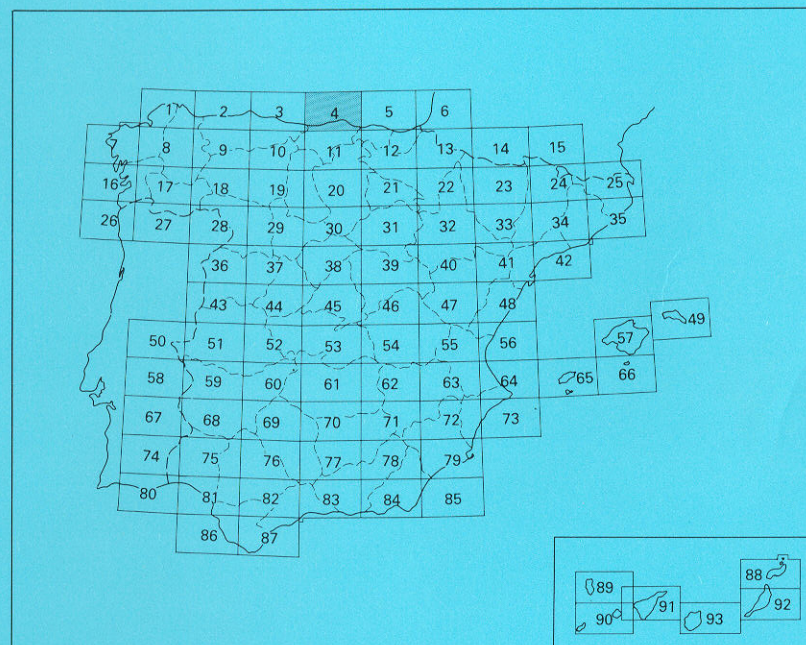




MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:200.000

Primera edición



SANTANDER

36124

Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:200.000

SANTANDER

Primera edición

MADRID, 1989

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un "Geological Survey of Spain", es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria y Energía, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R.D, 1270/1988, de 28 de octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.

36124

Con posterioridad a la realización de esta edición, el Instituto Geológico y Minero de España ha pasado a denominarse Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

En consecuencia, donde dice Instituto Geológico y Minero de España en esta edición, debe entenderse que se trata del Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

INDICE

1. INTRODUCCION	5
2. CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA	7
3. GEOLOGIA	11
3.1. ESTRATIGRAFIA	11
3.2. TECTONICA	23
4. HIDROGEOLOGIA DE LA HOJA	27
4.1. FORMACIONES PERMEABLES E IMPERMEABLES	27
4.2. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	29
5. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS, PROBLEMAS DE CONTAMINACION	47
5.1. CALIDAD NATURAL	47
5.2. FUENTES DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	49
5.3. SITUACION ACTUAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA HOJA	49
6. UTILIZACION ACTUAL DEL AGUA SUBTERRANEA	53
6.1. USO DEL AGUA EN ABASTECIMIENTOS URBANOS	54
6.2. USO DEL AGUA EN AGRICULTURA Y GANADERIA	54
6.3. USO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA	54
7. BIBLIOGRAFIA	57

Fotocomposición: GEOTEM, S.A.

Imprime: P. Montalvo, S.A.

Depósito legal: M-12116-1989

NIPO: 232-89-009-3

1. INTRODUCCION

Una de las misiones específicas del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) es la realización y publicación de la cartografía hidrogeológica nacional, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 450/1979 de 20 de febrero.

Desde 1970 el IGME viene realizando el estudio sistemático de las características hidrogeológicas de todas las cuencas españolas, determinando la ubicación de los acuíferos, evaluando su grado de explotación, sus características hidrodinámicas, la calidad y contaminación de las aguas subterráneas y estableciendo los valores de sus recursos y reservas, recomendando los esquemas más idóneos para su explotación y protección, y sentando las bases para la integración de los recursos hidráulicos subterráneos en el marco de la planificación hidrológica global.

Los resultados de los estudios se vienen publicando por el IGME como informes de síntesis a los que acompaña una cartografía específica de las áreas cubiertas por el estudio correspondiente. La documentación completa que ha permitido la preparación de dichos documentos de síntesis, se reúne y publica en reducido número de ejemplares destinados a consulta.

En base a los datos disponibles recogidos en los estudios de infraestructura y posterior control de los acuíferos, se ha considerado de gran interés para la comunidad científica y para el público en general, la publicación de mapas hidrogeológicos detallados a escala 1/200.000 en forma de hojas correspondiente a la cuadrícula topográfica

fica oficial, en aquellas zonas en las que la información hidrogeológica es más abundante y completa.

El objetivo del mapa es mostrar, al máximo detalle permitido por la escala, las características del yacimiento del agua subterránea y situación de su explotación, calidad química y valores de los parámetros hidrodinámicos.

La cartografía se realiza de acuerdo con las normas establecidas en 1974 por el Grupo de Trabajo de Aguas subterráneas del Instituto de Hidrología, basadas en las normas UNESCO y versión revisada (IAH, IAHS, UNESCO-1983) sobre mapas hidrogeológicos. Los mapas son por lo tanto cotejables y comparables a escala internacional con los producidos en el resto del mundo, y especialmente, en los países de la Comunidad Económica Europea.

Los criterios de representación se han orientado de forma que el mapa sea prácticamente autosuficiente; no obstante, se acompaña una memoria explicativa que completa la información gráfica.

2. CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA

El clima de la región cántabra está determinado por su latitud, proximidad al mar y las características y orientación de las cadenas montañosas.

Las precipitaciones medias oscilan entre 900-1.000 mm/año en la zona de Castro Urdiales a más de 2.000 mm/año en las cumbres de las montañas. Las lluvias son abundantes todo el año, incluso en verano, excepto en las zonas de Liébana, Campóo y algunos valles interiores. Las precipitaciones máximas tienen lugar en otoño e invierno, con un máximo secundario en primavera (meses de abril y mayo). El mes de mínima precipitación es julio en la vertiente Norte y agosto en la Sur.

Las temperaturas medias varían entre los 13-14° de la costa y los 4 °C de las montañas.

Teniendo en cuenta los valores medios de precipitación y temperatura, se puede decir que la región cántabra tiene un clima templado y húmedo. Hay que tener en cuenta que, debido a la existencia de valles profundos en los macizos montañosos, hay gran variedad de áreas microclimáticas con características muy peculiares.

La red hidrográfica es muy densa y heterogénea, siendo los ríos de poco recorrido (excepto el río Ebro) y con muchos afluentes.

Los ríos monteñeses por su corta distancia al mar y la accidentada orografía por donde discurren, tienen carácter torrencial y desembocan

todos ellos en el mar Cantábrico, con la única excepción del Ebro, que lo hace en el mar Mediterráneo. Los principales son: Deva (60,8 km), Nansa (43 km), Saja (62,8 km) y su afluente el Besaya (47,1 km), Pas (62,5 km), Miera (39 km), Asón (46 km) y Agüera (15,1 km), que desembocan en el mar Cantábrico.

Durante su recorrido es frecuente que estén en contacto con más de un acuífero, comportándose unas veces como efluentes y otras como influyente.

Algunos ríos están regulados mediante embalses como el Nasa y Besaya.

Dentro de la hoja de Santander existen 3 estaciones de aforo del M.O.P.U., en general en mal estado de conservación, éstas son:

- N.º 186, río Agüera en Guriezo.
- N.º 196, río Asón en Ampuero.
- N.º 207, río Miera en La Cavada.

Con dichas estaciones se pueden controlar las salidas del Subsistema 6 A, Unidad de Alisas-Ramales.

Debido a la escasez de estaciones de aforo se han utilizado otras secciones con el fin de poder controlar los principales ríos (a la entrada y salida de los subsistemas acuíferos y manantiales), en algunas de ellas también se han colocado escalas que fueron medidas diariamente durante los años 1983 a 1985.

La red hidrométrica elegida en general es mala, ya que al no haber obra de fábrica la sección cambia continuamente debido a las grandes avenidas de los ríos.

Se han controlado los ríos:

- El Escudo, en El Barcenal, salida del Subsistema 4 C.
- Miera, en Los Prados, salida del subsistema 6 A.
- Aguanaz, en Villaverde de Pontones, salida del Subsistema 6 A.
- Pontones, en Villaverde de Pontones, salida del Subsistema 6 B.
- Clarín, en Rada, salida del Subsistema 6 A.

Los datos de escorrentía se indican en el cuadro adjunto:

ESTACION		ESCORRENTIA (hm ³ /año)		
Denominación	Río	Superfic.	Subterránea	Total
Guriezo (1).....	Agüera	209,1	1,4	210,5
Ampuero (1).....	Asón	688,1	56,6	744,7
La Cavada (1).....	Miera	212	21	233
El Barcenal.....	El Escudo		3 (2)	
Los Prados.....	Miera		10 (2)	
Villaverde de Pontones.....	Aguanaz		16 (2)	
Villaverde de Pontones.....	Pontones		4 (2)	
Rada.....	Clarín		13 (2)	

(1) Año 1974/75.

(2) Escorrentía subterránea mínima, año 1982/83.

3. GEOLOGIA

A continuación se hace una descripción de las características litológicas y estructurales de los materiales que afloran en la hoja de Santander.

3.1. ESTRATIGRAFIA

La serie estratigráfica que está incluida dentro del área de estudio, abarca materiales que van desde el Paleozoico, hasta el Terciario (Oligoceno).

Dicha serie está compuesta de una gran variedad litológica, e incluso dentro de un mismo tramo cronoestratigráfico, se puede observar una gran variabilidad de facies, particularmente a nivel de Cretácico inferior.

Las unidades cartografiadas han sido destacadas según un criterio no estrictamente geológico, agrupándose un conjunto de materiales con una respuesta hidrogeológica semejante, y dentro de un cierto orden cronoestratigráfico.

3.1.1. Ordovícico

Aflora solamente en el extremo occidental de la hoja estudiada.

Está constituido por un tramo de cuarcitas rosadas y blanquecinas, en bancos de 10 a 70 m, con algunas intercalaciones de pizarras.

Su potencia es de unos 550 m. Su edad es Skidawiense.

3.1.2. Carbonífero

Está representado por dos formaciones: «Caliza Griotte» y «Caliza de Montaña», que afloran solamente en el extremo occidental de la hoja.

3.1.2.1. Caliza Griotte

Consiste en un reducido tramo (unos 9 m en Pechón) de calizas tableadas, microcristalinas, rosadas. Son micritas con abundantes restos de Crinoideos, Goniatítidos, Ostrácodos, etc. Su edad es Viseiense Superior.

3.1.2.2. Caliza de Montaña

Está constituida por calizas grises oscuras, tableadas, con laminación paralela, que hacia el techo se hacen masivas. Su potencia es de unos 300 m. La edad de la misma es Namuriense.

3.1.3. Triásico

Está representado por pequeños isleos, en forma de asomos diapíricos en los alrededores de Cabezón de la Sal, Torrelavega, Sur de Santander, Santoña, Laredo, etc. (Keuper).

Se trata de un conjunto de arcillas, varioladas con yesos versicolores, y en algunos diapiros sales en profundidad (Polanco); es frecuente la existencia de cuarzos bipiramidados (Jacintos de Compos-tela). Su potencia no puede ser estimada dado el carácter diapírico de la unidad.

