

**INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN EL VALLE  
DEL PAS (CANTABRIA)**

**ENERO DE 2012**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. MARCO GEOGRÁFICO
3. ANTECEDENTES
4. ESTADO ACTUAL DE LAS CAPTACIONES
5. METODOLOGÍA DE TRABAJO
6. HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA
  - 6.1. Hidrología
  - 6.2. Climatología
7. MARCO GEOLÓGICO
8. MARCO HIDROGEOLÓGICO
  - 8.1. Hidrogeología regional
  - 8.2. Características hidrogeológicas de los materiales
  - 8.3. Inventario de Puntos de Agua
  - 8.4. Cartografía hidrogeológica
  - 8.5. Piezometría de la zona
  - 8.6. Red de control hidrométrico (Aforos)
  - 8.7. Modelo hidrogeológico conceptual
9. CONSIDERACIONES FINALES
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## ANEXOS

1. MAPA GEOLÓGICO
2. MAPA HIDROGEOLÓGICO
3. MAPA PIEZOMÉTRICO
4. FICHAS DEL INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA
5. DATOS PIEZOMÉTRICOS
6. DATOS HIDROMÉTRICOS
7. RESÚMENES DE LAS SALIDAS DE CAMPO

## 1. INTRODUCCIÓN

El día 1 de noviembre de 2010 se firmó el **Convenio de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Cantábrico y el Instituto Geológico y Minero de España para el seguimiento y análisis del control medioambiental sobre el proceso de inundación de la Mina de Reocín y el estudio de los hundimientos producidos en el término municipal de Camargo (Cantabria).**

Además de las tareas relacionadas con los estudios hidrogeológicos que se llevan a cabo en los términos municipales de Reocín y Camargo, este Convenio incluye, a petición de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (CHC), la realización de una investigación hidrogeológica en el sector Puente Viesgo-Alceda del Valle del Pas. Su objetivo es el estudio de la relación existente entre el río y el acuífero presente en dicha zona, planteado con el fin de determinar la influencia que las captaciones de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano de la ciudad de Santander, que se vienen efectuando desde años atrás, puedan tener sobre la disminución del caudal del río en periodos de estiaje, llegando en algunas épocas del año hasta su desaparición total.

La realización de los distintas tareas incluidas en el plan de trabajo de esta investigación, como son las labores de recopilación y estudio de la información existente, distintos trabajos de campo (elaboración de la cartografía hidrogeológica, realización de un inventario de puntos de agua, determinación de niveles piezométricos, medidas de caudales mediante aforos, etc.) y el trabajo de gabinete, con el análisis de todos los datos disponibles, se culmina con la redacción de la presente memoria.

El equipo de trabajo encargado de la realización de esta investigación, adscrito a la Unidad del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en Oviedo, está compuesto por doña María Teresa Bros Miranda, doña Mónica Meléndez Asensio, don Miguel Luis Rodríguez González y don Carlos Zapatero Menchero.

Se quiere dejar constancia de que, durante el desarrollo de los trabajos de campo que se llevaron a cabo en esta investigación hidrogeológica, los técnicos del IGME contaron con la colaboración del personal de la empresa Aqualia de las instalaciones de Toranzo, así como con la información proporcionada por los directivos de la Oficina de Santander de esta empresa.

## 2. MARCO GEOGRÁFICO

Como se observa en la figura 1, la zona de estudio se sitúa en el sector central de la provincia de Cantabria, y ocupa parte de los términos municipales de Puente Viesgo, Corvera de Toranzo y Santiurde de Toranzo. Está incluida en la hoja nº 18-05 (58) – Los Corrales de Buelna del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Su principal acceso es la carretera nacional N-623 Santander-Burgos, que la atraviesa de N a S.

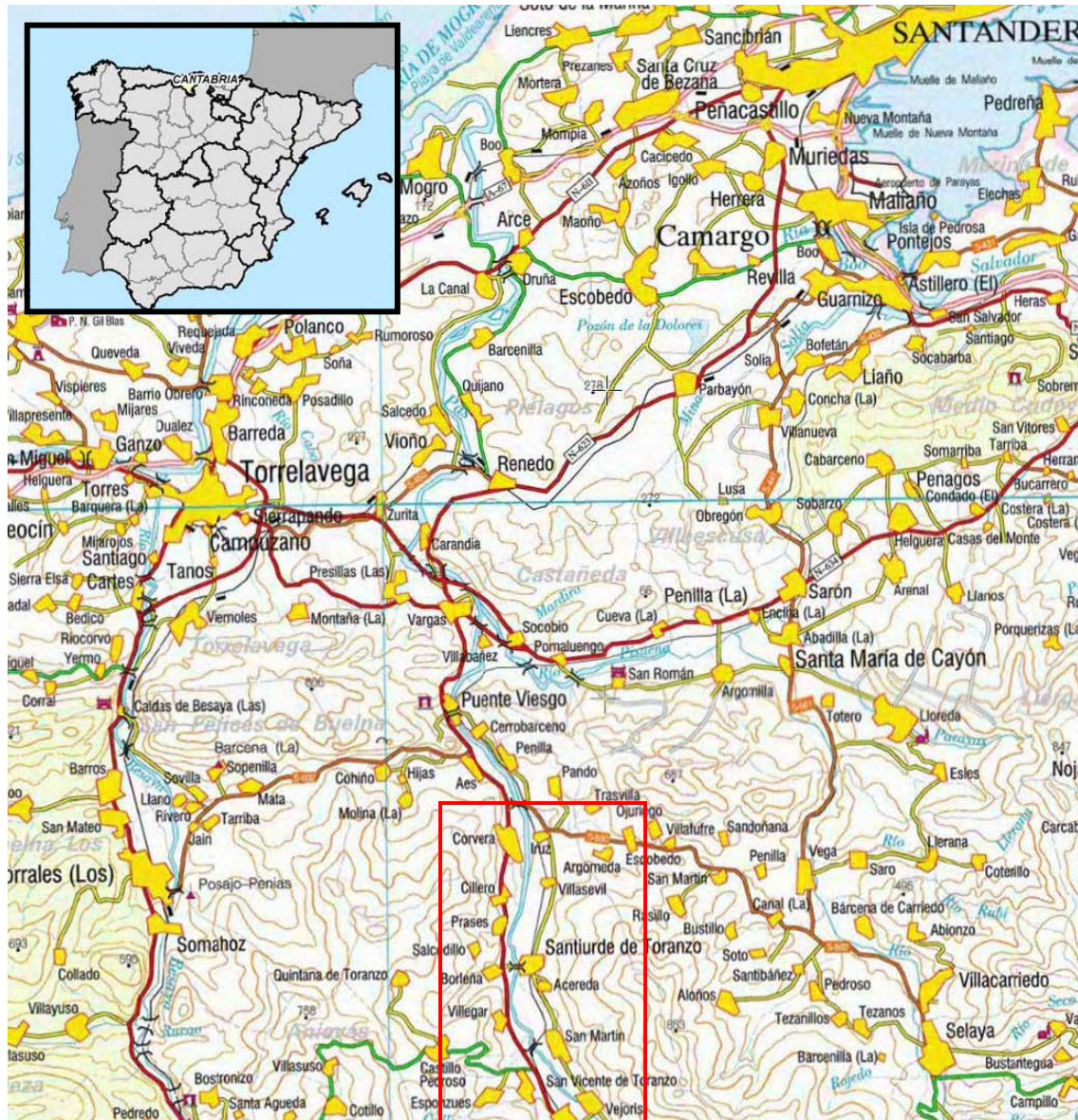


Figura 1.- Situación geográfica de la zona de estudio.

### 3. ANTECEDENTES

En junio de 1975 la Confederación Hidrográfica del Norte (CNH) solicitó a la Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH) del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU) la realización de un estudio del subálveo del río Pas en La Molina (Santiurde de Toranzo, Cantabria) para la prospección de aguas subterráneas destinadas a complementar el abastecimiento de la ciudad de Santander durante los meses de estiaje, en el caso de que se produjera un déficit en el suministro de agua municipal.

