

# Caracterización hidrogeológica de la sucesión cretácica en el sector central de Asturias (Oviedo, NO de España)

B. González Fernández<sup>(1)</sup>, M. Gutiérrez Claverol<sup>(2)</sup> y E. Menéndez Casares<sup>(1)</sup>

(1) Departamento de Explotación y Prospección de Minas. Universidad de Oviedo. C/ Independencia 13, 33004 Oviedo, España.  
E-mail: mbeagf@uniovi.es

(2) Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. C/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, España.  
E-mail: claverol@geol.uniovi.es

## RESUMEN

El estudio de los materiales de la cuenca cretácica de la zona central de Asturias, dentro del municipio de Oviedo, ha permitido diferenciar dos acuíferos multicapa. El acuífero inferior, con un espesor aproximado de 140 m y una extensión de unos 22 km<sup>2</sup> está formado por calizas y areniscas con alguna intercalación de arcillitas y limolitas; el superior, constituido por areniscas, conglomerados y calizas, se extiende a lo largo de unos 9 km<sup>2</sup> y alcanza una potencia de 70 m. Ambos están independizados hidráulicamente por un tramo de unos 30 m de potencia compuesto por arcillitas, limolitas arcillosas y margas que actúa como material impermeable y presenta gran continuidad a lo largo de toda la cuenca. La extensión aflorante de los acuíferos y del tramo impermeable se muestra en un mapa hidrogeológico donde se han situado los puntos de agua más importantes, constituidos por 67 manantiales y 5 sondeos. El empleo de diagrfias gamma natural ha permitido establecer electrofacies de utilidad en la interpretación de futuros sondeos hidrogeológicos. Se proponen esquemas interpretativos del funcionamiento de la descarga de los acuíferos basados en cortes hidrogeológicos detallados. Finalmente, la caracterización hidrogeoquímica de los acuíferos muestra que existen facies bicarbonatadas cálcicas, coherentes con las características litológicas de los acuíferos estudiados, en las que abundan materiales calcáreos.

Palabras clave: acuíferos multicapa, Asturias, Cretácico, diagrfias, hidroquímica

## ***The aquifers of Asturian Cretaceous basin in the surroundings of Oviedo (NW Spain)***

### ABSTRACT

*The study of cretaceous basin deposits in the central part of Asturias -within the Oviedo municipality- permits to distinguish two multi-layer aquifers. The lower aquifer is formed by limestones and sandstones with some levels of clays and siltstones; its total thickness is 140 m and it has a surface area of about 22 km<sup>2</sup>. The upper aquifer is composed of sandstones, conglomerates and limestones, its outcropping is, approximately, 9 km<sup>2</sup> and its thickness, 140 m. The aquifers are separated by 30 meters of a continuous impermeable layer formed by clays, clays siltstones and marls which can be followed over the entire basin. The outcropping area of both aquifers and the impermeable layer is shown on a hydrogeological map together with the most important points of discharge: 67 springs and 5 wells. Utilisation of gamma ray log is a effective method in order to establish the electrofacies for the future interpretations of hydrogeological wells. The discharge behaviour is explained by means of the hydrogeological schemes. Finally, hydrochemical studies indicate that the groundwater is dominantly calcium-bicarbonate type, related to predominant calcareous lithofacies of both aquifers.*

*Key words: Asturias, Cretaceous, hydrochemical, logs, multilayer aquifers*

## Introducción

Los materiales que constituyen la cuenca cretácica asturiana fueron objeto de estudio por parte de diversos autores siendo Schulz, en el año 1837, quién inició las investigaciones. Sin embargo y debido en parte a la intensa cubierta vegetal desarrollada sobre la zona y por lo tanto a la escasez de afloramientos

y su baja calidad, la información geológica disponible es aún insuficiente y el nivel de conocimiento alcanzado no ha llegado, hasta el momento, a ser muy preciso.

En el año 1994 se establecen divisiones litoestratigráficas (Bernárdez Rodríguez, 1994; Olima, 1994) que sirvieron como punto de partida para posteriores trabajos (Gutiérrez Claverol y Torres Alonso, 1995;

García-Ramos y Gutiérrez Claverol, 1995, González Fernández, 2001) que modifican algunos aspectos; finalmente en 2004 se publica un artículo (González Fernández *et al.*, 2004) donde se define, para el sector occidental de la cuenca, una división en formaciones tratando de unificar las distintas denominaciones propuestas.

Aspectos sedimentológicos tales como los ambientes de depósito y las relaciones laterales entre las facies de cada formación no se conocen claramente y están siendo objeto de estudio en la actualidad.

Desde el punto de vista hidrogeológico, los trabajos realizados en el Cretácico asturiano se detallan a continuación:

La primera constatación y valoración de las aguas subterráneas de los alrededores de Oviedo se debe a Llopis Lladó (1957) quien definió, por primera vez, la existencia de cuatro niveles detríticos del Cretácico de "elevada permeabilidad y acusado coeficiente de absorción".

Los estudios hidrogeológicos de la cuenca cretácica asturiana se iniciaron por los organismos oficiales regionales y por la "Oficina de Ingenieros para Hidroeconomía" de Essen (Alemania), que realizó un informe sobre la "Hidroeconomía e Hidrogeología" de los acuíferos mesozoicos de esta región (Groote, 1963). A lo largo de las décadas de los años 60 y 70 del pasado siglo se perforaron numerosos sondeos que aunque carecieron de una adecuada planificación científico-técnica, contribuyeron a aportar los conocimientos hidrogeológicos preliminares de la zona.

Gutiérrez Claverol (1972) estudió la hidrogeología de la Depresión Mesoterciaria Central de Asturias y definió tres horizontes hídricos, relacionados con formaciones siliciclásticas del Cretácico, que denominó ak1, ak2 y ak3. Este trabajo se complementó y desarrolló con una publicación del mismo autor (Gutiérrez Claverol, 1983), donde tras analizar medio centenar de sondeos, la mayoría con fines hidrogeológicos, señaló las zonas más propicias para la captación y los caudales a extraer.

En el año 1979, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), dentro del Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS), creó una oficina técnica en Oviedo con la finalidad de estudiar las cuencas hidrogeológicas asturianas, en colaboración con la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A. (ENADIMSA).

En una primera fase (1979-1980) se abordó la definición de los sistemas acuíferos mediante una campaña de cartografía y el inventario de los puntos de agua. En una segunda época (IGME, 1981) se caracterizaron los acuíferos mediante la ejecución de algu-

nos sondeos, ensayos de bombeo, controles piezométricos, análisis hidroquímicos y aforos.

Un resumen de toda esta labor prospectiva fue presentado por Martínez-Fresneda (1980) en las Jornadas Minero-Metalúrgicas celebradas en Huelva. El informe técnico del IGME, que comprende dos monografías (IGME, 1984 a y b) integra a los materiales cretácicos y paleógenos de Asturias dentro del Sistema Acuífero nº 2, Unidad Mesoterciaria Oviedo-Cangas de Onís y en el Sistema Acuífero AB, Franja Móvil Intermedia. Como resultado de este trabajo se concluyó que el Cretácico, en conjunto, constituye un acuífero multicapa con tres niveles acuíferos, se presentó un mapa de síntesis hidrogeológica a escala 1:200.000 y se hizo una estimación de recursos y reservas, calculando para el ámbito de Oviedo-Pola de Siero, unas reservas del orden de 1.000 hm<sup>3</sup> en los acuíferos detríticos.

En los años siguientes se prosiguió trabajando dentro del Plan Hidrológico Nacional y, específicamente, en el Plan Nacional de Gestión, Conservación y Planificación de los Acuíferos (PGCA), prestando singular atención al control de la contaminación (IGME, 1986; ITGE, 1990 y 1996). Con este fin se implantó una red de puntos de control (sondeos y manantiales) para recoger y analizar periódicamente muestras de aguas.

González Fernández (2001) realizó, en su tesis doctoral, un estudio hidrogeológico de la sucesión cretácica dentro de los límites municipales de Oviedo cuya principal aportación fue la elaboración de una cartografía geológica e hidrogeológica a escala 1:5000 y un inventario de puntos de agua con la explicación del funcionamiento hidrogeológico de los principales manantiales. Una de las conclusiones de este trabajo fue la existencia de tres acuíferos de litología detrítica y carbonatada, cada uno de ellos con funcionamiento multicapa en los que los puntos de descarga son mayoritariamente los tramos carbonatados. Pendás y González Fernández (2003) publicaron un artículo sobre el sistema hidrogeológico de Oviedo en relación con problemas de cimentación, cuya principal conclusión fue que los problemas de subsidencia de edificios y pavimentos se pueden relacionar directamente con la dinámica hidrogeológica.

Finalmente, Ortuño *et al.* (2004) establecieron la relación entre las características litológicas e hidroquímicas de todos los acuíferos del Principado de Asturias. De los 65 puntos muestreados, el 24% pertenece a materiales cretácicos, los cuales presentan una facies bicarbonatada cálcica.

A pesar de los trabajos descritos anteriormente, los escasos recursos dedicados en Asturias al estudio de las aguas subterráneas no han permitido adquirir

un conocimiento adecuado sobre el comportamiento hidrogeológico de los acuíferos en general, pero especialmente de los cretácicos; la inexistencia de sondeos bien planificados y de una red de piezómetros ha impedido la obtención de información tan básica como piezometrías detalladas, valores de permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, etc.

El planteamiento del presente artículo surge con la idea de sintetizar el trabajo realizado en la tesis doctoral (González Fernández, 2001), incorporando algunas conclusiones de trabajos posteriores (González Fernández *et al.*, 2004) junto con otros datos extraídos del trabajo de campo llevado a cabo con posterioridad, entre los años 2002 y 2004, por parte de los autores, y que abarcó parte del sector oriental de la cuenca cretácica asturiana.

Se pretende establecer una nueva caracterización hidrogeológica del sector occidental de la cuenca cretácica asturiana para servir de base a futuros estudios de carácter cuantitativo.