Asociados a los diapiros suelen encontrarse un conjunto de rocas básicas (ofitas), con estructura holocristalina, ofítica o diabásica, y están compuestas por piroxenos, plagioclasas y anfíboles. Generalmente se encuentran muy alteradas.

3.1.4. Jurásico

Aflora únicamente en forma de pequeñas manchas en las proximidades de Cabezón de la Sal, Penagos y Ampuero, en relación con los asomos diapíricos. Corresponde a un conjunto dominante carbonatado en el que se han diferenciado dos unidades: una inferior con predominio de dolomías y calizas, y otra superior en el que los tramos margosos adquieren mayor desarrollo.

3.1.4.1. Hettangiense a Sinumeriense Inferior-Medio

Está constituido por calizas con intercalaciones margosas, carnio-las y calizas brechoides, puede alcanzar una potencia de 400 m, que va disminuyendo hacia el Norte y hacia el Este. Aunque en la hoja no se ha podido estudiar un corte con detalle, por su conocimiento regional puede darse la siguiente serie tipo:

1. Tramo calcáreo dolomítico inferior con vacuolas, generalmente muy dolomítico (carniolas). Son dolomías sacaroideas, recristalizadas, cavernosas u oquerosas, con estratificación oscura o masiva.
2. Tramo de calizas microcristalinas finamente bandeadas o en pla-quetas («rubanée»), dolomíticas en algunos niveles. Son de colo-res negros conteniendo abundante materia orgánica y en ocasio-nes asfalto en pequeñas fisuras.
3. Tramo de brechas calcáreo-dolomíticas, intraformacionales, con inclusiones de nódulos margosos, generalmente cavernosas y por tanto muy porosas. Alcanzan un extraordinario desarrollo en Rei-nosa (más de 200 m) y no se observan en otros lugares de la Cuenca Cantábrica, donde está su equivalente representado por un tramo de dolomías y calizas dolomíticas, generalmente masi-vas y vacuolares.
4. Tramo de calizas microcristalinas, estratificadas en bancos grue-sos (30 a 80 cm), negras, muy fétidas, con manchas de asfalto im-pregnando pequeñas fisuras. Son micritas fosilíferas, biopelmicri-tas y biomicritas con restos de Gasterópodos y de Lamelibran-quios, así como Ostrácodos, Favreina sp. y Lingulina sp. (hacia la parte superior). Presenta algunas intercalaciones de niveles oolíti-cos con matriz microcristalina que tiene amplias zonas re-cristalizadas.

Su potencia total dentro de la hoja se estima no sobrepasa los 150 m.

3.1.4.2. Sinemuriense Superior a Toarciense

Alcanza una potencia próxima a los 1.000 m en el área suroccidental de Cantabria (fuera de la hoja estudiada). Esta potencia decrece de forma considerable hacia el Norte y hacia el Este. En la hoja estudiada su potencia se estima de 100 a 120 m.

Se trata de un conjunto de alternancias más o menos monótonas de calizas y margas de edad comprendida entre el Sinemuriense Superior y Toarciense.

Litológicamente y de forma general la serie viene definida por una alternancia de calizas arcillosas grises microcristalinas, tableadas y estratificadas en capas de 20 a 50 cm, y margas negruzcas, hojosas, con abundante materia orgánica y pirita. Las microfacies son muy monótonas y carecen de valor cronoestratigráfico, pues se trata de micritas más o menos fosilíferas con Ostrácodos, raros Lagénidos y restos de Moluscos y Crinoideos. En cambio, la microfauna de las intercalaciones de margas es muy rica y de gran valor cronológico, destacándose los Foraminíferos y Ostrácodos.

3.1.5. Cretácico

Corresponden a este Sistema la mayor parte de los afloramientos existentes en la hoja, perteneciendo en su mayor parte al Cretácico Inferior quedando restringidos los de Cretácico Superior fundamentalmente a la zona occidental.

Se trata de un conjunto de litología heterogénea, concentrándose los términos detríticos preferentemente en el Cretácico Inferior, excepto las intercalaciones de calizas arrecifales, y las carbonatadas en el Cretácico Superior.

3.1.5.1. Valanginiense Superior a Barremiense (Facies Weald)

Se encuentra ampliamente representada en la totalidad de la hoja, pudiendo alcanzar potencias próximas a los 2.500 m.

En la base del Weald dominan las areniscas de grano grueso a microconglomeráticas con delgadas intercalaciones de arcillas en las que son frecuentes los restos vegetales. A continuación viene un conjunto de areniscas y arcillas gris negruzcas y/o amarillentas con ripples simétricos y lumaquelas de Unios y Paludianas; por encima se sitúa una potente serie donde alternan las areniscas de grano fino a medio con limolitas rojo-violáceas y amarillentas con abundantes restos carbonosos en algunos puntos. Normalmente la formación termina con areniscas de grano fino a medio en bancos de 0,50 a 1 m con estratificación cruzada.

3.1.5.2. Aptiense-Albiense-Cenomaniense inferior

Este conjunto, que incluye lo que en la bibliografía regional se ha denominado complejo Urganiano (Aptiense-Albiense Inferior) y complejo Supraurgoniano (Albiense Medio a Cenomaniense Inferior), presenta una gran variabilidad de facies, lo que ha obligado a diferenciar unidades conoestratigráficas distintas, según las áreas paleogeográficas y/o estructurales.

A) En la mitad oriental se han distinguido las siguientes unidades:

1. *Calizas urgonianas*. Corresponde a un conjunto calizo en facies arrecifales que en la literatura geológica han sido tradicionalmente denominadas calizas urgonianas. Su potencia es muy variable como corresponde a este tipo de facies variando entre pocos metros y pudiendo alcanzar espesores próximos a los 1.500 m. Su edad es Aptiense-Albiense Medio.

Como es lógico existe gran dificultad para presentar un corte tipo de esta unidad, por lo que, a título meramente orientativo, se puede citar el del Río Asón, fuera de la hoja, al sur de la misma, en el que está representada por:

- Unos 130 m de calizas gris oscuras, fétidas, estratificadas en capas de 1 m, masivas al techo y localmente limolíticas o recristalizadas (intrabiomicritas, intrabiomicritas recristalizadas).
- 400 m de calizas arenosas, calizas limolítico-arcillosas, calizas y calcarenitas estratificadas en capas de 0,2 a 0,8 m, con intercalaciones de margas limolíticas en la base, y de algunos tramos de areniscas calcáreas más o menos ferruginosas. Son

muy frecuentes los cambios laterales, pasando las areniscas a calizas arenosas (Biopelmicritas arenosas y pelmicritas arenosas).

2. *Terrígenos con intercalaciones de calizas urgonianas.* Se ha diferenciado esta unidad en la región oriental de la hoja de estudio, donde viene representada por un conjunto detrítico con intercalaciones de calizas arrecifales. Su edad es Albiense Medio-Cenomaniense Inferior.

En el área de Alisas, Varas, Matienzo, la unidad está constituida por una alternancia de bancos terrígenos y potentes niveles de calizas grises periarrecifales y biostrómicmas masivas, con Toucasia y Orbitolina.

Las calizas son biomicritas y biopelmicritas, arenosas en ocasiones. La potencia de los paquetes calcáreos oscila entre 50 y 80 m.

Los tramos terrígenos presentan una gran variedad de litología, siendo muy frecuentes los cambios laterales de facies. Están constituidos por areniscas silíceas cementadas, calizas limolítico-arcillosas, margas y más esporádicamente también por calizas arenosas (biomicritas arenosas) y calcarenitas. El espesor de los tramos terrígenos oscila entre los 5 y 60 m.

En la columna del Puerto de las Alisas se han medido unos 360 m de serie parcial.

3. *Calizas, margas y terrígenos.* Dada la gran variedad litológica existente en algunas áreas, tanto de la zona costera, como principalmente de la zona oriental, donde la ausencia de unas características litológicas definidas impiden una asignación clara a un dominio determinado, se han agrupado en esta unidad una serie de materiales de edad Aptiense hasta Cenomaniense Inferior.

4. *Calcarenitas, calizas y calizas arcillosas.* Aflora en forma de manchas dispersas en toda la hoja.

Se trata de un dominio constituido por calizas y calcarenitas con algunas intercalaciones margosas de edad Aptiense-Albiense.

Su potencia máxima puede estimarse alrededor de los 600 m y como corte representativo podemos citar el de la zona de Solorzano-Puerto de las Varas.

5. *Arenas y areniscas micáceas.* Aflora fundamentalmente en las zonas de Cabo de Ajo-Colindres y Castro Urdiales. Está representada por un conjunto de unos 600-700 m de arenas y areniscas micáceas, amarillentas, hojosas, con laminación paralela, entre las que se intercalan lechos de arcillas limolíticas grises, preferentemente en la base. Presenta delgadas intercalaciones de calcarenitas y/o calizas con Orbitolinas, que lateralmente pasan a margas. Su edad es Albiense Medio-Superior a Cenomaniense Inferior.

6. *Margas, calizas arcillosas y calizas.* Esta unidad aflora en las mismas zonas que la anterior.

Dentro de unas características generales carbonatadas, desde un punto de vista litológico, el dominio corresponde a las margas, apareciendo intercalaciones de calizas arcillosas, y niveles ocasionales de calizas.

La máxima potencia observada corresponde a la zona de Castro Urdiales, en donde se estiman espesores próximos a los 200 m.

La edad de esta formación es Albiense Medio-Superior.

B) En la mitad occidental de la hoja pueden diferenciarse las siguientes unidades:

1. Dentro del Aptiense se distinguen cuatro formaciones, salvo en el área más occidental donde no es posible hacer tal diferenciación, que son:

a) Bedouliense Inferior. Está representado en la base por calizas bioclásticas grises estratificadas en capas de 0,5 a 1,5 m. El resto de la unidad son arcillas limolíticas con intercalaciones de calizas o dolomías arcillosas. Su potencia varía de 40 m en Casar de Periedo a 200 m en Puente Arce.

b) Bedouliense Medio. Está definido por calcarenitas y calizas grises, estratificadas en capas de 1 a 2 m, localmente se encuentran dolomitizadas. La potencia oscila entre 35 m en Casar de Periedo y 75 m en Puente Arce.

c) El Bedouliense Superior. Está contenido por margas arcillosas y arcillas limolíticas grises, con intercalaciones de calizas brechoides arcillosas en la parte alta y baja y arenas y areniscas

finas hacia la parte central. Su potencia varía entre 20 m en Casar de Periedo y 115 m en Puente Arce.

- d) El Gargasiense-Clansayense. Viene definido por un potente tramo de calizas y calcarenitas que, a veces, se presentan intensamente dolomitizadas, aunque irregularmente distribuida. En general son masivas y a veces estratificadas en capas de 1 a 2 m. Son biomicritas o intrabiomicritas, con abundante microfaua. Su potencia varía entre 112 m en Casar de Periedo y 350 m en Novales.

2. En el *Albiense* se han separado dos unidades:

- a) *Albiense Inferior*. Se caracteriza por ser un conjunto esencialmente terrígeno de facies ciclotemática, constituida por arcillas, limos y areniscas con restos carbonosos y azufre. Su potencia varía entre 30 m en la zona de Udías-Novales y 200 m en el sinclinal de Comillas-Cóbreces.
- b) *Albiense Medio-Superior*. Está representado por calcarenitas, frecuentemente nodulosas en la base, microcristalinas en algunos niveles y cristalinas (intrabiosparitas) en los tramos altos, donde suele contener glauconita. Su potencia varía entre 30 y 60 m.