Por encargo de la DGOH, el Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP) realizó un primer estudio hidrogeológico en el que concluyeron que *el acuífero de mayor interés en la zona investigada era el constituido por las calizas del Lías superior que afloran en el tramo comprendido entre Vejerís y Corvera.*

Posteriormente, en el periodo comprendido entre abril de 1976 y febrero de 1981 la Sección de Hidrogeología del SGOP realizó un total de 13 sondeos mecánicos de investigación (2.227,30 m perforados), que se reparten así:

- un sondeo mecánico de investigación denominado SP.1-A, de 6,20 m de profundidad, para estudiar el acuífero cuaternario, situado en las inmediaciones del manantial de El Arca.
- doce sondeos mecánicos de investigación más para estudiar el acuífero jurásico, con un total de 2.221,10 m perforados, denominados SP.1-B (próximo al manantial de El Arca), SP.2 (próximo al manantial de La Quintanilla), SP.3 (próximo al manantial de La Sovilla), SP.4 (próximo al manantial de La Pila) y SP.5 a SP.12 distribuidos en el tramo comprendido entre El Soto y Vejerís.

En la tabla 1 se recogen las características de los sondeos realizados. A partir de las pruebas de permeabilidad efectuadas en dichos sondeos y el estudio de los testigos de los mismos, se recomendaron como zonas más apropiadas para ejecutar pozos de captación de agua subterránea las siguientes:

- en primer lugar, inmediaciones de los sondeos SP.1-B, SP.3 y SP.4
- en segundo lugar, proximidades de los sondeos SP.5, SP.9 y SP.11

En la tabla 2 se recogen datos hidrogeológicos de estos sondeos.

**TABLA 2.- DATOS HIDROGEOLÓGICOS DE SONDEOS MÁS FAVORABLES**

Sondeo	Techo acuíf. (m)	Muro acuíf. (m)	Nivel piezom. (m)	Transmisiv. (m <sup>2</sup> /día)
SP.1-B	4,90	65,00	1,12	1.500
SP.3	28,00	46,00	0,66	> 2.000
SP.4	20,00	122,40	0,93	> 2.000
SP.5	2,50	50,00	2,80	150
SP.9	31,75	94,00	2,95	100
SP.11	13,00	246,00	6,55	1.500

**TABLA 1.- SONDEOS DE RECONOCIMIENTO EN EL VALLE DEL PAS**

TOPONIMIA	IDENTIFIC.	PROFUND. (m)	AÑO CONSTRUC.	COORDENADAS UTM <sup>(d)</sup>		TRANSMISIV. (m <sup>2</sup> /día) <sup>(a)</sup>	COTA (m s.n.m.)	NIVEL ESTÁT. (m)	N° I.R.H.
				X	Y				
EL ARCA	SP.1-A	6,20	1.976	423.820	4.786.390		132,70	1,15	1805.7.0023
EL ARCA	SP.1-B	200,25	1.976	423.820	4.786.390	> 15.000 <sup>(c)</sup>	132,70	1,20	1805.7.0024
QUINTANILLA	SP.2	256,60	1.976	424.280	4.786.200	100	139,70	1,23	1805.8.0024
LA SOVILLA	SP.3	127,00	1.976	424.020	4.786.160	> 3.000 <sup>(c)</sup>	139,20	1,22	1805.8.0025
LA PILA	SP.4	122,40	1.976	424.580	4.785.770	200	143,20	0,75	1805.8.0026
EL SOTO	SP.5	178,20	1.977	423.500	4.792.420	> 3.500 <sup>(b)</sup>	78,00	2,8	1805.3.0013
IRUZ	SP.6	170,00	1.977	423.980	4.791.590	90	90,10	4,21	1805.4.0009
GRANJA GODIMO	SP.7	91,60	1.978	424.020	4.790.600	0,1	98,40	3,77	1805.4.0010
VILLASEVIL	SP.8	142,00	1.977	424.140	4.789.770	3	107,00	0,98	1805.4.0011
SO VILLASEVIL	SP.9	224,00	1.978	423.920	4.788.670	50	117,60	9,0	1805.7.0025
SANTIURDE	SP.10	250,05	1.979	423.700	4.787.610	140	124,20	3,4	1805.7.0026
VEJORIS	SP.11	260,00	1.980	424.840	4.785.070	4.600	151,80	8,37	1805.8.0027
VEJORIS	SP.12	230,00	1.981	425.240	4.784.520	600	155,40	12,58	1805.8.0028

a) Calculado por los métodos de Theis y Jacob

b) Posiblemente muy sobrevalorado por proximidad al río

c) Posiblemente muy sobrevalorado por proximidad al manantial

d) Datos del informe original

De acuerdo con esta recomendación, entre los años 1978 y 1979 la Sección de Maquinaria y Medios Auxiliares del SGOP perforó tres pozos en el sector de La Molina, denominados PP.1, PP.2 y PP.3, próximos a los sondeos SP.1-B, SP.3 y SP.4, respectivamente, con una longitud total de 284,60 m perforados y un caudal conjunto aforado de 270 L/s. En la tabla 3 se resumen los datos de los ensayos de bombeo efectuados en estos pozos.

**TABLA 3.- DATOS DE LOS POZOS A PARTIR DE ENSAYOS DE BOMBEO**

<b>Pozo</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Nivel estático (m)</b>	<b>Caudal máx. bombeado (L/s)</b>	<b>Nivel dinámico (m)</b>	<b>Transmisiv. (m<sup>2</sup>/día)</b>
PP.1 El Arca	85,00	1,55	115	6,62	2.000
PP.2 La Sovilla	90,00	0,76	90	35,15	2.000
PP.3 La Pila	109,60	1,03	65	32,21	1.100

Más tarde, en el periodo comprendido entre los años 1986 y 1989, se perforaron otros cinco pozos más, tres de ellos en las inmediaciones del manantial de El Arca, otro en Vejørís y el último en la localidad de S. Vicente de Toranzo. Los datos de todos estos pozos aparecen recogidos en la tabla.4.

Posteriormente, y tras comprobar el rendimiento de alguna de estas perforaciones, se procedió a la acidificación de dos de los pozos:

- en julio de 1987 se acidificó el pozo PP-1.3 (Las Campizas), consiguiendo un aumento del caudal de 5 a 15 L/s; dado que esta cifra no se consideró suficientemente importante, no se equipó este pozo.
- en la misma época se acidificó el pozo PP-1.2, próximo al manantial de El Arca, y con esta operación se consiguió que, para un mismo caudal de bombeo (115 L/s), el nivel piezométrico dinámico pasara de 17,01 a 6,47 m.

Además de los ensayos de bombeo que se llevaron a cabo sistemáticamente tras la finalización de la ejecución de cada uno de los pozos, se realizaron ensayos de bombeo adicionales:

- el efectuado después de la acidificación del pozo Las Campizas (PP-1.3), mencionado anteriormente.
- el bombeo del tramo inferior del pozo Vejørís (PP-4.1), constituido por materiales del Trías Superior-Lías Inferior.
- el bombeo conjunto de los pozos El Arca (PP-1.1 y PP-1.2), realizado en abril de 1986.