### Marco geográfico y geológico

La zona de estudio se ubica mayoritariamente dentro de los límites municipales de Oviedo, extendiéndose ligeramente fuera de éste, hacia el Norte y Este (Fig. 1).

Geológicamente, se sitúa en el sector occidental de la denominada Depresión Mesoterciaria Central de Asturias (Gutiérrez Claverol, 1973), Cuenca de Oviedo-Cangas de Onís o simplemente Cuenca de Oviedo (Fig.1).

Desde el punto de vista tectónico la cuenca de Oviedo es una cuenca sinorogénica, originada durante la orogenia Alpina como consecuencia de la reactivación de la denominada Falla de Llanera, una falla extensional mesozoica (Alonso *et al.*, 1995) que rejugó como inversa. La zona de trabajo está situada justamente al Sur de esta falla y al suroeste de la Falla de Ventaniella, otra importante estructura alpina de dirección noroeste-sureste (Fig. 1).

La deformación que afecta a estos materiales es de naturaleza predominantemente frágil, reflejada por un conjunto de fallas de dirección NO-SE, NE-SO y E-O.

En cuanto a las características estratigráficas, González Fernández *et al.* (2004) establecieron diez formaciones, tres de ellas nuevas, cuya definición se apoyaba en los trabajos de autores anteriores (fundamentalmente Ramírez del Pozo, 1972; Olima, 1994; Bernárdez Rodríguez, 1994; Gutiérrez Claverol y Torres Alonso, 1995; González Fernández, 2001), tratando de unificar la confusa nomenclatura existente hasta entonces. Las formaciones consideradas se denominan, de muro a techo: Peñaferuz, Antromero, Pola de Siero, Ullaga, El Caleyú, La

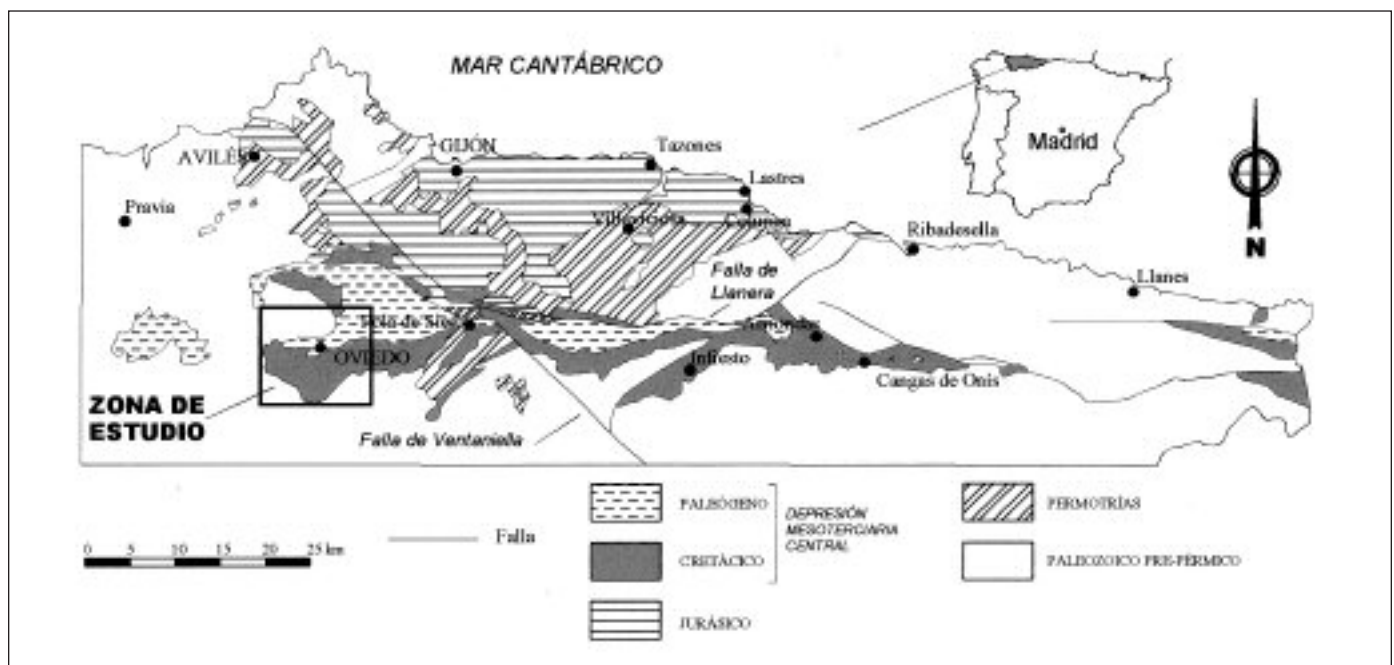


Fig. 1. Localización geográfica de la zona de estudio en un esquema geológico regional  
 Fig.1. Geographic location of the area studied in regional geological sketch

Manjosa, Latores, San Lázaro, La Argañosa y Oviedo. Existe una alternancia de formaciones de naturaleza siliciclástica (Peñaferuz, Pola de Siero, El Caleyu, Latores y La Argañosa) y otras en las que el contenido en carbonatos es dominante (Antromero, Ullaga, La Manjosa, San Lázaro y Oviedo), como se observa en la Fig. 2.

En el borde meridional de la cuenca, los materiales cretácicos se apoyan discordantemente sobre el Paleozoico. En la zona de estudio la serie comienza con la Fm. Ullaga (Fig. 2), pero hacia el Este lo hace con la Fm. Pola de Siero. Las formaciones Peñaferuz y Antromero sólo afloran al Norte de la Falla de Llanera, en la unidad tectónica denominada "Franja móvil intermedia" y en la costa cantábrica, ya fuera del marco de este trabajo.

Tras la sedimentación de la sucesión cretácica anteriormente descrita, existió un período durante el cual la región asturiana permaneció emergida, quedando los materiales mesozoicos sometidos a una intensa erosión que generó un paleorrelieve sobre el que posteriormente se depositaría toda la serie paleógena que aparece dispuesta, discordante y disconformemente, sobre formaciones que abarcan desde el Cenomaniense hasta el Santoniense. Esta cobertura paleógena presenta un espesor variable alcanzando, en ocasiones, los 300 m. En Oviedo se distinguen un tramo inferior de conglomerados calcáreos, limolitas, calizas y yesos, un tramo intermedio margoso y uno superior con calizas, conglomerados silíceos y calcáreos y algunas intercalaciones areniscosas, arcillosas y margosas. La potencia estimada asciende a 145 m.

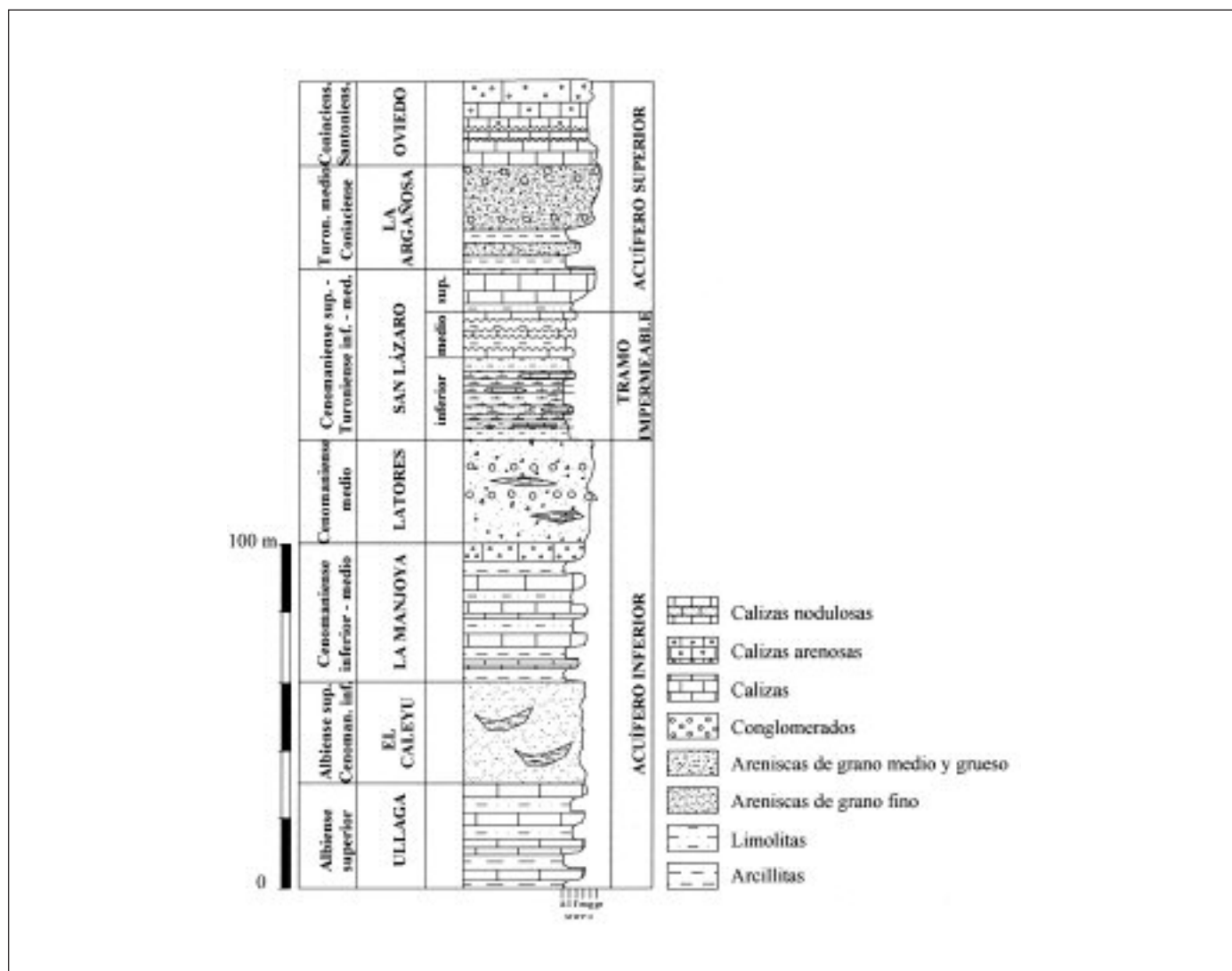


Fig. 2. Distribución de los niveles hidrogeológicos dentro de la columna estratigráfica del Cretácico  
 Fig. 2. Distribution of hydrogeological levels in the stratigraphic column of Cretaceous

## Metodología de trabajo

Como ya se indicó precedentemente, este trabajo es una síntesis de la tesis doctoral de González Fernández (2001) a la que se han añadido aportaciones de trabajos posteriores (González Fernández *et al.*, 2004) y nuevos datos de campo.