En las áreas de Suances, alrededores de Santander y zona tectonizada de San Vicente, las calcarenitas tienen un reducido espesor, no ha sido posible diferenciar ambos tramos.

3.1.5.3. Cenomaniense

En el *Cenomaniense* pueden diferenciarse dos unidades:

- a) *Cenomaniense Inferior*. Comienza por un reducido tramo de calcarenitas grises (unos 10 m) con glauconita, al que sigue un conjunto de unos 70 m de arcillas, limos y areniscas, con intercalaciones de calcarenitas grises, masivas, hacia el techo.
- b) *Cenomaniense Medio-Superior*. Se caracteriza por calcarenitas bioclásticas, estratificadas en bancos de 20 a 80 m, de tonos grises-amarillentos. Hacia la parte media se intercalan algunos niveles de margas hojosas grises. Su potencia varía entre 45 y 100 m.

En la zona tectonizada de San Vicente, debido a la complejidad estructural, no es posible diferenciar ambas unidades.

3.1.5.4. Turoniense a Campaniense Medio

Se ha considerado como un sólo tramo, comprensivo que representa la mayor parte del Cretácico superior, caracterizado por un conjunto muy potente de margas, calizas y dolomías arcillosas, que a grandes rasgos se comporta como un conjunto impermeable. Su potencia puede llegar hasta los 900 m en la zona de Santander, con edades que están comprendidas desde el Turoniense hasta el Campaniense, y cuyas características litológicas se describen a continuación.

El Turoniense y Coniaciense aflora a lo largo de una estrecha franja con orientación sensiblemente E.-O., que se extiende al oeste de la playa de La Magdalena y en el sinclinal de Santillana. Se trata de una monótona serie en la que alternan margas hojosas, grises y calizas arcillosas (biomicritas). El espesor medio de la serie es de unos 400 m.

Aflora el Santoniense y Campaniense al oeste de Cabo Mayor (norte de Santander) y está caracterizada por una litología muy monótona de margas hojosas, alternando con calizas arcillosas y limolíticas, que hacia la parte alta (en el faro de cabo Mayor) dominan sobre las margas. En el tercio superior, las calizas arcillosas adquieren más importancia que las margas con Micraster. La potencia del conjunto Santoniense-Campaniense Inferior y Medio es de 500 m en la columna de La Magdalena-Cabo Mayor.

3.1.5.5. Campaniense Superior a Paleoceno

Aflora en el flanco sur del Sinclinal de San Vicente de la Barquera, en el extremo sur-occidental, en el núcleo del Sinclinal de San Román, al Oeste de Santander, así como en una serie de manchas dispersas situadas al Este de la bahía de Santander.

En la zona de San Vicente de la Barquera está representado por unos 90 m de dolomías, secundarias en muchos niveles, brechoideas en otros y generalmente arenosas o limolíticas. Un reducido tramo de calcarenitas de tonos crema (biomicritas) se superpone a las dolomías.

Completa la unidad otro tramo de dolomías arenosas, brechoides en el techo.

En la zona de Torrelavega-Santander la unidad alcanza un mayor desarrollo, pudiendo llegar a tener una potencia de 300 m. En ella pueden diferenciarse los distintos pisos.

Comienza la unidad por una serie de calcarenitas y calizas arenosas que, por la microfauna, pueden datarse sin ninguna dificultad. Las calcarenitas son arenosas e incluso algunos niveles pueden considerarse areniscas calcáreas teniendo normalmente glauconita. En la columna del flanco norte del sinclinal de San Román se han medido 50 m, potencia que aumenta considerablemente hacia el N.-N.E., en donde se alcanzan 157 m en la sección de La Magdalena-Cabo Mayor, en donde se han individualizado un tramo inferior de calcarenitas con 37 m de espesor (Campaniense Superior) y un conjunto superior de calizas arenosas con 120 m de potencia (Maastrichtiense).

El Terciario de la columna del flanco norte del sinclinal de San Román comienza por un tramo inferior de dolomías arenosas y de microdolomías finamente cristalinas, localmente seudoolíticas a gravellosas en los niveles superiores. Este conjunto dolomítico, que tiene una potencia de unos 80 m se asigna al Daniense.

El Montiense de la mencionada columna está constituido por un tramo de unos 70 m de calcarenitas (biomicritas a biopelmicritas) arenosas en algunos niveles, con abundantes algas Rodofíceas.

El Thanetiense se presenta como un reducido tramo, de unos 7 m, de calizas de tonos beige a marrones que localmente contienen glauconita (biopelmicritas ligeramente recristalizadas).

3.1.6. Terciario

Al margen del Paleoceno anteriormente descrito, se pueden distinguir las siguientes unidades:

3.1.6.1. Ilerdiense

Se define perfectamente por una serie de unos 70 m de calizas con Alveolinas o Nummulites, estudiadas en detalle en la columna de

El Barcenal (Peña Saría). Son calcarenitas bioclásticas, de tonos grises y beige, arenosas en algunos niveles (intrabiomicritas a biomicritas con la matriz cristalizada).

3.1.6.2. Cuisiense Inferior

Consiste en un tramo de arenas conglomeráticas con intercalaciones lenticulares de areniscas calcáreas o calizas arenosas. Las arenas son poco cementadas, con estratificación cruzada, de tonos blanquecinos y de aspecto parecido al de las arenas de la formación Utrillas. Este tramo que tiene una potencia de unos 25 m es muy fosilífero, principalmente rico en Alveolinas y Nummulites.

3.1.6.3. Cuisiense Medio-Superior

Está definido por un conjunto calizo que MENGAUD (1920) denomina «calizas de la Peña Saría». Son calcarenitas grises, con glauconita en algunos tramos, arenosas en la parte superior y masivas en algunos niveles, mientras que en otros se presentan estratificadas en bancos de 40-60 cm (principalmente hacia el techo). En la parte inferior son biomicritas. La potencial total es de cerca de 90 m.

3.1.6.4. Luteciense Inferior-Medio

Está constituido por unos 60 m de calcarenitas arenosas o calcirruditas (nivel de «calizas con grandes Assilinas» de MENGAUD, 1920). En la base son nodulosas y se presentan estratificadas en bancos de 0,4 a 0,60 cm, mientras que en la mayor parte de la unidad son masivas.

3.1.6.7. Luteciense Superior

Es una unidad también de carácter calcáreo (designada por MENGAUD como «calizas de Colombres»). Tiene un espesor de 90 m y está constituida por calcarenitas arenosas, localmente algo dolomitizadas.

3.1.6.8. Biarritziense

A esta unidad se asigna la serie de margas más o menos arenosas, que con una potencia de unos 80 m aflora en la zona de La Acebosa (nivel «Gres de la Acebosa» de MENGAUD). Son margas limolíticas o arenosas, generalmente muy cubiertas, de tonos grises y azulados, con restos carbonosos en algunos niveles.

3.1.6.9. Priaboniense

El techo del Eoceno, aflora en la playa de La Jerra, junto al cabo de Oyambre, donde la serie se presenta con fuertes buzamientos e invertida, así como en las proximidades de la estación de ferrocarril de San Vicente.

Está definido por un conjunto de areniscas y conglomerados que lateralmente pasan a calizas rosadas, arrecifales, con abundantes Políperos, y que presentan intercalaciones de arcillas plásticas, limolíticas, de tonos pardo-rojizos. Los tramos de conglomerados pasan lateralmente y en corto espacio, de brechas calcáreas biostrómicadas que a su vez se indentan con las calizas arreficiales (calcirruditas) generalmente arenosas. En la playa de La Jerra, donde tiene una potencia de 100 m, predominan las facies de areniscas, conglomerados y/o brechas calcáreas sobre las calizas arrecifales.

3.1.6.10. Oligoceno

Los afloramientos del Oligoceno marino de la cuenca de San Vicente de La Barquera son los únicos conocidos en todo el Norte de España, pues sabido es que el Oligoceno se presenta siempre en facies continental.

En la playa de La Jerra, tanto el Eoceno superior como el Oligoceno presentan una litología en la que predominan areniscas calcáreas, conglomerados y calizas arenosas arrecifales de tonos rosados, pasándose lateralmente de unos a otros de un modo muy brusco.

En la playa de Merón, los sedimentos atribuidos al Oligoceno se presentan cabalgados por un Aptiense muy brechificado, lo que, unido a los bruscos cambios laterales de facies que presenta esta serie, impide que pueda establecerse la correlación con el tramo oligoceno

de la playa de La Jerra. En el Oligoceno de la playa de Merón se pueden separar, en líneas generales, tres tramos con características litológicas y micropaleontológicas propias. Estos tramos son de arriba:

- Unos 130 m de arcillas rojo-vinosas, ligeramente limolíticas.
- Un tramo de unos 85 m en el que predominan las areniscas calcáreas y conglomerados calcáreos, que pasan lateralmente y de un modo muy rápido a calizas rosadas biohermales.
- Unos 100 m de arcillas predominantemente grises, limolíticas, con delgadas intercalaciones de areniscas calcáreas en la base y no cementadas hacia arriba.

3.1.7. Cuaternario

Se han cartografiado en esta unidad un conjunto de depósitos fluviales, con más o menos desarrollo destacando los aluviales y terrazas de los ríos Saja, Besaya, Pas, Miera y Asón.

También hay que destacar:

- Las marismas de Tinamayor, Tinamenor, San Vicente de La Barquera, Oyambre, Suances, Mogro, Bahía de Santander, ría de Cubas y ría de Treto.
- Las dunas de Liencres, Cuchía, Oyambre, Somo, Langre y Noja.
- Playas, muy abundantes.
- Cubetas de descalcificación como la de Hazas y Camargo.
- Sedimentos antrópicos, etcétera.

3.2. TECTONICA

3.2.1. Tectónica regional

La configuración estructural que actualmente se presenta es el resultado de la actuación de las distintas fases orogénicas que, a lo largo del tiempo, han actuado deformando la serie sedimentaria.

Están representados el ciclo Hercínico y el Alpino.

Los movimientos hercínicos son los responsables de la deformación primera de los materiales paleozoicos existentes y dieron origen a pliegues y cabalgamientos de orientación preferente E.-O. La falta de deposición y/o erosión de la mayor parte de los términos pertenecientes al Silúrico y Devónico puede ser atribuida a los impulsos póstumos del ciclo caledoniano o primeros del Hercínico.

El ciclo Alpino está representado en sus dos subciclos: Palealpino y Neoalpino.

Los movimientos neociméricos (Palealpino) han tenido suficiente intensidad como para ser los responsables de la erosión local de los materiales de gran parte del Lías y del Dogger y la facies Purbeck (Malm-Valangienense Inferior y Medio), muy probablemente a partir de las primeras acumulaciones del Keuper unidas a un proceso general de levantamiento de la región. En el borde occidental de la Hoja provocan la erosión y/o deposición del Keuper, Jurásico y facies Weald.

También existen movimientos intrawealdicos, intraaptienses, albienses y durante los primeros tiempos del Cretácico Superior, que, si bien no han tenido repercusiones en la creación de estructuras, son detectables por la existencia de variaciones sedimentarias acusadas en cuanto a facies y potencia (Aptiense, Albiense y Cenomaniense Inferior-Medio) y de hiatos o condensaciones de capas (Cenomaniense Superior-Turonienense y Coniaciense).