**TABLA 4.- POZOS DE PREEXPLORACIÓN EN EL VALLE DEL PAS**

TOPONIMIA	IDENTIF.	PROFUND. (m)	AÑO CONSTRUC.	COORDENADAS UTM <sup>(f)</sup>		COTA (m)	TRANSM. (m <sup>2</sup> /día) <sup>(e)</sup>	CAUDAL (L/s)
				X	Y			
El Arca	PP-1.1	85,00	1978	423.860	4.786.420	133,20	> 25.000	195
El Arca	PP-1.2	126,00	1986	423.740	4.786.350	133,00	3.300	115 <sup>(c)</sup>
Las Campizas	PP-1.3	80,00	1987	423.640	4.786.600	128,00	30	15 <sup>(a)</sup>
El Arca	PP-1.4	115,00	1989	423.920	4.786.390	132,00	8.000	156 <sup>(d)</sup>
La Sovilla	PP-2.1	90,00	1978	424.020	4.786.120	139,20	1.200	95
La Pila	PP-3.1	119,60	1979	424.580	4.785.770	143,20	100	45
Vejeoris	PP-4.1	188,00	1988	424.890	4.785.040	152,30	12.000	150 <sup>(d)</sup>
S. Vicente	PP-5.1	150,00	1989	423.600	4.785.060	168,00		15 <sup>(b)</sup>

- (a) Pozo abandonado debido a su bajo rendimiento
- (b) Pozo cedido por el SGOP al Ayuntamiento de S. Vicente de Toranzo para su abastecimiento
- (c) Pozo con problemas en la rejilla
- (d) Pozo equipado de forma provisional
- (e) Calculado por los métodos de Theis y Jacob
- (f) Datos del informe original

**TABLA 5.- SONDEOS DE ABASTECIMIENTO EN EL VALLE DEL PAS**

TOPONIMIA	Nº I.R.H.	PROFUND. (m)	AÑO CONSTR.	COORDENADAS UTM <sup>(b)</sup>		RDTO. ESP. (L/s/m) <sup>(a)</sup>	TRANSM. (m <sup>2</sup> /día) <sup>(a)</sup>	CAUDAL (L/s) <sup>(a)</sup>
				X	Y			
San Martín	1805.8.0021	105,00	1989	424.660	4.785.480	25,6	alta	100
Villegar	1805.7.0016	160,00	1990	423.200	4.786.370	1,5	150	90
Borleña I	1805.7.0017	150,00	1990	423.240	4.787.540	3,02	70 - 95	50
Borleña II	1805.7.0018	121,00	1990	423.220	4.788.040	12,36	235	120

- (a) Rendimiento específico, transmisividad y caudal estimados a partir de ensayos de bombeo
- (b) Datos del informe original

Por otra parte, entre 1989 y 1990 la Diputación Regional de Cantabria, con el asesoramiento del IGME, realizó cuatro sondeos mecánicos de explotación de aguas subterráneas destinadas al abastecimiento municipal en el valle del Pas, ubicados en la margen izquierda del río, cuyos datos se recogen en la tabla 5. Sus columnas geológicas, niveles piezométricos y demás datos de interés aparecen recogidos en las fichas correspondientes al Inventario de Puntos de Agua.

El sondeo San Martín se está utilizando actualmente para el abastecimiento urbano de las localidades de Santiurde, Acereda y San Martín, en el término municipal de Santiurde de Toranzo. En cambio, los sondeos Villegar, Borleña I y Borleña II, ubicados en el término municipal de Corvera de Toranzo, no se están utilizando.

En cuanto al aprovechamiento de manantiales para el abastecimiento urbano, los puntos más significativos son los siguientes:

- Manantial de La Pila: el más importante de los captados en este sector, su surgencia en el fondo de una alberca o estanque está situada en la localidad de San Martín de Toranzo y da lugar al río del mismo nombre, captado en un azud de derivación ubicado unos 700 m aguas abajo; excepcionalmente, su caudal puede llegar a los 4.000 L/s, aunque en el periodo estudiado se mantenía en el rango de 30,4 a 916,5 L/s.
- Manantial de La Quintanilla: a la altura del azud de derivación en el que se capta el agua del río de La Pila surge este manantial, captado en el fondo de un estanque, que en el periodo analizado acreditó caudales situados en el rango de 156,4 a 312,6 L/s.
- Manantial de La Sovilla: situado al NO del anterior y a unos 100 m de distancia, este manantial se capta en el fondo de un estanque; su caudal se une al del manantial de La Quintanilla y se conduce, a través de dos tuberías, hasta las instalaciones de El Arca.
- Manantial de El Arca: ubicado, al N del anterior, dentro de las instalaciones del Ayuntamiento de Santander en Toranzo, y captado en el fondo de un estanque, el caudal medido en el periodo de estudio se sitúa en el rango de 1 a 39,1 L/s.

Por otra parte, existen dos *galerías filtrantes* que ya estaban construidas en este sector en la década de 1980, cuyo objetivo era la captación de agua del acuífero aluvial. Sus características se resumen a continuación:

- Galería filtrante superior: su trazado comienza junto al río de La Pila, a la altura del manantial de La Quintanilla; con una longitud de 475 m y una sección de 1,27 x 1,50 m<sup>2</sup>, recoge el agua filtrada a través de sus paredes y la lleva directamente a la cabecera de la conducción general.
- Galería filtrante inferior: su trazado discurre próximo al arroyo de Los Tordillos; tiene una longitud de 250 m y una sección de 0,86 x 1,46 m<sup>2</sup>, y lleva las aguas que recoge hasta el depósito de impulsión de Las Campizas, situado en las instalaciones de El Arca.

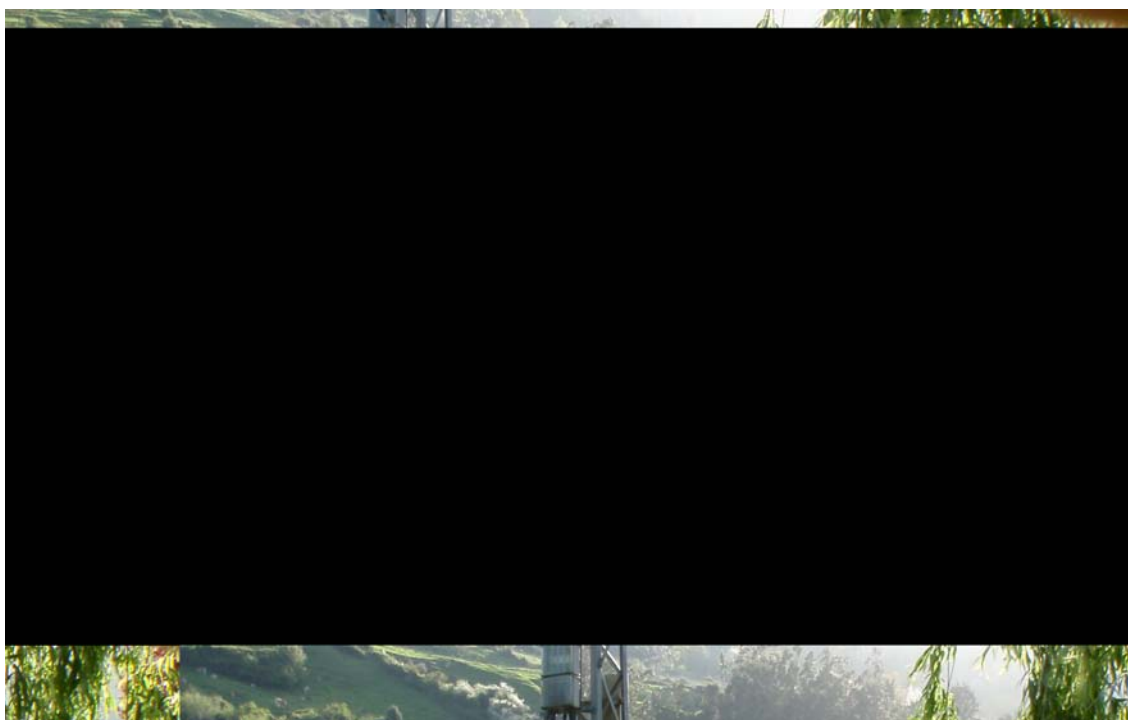
Además, existe una captación superficial del río Pas en la estación de impulsión de El Soto, situada en la margen derecha del río, aguas abajo del puente de El Soto – Iruz, que capta el agua mediante un azud de derivación; este agua pasa por un canal al pozo de bombeo, situado en la parte inferior de la instalación, en cuya sala de máquinas están equipadas tres bombas, y se incorpora a la conducción general en la entrada al túnel de El Soto.

#### 4. ESTADO ACTUAL DE LAS CAPTACIONES

De acuerdo con todo lo expuesto en el capítulo anterior, y como se observa en buena parte en el plano que se adjunta en la figura 2, los medios de los que dispone el Ayuntamiento de Santander para llevar a cabo su abastecimiento urbano, que gestiona actualmente la empresa contratista Aqualia, se concentran principalmente en tres localizaciones distintas, todas ellas en el término municipal de Santiurde de Toranzo: las instalaciones en torno a los manantiales de La Quintanilla y La Sovilla, las instalaciones en torno al manantial de El Arca y las instalaciones del azud de El Soto.