La metodología seguida ha consistido en una recopilación de los datos más representativos de ambos trabajos: cartografía hidrogeológica a escala 1:5000, cortes hidrogeológicos, descripción estratigráfica, puntos de agua con sus caudales, análisis químicos y registros geofísicos. Específicamente para este trabajo se ha ampliado hacia la zona oriental el mapa hidrogeológico de base.

## Resultados y discusión

### Caracterización hidrogeológica

Los materiales cretácicos presentes en el ámbito estudiado constituyen los acuíferos más importantes de la unidad hidrogeológica 01.22 de Oviedo-Cangas de Onís (DGOH-IGME, 1988; ITGE, 2000) y están, en buena parte de la cuenca, confinados por la cobertura paleógena mayoritariamente compuesta por materiales de baja permeabilidad.

Aunque no se ha podido confirmar mediante piezometrías, las observaciones de campo sugieren que dentro de esta unidad hidrogeológica se pueden diferenciar dos acuíferos multicapa independizados hidráulicamente por un conjunto de materiales que presentan gran continuidad a lo largo de toda la cuenca (Fig. 2). La extensión aflorante de cada uno de ellos se muestra en el mapa hidrogeológico de la Fig. 3 donde se señala también la situación de los 67 manantiales inventariados y de 5 sondeos. La estructura de la cuenca puede observarse en el corte de la Fig. 4.

### Acuífero inferior

Aflora a lo largo de todo el borde meridional y occidental de la cuenca (Fig. 3), con una extensión de unos 22 km<sup>2</sup>. Está formado por los materiales permeables de las formaciones Ullaga, El Caleyú, La Manjota y Latores y alcanza una potencia de unos 140 m. Los niveles acuíferos denominados como ak2 y ak3 (Gutiérrez Claverol, 1972; IGME, 1984 a y b) forman parte de este acuífero inferior, y se corresponden con las areniscas de las formaciones Latores y El Caleyú respectivamente.

La Fm. Ullaga consiste en calizas bioclásticas de tonos grises o marrón amarillento (debido a procesos de oxidación), con niveles de arcillitas grises o negras, limolitas y areniscas de grano fino a medio; como bioclastos más abundantes se encuentran algas, foraminíferos, bivalvos y gasterópodos. Frecuentemente aparecen restos vegetales (lignito), glauconita y, ocasionalmente, piritita, micas, costras ferruginosas, ámbar, yeso y minerales pesados. La potencia es del orden de 40 m. Los materiales presentan abundantes cambios laterales y verticales de facies, así como acuñamientos laterales, rasgos especialmente visibles en los niveles calcáreos.

En los alrededores de Oviedo es la unidad litoestratigráfica cretácica más antigua y se dispone discordantemente sobre el Paleozoico.

La Fm. El Caleyú está constituida por areniscas débilmente cementadas, blanquecinas, de grano fino a medio, con intercalaciones irregulares de limolitas y arcillitas rojizas, grises o negras, de espesores variables desde pocos centímetros a varios metros.

Son abundantes las costras ferruginosas, lignitos y nódulos de piritita. Asimismo, es posible encontrar ámbar (singularmente dentro de lentejones limosos) y mica blanca. La potencia media de la formación es de unos 30 m.

Hacia el Norte y Este, la sucesión se hace más carbonatada y pasa lateralmente a calizas arenosas.

La Fm. La Manjota es, litológicamente, bastante similar a la Fm. Ullaga, con arcillitas y limolitas grises a negras (ocasionalmente con ámbar), areniscas y bancos carbonatados bioclásticos de color gris a marrón amarillento. El espesor de los niveles carbonatados varía entre unos 20 cm y, como máximo, 5 m. Al igual que el resto de los materiales constitutivos de la sucesión, experimentan frecuentes acuñamientos y cambios de facies. Las calizas pueden estar karstificadas, oxidadas y dolomitizadas y, a veces, presentan estratificación cruzada.

En general, el contenido fosilífero es abundante (foraminíferos, algas, gasterópodos, lamelibranquios, restos de peces, ostrácodos), así como la presencia de materia orgánica, ámbar y sulfuros de hierro. La potencia de esta formación es de unos 40 m.

La Fm. Latores está formada por areniscas muy poco cementadas de grano medio a grueso, color gris blanquecino o amarillento, predominantemente mal calibradas y con intercalaciones de niveles microconglomeráticos, lentejones de limolitas y arcillitas y tramos arcillosos ricos en caolinita. Son frecuentes los restos de materia orgánica diseminada o en finos horizontes; también se encuentra mica blanca en proporción variable, más abundante en los términos gruesos. Habitualmente, están muy laminadas y pre-



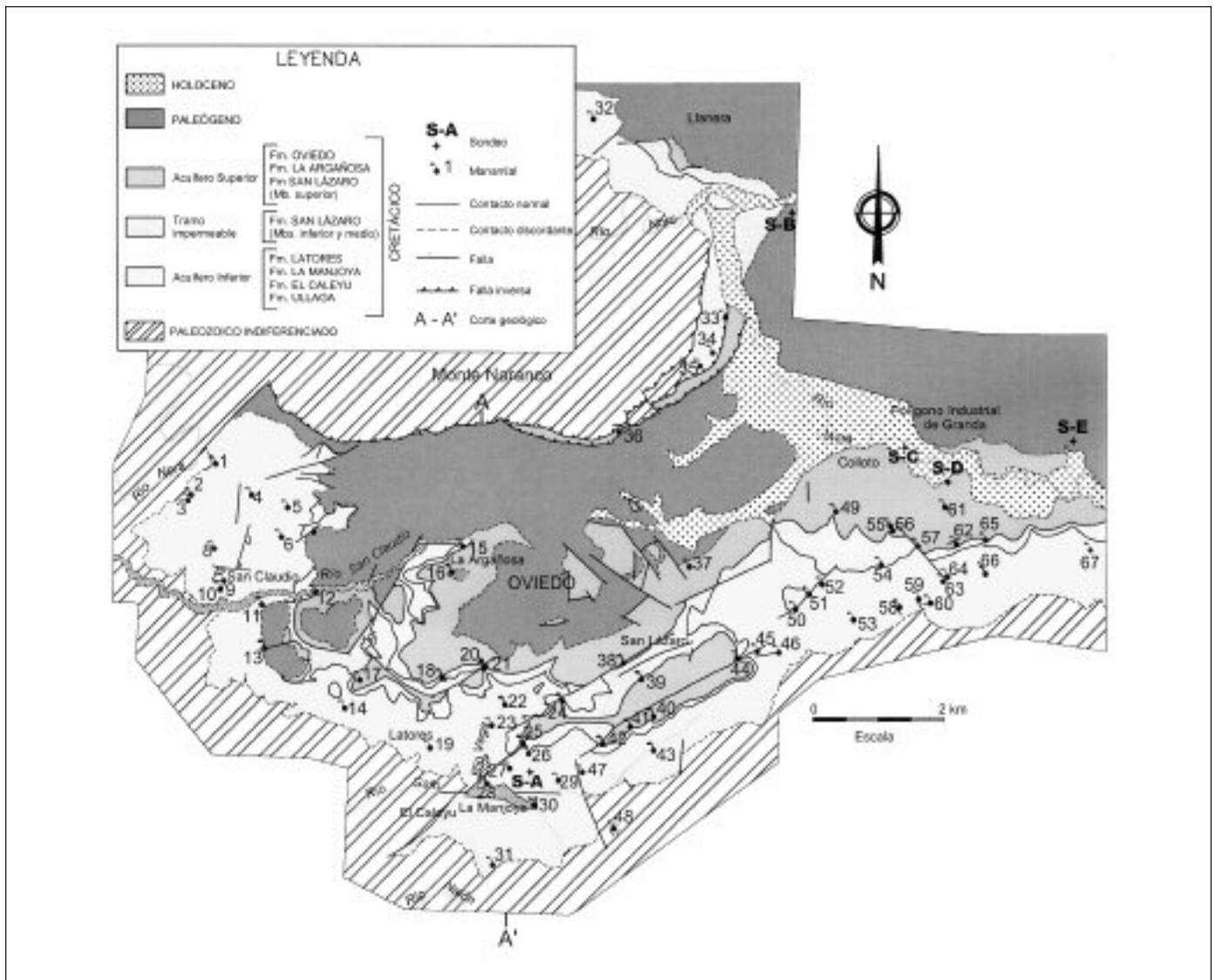


Fig. 3. Mapa hidrogeológico de los alrededores de Oviedo  
 Fig. 3. Hydrogeological map of the area round Oviedo