Las fases neoalpinas son las generadoras del plegamiento fundamental y dan origen a alineaciones de orientación preferente E.O. que, en parte y para determinadas áreas son reactivación de las estructuras hercínicas.

Hay que resaltar que no se ha observado discordancia angular evidente entre los sedimentos del Priaboniense y Oligoceno (columna de la playa de La Jerra), lo que implica en principio una escasa trascendencia de la fase Pirenáica como fenómeno creador de estructuras regionales. Sin embargo, es patente que a partir del Priaboniense y durante todo el Oligoceno, existe abundante fauna resedimentada del Mesozoico y que en ocasiones los sedimentos del techo del Eoceno son brechas de bloques de materiales aptienses, albienses y cenomanienses, cuyo cemento contiene fauna priaboniense. Este fenómeno podría explicarse considerando que es a fines del Eoceno cuando se produce la extrusión de los diapiros del Keuper en la zona, acompañados de grandes bloques mesozoicos que constituirían el yacente

submarino de la sedimentación en muchos puntos. Así, se producirían discordancias en los bordes de la penetración salina que se atenuarían rápidamente hacia el centro de la cuenca, en zonas muy próximas al borde de la misma (playa de La Jerra). En la actualidad no pueden observarse las discordancias locales eooligocenas debido a la complejidad tectónica del área de influencia diapírica de San Vicente-Lamadrid.

El Oligoceno se encuentra plegado y cabalgado por series más antiguas, por lo que las fases fundamentales de generación de estructuras regionales deben ser la Sálica y Estaírica. Estas estructuras tienen una orientación preferente E.-O., probablemente influenciadas por las orientaciones primitivas del zócalo.

También puede ser deducida la existencia de movimientos en la vertical durante el Cuaternario antiguo, que serían los responsables del basculamiento general hacia el oeste de los niveles marinos de arrasamiento de Pechón y Prellezo (rasa cantábrica).

3.2.2. Descripción de las principales estructuras

De Oeste a Este se pueden distinguir las siguientes estructuras:

- Anticlinal de Rionansa-Abanillas, se trata de una estructura survergente, de dirección E.-O., cuyo núcleo está constituido por materiales carboníferos, wealdenses y aptienses. Presenta una falla inversa de gran ángulo en el flanco sur, próximo al núcleo.
- Anticlinal de Prellezo, es una estructura survergente, muy similar a la anterior, en la que la falla cabalgante meridional tiene un gran salto.
- Zona cabalgante de San Vicente de La Barquera. Resulta difícil separar en esta zona elementos estructurales de entidad propia, se trata de un área de cabalgamientos de bajo ángulo, en relevo.
- Cabalgamiento de Comillas-Caviedes, es una falla inversa de trazo semicircular en íntima relación con los empujes radiales del diapiro de Comillas.
- Anticlinal de Caborredondo, que va desde Suances hasta el sur de Comillas, tiene dirección E.N.E.-O.S.O. y es ligeramente norvergente.

- Sinclinal de Santillana-San Román. Al oeste de la ría de Suances es muy suave y tiene una orientación N.E.-S.O. con una fuerte inmersión norte en su terminación más meridional; a la altura de Queveda se bifurca en dos, uno principal de dirección N.E.-S.O. y entre E.-O., su flanco norte alcanza mayor desarrollo que el sur. Al este de la ría de Suances toma dirección E.N.E.-O.S.O. y pasa a ser una estructura de buzamientos muy fuertes, en esta zona presenta una importante red de fracturación acompañante de direcciones E.N.E.-O.S.O. y N.-S. De los accidentes acompañantes hay que destacar las fallas de Puente Arce y Mogro.
- Area sinclinal de Escobedo, con orientación N.O.-S.E., en él el Aptiense alcanza un gran desarrollo y tiene una red abundante de fracturas en el núcleo.
- Diapiros de Polanco; con sales en profundidad, Parabayón, Obregón, Santander, Miengo, Punta Calderón, Renedo, Bahía de Santander, ría de Solía, Penagos, Marina de Cudeyo, Solares y bahía de Santoña.
- Anticlinales de Ajo, Liermo y Solórzano, de dirección O.N.O.-E.S.E.
- Area sinclinal de Ribamontán al Mar, es un suave sinclinorio de dirección N.E.-S.O. que afecta a las series del Turo-niense-Campaniense.
- Fallas de Ajo, Aneró y Beranga que corresponden a los sistemas radiales y circulares originados probablemente por la inyección de masas diapíricas en profundidad.
- Falla de Colindres, es una falla inversa de dirección N.O.-S.E., en relación con los empujes diapíricos del Keuper.
- Anticlinal de Colindres-Alto Guriezo, de dirección N.O.-S.E., con buzamientos suaves.
- Falla de Laredo-La Peña, de dirección N.O.-S.E., con varias bifurcaciones y una tectónica de pequeños bloques.
- Anticlinal de Liendo-Nocina, tiene dirección E.-O., es una estructura de buzamiento suave cuyo flanco sur se halla interrumpido por la falla de Laredo-La Peña.
- Región de Castro-Urdiales, es una zona bastante fracturada de direcciones de rotura O.N.O.-E.S.E., O.S.O.-E.N.E. y N.O.-S.E. y de plegamiento casi N.-S.

4. **HIDROGEOLOGIA DE LA HOJA**

La hoja hidrogeológica 1:200.000 de Santander está situada en casi su totalidad en los Sistemas Acuíferos n.º 4 (Sinclinal de Santander-Santillana y Zona San Vicente de la Barquera), n.º 6 (Complejo calcáreo urgo-aptiense de la zona oriental de Cantabria) y un pequeño retazo, en la zona centromeridional, en el n.º 5 (Unidad jurásica al sur del anticlinal de Las Caldas de Besaya).

En los apartados siguientes se hace una breve descripción de las principales características hidrogeológicas de las unidades que pertenecen total o parcialmente a la Hoja.

4.1. **FORMACIONES PERMEABLES E IMPERMEABLES**

4.1.1. **Ordovícico**

Todas las formaciones ordovícicas pueden considerarse como impermeables.

4.1.2. **Carbonífero**

La «Caliza Griotte» puede considerarse como poco permeable.

La «Caliza de Montaña» tiene una permeabilidad por fracturación y karstificación variable, pero en general muy alta.

4.1.3. Triásico

Puede considerarse en su conjunto como impermeable.

4.1.4. Jurásico

La formación calcárea-dolomítica del Hettangiense-Sinemuriense Inferior tiene una permeabilidad por fisuración y karstificación variable, pero en general media-alta.

La serie margo-calcárea del Sinemuriense Superior-Pliensbachien-
se-Toarciense, en su conjunto puede considerarse como impermeable o muy poco permeable.

4.1.5. Cretácico

Está representado por una serie de materiales de litología muy variada, por lo tanto con una permeabilidad muy variable acorde con la composición de los materiales.

El Valangienense Superior a Barremiense (facies Weald) está constituido por materiales que pueden considerarse como muy poco permeables a impermeables.

El Aptienense-Albiense, en general, tiene una permeabilidad media-alta, por fisuración y karstificación. Dentro de ellos existen algunos tramos que pueden considerarse como impermeables.

El Cenomaniense Superior-Maastrichtiense tiene una permeabilidad media-baja, por fisuración y karstificación.

El resto de los materiales cretácicos pueden considerarse como impermeables o muy poco permeables.

4.1.6. Terciario

El Paleoceno-Eoceno Inferior a Medio (Ilerdiense-Cuisiense-Luteiense) está representado, en general, por materiales con permeabilidad por fisuración y karstificación, media-baja. Existe un nivel, perteneciente al Cuisiense Inferior con permeabilidad por porosidad intergranular media-baja.

El resto de los materiales cretácicos pueden considerarse como impermeables.

4.1.7. Cuaternario

Los materiales cuaternarios tienen una permeabilidad por porosidad intergranular muy variable, desde media a impermeable.

4.2. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

En la hoja de Santander se encuentran incluidos, total o parcialmente, los siguientes sistemas acuíferos:

- Sistema n.º 4, Sinclinal de Santander-Santillana y zona de San Vicente de La Barquera.
- Sistema n.º 5, Unidad Jurásica al Sur del anticlinal de Las Caldas de Besaya.
- Sistema n.º 6, Complejo Calcáreo urgo-aptiense de la zona oriental de Cantabria.

Estos Sistemas hidrogeológicos coinciden con unidades geológicas de características estratigráficas y estructurales distintas.

En todos ellos no se presentan problemas de sobreexplotación, ya que en general constituyen embalses de gran potencialidad hidráulica y están escasamente explotados.

A continuación se describen resumidamente las características de cada uno de estos sistemas.

4.2.1. Sistema Acuífero n.º 4, Sinclinal de Santander-Santillana y Zona de San Vicente de la Barquera

4.2.1.1. Introducción

El Sistema se encuentra situado en la zona norte de Cantabria, en una franja costera que va desde Solares hasta Unquera, incluso penetra dentro de la provincia de Asturias. Tiene una superficie total de 886 km².

Es una zona con altitudes, en general, inferiores a los 300 m.

Está atravesada de Sur a Norte por numerosos ríos y arroyos, entre los que destacan los ríos Deva, Nansa, Besaya, Saja y Pas.

Las lluvias son frecuentes durante todo el año, con un máximo en otoño-invierno; la precipitación media oscila entre 1.000 mm/año en la costa y 1.700 mm/año en el interior. La temperatura no ofrece grandes variaciones a lo largo del año, con una media anual entre los 13-14 °C. La evapotranspiración real está comprendida entre 500 mm/año, en la costa, y 700 mm/año en el interior. La lluvia útil oscila entre 400 mm/año en la zona de San Vicente de La Barquera y 1.200 mm/año en el interior.

4.2.1.2. Límites del Sistema

Está limitado al Norte por el mar Cantábrico, al Sur por la unidad estructural denominada «Franja cabalgante del Escudo de Cabuérniga», impermeable; al Este por los materiales impermeables del Trías y al Oeste por los materiales impermeables del Trías y Paleozoico.

Se pueden distinguir cuatro unidades hidrogeológicas o subsistemas:

- Subsistema 4 A, Unidad de San Román.
- Subsistema 4 B, Unidad de Comillas.
- Subsistema 4 C, Unidad Mesoterciaria Costera.
- Subsistema 4 D, Unidad Diapirizada de Santander.

4.2.1.3. Subsistema 4 A. Unidad de San Román

Estructuralmente constituye un amplio sinclinorio, formado con materiales cretácicos y terciarios, cuyo eje se encuentra inclinado en dirección a la costa.

Se trata de una unidad hidrogeológica bien definida en la que el único acuífero importante se encuentra en las calizas del Cretácico terminal-Terciario.

El acuífero Cretácico terminal-Terciario está constituido por una serie de calizas, calcarenitas, calizas arenosas y dolomías de edad Cam-

paniense Superior-Cuisiense, cuya potencia oscila entre los 400 y 500 m.

Se trata de una serie fundamentalmente calcárea y dolomítica, con transmisividad y coeficiente de almacenamiento muy variables, en función de la fracturación y karstificación de los diferentes tramos de la serie, pero en general altas.

Funcionamiento hidráulico. Los materiales del Cretácico terminal-Terciario constituyen un manto acuífero libre cuya alimentación se realiza exclusivamente a partir de la infiltración de agua de lluvia.