Las obras de captación de agua existentes se dividen en tres grupos: por una parte, existen una serie de sondeos de explotación de agua subterránea equipados, que podrían ser utilizados en caso de necesidad extrema pero que en los últimos años no se están bombeando (en concreto, no se extrae agua desde noviembre de 2006); además, se captan las surgencias de agua subterránea en los manantiales de La Quintanilla, La Sovilla y El Arca, así como unos drenajes del acuífero aluvial a través de las dos galerías filtrantes; por último, se deriva agua superficial, a través de sendos azudes, en el río Pas y el río La Pila, procedente este último de la surgencia del manantial del mismo nombre.

Siguiendo un recorrido de S a N, el primer punto de este conjunto de obras es el pozo denominado Vejorís (PP – 4.1, fotografía 1), que está fuera del ámbito recogido en el plano que se recoge en el plano de la figura 2.



**Fotografía 1.- Situación del pozo Vejorís (PP – 4.1), 1 km al NO de esta localidad.**

A continuación (fotografía 2) se encuentra el manantial de La Pila, captado en una balsa, que constituye el nacimiento del río La Pila, parte de cuyo caudal se deriva en un azud a la conducción general de agua de Santander.



**Fotografía 2.- Captación del manantial de La Pila, nacimiento del río del mismo nombre.**

En las inmediaciones de este manantial (fotografía 3) se encuentra el pozo La Pila (PP – 3.1), en el barrio del mismo nombre de la localidad de San Martín de Toranzo.



**Fotografía 3.- Situación del pozo La Pila (PP – 3.1).**

Siguiendo hacia el N se encuentran las instalaciones en las que se realiza la captación de los manantiales de La Quintanilla y La Sovilla. En las inmediaciones del primero (fotografías 4 y 5) se sitúa el azud donde se capta parte del caudal del río La Pila para su incorporación a la red de conducción de agua de abastecimiento de Santander.



**Fotografía 4.- Vista del azud del río La Pila.**



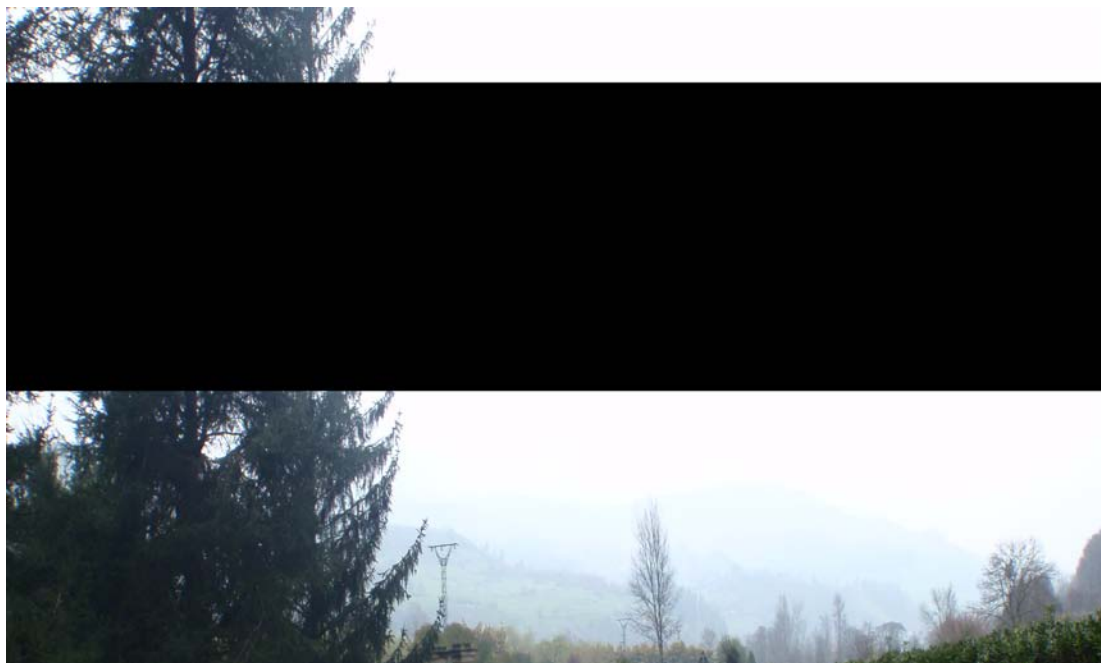
**Fotografía 5.- En el ángulo inferior derecho, entrada de agua al azud.**

El manantial de La Quintanilla (fotografía 6) se capta en una balsa, y parte de su caudal se conduce, una vez que se une al del manantial de La Sovilla, hasta las instalaciones de El Arca, donde se incorpora a la conducción general; otra parte del caudal se une a la conducción del agua procedente del azud, y cuando hay caudal en exceso el sobrante se descarga al río La Pila. En sus proximidades se inicia la galería

filtrante superior (fotografía 7), y además existe un caudal que drena parte del agua sobrante al río La Pila (fotografía 8).



**Fotografía 6.- Aspecto de la balsa donde se capta el manantial de La Quintanilla.**

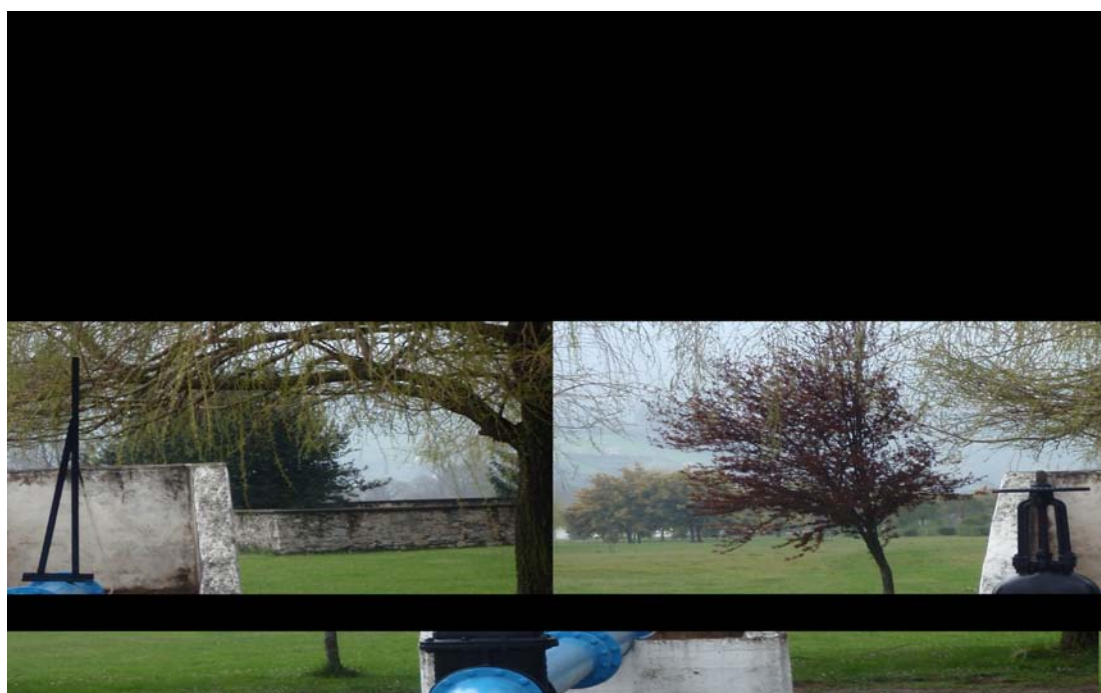


**Fotografía 7.- En el centro de la foto, en el suelo, se observa el primer tramo de la galería filtrante superior.**



**Fotografía 8.- Aspecto general y detalle del canal situado al N del manantial de La Quintanilla.**

Frente a estas instalaciones, al otro lado de la carretera (fotografía 9), se encuentra situado el pozo La Sovilla (PP – 2.1), equipado como los anteriores y en disposición de ser utilizado si las circunstancias lo exigieran. En la fotografía 10 se observa la balsa de captación del manantial de La Sovilla, a la que se incorpora el caudal del manantial de La Quintanilla, y en la fotografía 11 un detalle del sumidero por el que sale el agua de la balsa.