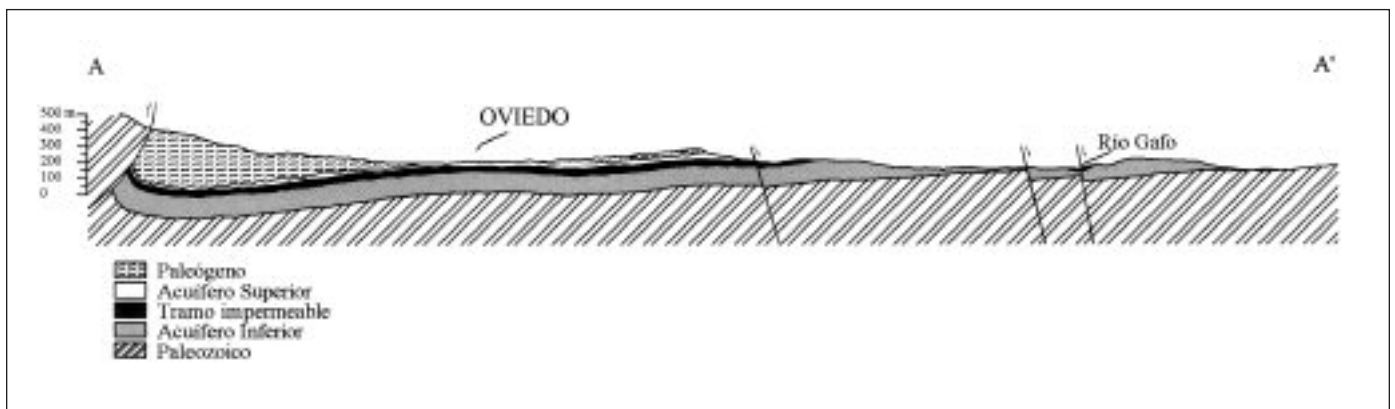


Fig. 4. Corte geológico esquemático de la cuenca hidrogeológica de Oviedo (ver situación en Fig. 3)  
 Fig. 4. Schematic geological cross-section of the Oviedo hydrogeological basin (see location in Fig. 3)

sentan estratificación cruzada. La potencia es del orden de los 30-35 m.

De igual manera que la Fm. El Caleyú, la unidad se enriquece en carbonatos –en detrimento de la fracción areniscosa– hacia las zonas septentrional y oriental.

En el sondeo S-A, ubicado en la localidad de La Manjota (Fig. 3) y del que se extrajo testigo continuo, se realizó un registro gamma natural (Fig. 5) que permitió una primera aproximación al conocimiento de las electrofacies de las formaciones La Manjota y El Caleyú. La diagráfía, tal como cabría esperar, muestra valores muy bajos de gamma natural (baja arcillosidad) en las areniscas de la Fm. El Caleyú y en las calizas de la Fm. La Manjota; las intercalaciones limoareniscosas frecuentes en la Fm. La Manjota originan

pequeñas desviaciones de la curva hacia la derecha. El contacto entre ambas formaciones se produce a través de un tramo arcilloso situado en la base de la Fm. La Manjota que muestra los valores más altos de la diagráfía. En conjunto, la Fm. El Caleyú presenta una curva más homogénea y de menor radiactividad natural que la Fm. La Manjota. En la zona de estudio, donde la gran mayoría de los sondeos se perforaron a rotoperusión sin extracción de testigo y con un aporte de información geológica bastante deficiente, las diagráfías son una herramienta de gran utilidad para el reconocimiento de las formaciones atravesadas y la identificación de los niveles acuíferos.

La recarga del acuífero procede mayoritariamente de la lluvia y la descarga natural se realiza a través de manantiales de escaso caudal (1 a 360 l/min) o direc-

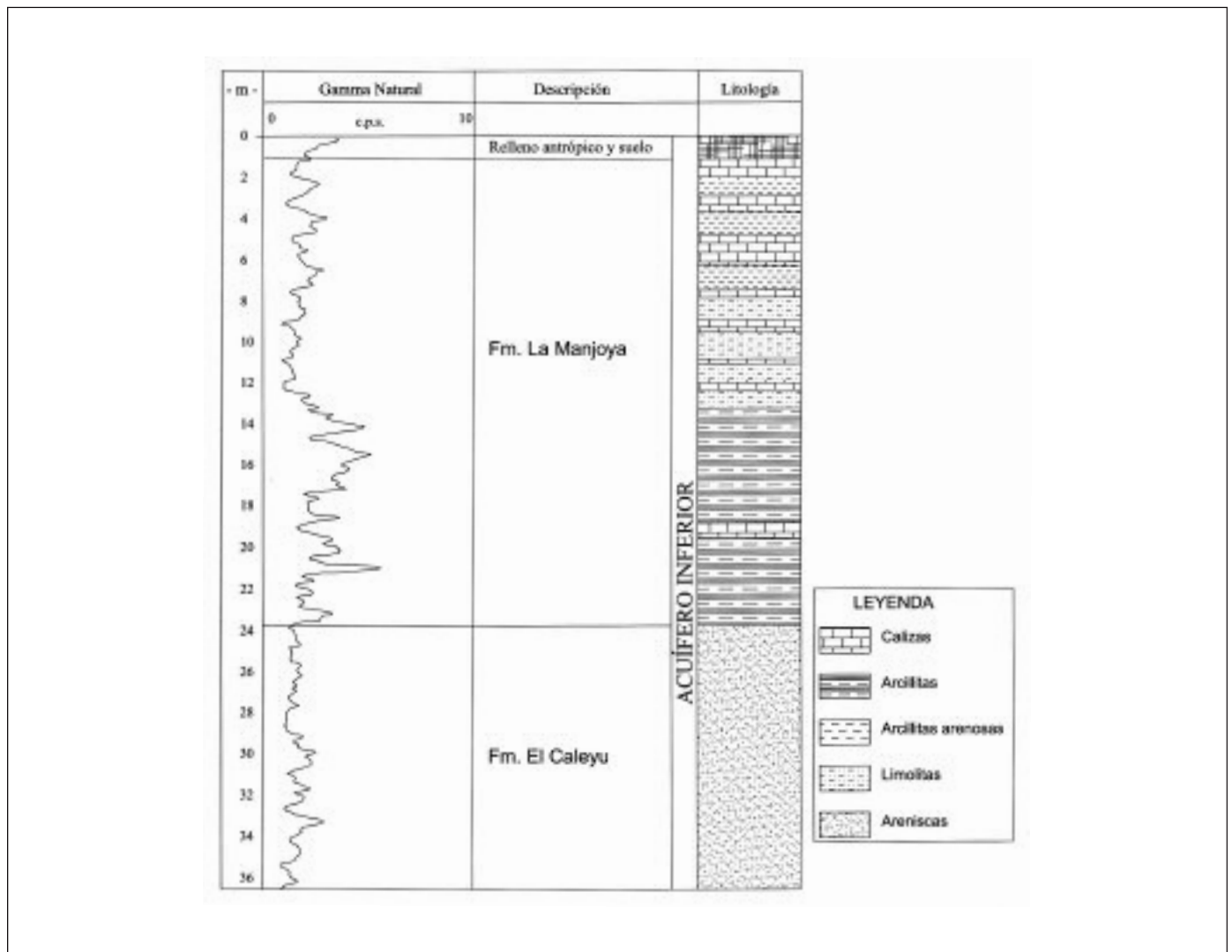


Fig. 5. Diagráfía de las formaciones cretácicas El Caleyú y La Manjota (Sondeo S-A)  
 Fig. 5. Log of the cretaceous formations El Caleyú and La Manjota (Well S-A)

tamente a los ríos Gafo, Vega, San Claudio y Nora (Fig. 3). La descarga de estos manantiales tiene lugar a diferentes niveles dentro de la serie estratigráfica, pero predominantemente en las calizas karstificadas de las formaciones Ullaga y La Manjoya. Las areniscas de las formaciones El Caleyú y Latores suelen originar zonas de drenaje difuso.

Este acuífero inferior muestra un comportamiento hidrodinámico de tipo multicapa caracterizado por una litología mixta de areniscas débilmente cementadas y calizas algo karstificadas, con una elevada permeabilidad. Contiene intercalaciones de arcillitas y limolitas que se acuñan lateralmente y actúan como acuitardos.

La Fig. 6 recoge esquemas de funcionamiento de algunos de los manantiales más representativos de este acuífero cuya situación se indica en el mapa de la Fig. 3.

Los puntos de agua 7, 63 y 60 (Figs. 6A, 6B y 6D, respectivamente) son el resultado de la presencia de fallas que ponen en contacto materiales de diferente permeabilidad:

El manantial nº 7 (Fig. 6A) surge en el contacto de las arenas de la Fm. Latores con los materiales de baja permeabilidad del Terciario debido a una falla que hunde el bloque sureste.

El manantial nº 63 (Fig. 6B) se sitúa en las calizas de la Fm. La Manjoya que están en contacto mecánico con materiales arcillo-limosos de la misma formación.

El manantial nº 60 (Fig. 6D) aflora en el contacto de las calizas de la Fm. Ullaga por efecto de una falla que pone en contacto las calizas con un nivel arcilloso.

Por último, el punto de agua nº 28 (Fig. 6C) es el drenaje del acuífero, a través de la Fm. El Caleyú, a la altura del río Vega.

Además de los drenajes naturales, se han perforado numerosos sondeos que aprovechan el acuífero aunque el volumen medio anual de las extracciones está aún sin cuantificar.

### *Acuífero superior*

La zona aflorante ocupa un área algo superior a los 9 km<sup>2</sup> en el centro de la cuenca cretácica (Fig. 3), según una franja de unos 500 m de ancho y dirección NE-SO, una parte de la cual corresponde al casco urbano de Oviedo. Este acuífero, con un espesor máximo en torno a los 70 m, está integrado por las calizas del miembro superior de la Fm. San Lázaro, las areniscas débilmente cementadas y los conglomerados silíceos de la Fm. La Argañosa, las calizas karstificadas de la Fm. Oviedo y los conglomerados calcáreos del tramo

basal del Paleógeno, también karstificados. El acuífero ak1 (Gutiérrez Claverol, 1972; IGME, 1984 a) se corresponde con las areniscas y conglomerados de la Fm. La Argañosa.

El miembro superior de la Fm. San Lázaro, con una potencia de unos 10 m, comprende calizas bioclásticas pardo-amarillentas, verdosas y grisáceas, con abundante glauconita e intercalaciones de limo-arcillitas, más frecuentes hacia el techo. En la base las calizas están, generalmente, muy karstificadas, y es frecuente la aparición de dolinas. Los tramos de transición a la unidad suprayacente están formados por limolitas pardo-amarillentas muy enriquecidas en glauconita que gradan a areniscas de grano fino.