La descarga se lleva a cabo, fundamentalmente, a través de una serie de manantiales entre los que destacan Fuente Soto y manantial de Yatas, y, en menor cuantía, directamente al mar Cantábrico y a través de algunos arroyos de escasa importancia.

Aportaciones. Las aportaciones que recibe la Unidad de San Román totalizan un volumen de 5-10 hm³/año, que corresponden a las aportaciones propias (lluvia útil).

La precipitación se ha evaluado a partir de los datos pluviométricos del período 1970-71/1980-81, facilitadas por el Instituto Nacional de Meteorología. La evapotranspiración real se ha obtenido por los métodos de Turc, Thornthwaite y Coutagne. Por diferencia entre la precipitación y evapotranspiración real, se ha determinado la lluvia útil a partir de la cual se ha confeccionado el mapa de lluvia útil.

La infiltración se ha calculado por el método de las isoyetas, a partir del mapa de lluvia útil, teniendo en cuenta la superficie aflorante de acuífero, y suponiendo un coeficiente de infiltración para el mismo de un 25-50 %.

Salidas. Se ha evaluado una descarga mínima del Subsistema de 4 hm³/año distribuida de la siguiente forma:

- 2,8 hm³/año drenados a través del manantial Fuente de Soto.
- 0,6 hm³/año, estimados, se descargan por el manantial Fuente de Yatas.
- 0,6 hm³/año, estimados, drenados por el resto de los manantiales.

La descarga directa al mar no ha sido posible evaluarla por falta de datos.

Recursos subterráneos. Teniendo en cuenta los datos reflejados en los dos apartados anteriores se deduce que los recursos subterráneos mínimos del Subsistema son:

- 4 Hm³/año, evaluados a partir de las salidas, sin tener en cuenta las salidas directas al mar, desconocidas.
- 5-10 hm³/año, evaluados a partir de las entradas por lluvia útil.

Por tanto estarán comprendidos entre los 4-10 hm³/año.

Reservas. El volumen de agua almacenada hasta una profundidad de 100 m por debajo de la cota de manantiales, para una porosidad media del 1 %, se estima en 23 hm³.

4.2.1.4. Subsistema 4 B, Unidad de Comillas

Es la unidad más importante del Sistema por la cuantía de sus recursos y reservas.

En este subsistema sólo tiene interés el acuífero calcáreo de edad Aptiense-Albiense-Cenomaniense. Se trata en realidad de cuatro niveles acuíferos separados entre sí por materiales impermeables.

De muro a techo la serie está representada por:

- 55 m de calcarenitas, localmente dolomitizadas (ACUIFERO).
- 77 m de margas arcillosas y arcillas limolíticas (IMPERMEABLE).
- 400 m de calizas y calcarenitas dolomitizadas (ACUIFERO). Aptiense.
- 100 a 200 m de arcillas, limos y areniscas (en conjunto, IMPERMEABLE).
- 60 m de calizas y calcarenitas (ACUIFERO). Albiense.
- 200 a 300 m de limos y arcillas limolíticas (IMPERMEABLE).
- 100 a 150 m de calcarenitas y calizas. (ACUIFERO). Cenomaniense.

Se trata de una serie, fundamentalmente, calcárea y dolomítica, con transmisividad y coeficiente de almacenamiento muy variables, en función de la importancia de la fracturación y karstificación, pero en general altas.

El substrato impermeable de estos acuíferos son los materiales del Wealdense.

Funcionamiento hidráulico. Los materiales calcáreo-dolomíticos cretácicos constituyen un manto acuífero multicapa, en gran parte confinado, con una alimentación, fundamentalmente, a partir de la infiltración del agua de lluvia y, en menos cuantía, por la infiltración del agua de escorrentía en los materiales impermeables, en aquellos lugares en que la cota topográfica lo permita, y de los ríos que lo atraviesan, en los puntos situados por encima del nivel piezométrico.

La descarga se realiza a través de numerosos manantiales, algunos de cierta importancia como Fuente La Presa, San Miguel, etc., así como a través de los numerosos ríos y arroyos que les atraviesan (ríos Saja, Besaya, etc.), y en menor cuantía directamente al mar, en aquellos puntos en que el acuífero está en contacto con él.

Aportaciones. Las aportaciones que recibe la unidad de Comillas, totalizan un volumen de 57-76 hm³/año, de los que 32-48 hm³/año corresponden a las aportaciones propias (lluvia útil) y 25-28 hm³/año a las aportaciones del río Saja.

Por diferencia entre precipitación media y evapotranspiración real del período 1970-71/1980-81, se ha obtenido la lluvia útil. La infiltración se ha calculado teniendo en cuenta la superficie de acuífero aflorante y un coeficiente de infiltración del 50-75 %.

Como consecuencia de los bombeos realizados en las minas de Reocín se produce una recarga inducida río Saja-acuífero, cuyo volumen ha sido estimado en 25-28 hm³/año.

Salidas. Se ha evaluado una descarga mínima del subsistema de 41 hm³/año que se distribuyen de la siguiente forma:

- 1,1 hm³/año, estimado, por el manantial El Portillo (Comillas).
- 1,3 hm³/año, estimado, por el manantial Fuente de La Presa.
- 1,1 hm³/año, estimado, por el manantial de San Miguel.

- 1,5 hm³/año, estimado, por otros manantiales.
- 36 hm³/año, se bombea en las Minas de Reocín, para el drenaje de galerías, de los que 4-6 hm³/año son de escorrentía subterránea y 30-32 hm³/año de escorrentía superficial.
- Se desconoce la descarga a los ríos Saja y Besaya, así como las salidas directas al mar.

Recursos subterráneos. De los datos reflejados en los dos apartados anteriores se deduce que los recursos subterráneos del subsistema son:

- 32-48 hm³/año, evaluados a partir de la infiltración de la lluvia útil.
- 9-11 hm³/año, evaluados a partir de las salidas (5 hm³/año de descarga de manantiales y 4-6 hm³/año del drenaje por bombeo en las Minas de Reocín). A estos valores habría que añadir la descarga a través de los ríos y al mar, desconocidas.

Reservas. El volumen de agua almacenado hasta una profundidad de 100 m por debajo de la cota de manantiales, para una porosidad eficaz media de 1 %, se estima en 202 hm³.

4.2.1.5. Subsistema 4 C, Unidad Mesoter-ciaria Costera

En esta unidad, menos importante que la anterior, tanto por su extensión como por sus recursos y reservas, se han diferenciado dos acuíferos:

a) Acuífero Cretácico terminal-Terciario

Está constituido por una serie de calizas, calcarenitas, calizas arenosas y dolomias, de edad Campaniense Superior-Luteciense, con una intercalación de 25 m de arenas en su parte superior. Su potencia oscila alrededor de los 400 m.

Se trata de una serie, fundamentalmente calcárea y dolomítica, con transmisividad y coeficiente de almacenamiento muy variables, en función de la fracturación y karstificación.

Este acuífero se encuentra separado de los acuíferos cretácicos por un conjunto margoso impermeable con una potencia superior a los 400 m.

b) Acuífero calcáreo cretácico (Aptiense-Cenomaniense)

En su conjunto el acuífero está formado por una serie de tramos calizos, separados entre sí por tramos más o menos impermeables de areniscas, limos, arcillas y margas, que los independizan entre sí.

De muro a techo se encuentra:

- 200 a 250 m de calizas y calcarenitas parcialmente dolomitizadas.
- 95 m de areniscas, arenas y margas (en conjunto IMPERMEABLE).
- 70 m de calcarenitas.
- 250 a 300 m de limos, arcillas y margas (IMPERMEABLE).
- 100 a 150 m de calcarenitas.

Se trata de una serie esencialmente calcárea, con transmisividad y coeficiente de almacenamiento muy variables, en función de su fracturación y karstificación, pero en general altos.

Funcionamiento hidráulico. Los materiales cretácico-terciarios constituyen mantos acuíferos en gran parte confinados, con una alimentación fundamentalmente a partir de la infiltración del agua de lluvia y, en menor cuantía, por la infiltración del agua de escorrentía en los materiales impermeables, en aquellos lugares en que la cota topográfica lo permita, y de los ríos y arroyos que los atraviesan, en los puntos situados por encima del nivel piezométrico.

La descarga se realiza a través de numerosos manantiales y de los ríos y arroyos que les atraviesan (ríos Deva, Nansa, El Escudo, etc.).

Aportaciones. Las aportaciones que recibe el Subsistema se han evaluado en 16-32 hm³/año, que corresponden a las aportaciones propias (lluvia útil).

La infiltración se ha calculado a partir de la superficie aflorante de los acuíferos y de la lluvia útil, suponiendo un coeficiente de infiltración del 25-50 %.

Salidas. Las salidas del Subsistema se han evaluado en 19-25 hm³/año repartidas de la siguiente forma:

- 2 hm³/año, estimado, a través de manantiales.
- 3 hm³/año de la descarga subterránea a través del río del Escudo.
- 14-20 hm³/año, estimados por extrapolación, de la descarga subterránea a través de los ríos (Deva, Nansa, etc.).

Recursos subterráneos. Teniendo en cuenta los datos de los dos apartados anteriores se deduce que los recursos subterráneos mínimos del subsistema son de 19-25 hm³/año, repartidos de la siguiente forma:

- 2 hm³/año de descarga a través de manantiales.
- 17-23 hm³/año de salidas subterráneas a través de los ríos que atraviesan el Subsistema.

Estos valores son similares a los obtenidos a partir de la infiltración del agua de lluvia, 16-32 hm³/año.

Reservas. El volumen de agua almacenada hasta una profundidad de 100 m por debajo de la cota de manantiales, para una porosidad eficaz media del 1 % se estima en 81 hm³.

4.2.1.6. Subsistema 4 D, Unidad Diapirizada de Santander

En esta unidad se encuentran dos acuíferos calcáreos cretácicos independientes entre sí:

- a) Acuífero calcáreo Aptiense-Albiense Inferior-Medio, constituido por calizas y calcarenitas dolomitizadas, su potencia es de 650 m.
- b) Acuífero calcáreo Aptiense, similar al definido en el Subsistema 4 B pero de menor potencia (250 m), constituido por calcarenitas masivas.

Estos materiales calcáreos y dolomíticos tienen transmisividad y coeficiente de almacenamiento muy variables en función de la importancia de la fracturación y karstificación, pero en general altas.

El sustrato impermeable de estos acuíferos son los materiales del Wealdense.

Funcionamiento hidráulico. Los materiales aptiense-albienses constituyen un manto acuífero libre, con una alimentación, exclusivamente, a partir de la infiltración del agua de lluvia.

La descarga se realiza a través de una serie de manantiales, entre los que destacan los de Medio Cudeyo y Fuente El Collado, así como a través de los ríos Pas y Miera y del arroyo Cubón.

Aportaciones. Las aportaciones que recibe la Unidad totalizan un volumen de 35-52 hm³/año, que corresponden a las aportaciones propias (lluvia útil).

La infiltración se ha calculado a partir de la superficie aflorante de los acuíferos y de los valores de la lluvia útil, suponiendo un coeficiente de infiltración del 50-75 %.

Salidas. Las salidas estimadas, a través de los manantiales existentes son del orden de los 3 hm³/año.

No se ha podido cuantificar la descarga a través de los ríos que atraviesan el subsistema ya que no se dispone de estaciones de aforo.

En el área ocupada por la Unidad existen sondeos que se bombean 0,3 hm³/año, pero no explotan el acuífero cretácico, sino un pequeño acuífero calcáreo jurásico.