**Fotografía 9.- Ubicación del pozo La Sovilla (PP – 2.1)**



**Fotografía 10.- Balsa de captación del manantial de La Sovilla e incorporación del caudal del manantial de La Quintanilla.**



**Fotografía 11.- Sumidero en el fondo de la balsa de La Sovilla.**

A pocas decenas de metros hacia el N se encuentran las instalaciones de El Arca, en las que se sitúan los pozos El Arca PP – 1.1., PP – 1.2 (E), PP – 1.2 (O) y PP – 1.4, recogidos en la fotografía 12.



**Fotografía 12.- Detalle de los pozos El Arca PP – 1.4 (arriba, a la izquierda), PP – 1.1 (arriba, a la derecha) y PP – 1.2 (E y O) (abajo).**

En sus proximidades (fotografías 13 y 14) se encuentra la denominada *arqueta de reunión*, a donde se conducen, en ocasiones, los caudales de los manantiales de La Quintanilla y La Sovilla, el de la galería filtrante superior y el del bitrasvase.



**Fotografía 13.- Detalle de la arqueta de reunión.**



**Fotografía 14.- Situación de la arqueta de reunión.**

Al edificio que incluye la balsa donde se capta el manantial de El Arca llegan, en ocasiones, los caudales de agua procedentes de los manantiales de La Quintanilla y La Sovilla (fotografía 15), que pueden incorporarse a la balsa del manantial o derivarse hacia el desarenador, según las necesidades de cada momento (fotografías 16 y 17). En la balsa se capta el agua del manantial (fotografía 18), y su sobrante se conduce a través de un canal de desagüe hacia el río Pas cuando hay exceso de caudal.



**Fotografía 15.- Edificio del manantial de El Arca e incorporación del agua de los manantiales de La Quintanilla y La Sovilla.**



**Compuerta que da paso hacia la balsa de El Arca**

**Fotografía 16.- Detalle de la compuerta que dirige el agua a la balsa-piscina de El Arca.**

**Compuerta que deriva el agua al desarenador**



**Fotografía 17.- Detalle de la compuerta que dirige el agua al desarenador.**

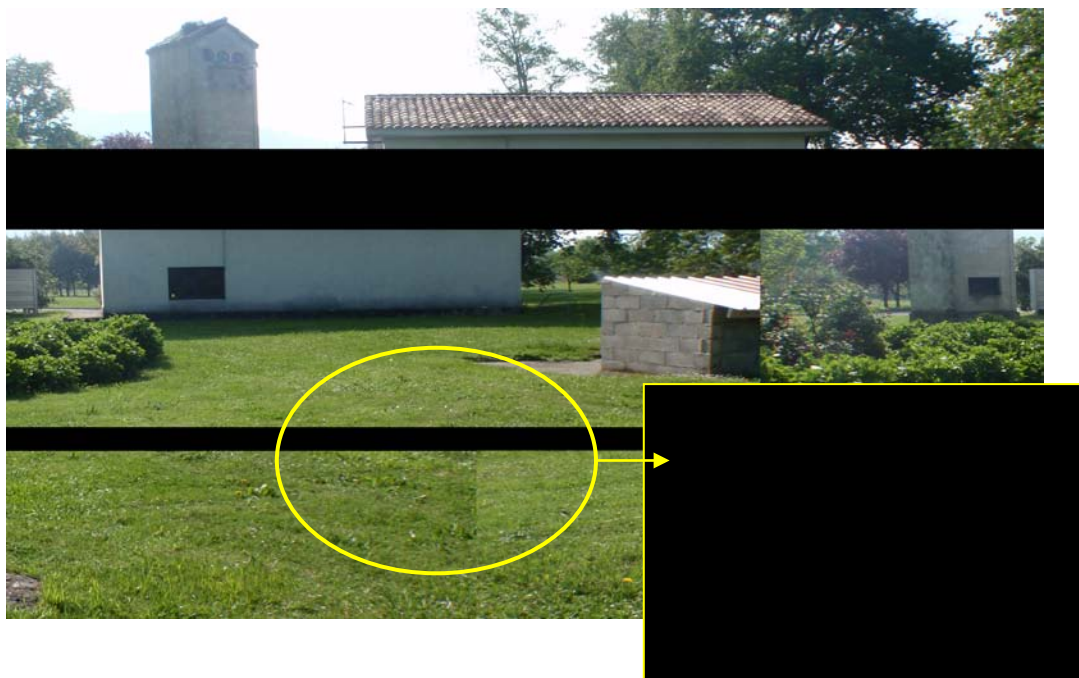


**Fotografía 18.- Vista de la balsa donde nace el manantial de El Arca y de la compuerta de acceso al canal de desagüe.**

En las proximidades de este edificio, hacia el O, se encuentra otro en el que está instalada la denominada estación de bombeo de Las Campizas, a la que llega el caudal de agua drenado por la galería filtrante inferior (fotografía 19). En sus inmediaciones se sitúa el Sondeo Las Campizas (PP – 1.3), que no está equipado para su explotación (fotografía 20)



**Fotografía 19.- Estación de bombeo de Las Campizas y sobrante de la galería filtrante inferior.**



**Fotografía 20.- Situación del Sondeo Las Campizas (PP – 1.3).**

Para finalizar la descripción de estas instalaciones de El Arca, en el denominado desarenador (fotografía 21) se reúnen todos los caudales captados en cada momento del año antes de su incorporación a la conducción general que, junto con la captada en el azud de El Soto, llevará el agua a la ETAP de Camargo para su tratamiento antes de su distribución.



**Fotografía 21.- Vista del desarenador.**

Siguiendo el recorrido hacia el N, fuera ya de la zona que se recoge en el plano de la figura 2, se sitúa el pozo Villasevil (PP – 5.1), ubicado en la salida meridional de la localidad del mismo nombre (fotografía 22), equipado para su posible utilización en el caso de que fuera necesario.



**Fotografía 22.- A la izquierda, situación del pozo Villasevil (PP – 5.1), con el sondeo de investigación SP-9 en primer término. A la derecha, detalle del pozo equipado.**

Finalmente, la última de las instalaciones mencionadas es la estación de bombeo situada en El Soto, desde donde se incorpora el agua captada en el azud del río Pas (fotografía 23) a la conducción general de abastecimiento a Santander.



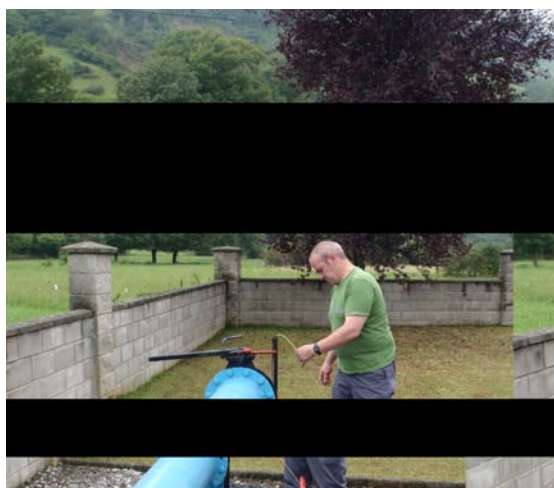
**Fotografía 23.- Vista del azud de El Soto.**

## 5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Una vez finalizada la primera fase de la realización de esta investigación, que consistió en la recopilación exhaustiva y análisis detallado de toda la información existente a la que se pudo acceder, la metodología de trabajo ha consistido fundamentalmente en la realización de tareas de campo dirigidas a la elaboración de una cartografía hidrogeológica y a la obtención de datos de niveles piezométricos en los sondeos disponibles y de caudales en ríos y manantiales. La referencia detallada de todas estas labores, realizadas en el periodo de tiempo que va desde principios de marzo hasta finales de septiembre de 2011, se recoge en el Anexo 7.

