológicos del proyecto realizado en el barrio de Ventanielles: Eduardo Menéndez Casares, Paulino Fernández Alvarez, Almudena Ordóñez Alonso, Carlos Suárez Lazaré, Angel Rosal Fraga, Jorge Suárez Alonso, Susana Arias Fernández, Benito Colón del Toro, M<sup>a</sup> Aurora Otal Alvarez, Pedro Martínez Sánchez, Jose M<sup>a</sup> Calaforra Chordi

y Adolfo Eraso.

- A Manuel García Hernández, profesor del Departamento de Estratigrafía de la Universidad de Granada por su valiosa ayuda en las descripciones micropaleontológicas.

## Referencias

Alonso, J. L. y Álvarez Pulgar, J. 1995. La estructura de la Zona Cantábrica. En *Geología de Asturias*, pp. 109-111. Editorial Trea.

Bahamonde, J. 1984. *Análisis sedimentológico de las facies*

*detriticas del Cretácico de los alrededores de Oviedo*. Tesis de Licenciatura. Univ. de Oviedo (inérita).

Calaforra, J. M. 1998. *Karstología de yesos*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Granada.

Gutiérrez Claverol, M. y Torres Alonso, M. 1995. *Geología de Oviedo. Descripción, recursos y aplicaciones*. Ediciones Paraiso.

Marsaud, 1997. Approches conceptuelles de l'aquifers kárstique. *Hidrogeologie*, nº3.BRGM.

Recibido: Junio 2002

Aceptado: Diciembre 2002