Recursos subterráneos. Teniendo en cuenta los datos reflejados en los dos apartados anteriores los recursos del Subsistema suponen 35-52 hm³/año, que corresponden a la infiltración a partir del agua de lluvia.

Reservas. El volumen de agua almacenada hasta una profundidad de 100 m por debajo de la cota de manantiales, para una porosidad eficaz media del 1 %, se estima en 132 hm³.

4.2.2. Sistema Acuífero n.º 5, Unidad Jurásica al Sur del Anticlinal de Las Caldas de Besaya

4.2.2.1. Introducción

El Sistema n.º 5 está situado en la zona Sur-Occidental de la región, y ocupa una superficie de 1.342 km².

Es una zona con una topografía muy accidentada, con cotas que varían de 300 m en la zona Norte a más de 1.300 m en el Sur.

Está atravesada de Sur a Norte por numerosos ríos entre los que destaca el Nansa, Besaya, Saja, Pas y Pisueña.

Las lluvias son frecuentes durante todo el año, con un máximo en otoño-invierno, la pluviometría media varía entre 1.200 mm/año en los valles y 2.000 mm/año en las cumbres de las montañas. La temperatura media anual oscila entre los 12-13 °C en los valles y 8 °C en las zonas altas. La evapotranspiración real está comprendida entre los 600 mm/año en los valles y 900 mm/año en las zonas montañosas. La lluvia útil oscila entre los 600 mm/año en los valles y 1.600 mm/año en las montañas.

4.2.2.2. Límites del Sistema

El Sistema está limitado al N por la Unidad estructural impermeable denominada «Franja cabalgante del Escudo de Cabuérniga» al S y O por los materiales impermeables del Triásico. El límite oriental no está bien definido por estar recubierto por materiales cretácicos.

Se pueden diferenciar dos subsistemas o unidades hidrogeológicas, independizadas entre sí por materiales impermeables triásicos, fundamentalmente:

- Subsistema 5 A, Unidad de Cabuérniga.
- Subsistema 5 B, Unidad de Puerto del Escudo.

En la hoja estudiada solamente aparece, en una superficie muy pequeña, el Subsistema 5 B.

4.2.2.3. Acuíferos

Se diferencian dos niveles acuíferos:

Acuífero detrítico Weald-Purbeck

Está compuesto por un potente paquete de areniscas, arenas y arcillas intercaladas, junto con algunos niveles margosos y calizos, lo

que da lugar a que en ella existan gran cantidad de pequeños acuíferos.

Toda esta serie de acuíferos suelen ser independientes entre sí, en la mayoría de los casos presentan poco espesor y su continuidad lateral es limitada, estando flanqueados a techo y muro por niveles impermeables o poco permeables.

Las características petrofísicas de estos sedimentos son muy variables, tanto horizontalmente (de unas zonas a otras) como verticalmente (según su posición estratigráfica en la serie), lo que da lugar a que los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento sean también muy variables, pero en general bajos.

Acuífero calcáreo Jurásico

Es el más importante del Subsistema, está constituido por calizas del Lías y Dogger.

Estas calizas, que se encuentran formando el basamento del sinclinal y afloran en superficie casi exclusivamente en los bordes de éste, están muy fisuradas y karstificadas en superficie, desconociéndose su estado en profundidad al no disponer de sondeos en la zona.

Los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento son muy variables, dependiendo de su fracturación y karstificación, pero en general son altos.

4.2.2.4. Funcionamiento hidráulico

Acuífero detrítico Weald-Purbeck

Su alimentación se realiza en los niveles superiores por la infiltración directa del agua de lluvia y en los niveles inferiores, por la percolación del agua contenida en las capas superiores. Se drena por una infinidad de manantiales y arroyos, de escasa importancia en estiaje pero que ven incrementados considerablemente sus caudales en período de lluvias, y también a través del acuífero calcáreo Jurásico al cual alimenta.

Acuífero calcáreo-Jurásico

La alimentación del acuífero se realiza:

- Principalmente por la infiltración directa del agua de lluvia en las calizas, que se encuentran muy fisuradas y karstificadas en superficie.
- Por percolación del agua contenida en los acuíferos Weald Purbeck.
- Por el agua de los ríos y arroyos que atraviesan el Sistema, que recogen la escorrentía procedente del acuífero Weald-Purbeck. Esta alimentación se realiza a través de los sumideros que presentan los ríos y arroyos en sus lechos, que hacen desaparecer en grandes tramos de su recorrido parcial o totalmente el caudal que llevan.
- La descarga se realiza fundamentalmente a través de las surgencias naturales del acuífero, algunas de ellas muy importantes (Fuenteona de Ruente, Nacimiento del río Ebro, manantiales de Las Fuentes, etc.) y de los numerosos ríos y arroyos que los atraviesan (Nansa, Saja, Besaya, Pas y sus afluentes).
- En las zonas de contacto de estos acuíferos con otros no pertenecientes al Sistema, como ocurre con la «Caliza de Montaña» en la zona norte, hay que considerar la posible existencia de una conexión entre ellos y por tanto que pueda establecerse una alimentación/descarga por/hacia dicha caliza.

4.2.2.5. Subsistema 5B, Unidad del Puerto del Escudo

Está limitado al Norte por la Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga, al Oeste por materiales impermeables, fundamentalmente, triásicos de la Unidad de Besaya, y los límites Sur y Este no están bien definidos ya que desaparece bajo los materiales del Aptiente-Albiense del Sistema Acuífero n.º 6.

Aportaciones. Las aportaciones que recibe el Subsistema se estiman en 40-73 hm³/año que corresponden en su totalidad a la infiltración del agua de lluvia en los acuíferos (26-52 hm³/año en el acuífero detrítico Weald-Purbeck y 14-21 hm³/año en el acuífero calcáreo-jurásico).

La infiltración se ha calculado por el método de las isoyetas, a partir del mapa de lluvia útil, suponiendo un coeficiente de infiltración del 50-75 % para las calizas jurásicas y 5-10 % para el Weald.

Salidas. La descarga mínima del Subsistema supone un volumen de 66-71 hm³/año repartidos de la siguiente forma:

- Manantiales:** 17 hm³/año (2 hm³/año del acuífero detrítico Weald-Purbeck y 15 hm³/año del acuífero calcáreo jurásico), de los que:
 - 12 hm³/año se descargan a través de los manantiales de La Molina, próximos a San Martín.
 - 5 hm³/año se drenan a través de otros manantiales.
- Ríos:** 49-54 hm³/año (26-30 hm³/año del acuífero detrítico Weald-Purbeck y 23-24 hm³/año del acuífero calcáreo-jurásico), que corresponde totalmente a la escorrentía subterránea, de los que:
 - 23 hm³/año, drenados por el río Pas.
 - 5-8 hm³/año, se descargan a través del río Besaya.
 - 21-23 hm³/año, se drenan a través del río Pisueña y sus afluentes.

Recursos subterráneos. Teniendo en cuenta los datos reflejados en los apartados anteriores se han estimado unos recursos subterráneos mínimos para todo el Subsistema de 66-71 hm³/año, a partir de las salidas, distribuidos así:

Acuífero detrítico Weald-Purbeck (28-32 hm³/año).

- Manantiales: 2 hm³/año (estimados).
- Ríos: 26-30 hm³/año (aforados y estimados).

Acuífero calcáreo jurásico (38-39 hm³/año).

- Manantiales: 15 hm³/año (aforados y estimados).
- Ríos: 23-24 hm³/año (aforados y estimados).

Reservas. Se ha calculado solamente las reservas del acuífero calcáreo jurásico. No se han calculado para el acuífero detrítico Weald-Purbeck ya que los niveles acuíferos no son continuos, debido a las grandes variaciones laterales de facies y de potencia de las mismas.

Hasta una profundidad de 100 m por debajo del nivel piezométrico, para una porosidad eficaz media de un 2 % las reservas del acuífero calcáreo se han estimado en 46 hm³.

4.2.3. Sistema Acuífero n.º 6, Complejo calcáreo Urgoaptiense de la Zona Oriental de Cantabria

El Sistema n.º 6 está situado en la zona oriental de Cantabria, tiene una superficie de 1.138 km², con altitudes inferiores a 300 m en zonas próximas a la costa que aumentan hacia el Sur, donde llegan a ser superiores a los 1.700 m.

Está atravesado de Sur a Norte por numerosos ríos entre los que destacan el Miera, Asón, Gándara y Agüera.

Las lluvias son frecuentes durante todo el año, con un máximo en otoño-invierno. La pluviometría media varía entre los 1.000 mm/año en la zona costera a 2.000 mm/año en las zonas montañosas del Sur. La temperatura media anual varía entre 14 °C en la costa a 8 °C en las montañas meridionales. La evapotranspiración real está comprendida entre 500 mm/año, en la franja costera, a más de 900 mm/año en las zonas montañosas. La lluvia útil oscila entre 500 mm/año en la costa, y cifras superiores a los 1.300 mm/año en las montañas.

4.2.3.1. Límites del Sistema

El Sistema está limitado al N, por el mar Cantábrico, al S y E por los materiales impermeables del Albiense-Cenomaniense y al O, por los materiales impermeables de la «Unidad Diapirizada de Santander» y las facies Weald-Purbeck.

Se ha dividido el Sistema en dos subsistemas, separados entre sí por materiales impermeables cretácicos.

- Subsistema 6 A, Unidad de Alisas-Ramales.
- Subsistema 6 B, Unidad de Ajo.

4.2.3.2. Acuíferos

El acuífero principal está constituido por calizas arrecifales, calizas microcristalinas y calcarenitas de edad Aptiense-Albiense. También se pueden incluir dentro de este acuífero las calizas y calcarenitas del Cenomaniense Medio.

Las calizas se presentan muy fisuras y karstificadas en superficie, aunque se desconocen en profundidad, ya que prácticamente no se han realizado sondeos en las mismas.

Los valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento en este tipo de rocas son muy variables, en función de la fracturación y karstificación de los diferentes tramos de la serie, pero en general altos.

Este acuífero está constituido por una serie de masas calcáreas, de dimensiones variables, aisladas, independientes, en general, unas de otras desde el punto de vista hidrogeológico.

4.2.3.3. Funcionamiento hidráulico

La alimentación del Sistema se realiza:

- Por infiltración del agua de lluvia a través de los afloramientos de estas calizas, que se encuentran muy fisuradas y karstificadas en superficie.
- Por el agua de los ríos y arroyos que atraviesan el Sistema que recogen la escorrentía procedente de las otras formaciones impermeables o poco permeables. Esta alimentación se realiza a través de los sumideros que presentan los ríos y arroyos en sus lechos, que hacen desaparecer en grandes tramos de su recorrido todo el caudal que llevan.

La descarga se realiza a través de numerosos manantiales, algunos de gran importancia (la Cuvera, Fuente Vallés, nacimiento del río Gándara, etc.) y ríos (Miera, Aguanaz, Asón, Gándara, Clarín, etc.).

No es posible determinar la descarga subterránea hacia otros acuíferos subyacentes, como el de Wealdense, así como la descarga directa al mar.

4.2.3.4. Subsistema 6 A, Unidad de Alisas-Ramales

Es el más importante del Sistema tanto por su extensión como por sus recursos y reservas.