La red de piezometría fue establecida con el fin de controlar las variaciones del nivel piezométrico dentro de la zona de estudio. Para ello se llevó a cabo una salida de campo en la cual se identificaron todos aquellos pozos y sondeos inventariados en trabajos anteriores. De todos estos, se eligieron aquellos que no estaban equipados y eran de relativamente fácil acceso. Algunos pozos equipados que actualmente son gestionados por Aqualia para su uso en caso de necesidad, cuentan con tubos piezométricos por los que se puede introducir la sonda de medida sin que exista peligro de atasco.

En esta campaña de control de la evolución piezométrica, que tuvo lugar desde marzo hasta de septiembre de 2011, las medidas se realizaron mediante una sonda de nivel (fotografía 24) colocada al final de una cinta métrica que se introduce por la boca del sondeo o pozo; en el momento en el que el electrodo toca la lámina de agua se enciende una luz situada en la carcasa, pudiendo comprobar así la profundidad a la que se encuentra dicha lámina.



**Fotografía 24.- Medida del nivel piezométrico con una sonda en el sondeo Vejorís PP- 4.1.**

Para conocer el caudal aportado por las diferentes descargas del acuífero se llevó a cabo una campaña de aforos desarrollada entre los meses de abril y septiembre de 2011, tanto en los principales manantiales como en el propio río Pas, en el río La Pila y en el arroyo Cohiño.

La selección de esta red de hidrometría se estableció de acuerdo con la existencia, en cada uno de los puntos, de zonas lo más adecuadas posibles para poner en funcionamiento el equipo utilizado para tal fin.

Dicho equipo, denominado *Flow Tracker* (figura 3), de la marca Sontek, es un medidor de caudal basado en el “efecto Doppler”, que tiene capacidad para medir perfiles de velocidad en dos dimensiones dentro de un área determinada. Está diseñado para realizar mediciones de caudal en cauces vadeables.

Consta de múltiples transductores monoestáticos que permiten la determinación de la velocidad en puntos singulares, de perfiles de velocidad y/o de la distancia al cambio de medio. El sonido emitido encuentra partículas en suspensión en el fluido y es reflejado. Una fracción pequeña del sonido reflejado retorna a lo largo del mismo haz hasta el emisor. El sonido reflejado tiene una frecuencia distinta de la de emisión a causa del efecto Doppler, que consiste en que “la variación de la frecuencia es proporcional a la componente de la velocidad de las partículas en suspensión en el fluido según el eje que une las partículas con el emisor”.



**Figura 3.- Equipo de medida de caudal modelo FlowTracker.**

Los datos tomados en el campo son almacenados por el propio equipo y pueden ser directamente descargados a un PC (figura 4) para su posterior tratamiento.

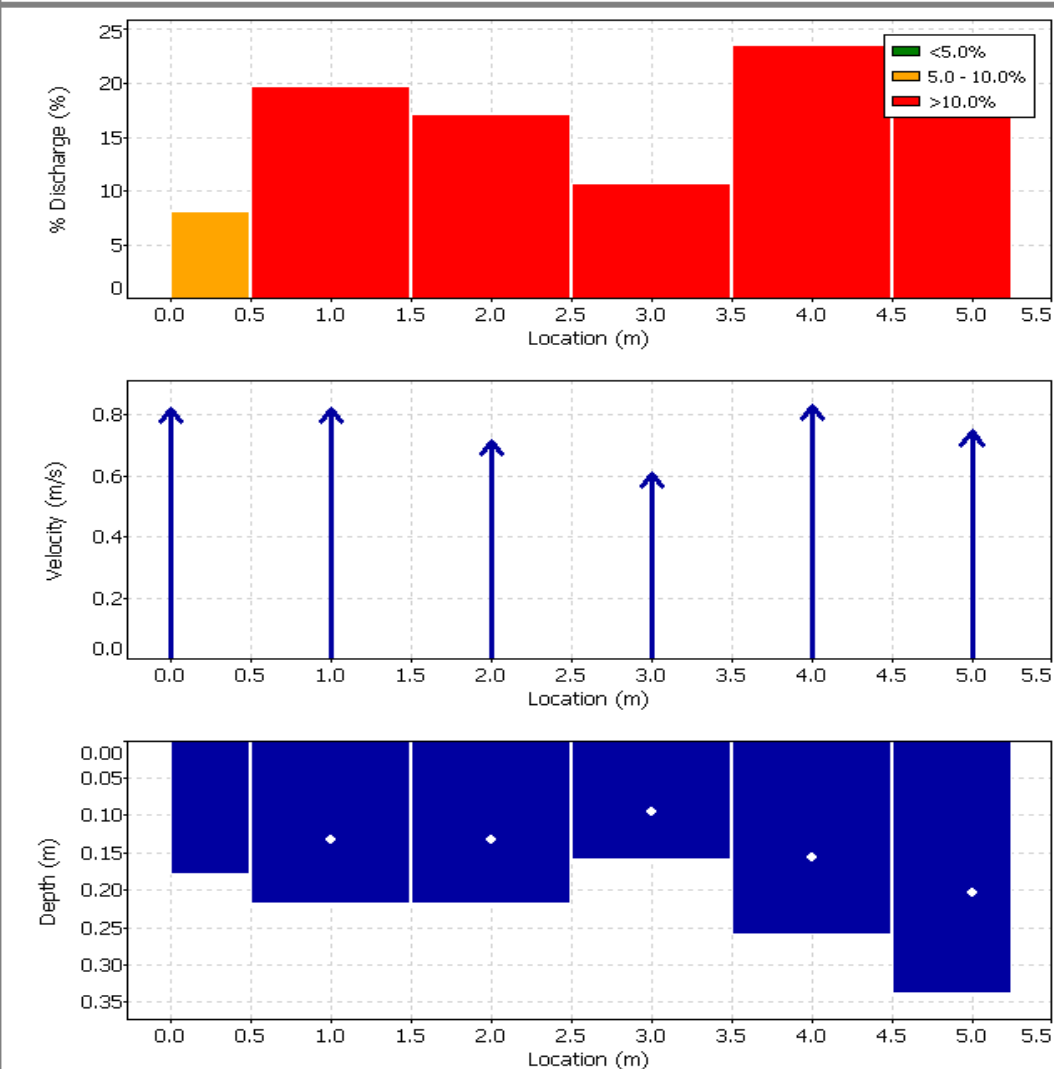
# Discharge Measurement Summary

Date Generated: Tue Jul 12 2011

File Information		Site Details	
File Name	MP1.WAD	Site Name	
Start Date and Time	2011/06/07 06:17:15	Operator(s)	
System Information		Units	(Metric Units)
Sensor Type	FlowTracker	Distance	m
Serial #	P3496	Velocity	m/s
CPU Firmware Version	3.7	Area	m <sup>2</sup>
Software Ver	2.30	Discharge	m <sup>3</sup> /s
Mounting Correction	0.0%		
Summary			
Averaging Int.	20	# Stations	7
Start Edge	LEW	Total Width	5.500
Mean SNR	28.0 dB	Total Area	1.205
Mean Temp	13.46 °C	Mean Depth	0.219
Disch. Equation	Mid-Section	Mean Velocity	0.7606
		<b>Total Discharge</b>	<b>0.9165</b>
Discharge Uncertainty			
<b>Category</b>	<b>ISO</b>	<b>Stats</b>	
Accuracy	1.0%	1.0%	
Depth	0.6%	7.1%	
Velocity	2.3%	5.8%	
Width	0.2%	0.2%	
Method	3.2%	-	
# Stations	7.8%	-	
<b>Overall</b>	<b>8.8%</b>	<b>9.2%</b>	

Measurement Results												
St	Clock	Loc	Method	Depth	%Dep	MeasD	Vel	CorrFact	MeanV	Area	Flow	%Q
0	06:17	0.00	None	0.180	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.8208	0.090	0.0739	8.1
1	06:17	1.00	0.6	0.220	0.6	0.088	0.8208	1.00	0.8208	0.220	0.1806	19.7
2	06:18	2.00	0.6	0.220	0.6	0.088	0.7160	1.00	0.7160	0.220	0.1575	17.2
3	06:19	3.00	0.6	0.160	0.6	0.064	0.6100	1.00	0.6100	0.160	0.0976	10.6
4	06:20	4.00	0.6	0.260	0.6	0.104	0.8312	1.00	0.8312	0.260	0.2161	23.6
5	06:21	5.00	0.6	0.340	0.6	0.136	0.7482	1.00	0.7482	0.255	0.1908	20.8
6	06:21	5.50	None	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0

Rows in italics indicate a QC warning. See the Quality Control page of this report for more information.