La Fm. La Argañosa está compuesta por areniscas de grano fino a muy grueso, muy poco cementadas, y color generalmente blanquecino, con abundantes niveles conglomeráticos cuarzosos, más abundantes hacia el techo; entre los conglomerados es habitual la presencia de granos de cuarzo de tonalidad anaranjada. Presenta intercalaciones arcillosas de colores variados, fundamentalmente rosáceos, más frecuentes hacia la base; son muy abundantes las micas a lo largo de toda la unidad y, esporádicamente, se pueden encontrar pequeños horizontes de materia orgánica. La potencia estimada es de unos 30-40 m.

Al igual que en casos anteriores, hacia el noreste disminuye su carácter arenoso, dando paso a una sucesión arenoso-arcillosa y margosa con intercalaciones calcáreas. Ya fuera del ámbito de estudio, hacia la zona oriental, esta unidad consiste en una sucesión de areniscas y conglomerados con alguna intercalación calcárea.

La presencia de moscovita en esta unidad supone un problema importante ya que, dada su morfología laminar, suele obstruir los filtros de los sondeos y ocasionalmente llega a atravesarlos, con una pérdida de rendimiento hidráulico en los pozos.

La Fm. Oviedo está caracterizada por calizas de color beige claro o amarillento (por oxidación), con frecuencia arenosas y con abundante fauna marina de algas, foraminíferos (sobre todo miliólidos), rudistas y otros lamelibranquios, briozoos, equinodermos y gasterópodos. Es frecuente la presencia de glauconita y geodas.

Las calizas muestran una intensa karstificación que se pone de manifiesto por la abundancia de dolinas y otras morfologías kársticas. Puntualmente, en las facies más arenosas, los procesos de descalcificación alteran las calizas y dan lugar a zonas arenizadas, que pueden llegar a ser confundidas, a nivel de afloramiento, con otras formaciones siliciclásticas; estos procesos de alteración son especialmente notorios hacia la zona oriental de Oviedo, en Colloto (Gutiérrez Claverol *et al.*, 2004).



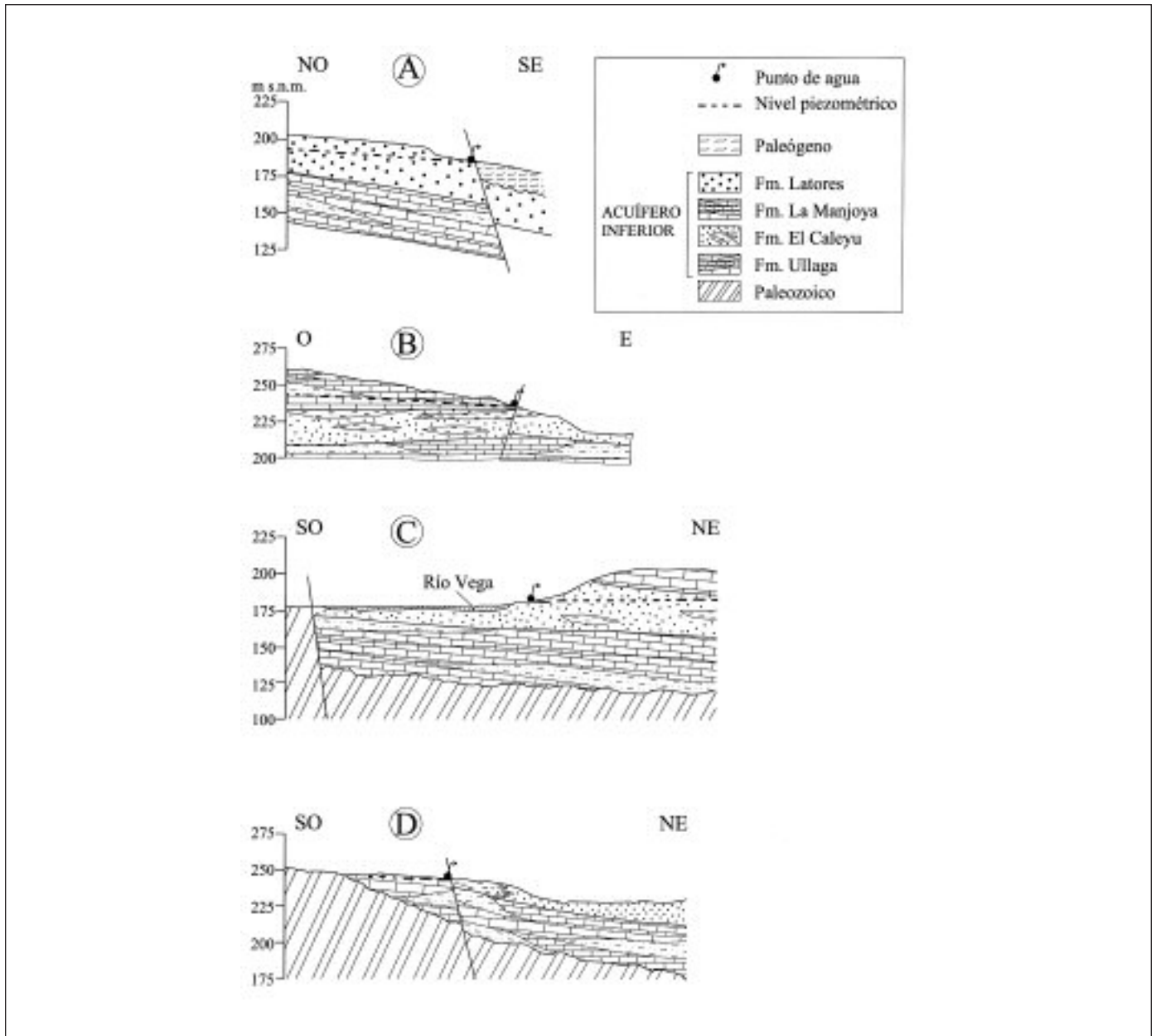


Fig. 6. Esquemas hidrogeológicos del acuífero inferior: A) Punto de agua n° 7, drenaje en la Fm. La Manjoya. B) Punto n° 63, drenaje en la Fm. El Caleyú. C) Punto n° 28, drenaje en la Fm. Ullaga. D) Punto n° 60, drenaje en la Fm. Latores (ver situación en Fig. 3)  
 Fig. 6. Drainage sketches of the lower aquifer: A) Point of discharge n°7, drainage by Latores Fm. B) Point n°63, drainage by La Manjoya Fm. C) Point n°28, drainage by El Caleyú Fm. D) Point n°60, drainage by Ullaga Fm. (see location in Fig. 3)

Esta formación tiene buena continuidad lateral pero está parcialmente erosionada y, como consecuencia del paleorrelieve, la potencia varía de menos de 25 m, en el propio casco urbano, hasta más de 40 m, hacia levante.

Los materiales del Paleógeno, cuando no están erosionados, contienen en la base unos conglomerados calcáreos que suelen estar karstificados y cuyo espesor máximo es de 12 m.

En la Fig. 7 se muestra la diagráfia gamma natural realizada en el sondeo S-C ubicado en el polígono Águila del Nora de Colloto (Fig. 3, en la zona más oriental del área de estudio). Este sondeo fue perforado a rotoperusión por lo que no se extrajo testigo y su interpretación se basa en una escueta descripción de los ripios combinada con la cartografía geológica del entorno. Dentro del acuífero superior se diferencia un tramo bastante homogéneo de unos 43

m y con valores bajos de gamma natural que se atribuye a la Fm. Oviedo; por debajo la curva es más irregular y se asigna a la Fm. La Argañosa el tramo comprendido entre los metros 43 y 78, correspondiendo los valores más bajos a las areniscas y conglomerados y los más altos a las intercalaciones arcillosas. Finalmente, entre los metros 78 y 88 se observa un tramo uniforme que corresponde a las calizas del miembro superior de la Fm. San Lázaro.

El tramo de carácter impermeable está representado por 20 metros del miembro medio de la Fm. San Lázaro, con valores variables pero, en general, más elevados que los del miembro superior y por 8 metros del miembro inferior de la misma formación que muestran valores altos, como corresponde a su naturaleza lutítica y margosa.

El acuífero superior se recarga fundamentalmente mediante las precipitaciones caídas sobre la superficie aflorante, la cual está disminuyendo de forma progresiva debido al aumento del terreno impermeabilizado por la creciente urbanización del territorio. La descarga natural tiene lugar a través de manantiales, zonas de drenaje difuso o directamente a los ríos Nora y San Claudio. Del total de puntos de agua inventariados, cuyos caudales varían entre 6 y 120 l/min., la mayoría están situados en las calizas del miembro superior de la Fm. San Lázaro que, al estar intensamente karstificadas, actúan de conducto preferente para la circulación del agua. Por debajo de niveles estratigráficamente inferiores, dentro de la mencionada formación, no se ha observado ningún drenaje. En menor medida se encuentran drenajes