Aportaciones: Las aportaciones que recibe el subsistema suponen 237-339 hm³/año, de ellos 205-307 hm³/año corresponden a la infiltración del agua de lluvia, 4 hm³/año a las aportaciones exteriores al mismo a través del río Miera y 28 hm³ a la infiltración del río Asón en el acuífero.

La infiltración se ha calculado a partir de la lluvia útil, suponiendo un coeficiente de infiltración de 50-75 % para las calizas.

Salidas. Se han evaluado unas salidas mínimas en el Subsistema de 225 hm³/año, distribuidas así:

a) Manantiales: 127 hm³/año, de los que:

- 8 hm³/año, se drenan por el manantial Laguanaz, nacimiento del río Aguanaz.
- 6 hm³/año, se descargan a través del manantial de Los Boyos, nacimiento del río Clarín.
- 23 hm³/año, drenados por el manantial de La Cuvera, cerca de Arredondo.
- 43 hm³/año, se drenan a través de la Fuente de la Punta el Praduco, frente al manantial de La Cuvera.
- 6 hm³/año, descargados a través del manantial Fuente Vallés o Iseña, en Ramales de La Victoria.
- 10 hm³/año, se descargan a través del nacimiento del río Gándara.
- 31 hm³/año, drenados a través de otros manantiales.

Hay que tener en cuenta que:

- El manantial de La Cuvera se alimenta fundamentalmente a partir del agua del río Asón, que se sume aguas arriba a través de conductos kársticos, por lo que los 23 hm³/año drenados, 22 hm³/año corresponden a la escorrentía superficial y 1 hm³/año a la escorrentía subterránea.

- El manantial de Fuente Vallés se alimenta totalmente del río Asón, que se sume aguas arriba a través de conductos kársticos, por lo que los 6 hm³/año corresponden a escorrentía superficial.

b) *Ríos:* 97 hm³/año, 93 hm³/año corresponden a la escorrentía subterránea mínima y 4 hm³/año a la escorrentía superficial, de los que:

- 19 hm³/año, son drenados por el río Miera y sus afluentes (15 hm³/año corresponden a la escorrentía subterránea y 4 hm³/año a la escorrentía superficial).
- 45 hm³/año, se descargan a través del río Asón y sus afluentes (excepto el río Gándara).
- 15 hm³/año se drenan a través del río Gándara.
- 13 hm³/año, son descargados por el río Clarín.
- 5 hm³/año, corresponden a la descarga a través de otros ríos.

c) Extracción de aguas subterráneas mediante sondeos: 1 hm³/año, en las proximidades de Castro Urdiales.

Recursos subterráneos. Teniendo en cuenta los datos de los apartados anteriores se han estimado unos recursos subterráneos mínimos de 193 hm³/año, repartidos de la siguiente manera:

- Manantiales: 99 hm³/año.
- Ríos: 99 hm³/año.
- Sondeos: 1 hm³/año.

Reservas. Las reservas estimadas hasta una profundidad de 100 m por debajo del nivel piezométrico, para una porosidad eficaz media del 2 %, son de 638 hm³.

4.2.3.5. Subsistema 6 B, Unidad de Ajo.

Esta unidad, de menor importancia que la anterior, está constituida por una serie de masas calcáreas aisladas, de pequeña superficie, en general muy tectonizadas.

Aportaciones. Las aportaciones que recibe el subsistema suponen un volumen 17-25 hm³/año, que corresponden en su totalidad a la infiltración del agua de lluvia.

La infiltración se ha calculado a partir de la lluvia útil, suponiendo un coeficiente de infiltración del 50-75 %.

Salidas. Se han calculado unas salidas mínimas del Subsistema de 9 hm³/año, que corresponden en su totalidad a la escorrentía subterránea, distribuidas de la siguiente forma:

- a) Manantiales: 5 hm³/año.
- b) Ríos: 4 hm³/año, drenados por el río Pontones. Se desconocen las salidas a través de otros ríos y la descarga directa al mar.

Recursos subterráneos

Debido al escaso control de las salidas se han estimado los recursos subterráneos a partir de la infiltración del agua de lluvia.

Teniendo en cuenta los datos de los apartados anteriores y que la relación recursos subterráneos/infiltración del agua de lluvia sea la misma que en el Subsistema 6 A (equivalentes para un coeficiente de infiltración del 50 %) los recursos subterráneos son de 17 hm³/año.

Reservas. Las reservas estimadas hasta una profundidad de 100 m por debajo del nivel piezométrico, suponiendo una porosidad eficaz media del 2 %, son de 104 hm³.

5. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS, PROBLEMAS DE CONTAMINACION

5.1. CALIDAD NATURAL

Las características químicas de las aguas subterráneas están relacionadas con las de los materiales que las albergan.

En todos los sistemas acuíferos las aguas presentan una facies bicarbonatada cálcica.

En algunas áreas, la calidad de estas aguas se encuentra degradada por efecto de las prácticas agrícolas y en menor cuantía por los vertidos urbanos e industriales.

No existe en ninguna zona costera fenómenos de intrusión marina.

Las características fundamentales de las aguas subterráneas en las distintas unidades hidrogeológicas se indican en el cuadro adjunto.

SITUACION GENERAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

SISTEMA ACUIFERO N.º 4, SINCLINAL DE SANTANDER, SANTILLANA Y ZONA DE SAN VICENTE DE LA BARQUERA

— Unidad de San Román

Bicarbonatada cálcica	R.S.	< 700
	CO ₃ H ⁻	< 400

— Unidad de Comillas

Bicarbonatada cálcica	R.S.	< 400
	CO ₃ H ⁻	< 300

— Unidad Mesoterciaria Costera

Bicarbonatada cálcica	R.S.	< 600
	CO ₃ H ⁻	< 400

— Unidad Diapirizada de Santander

Bicarbonatada cálcica	R.S.	< 500
	CO ₃ H ⁻	< 300

SISTEMA ACUIFERO N.º 5, UNIDAD JURASICA AL SUR DEL ANTICLINAL DE LAS CALDAS DE BESAYA

— Unidad del Puerto del Escudo

• Acuífero detrítico Weald-Purbeck

Bicarbonatada cálcica	R.S.	< 100
	CO ₃ H ⁻	< 100

• Acuífero calcáreo jurásico

Bicarbonatada cálcica	R.S.	< 400
	CO ₃ H ⁻	< 200

SISTEMA ACUIFERO N.º 6, COMPLEJO CALCAREO URGOAPTIENSE DE LA ZONA ORIENTAL DE CANTABRIA

— Unidad de Alisas-Ramales

Bicarbonatada cálcica	R.S.	< 500
	CO ₃ H ⁻	< 300

— Unidad de Ajo

Bicarbonatada cálcica	R.S.	< 500
	CO ₃ H ⁻	< 300

5.2. FUENTES DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Los cambios en la calidad son motivados, bien sea por la introducción de elementos químicos o microbiológicos en el subsuelo, debido a la actividad humana, bien sea por procesos de alteración del equilibrio hidrodinámico de los acuíferos costeros-intrusión salina, o por mezcla con aguas superficiales degradadas.

Estos procesos debidos a diferentes fuentes de contaminación son:

- Contaminación doméstica y urbana: transferencia a las aguas subterráneas de materia orgánica y de elementos patógenos.
- Contaminación agrícola: tiene su origen en el uso y abuso de fertilizantes y pesticidas, así como en la salinidad del agua introducida por el riego. Afecta normalmente a grandes áreas de los acuíferos sobre los que hay cultivos agrícolas.
- Contaminación industrial: caracterizada por la gran variedad de productos químicos orgánicos e inorgánicos introducidos directa o indirectamente en el terreno. La alteración de la calidad se produce generalmente en zonas localizadas.
- Contaminación por agua de mar: aumento de sales, en especial de cloruro sódico. Este tipo de contaminación está directamente relacionada con el régimen de explotación de los acuíferos litorales y causado por un aumento no controlado y excesivo de las extracciones.

5.3. SITUACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA HOJA

En la actualidad la calidad natural de las aguas subterráneas está poco alterada en todas las unidades de la Hoja.

No existe intrusión marina en ninguno de los acuíferos costeros ya que la explotación de los mismos es pequeña.

La degradación por prácticas agrícolas está muy desarrollada, principalmente por el uso de abonos inorgánicos y estiércol en cantidades cada vez mayores y siguiendo técnicas no siempre idóneas. Esto contribuye a la aparición en el agua subterránea, fundamentalmente, de compuestos nitrogenados, que suele tener carácter estacional.

Otros aspectos contaminantes, aunque de menor cuantía por el momento, son los debidos a la eliminación de aguas residuales urbanas e industriales no tratadas, vertidas tanto en pozos negros como en cauces públicos. Cualquiera de estos sistemas de vertidos puede producir en un plazo próximo la alteración de la calidad natural de las aguas subterráneas, ya que, en la mayor parte de los casos, dichos vertidos no han sufrido un proceso adecuado de depuración y se incorporan con toda su carga contaminante a los acuíferos.

5.3.1. **Sistema Acuífero n.º 4, Sinclinal de Santander-Santillana y Zona San Vicente de La Barquera**

Teniendo en cuenta los resultados de los análisis efectuados, se observa que la calidad de las aguas en general es buena, con un contenido en sales inferior a 700 mg/l.

Estacionalmente, en primavera, se presentan problemas de contaminación por amoníaco, por encima de los límites admitidos por la «Reglamentación Técnico-Sanitaria de aguas potables de consumo público» en 10 puntos, de los que ocho son utilizados para abastecimiento humano. Esta contaminación es debida a la utilización de estiércol en el abonado de praderas y huertas. También se observa una frecuente contaminación por nitratos, pero siempre dentro de los límites admitidos para el consumo humano. Ocasionalmente existe contaminación por nitritos, en cantidades superiores a las admitidas para consumo humano en cinco puntos utilizados para abastecimiento.

La facies que presenta el agua es bicarbonatada-cálcica.

En general estas aguas son aptas para consumo humano, así como para uso industrial y regadíos. No obstante hay que destacar la presencia de una contaminación estacional por amoníaco que afecta a ocho puntos utilizados para abastecimiento humano, lo que es indicio de la existencia de una contaminación orgánica importante, por tanto el agua de los mismos no es apta para consumo humano.

5.3.2. **Sistema Acuífero n.º 5, Unidad Jurásica al Sur del Anticlinal de Las Caldas de Besaya**

Teniendo en cuenta los resultados de los análisis realizados, se observa que la calidad de las aguas es, en general, buena, con un contenido en sales inferior a 400 mg/l.

En algunos puntos se presenta contaminación por nitratos, nitritos y amoníaco en concentraciones inferiores a las admitidas en la Reglamentación Técnico-Sanitaria de las aguas potables de consumo público. Solamente en dos puntos se encuentra el amoníaco en cantidades superiores a las admitidas, no obstante carece de importancia ya que uno se utiliza en ganadería y el otro no se utiliza. Esta contaminación es debida al uso de fertilizantes químicos y estiércol en agricultura.

La facies que presenta el agua es bicarbonatada cálcica.

En general las aguas son aptas para consumo humano, así como para uso industrial y regadío.

5.3.3. **Sistema Acuífero n.º 6, Complejo Urgoaptiense de la zona oriental de Cantabria**

De acuerdo con los resultados de los análisis efectuados se observa que en la mayoría de los casos se trata de aguas de buena calidad, con un contenido en sales generalmente inferior a 500 mg/l.