Quality Control			Message
St	Loc	%Dep	
5	5.00	0.6	Boundary QC is Poor; possible boundary interference

Figura 4.- Archivo de datos almacenado en el Flowtracker.

## 6. HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

En este capítulo se recogen los datos que se consideran más relevantes, de acuerdo con los objetivos de esta investigación hidrogeológica, relacionados con las características de la red hidrológica de la zona de estudio y de sus principales parámetros climatológicos.

### 6.1. HIDROLOGÍA

El principal curso fluvial de la zona de estudio es el río Pas (fotografía 25), que nace, a unos 1.200 m s.n.m., cerca de las cumbres CastroValnera y la Peña Negra (en el término municipal de Vega del Pas), y después de un recorrido de casi 60 km desemboca en el mar Cantábrico formando la ría de Mogro o Abra del Pas, que constituye el límite de los municipios de Piélagos y Miengo. Este río es el principal eje de drenaje del sistema hidrogeológico existente en la zona, y su aportación anual es de 572 hm<sup>3</sup>.

Entre sus afluentes, el más importante es el río Pisueña, siendo la superficie de la cuenca del Pas-Pisueña de 649 km<sup>2</sup>. Además, desembocan en él las aguas procedentes de los manantiales de Los Tordillos, La Pila, La Quintanilla y La Sovilla y del arroyo Cofiño, que se citarán más adelante en los apartados relacionados con la hidrogeología de este sector.

El sistema de explotación Pas-Miera, cuyo código es 01203, cubre una superficie total de 1.170,50 km<sup>2</sup>, de los que 379,03 km<sup>2</sup> corresponden a la *Masa de Agua Subterránea 012.017 Puerto del Escudo*.

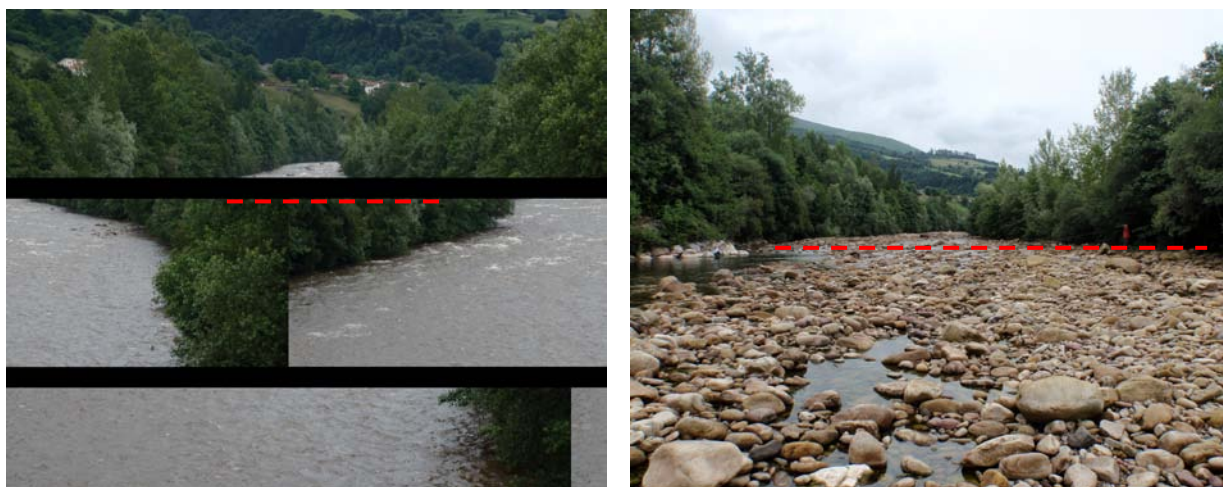


**Fotografía 25.- Azud de El Soto en el río Pas.**

Durante el desarrollo de este estudio se observó la fuerte estacionalidad que tiene el río Pas (fotografía 26), pues es bien conocido, desde hace muchos años, que en momentos de aguas bajas llega incluso a desaparecer en una parte del cauce que va, aproximadamente, desde Vejería hasta un sector, aguas arriba, cercano al azud de El Soto. Si bien durante este periodo de estudio no llegó a observarse el cauce seco, sí que hubo momentos en los que toda el agua discurría por una zona estrecha de dicho cauce,

dejando a la vista el importante aluvial que posee. Por dicho aluvial hay presencia de agua y constancia de su circulación subálvea, pero ésta es imposible de cuantificar, como consecuencia de lo cual hay que dejar constancia de que los datos de aforos sobre el río Pas que se presentan en este informe hacen referencia al agua encauzada capaz de ser medida.

Para corroborar esta afirmación, se debe dejar constancia aquí de la observación realizada durante los trabajos efectuados en la salida de campo que se llevó a cabo los días 26 y 27 de septiembre, que se recoge en el Anexo 7 de este informe, durante la cual el día 26 se midió un caudal del río Pas próximo a los 900 L/s en la sección de medida aguas arriba del puente de Vejorís, mientras que el día 27 se observó un tramo de cauce seco en las inmediaciones, aguas arriba, del puente de madera de San Martín.



**Fotografía 26.- Vista de la sección de aforo (en rojo) situada en el río Pas el día 07.06.2011 (izqda.) y el día 06.07.2011 (dcha.)**

Por otra parte, en el informe de las concesiones otorgadas por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico al Ayuntamiento de Santander en el Valle del Pas se dice lo siguiente:

*Por todo lo anterior, deberían determinarse los caudales medioambientales a respetar y los puntos de control de los mismos. En este sentido, dado que las captaciones en La Molina se efectúan principalmente de manantiales y/o pozos, mientras que en El Soto y La Penilla se hacen sobre cauces superficiales, se proponen estos dos puntos como Puntos de Control de caudales medioambientales sobre el río Pas y el Pisueña, así como el punto de captación de La Pila sobre el río del mismo nombre.*

*El río Pas en El Soto cuenta con una superficie de cuenca de 333 Km<sup>2</sup>, y el caudal medioambiental a respetar, según los Estudios de Planificación por Sistemas de Explotación de Recursos, para el Sistema Pas-Miera, y que se ajustan a los criterios definidos en la Norma 2.1.2.12, deberían ser de 26,49 Hm<sup>3</sup>/año, equivalente a un caudal medio interanual de 840 L/s. Igualmente, el río Pisueña en La Penilla cuenta con una cuenca de 164 Km<sup>2</sup> y el caudal medioambiental a respetar resulta ser de 14,48 Hm<sup>3</sup>/año, equivalente a un caudal medio interanual de 459 L/s. Por último, el río de La*

*Pila en el punto de captación cuenta con una superficie de cuenca de unos 8 Km<sup>2</sup>. Su aportación es difícil de estimar, pues el río de La Pila nace en un manantial de considerable magnitud; no obstante, de los datos disponibles en la “Revisión y Ajuste del Estudio Básico de Recursos de las Cuencas del Norte de España” su aportación no parece probable que resulte inferior a los 7 Hm<sup>3</sup>/año, con lo que el caudal medioambiental a respetar debería ser de, al menos, 50 L/s.*

*Estos caudales deben entenderse como provisionales en tanto se establecen las condiciones derivadas del cumplimiento de los objetivos de calidad a establecer en el futuro Plan Hidrológico de Cuenca, conforme a la Directiva 2000/60 CE (Directiva Marco del Agua).*

Por otro lado, se resumen los datos que saldrían de la nueva planificación, aunque estos caudales están pendientes de concertación y pueden verse modificados.