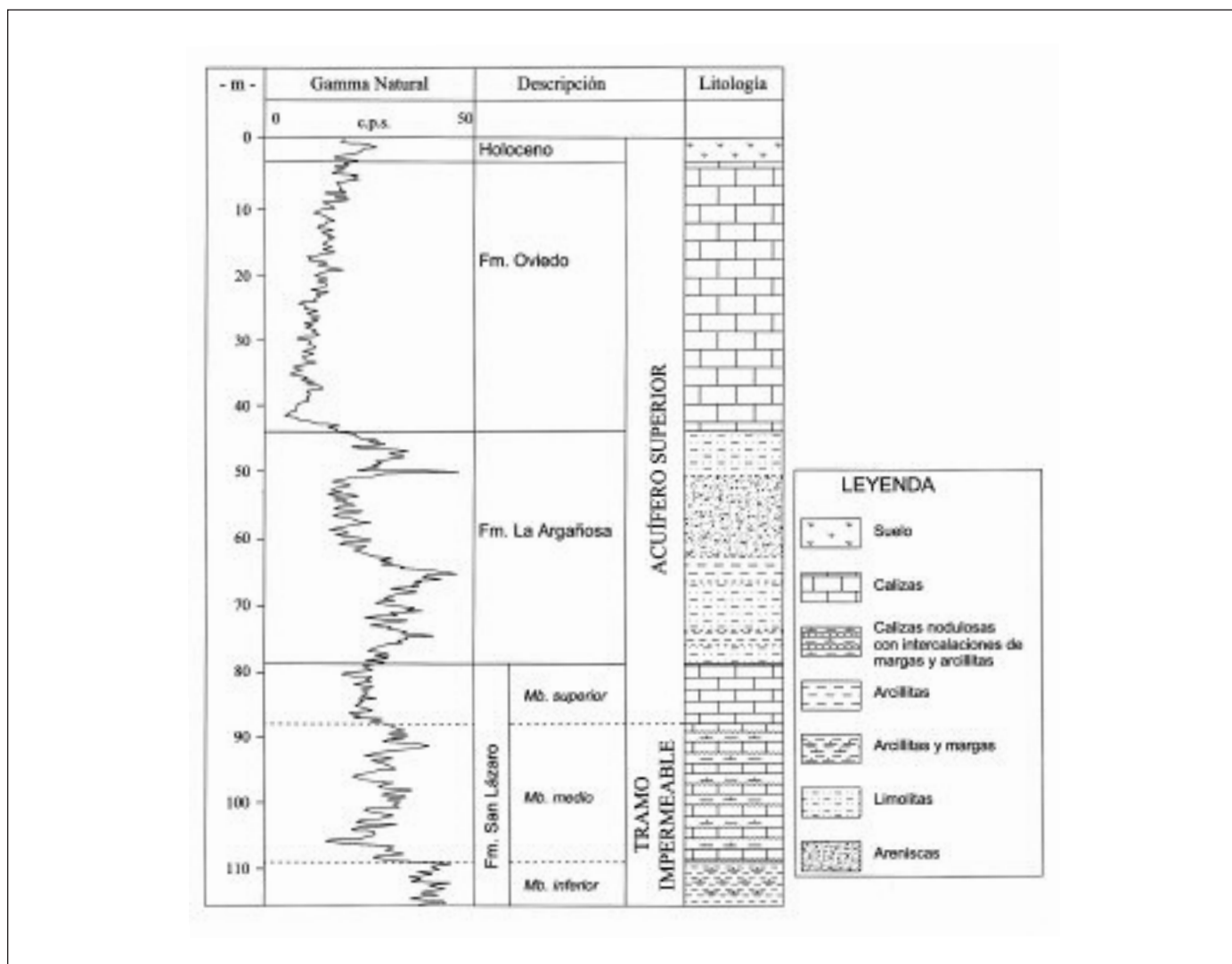


Fig. 7. Diagrama de las formaciones superiores del Cretácico (Sondeo S-C)  
 Fig. 7. Log of the upper formations of the Cretaceous (Well S-C)

del acuífero en las calizas de la Fm. Oviedo y en las areniscas y conglomerados de la Fm. La Argañosa.

Del mismo modo que el acuífero inferior, el acuífero superior contiene materiales detríticos y carbonatados de diferente permeabilidad separados por lentejones de arcillas y limos, de espesor y extensión lateral variables, por lo que constituye, en su conjunto, un acuífero multicapa.

En la Fig. 8 se muestra el esquema de funcionamiento de los manantiales nº 12 y nº 41.

El manantial nº 12 (Fig. 7A) es un drenaje del acuífero superior a través de las arenas de la Fm. La Argañosa a la altura del río San Claudio.

El manantial nº 41 (Fig. 7B) sale de las calizas del miembro superior de la Fm. San Lázaro, en la cota más baja del afloramiento.

Al igual que en el acuífero inferior, la descarga artificial se produce por medio de abundantes sondeos. El volumen anual de agua extraída está también sin determinar.

Las únicas estimaciones cuantitativas de recarga y descarga de los acuíferos cretácicos fueron realizadas por el IGME para el período 1980/81 (IGME, 1984 a) y corresponden al subsistema de Oviedo-Pola de Siero en su conjunto, sin diferenciar niveles acuíferos, y para un área algo superior al de la zona estudiada en este artículo. Para la recarga se calculó un volumen de 263 hm<sup>3</sup>/año y la descarga fue cuantificada en 200 hm<sup>3</sup>/año.

#### *Tramo impermeable*

Está constituido por los miembros inferior y medio de la Fm. San Lázaro. El inferior está formado por unos 20 m de arcillitas, limolitas arcillosas y margas de color gris oscuro con lentejones de carbonatos grisáceos y de areniscas, más abundantes éstos hacia la parte alta. Los niveles lutíticos son bastante potentes y los términos carbonatados están constituidos por margas calcáreas y calizas arcillosas, junto a biomicritas y, a techo, calizas arenosas. Por encima, se disponen unos 14 m de calizas margosas, de aspecto noduloso, grises y algo glauconíticas, con intercalaciones de arcillitas, limolitas y margas de color gris oscuro y pardo-verdoso que constituyen el miembro medio.

Aunque dentro de ambos miembros existen intercalaciones de calizas y areniscas que pueden presentar una permeabilidad incluso media, su escaso espesor y el hecho de que se acuñen lateralmente y además estén confinadas por los niveles arcillo-limosos y margosos, hace que, en conjunto, este tramo de unos 30 m de potencia, se pueda considerar como un

nivel que independiza hidráulicamente los dos acuíferos definidos.

La hipótesis defendida en la tesis doctoral de González Fernández (2001) sobre la existencia de tres acuíferos, inferior, medio y superior, sin comunicación vertical entre ellos se basaba en la presencia de un tramo arcilloso en la base de la formación Latores que podría independizar el acuífero inferior (formaciones Ullaga, El Caleyú y La Manjoya) del acuífero medio (Formación Latores). Los trabajos posteriores realizados en zonas más orientales indican que este tramo arcilloso no tiene continuidad lateral por lo que las cuatro formaciones mencionadas se han incluido dentro de un mismo acuífero.

#### **Caracterización hidrogeoquímica**

La caracterización hidroquímica de las aguas de los acuíferos cretácicos se ha realizado a partir de los datos históricos de análisis químicos del Instituto Geológico y Minero de España ([www.igme.es](http://www.igme.es)). Se seleccionaron tres puntos del acuífero superior (sondeos S-D, S-B y S-E, Fig. 3) y dos puntos del acuífero inferior (puntos de agua 1 y 67, Fig. 3), de los que se recopilaron los resultados de los análisis químicos realizados por dicho organismo entre 1982 y 2001, con una frecuencia semestral para la mayor parte de los años. La selección de estos puntos se hizo teniendo en cuenta las características geológicas de los sondeos, el grado de conocimiento de los mismos así como las condiciones de surgencia, de forma que pudieran ser considerados representativos del acuífero superior o del inferior.

Las características litológicas de ambos acuíferos son similares, por lo que no cabe esperar que existan grandes diferencias en la composición química de sus aguas. En ambos acuíferos, las aguas son predominantemente bicarbonatadas cálcicas o calcio-magnésicas (Fig. 9), con valores de dureza que varían entre 120 y 490 ppm CO<sub>3</sub>Ca (aunque en la mayor parte de los casos no se superan los 350 ppm CO<sub>3</sub>Ca). No se han detectado problemas significativos de contaminación, aunque existen algunos focos esporádicos de origen agropecuario y antrópico (López Geta *et al.*, 1997).

En el diagrama de Piper de la figura 9 se representan los datos de los análisis químicos disponibles, correspondientes a las campañas de recarga (R) y de estiaje (E) de los años 1999 a 2001. En este gráfico no se aprecian diferencias entre las aguas de los dos acuíferos, a excepción de una ligera mayor concentración de magnesio en el acuífero superior. El punto