Estacionalmente, en primavera, se presentan en numerosos puntos problemas de contaminación por amoníaco en cantidades superiores a las admitidas por la Reglamentación Técnico-Sanitaria de las aguas potables de consumo público. De ellos, cuatro puntos son utilizados para abastecimiento urbano. En un punto, 19044011, se detecta en todos los análisis efectuados cantidades de nitritos y amoníaco y D.Q.O. en verano, por encima de los límites admitidos. Esta contaminación es debida al uso de estiércol para abonado de praderas y huertas. Es frecuente la presencia de nitratos en las muestras analizadas, en cantidades inferiores al límite admitido, y ocasionalmente de nitritos, en concentraciones superiores a la máxima admitida.

La facies que presenta el agua es bicarbonatada-cálcica.

En general estas aguas son aptas para consumo humano, así como uso industrial y agrícola-ganadero, salvo en los puntos anteriormente indicados, en los que se detecta estacionalmente amoníaco y nitritos, ya que ello es indicio de una contaminación orgánica reciente y peligrosa y por tanto no pueden ser utilizadas para consumo humano.

6. UTILIZACION ACTUAL DEL AGUA SUBTERRANEA

En la Hoja de Santander, los Sistemas Hidrogeológicos que presentan mayor interés para su utilización son los Sistemas Acuíferos 4, 5 (Acuífero calcáreo) y 6. En estos sistemas, por otra parte, es donde se centra la mayor parte de las acciones encaminadas a la captación del agua subterránea para los distintos usos.

Los recursos de aguas subterráneas, estimados, en los tres sistemas son de 465-524 hm³/año, de los cuales en la actualidad se utilizan unos 23,4 hm³/año para abastecimiento urbano, agrícola-ganadero e industrial, distribuidos de la siguiente forma:

SISTEMA	Recursos (hm ³ /año)	Volumen agua utilizada (hm ³ /año) (4)
N.º 4. Sinclinal de Santander-Santillana y zona de S. Vicente de La Barquera ...	88-142 (1)	2,6
N.º 5. Unidad jurásica al Sur del Anticlinal de Las Caldas de Besaya	167-172 (2)	14,7
N.º 6. Complejo calcáreo urgoaptiense de la zona Oriental de Cantabria	210 (3)	6,1
TOTAL	465-524	23,4

- (1) Estimados a partir de la infiltración del agua de lluvia.
- (2) Estimados a partir de las salidas.
- (3) Estimados a partir de la infiltración del agua de lluvia y de las salidas.
- (4) Han sido estudiadas las demandas de agua únicamente en los municipios comprendidos dentro del área ocupada por los tres sistemas.

6.1. USO DEL AGUA EN ABASTECIMIENTOS URBANOS

La población de la zona estudiada es de 415.000 habitantes, distribuidos en numerosos núcleos, la mayoría de los cuales tienen menos de 1.000 habitantes. El abastecimiento de dichas poblaciones, conjuntamente con parte de la industria ubicada en las mismas y la ganadería, supone un volumen de agua utilizada de $47,5 \text{ hm}^3/\text{año}$. Para el cálculo del mismo se ha partido de las dotaciones del Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento así como de los diversos planes provinciales de abastecimiento. Esta demanda se satisface una parte con agua superficial, $32,6 \text{ hm}^3/\text{año}$, y otra con agua subterránea, $14,9 \text{ hm}^3/\text{año}$. El agua subterránea utilizada procede: $0,9 \text{ hm}^3/\text{año}$ del Sistema n.º 4; $12,1 \text{ hm}^3/\text{año}$ del Sistema n.º 5 y $1,9 \text{ hm}^3/\text{año}$ del Sistema n.º 6.

De los $47,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ utilizados en abastecimientos urbanos, $25,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ corresponden a la ciudad de Santander ($17,2 \text{ hm}^3/\text{año}$ de aguas superficiales y $8,3 \text{ hm}^3/\text{año}$ de aguas subterráneas) y $5,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ a la ciudad de Torrelavega (casi en su totalidad de aguas superficiales).

6.2. USO DEL AGUA EN AGRICULTURA Y GANADERIA

Prácticamente no se utiliza el agua subterránea para regadío, por lo que únicamente se tiene en cuenta la demanda de agua para la ganadería que se estima en $5 \text{ hm}^3/\text{año}$, de los que $1,7 \text{ hm}^3/\text{año}$ corresponden a aguas subterráneas. Estas aguas subterráneas proceden: $0,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ del Sistema n.º 4; $0,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ del Sistema n.º 5, y $0,7 \text{ hm}^3/\text{año}$ del Sistema n.º 6.

6.3. USO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA

En la estimación de la demanda de agua para la industria sólo se ha tenido en cuenta aquellas industrias cuyo consumo de agua es elevado, desestimando las de tipo familiar cuya demanda de agua es pequeña y se abastecen de la red urbana. El abastecimiento de dichas industrias supone un volumen de agua de $21,4 \text{ hm}^3/\text{año}$ de los que $6,8 \text{ hm}^3/\text{año}$ corresponden a aguas subterráneas y $14,6 \text{ hm}^3/\text{año}$ a aguas superficiales. El agua subterránea, utilizada, procede: $1,2 \text{ hm}^3/\text{año}$ del Sistema n.º 4; $2,1 \text{ hm}^3/\text{año}$ del Sistema n.º 5 y $3,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ del Sistema n.º 6.

De los $21,4 \text{ hm}^3/\text{año}$ utilizados, $5,4 \text{ hm}^3/\text{año}$ corresponden a Torrelavega (prácticamente en su totalidad con aguas superficiales), $3,5 \text{ hm}^3/\text{año}$ a Santander ($2,4 \text{ hm}^3/\text{año}$ de aguas superficiales y $1,1 \text{ hm}^3/\text{año}$ de aguas subterráneas) y el resto a Camargo, Castro-Urdiales, Santoña, El Astillero, etcétera.

7. BIBLIOGRAFIA

- I.G.M.E.: Mapa Geológico de España, E.: 1/50.000. Hojas números 33 (Comillas), 34 (Torrelavega), 35 (Santander) y 36 (Castro-Urdiales).
- I.G.M.E.: Mapa Geológico de España, E.: 1/200.000. Hoja núm. 4 (Santander)».
- I.G.M.E.: «Mapa Hidrogeológico Nacional. Explicación de los mapas de lluvia útil, de reconocimiento hidrogeológico y de síntesis de sistemas acuíferos». Contribución al Decenio Hidrológico Internacional (Sistemas 4, 5 y 6). Memoria I.G.M.E. Tomo 81 (1972). Madrid.
- I.G.M.E.: «Bioestratigrafía y Microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica)». J. Ramírez del Pozo. Memoria I.G.M.E. Tomo 78 (1971).
- I.G.M.E. (1983): «P.I.A.S. Cantabria, Informe hidrogeológico de los Sistemas Acuíferos núms 4, 5 y 6 (1.ª Fase)».
- I.G.M.E. (1984): «P.I.A.S. Cantabria, Informe hidrogeológico de los Sistemas Acuíferos núms 4, 5 y 6 (Informe final)».
- I.G.M.E. (1984): «Programa Nacional de Gestión y Conservación de Acuíferos. Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Norte (Zona de Cantabria)». 1.º Informe. Colección Informe. Madrid.
- I.G.M.E. (1986): «Programa Nacional de Gestión y Conservación de Acuíferos. Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Norte (Cantabria)». Informe parcial.

- I.G.M.E. (1984): «Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas. Los Sistemas Hidrogeológicos de Cantabria. Sus recursos en aguas subterráneas, utilización actual y posibilidades futuras». Colección Informes. Madrid.
- I.G.M.E.: «Estudios hidrogeológicos para abastecimiento de Santander, Torrelavega, Santiago de Heras, Hermosa y Sierra Hermosa, Pámanes, varias poblaciones del T. M. de Miengo, poblaciones incluidas en el Plan Noja, Soto La Marina, varias poblaciones del T. M. de Val de San Vicente».
- I.G.M.E.: «Estudios hidrogeológicos para la viabilidad de ubicación de vertederos controlados de residuos sólidos urbanos en los términos municipales incluidos dentro de la hoja».
- I.G.M.E.: «Informe sobre planificación de la investigación mediante sondeos mecánicos en los Sistemas Acuíferos núms. 4, 5 y 6».
- I.G.M.E.: «Informe sobre las características generales de las secciones de aforo previstas en los ríos de Cantabria».
- I.G.M.E.: «Estudios de protección de sondeos a la contaminación. Sondeos La Concha (T. M. de Villaescusa) y Requejada (T. M. de Polanco)».
- I.G.M.E. (1985): «Posibilidades de empleo de las aguas subterráneas en riegos de apoyo y en la protección del medio natural en Cantabria».
- I.G.M.E. (1986): «Relación río Saja/acuífero Aptiense en la zona de Barcenaciones».
- I.G.M.E. (1982): «Estudio Geotérmino Preliminar de Asturias y Cantabria».
- FERNANDEZ RUBIO, R.: «Estudio hidrogeológico de la mina de Reocín».
- FLOR, G.: «Estudio sedimentológico del Jurásico marino y tránsito Jurásico-Cretácico de la región Central de la provincia de Santander». Cuadernos de Espeleología núm. 7, pp. 83-118, año 1973. Publicaciones del Patronato de las Cuevas Prehistóricas de Santander.
- AGUILAR TOMAS, M. : Sedimentología y paleogeografía del Albienense de la Cuenca Cantábrica». Estudios Geológicos, vol. XXXI, n.º 1-2, Instituto de Investigaciones Geológicas «Lucas Mallada». CSIC (1975).

- CENDRERO UCEDA, A.; FERRER, R. A. y LORIENTE ESCALLADA, E. «Restauraciones de acumulaciones de desechos sólidos en la zona minera de Reocín (Santander)». BOL. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), vol. 72, págs. 41-66 (1974).
- HERRANZ, A.: «Ejemplos de determinación del balance hídrico en acuíferos kársticos». Cuadernos de Espeleología, n.º 5-6.
- SAIZ DE OMEÑACA, J.: «El Karst de Pechón». Cuadernos de Espeleología n.º 7. (1973).
- ROSINO MATA, C y SAIZ DE OMEÑACA, J.: «Estudio geológico de los alrededores de Cabezón de la Sal (Santander)». Cuadernos de Espeleología n.º 8 (1975).
- ANTON, R.: «El Karst de La Garma y su utilización de la eliminación de residuos sólidos». Cuadernos de Espeleología, n.º 8 (1975).
- SAIZ DE OMEÑACA, J.: «Datos sobre las características del Karst de Prollezo (Santander)». Cuadernos de Espeleología, números 9-10 (1979).
- SAIZ DE OMEÑACA, J.: «El Karst de Riotuerto (Valle del río Miera-Santander)». Cuadernos de Espeleología, n.º 9 (1979).
- LIAÑO HERRERA, A.: «Estudio del potencial hidroeléctrico de la provincia de Santander». Tesis doctoral (inérita). ETS del Ing. de Caminos, Canales y Puertos (1981).
- «Informe geológico sobre la zona Santillana-Ubiarco». Cuadernos de Espeleología, n.º 5-6.
- «The use of aerial photographs and Landsat MSS imagery for the study of the Hydrogeology and Snowmelt runoff in part of the Cantabrian Mountains of Spain. Carel de Rooy.» International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences. Enschede, May 81 (The Netherlands).