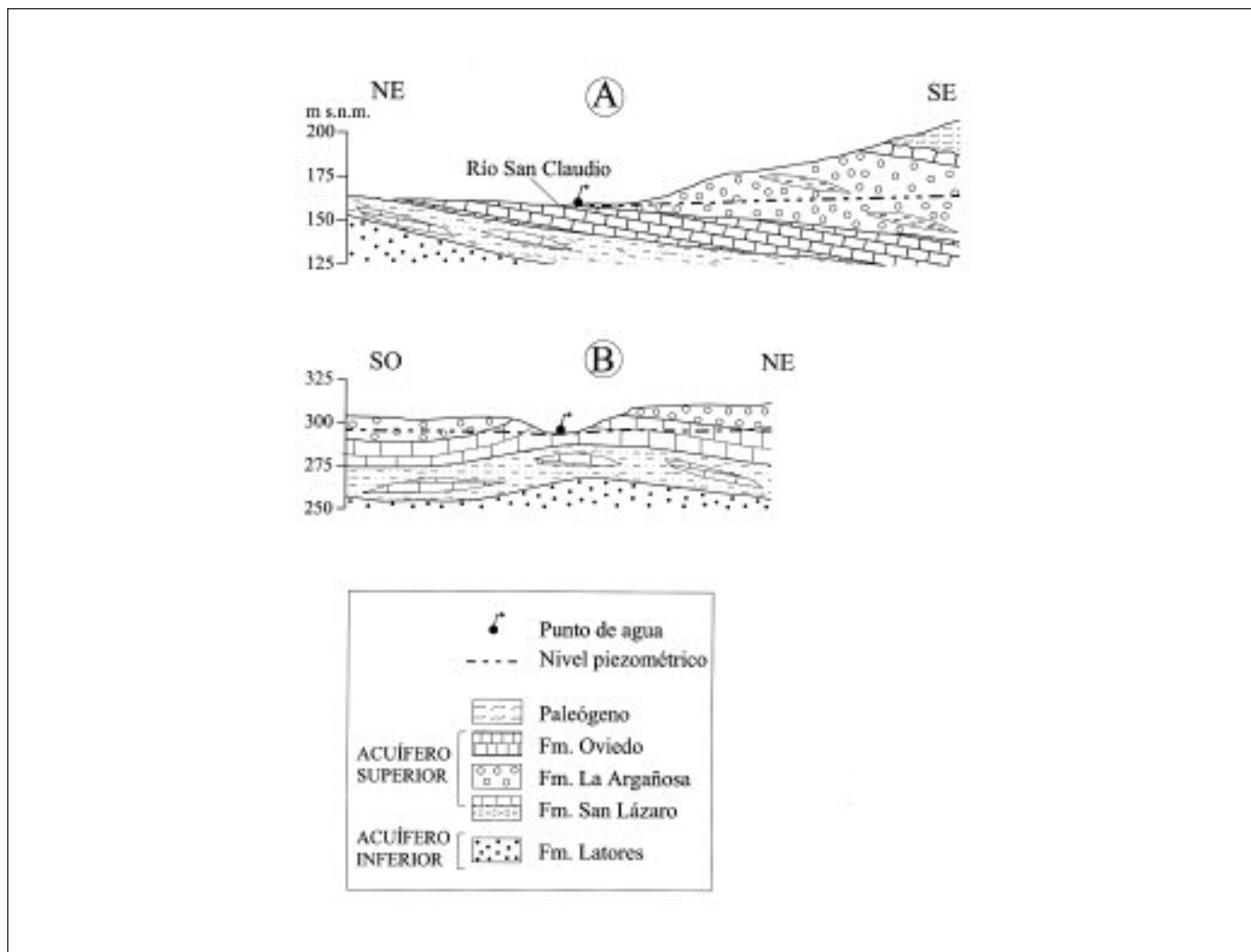


Fig. 8. Esquemas hidrogeológicos del acuífero superior: A) Punto de agua nº 12, drenaje en la Fm. La Argañosa. B) Punto nº 41, drenaje en la Fm. San Lázaro (ver situación en Fig. 3)

Fig. 8. Drainage sketches of the upper aquifer: A) Point of discharge nº 12, drainage by La Argañosa Fm. B) Point nº 41, drainage by San Lázaro Fm. (see location in Fig. 3)

1 presenta en la campaña de estiaje de 2000, una composición química bicarbonatada clorurada cálcico magnésica junto con una menor concentración en la mayor parte de elementos, lo que lleva a suponer que podría deberse a una confusión en el etiquetado de la muestra o en el laboratorio.

La figura 10 muestra la representación de los componentes mayoritarios en el gráfico propuesto por Chadha (1999). En este gráfico, el eje X corresponde a la diferencia entre alcalinotérreos (calcio más magnesio) y metales alcalinos (sodio más potasio) expresada en porcentaje de miliequivalentes y el eje Y a la diferencia (también en porcentaje de miliequivalentes) entre aniones débiles (carbonatos más bicarbonatos) y aniones fuertes (cloruros más sulfatos). Las

aguas de los dos acuíferos se encuentran en el sector en el que los alcalinotérreos y los aniones ácidos débiles exceden a los metales alcalinos y a los aniones ácidos fuertes, respectivamente. Sin embargo, se puede apreciar que existe cierto agrupamiento de los puntos correspondientes a cada uno de los acuíferos. Además, en los valores del acuífero superior se observa una mayor correlación entre los parámetros representados, con valores de Y, en general, algo más elevados que los que presenta el acuífero inferior. Esto podría ser debido a que las aguas del acuífero inferior presentan un mayor tiempo de residencia y, por lo tanto, teniendo en cuenta la secuencia de Chevotareb (1955), se trata de aguas más evolucionadas, con un mayor contenido en sulfatos y cloruros y,



como consecuencia, menor valor del parámetro Y en el gráfico. Esta interpretación únicamente puede ser considerada como una primera hipótesis, que necesita ser estudiada en un estudio hidroquímico de detalle.

**Conclusiones**

- Dentro de los materiales cretácicos de las inmediaciones de Oviedo se diferencian dos acuíferos multicapa.
- El acuífero inferior está formado por los materiales permeables de las formaciones Ullaga, El Caleyu, La Manjoja y Latores. Este acuífero incluye los niveles ak2 y ak3 definidos por Gutiérrez Claverol (1972) que equivalen a las areniscas de las formaciones Latores y El Caleyu respectivamente.
- El acuífero superior está constituido por las calizas del miembro superior de la Fm. San Lázaro, las

areniscas débilmente cementadas y los conglomerados silíceos de la Fm. La Argañosa, las calizas karstificadas de la Fm. Oviedo y los conglomerados calcáreos del tramo basal del Paleógeno afectados también por una intensa karstificación. El nivel acuífero ak1 de Gutiérrez Claverol (1972) se corresponde con la Fm. La Argañosa.

- El tramo de comportamiento impermeable que independiza hidráulicamente ambos acuíferos lo constituyen la alternancia de arcillitas, limolitas arcillosas y margas de los miembros inferior y medio de la Fm. San Lázaro. Este tramo presenta una gran continuidad a lo largo de toda la cuenca cretácica asturiana.
- La descarga del acuífero inferior se produce a diferentes niveles dentro de la serie estratigráfica, pero predominantemente en las calizas karstificadas de las formaciones Ullaga y La Manjoja. El acuífero superior descarga mayoritariamente a través de las calizas del miembro superior de la

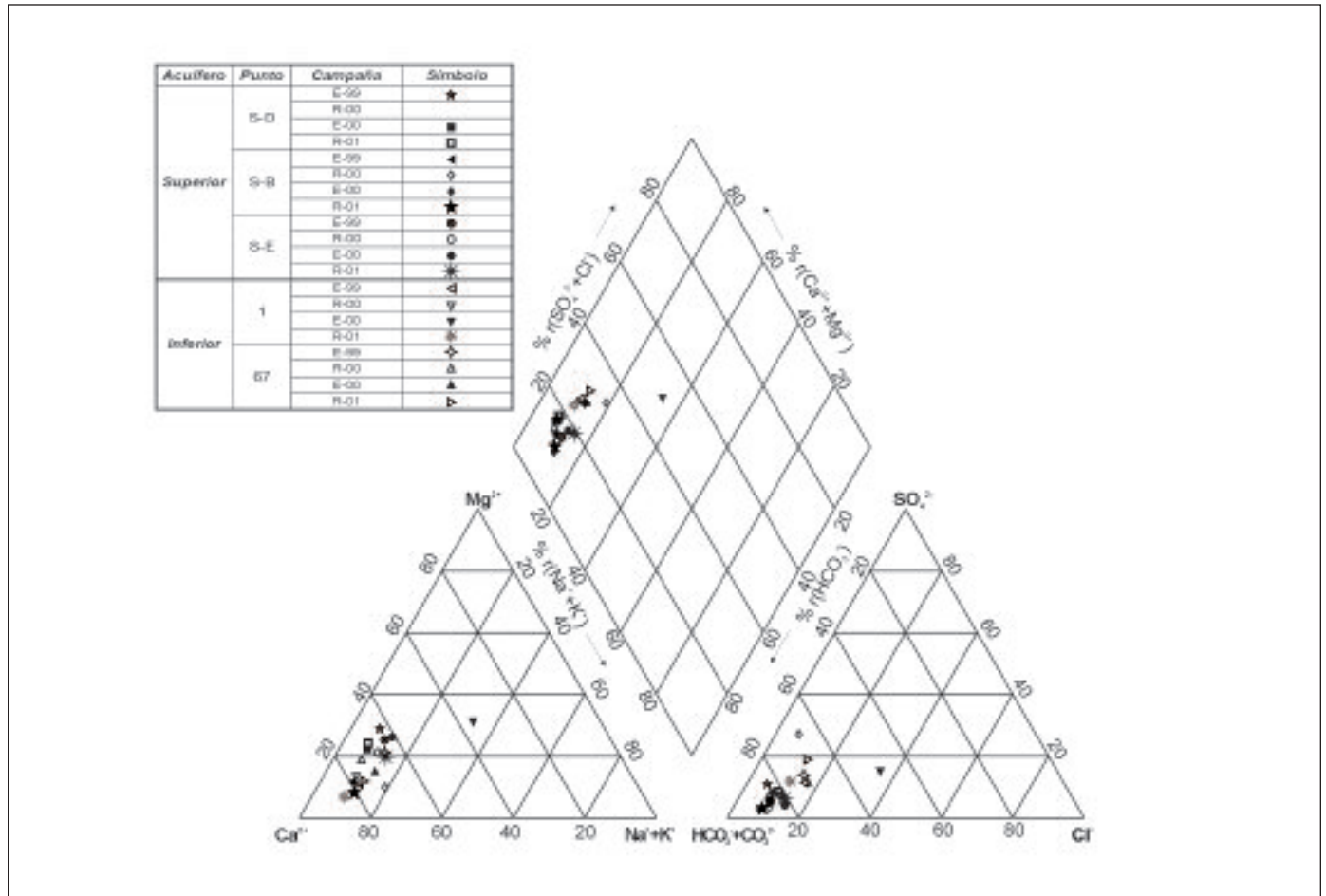


Fig. 9. Diagrama de Piper de las muestras de agua subterránea  
 Fig. 9. Piper diagram of groundwater samples

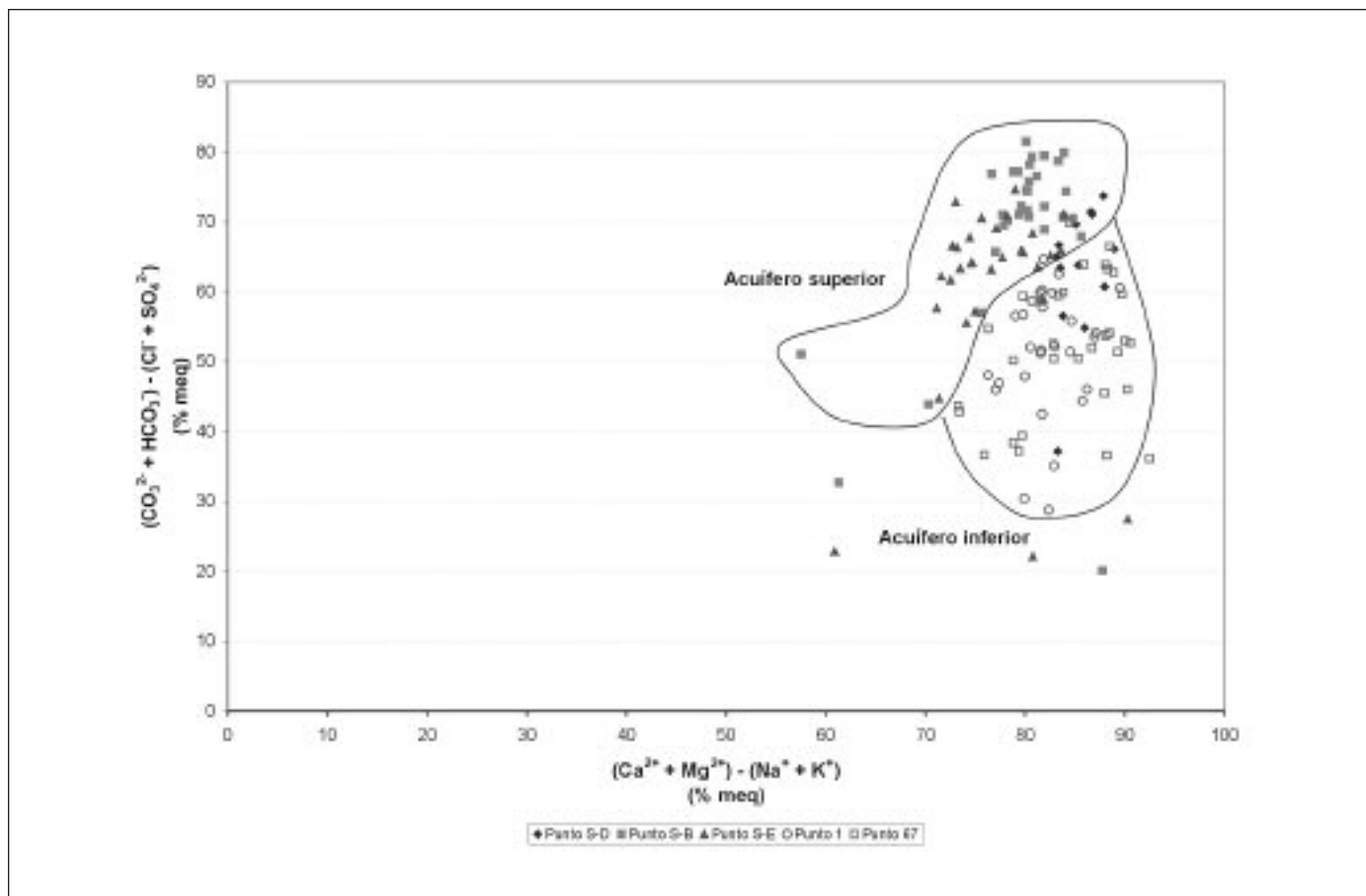


Fig. 10. Representación en el gráfico propuesto por Chadha (1999), de las muestras de agua  
 Fig. 10. Plot in proposed diagram by Chadha (1999) of groundwater samples

Fm. San Lázaro. En muchos casos la situación de los puntos de descarga está condicionada por la presencia de fallas que ponen en contacto materiales de diferente permeabilidad.

- La testificación geofísica mediante el registro gamma natural proporcionó una primera aproximación al conocimiento de las electrofacies de las formaciones El Caleyú y La Manjoya del acuífero inferior y de las formaciones San Lázaro, La Argañosa y Oviedo del acuífero superior. Las formaciones El Caleyú y Oviedo presentan las curvas más homogéneas y con valores más bajos de radiactividad natural (arcillosidad) de toda la serie.
- Desde el punto de vista hidroquímico ambos acuíferos presentan características muy similares. Sus aguas son predominantemente, bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas, aunque se aprecia una ligera tendencia a una mayor concentración de magnesio en las aguas del acuífero superior. La representación en el gráfico propuesto por Chadha (1999) muestra que el acuífero superior tiene valo-

res de Y, en general, algo más elevados que los del acuífero inferior. Esto podría significar que las aguas del acuífero inferior son más evolucionadas que las del superior.

### Agradecimientos

Agradecemos efusivamente la ayuda y desinteresada colaboración de Mónica Meléndez Asensio, geóloga del la Oficina de IGME en Oviedo, en el apartado de caracterización hidrogeoquímica.

Igualmente, agradecemos a los revisores las correcciones del documento inicial que han contribuido notablemente a mejorar la calidad del artículo.

### Referencias

Alonso, J.L., Pulgar, J., García-Ramos, J.C. y Barba, P. (1996). Tertiary basins and alpine tectonics in the Cantabrian Mountains (NW Spain). En: Friend, P.F. y

- Dabrio C. (eds.), *Tertiary Basins of Spain: Tectonics, climate and sea-level changes*, Cambridge University Press, Cambridge, 214-227.
- Bernárdez Rodríguez, E. 1994. Unidades litoestratigráficas del Cretácico de la Depresión Central Asturiana. *Cuadernos Geol. Ibérica*, 18 (2), 11-25.
- DGOH-IGME, 1988. *Delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e Islas Baleares y síntesis de sus características*. Dirección General Obras Hidráulicas (informe inédito).
- Chadha, D.K. 1999. A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data. *Hydrogeology Journal* 7, 431-439.
- Chevotareb, 1955. En: Kehew, A.E. (2001), *Applied Chemical Hydrogeology*. Prentice Hall, 368 pp.
- González Fernández, B. 2001. *Cartografía, hidrogeología y modelo hidrogeológico del Cretácico y Terciario del concejo de Oviedo*. Tesis Doctoral, Dpto. Explot. y Prosp. Minas, Univ. de Oviedo (inédita).
- González Fernández, B, Menéndez Casares, E., Gutiérrez Claverol, M. y García-Ramos, J.C. 2004. Litoestratigrafía del sector occidental de la cuenca cretácica de Asturias. *Trabajos de Geología (Univ. de Oviedo)*, 24: 43-80.
- Groote, A. 1963. *Estudio sobre la Hidroeconomía e Hidrogeología de la zona central de Asturias*. Informe inédito. German Water Engineering. Dip. Prov. de Asturias, 229 pp., Oviedo.
- Gutiérrez Claverol, M. 1972. *Estudio geológico de la Depresión Mesoterciaria Central de Asturias*. Tesis Doctoral, Univ. de Oviedo (inédita).
- Gutiérrez Claverol, M. 1983. Puntualizaciones sobre los acuíferos de la Cuenca de Oviedo. *Bol. Cien. Nat. (IDEA)*, 32, 183-187.
- Gutiérrez Claverol, M. y Torres Alonso, M. 1995. *Geología de Oviedo. Descripción, recursos y aplicaciones*. Ed. Paraíso, 276 pp.
- Gutiérrez Claverol, M., Pando, L. y González Fernández, B. 2004. Problemática de las calizas del Cretácico Superior en las cimentaciones de Oviedo. *Geogaceta*, 36, 95-98. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), <http://aguas.igme.es/homec.htm>
- IGME 1981. *Estudio hidrogeológico de la Cuenca Norte de España (Asturias)*. (1979-81). PIAS
- IGME 1984 a. *Investigación hidrogeológica de la Cuenca Norte: Asturias*. Informes. Serv. Publ. Ministerio de Industria, 81 pp.
- IGME 1984 b. *Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Norte (Asturias)*. Informes. Serv. Publ. Ministerio de Industria, 53 pp.
- IGME 1986. *Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Norte. Asturias y Cantabria*. Programa de Gestión y Conservación de Acuíferos. Ministerio de Industria y Energía (informes inéditos).
- ITGE 1990 y 1996. *Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Norte. Asturias y Cantabria*. Programa de Gestión y Conservación de Acuíferos. Ministerio de Industria y Energía (informes inéditos).
- ITGE 2000. *Unidades hidrogeológicas de España. Mapa y datos básicos*. Serv. Publ. Ministerio de Industria, 34 pp.
- López Geta, J. A., Navarrete Martínez, P., Moreno Merino, L., Galindo Rodríguez, E., Meléndez Asensio, M., del Pozo Gómez, M. 1997. *Calidad química y contaminación de las aguas subterráneas en España, período 1982-1993. Cuenca del Norte*. Ed. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 203 pp.
- Llopis Lladó, N. 1957. Datos sobre las aguas subterráneas de los alrededores de Oviedo. *Brev. Geol. Astur.*, 1-2, 27-31.
- Martínez-Fresneda, F. 1980. Sistema acuífero correspondiente a la unidad mesoterciaria Oviedo-Cangas de Onís. *Jornadas Minero-Metalúrgicas de Huelva*, sección 5ª, 33-43.
- Olima, O. 1994. *Estratigrafía y sedimentología de las series cretácicas entre Oviedo y Pola de Siero (Asturias)*. Trabajo de Investigación, Dpto. Geol., Univ. de Oviedo (inédito).
- Ortuño, A., Meléndez, M. y Rodríguez, M. L. 2004. Relación entre litología y características hidroquímicas de las aguas subterráneas. Red de Control de Calidad del Principado de Asturias. *Bol. Geol. Min.*, 115 (1), 35-46.
- Pendás Fernández, F. y González Fernández, B. 2003. El sistema hidrogeológico de Oviedo: incidencia en problemas de cimentación urbana. *Bol. Geol. Min.*, 114 (1), 121-132.
- 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), 122-166.

Recibido: abril 2005.  
Aceptado: julio 2005.