*- Caudal medioambiental del río Pas en El Soto (tomado en el azud de derivación de El Soto)*

- *Cuenca: 331,5 Km<sup>2</sup>*
- *Caudal en aguas altas: 1,919 m<sup>3</sup>/s = 1.919 L/s*
- *Caudal en aguas medias: 1,373 m<sup>3</sup>/s = 1.373 L/s*
- *Caudal en aguas bajas: 0,868 m<sup>3</sup>/s = 868 L/s*

*- Caudal medioambiental del río Pas en La Molina (tomado en el cruce del antiguo ferrocarril, coordenadas X = 423.850, Y = 4.785.859)*

- *Cuenca: 272 Km<sup>2</sup>*
- *Caudal en aguas altas: 1,581 m<sup>3</sup>/s = 1.581 L/s*
- *Caudal en aguas medias: 1,131 m<sup>3</sup>/s = 1.131 L/s*
- *Caudal en aguas bajas: 0,705 m<sup>3</sup>/s = 705 L/s*

## **6.2. CLIMATOLOGÍA**

En Cantabria, a mitad de camino entre el ecuador y el polo, convergen las masas de aire tropical y polar; los frentes suelen aparecer asociados a nubosidad, vientos y lluvias, en ocasiones importantes y persistentes durante el invierno y estaciones intermedias. Sólo en los meses de verano, cuando las borrascas se debilitan y se desplazan a latitudes superiores, Cantabria queda de lleno bajo la influencia del anticiclón de las Azores y puede disfrutar de una climatología menos cambiante. Además, esta región se encuentra de cara al mar en el extremo occidental del continente euroasiático, por lo que la circulación atmosférica en estas latitudes medias está dominada por vientos húmedos procedentes del océano Atlántico.

El acusado relieve montañoso de la divisoria del alto valle del Pas con Castilla provoca que los vientos oceánicos que circulan hacia la meseta asciendan y se enfríen, originando la condensación y descarga de precipitaciones sobre la zona, mientras que por la ladera sur el aire discurrirá seco y cálido. El resultado es el denominado “*efecto pantalla, barrera o foëhn*”, que provoca que sobre las laderas de estos montes se registren las mayores precipitaciones de la región (1700 mm en Vega del Pas), un

régimen de niebla casi regular y enormes nevadas en las zonas más altas, convirtiéndola en una de las áreas más húmedas y lluviosas de la región, manteniendo viva una rica vegetación en bosques y praderas. En cambio, cuando el viento viene del sur sucede lo opuesto, llueve en la zona meridional, mientras que en la septentrional se dará un clima seco y aumento de temperaturas.

Aunque el papel del relieve es absolutamente determinante, las altitudes de los lugares en el valle de Toranzo no son tan importantes como para modificar significativamente el régimen pluvio-termométrico. Las precipitaciones medias alcanzan cifras en torno a los 1.300 mm anuales y las temperaturas medias están próximas a los 12,5 °C (100 mm más y 1 °C menos que las registradas en la costa a la altura de la ciudad de Santander).

Los máximos de precipitación coinciden con el final del otoño y el principio del invierno, superándose en ocasiones los 250 mm mensuales. Como referencia, en una serie histórica de medidas realizadas en algunos de los núcleos urbanos del valle de Toranzo durante algo más de 50 años, en el periodo 1924-1976, se registraron cifras de pluviometría anual media de 1.341 mm en Alceda, 1.373 mm en Ontaneda y 1.319 mm en Puente Viesgo, mientras que en San Vicente de Toranzo se registró una temperatura anual media de 12,6 °C.

## 7. MARCO GEOLÓGICO

El área de estudio se encuentra situada en el borde oriental del *Macizo Asturiano*, y dentro de él, desde el punto de vista estructural y paleogeográfico, en la unidad denominada *Zona tectonizada de Toranzo y Puerto del Escudo*, limitada al N por la unidad *Franja cabalgante del Escudo de Cabuérniga*.

Esta unidad es una región típica de bloques fallas, y su intensa tectonización se debe a su ubicación entre las dos grandes accidentes tectónicos que son las franjas cabalgantes del Besaya y de Cabuérniga. Los pliegues y fallas que presenta tienen como direcciones preferentes las N-S y E-O.

En el sector septentrional de la unidad, que es el que nos ocupa, la intensidad de fracturación es mayor y predominan los sedimentos jurásicos, siendo de destacar, dentro de los pliegues existentes, el anticlinorio que ocupa la cuenca hidrográfica del río Pas, cuyo núcleo está constituido por materiales de edad Lías Inferior.

Desde el punto de vista estratigráfico, y como se puede observar en el Mapa Geológico que se adjunta en el Anexo 1 (Ipas y Olivé, en publicación), los materiales que constituyen el área de estudio se describen a continuación:

### **Carbonífero**

Está representado por las calizas, localmente dolomitizadas, de la *Fm. Caliza de Montaña (Carbonífero Superior)*, que afloran en el entorno de Puente Viesgo. Con un espesor reconocible que oscila entre 400 y 500 m, estas calizas grises oscuras son masivas, muy fértidas y bastante fracturadas.

### **Triásico**

Los materiales triásicos están representados en esta zona por dos formaciones:

#### **Fm. Alto Campóo (Facies Buntsandstein)**

Está formada por un potente tramo, de unos 400 m de espesor, de areniscas rojizas a blanquecinas, de grano medio a fino, y lutitas rojas.

#### **Facies Keuper**

Esta formación está constituida por arcillas abigarradas, generalmente plásticas, con niveles intercalados de yesos.

En este sector, además, esta facies incluye afloramientos de rocas subvolcánicas en coladas amplias (ofitas), semejantes a capas, muy alteradas en superficie y que corresponden a basaltos con textura ofítica.

### **Jurásico**

Los materiales jurásicos que forman el núcleo del anticlinorio del río Pas se distribuyen en las siguientes formaciones:

### Formación Sopeña (Lías Superior)

Está formada por calizas arcillosas, tableadas y estratificadas en capas de 20 a 50 cm, con intercalaciones de pasadas estrechas de margas.

### Formación Pozazal (Lías Superior)

Está compuesta por una alternancia de calizas y margas.

### Formación Camino (Lías Superior)

Los materiales de esta formación presentan una litología semejante a las anteriores, aunque hay un predominio de los tramos margosos sobre los de calizas arcillosas; entre éstas, alcanzan un gran desarrollo una serie de niveles de arcillas calcáreas hojosas negras.

### Formación Castillo Pedroso (Lías Superior)

De litología muy parecida a la anterior, destaca un tramo inferior más margoso y otro superior en el que predominan las calizas arcillosas.

### Aaleniense-Bajociense (Dogger Inferior)

El tramo inferior está compuesto por una alternancia de calizas arcillosas y margas, mientras que en el superior predominan las calizas, microcristalinas y en bancos gruesos, con delgadas intercalaciones de margas.

### Bathonense-Calloviense (Dogger Superior)

En su tramo de muro, esta formación se compone de margas calcáreas oscuras a negras con intercalaciones de calizas estratificadas en bancos masivos; el tramo de techo está representado por una alternancia de bancos de calizas con margas calcáreas.

### Formación Saja (Malm, en facies Purbeck)

Incluye los sedimentos jurásicos más a techo, en su tránsito a materiales cretácicos, y se compone fundamentalmente de conglomerados (calcáreos y/o silíceos) y areniscas conglomeráticas.

## **Cretácico**

En la zona de estudio los materiales cretácicos están representados únicamente por los sedimentos siguientes:

### Formaciones Aroco y Loma Somera (Berriasiense, en facies Purbeck)

Están constituidas por una serie de arcillas hojosas, con alguna intercalación de areniscas, a la que sigue un tramo carbonatado con diversas litologías (calizas lacustres, calizas arenosas, areniscas calcáreas, arcillas), para culminar con una serie detrítica

compuesta fundamentalmente por areniscas de grano medio con intercalaciones de arcillas, ligeramente carbonosas.

### **Cuaternario**

En la zona de estudio los sedimentos cuaternarios están ampliamente representados, describiéndose desde el punto de vista geomorfológico los tipos siguientes:

#### *Arcillas de descalcificación (Pleistoceno)*

Constituidas fundamentalmente por arcillas rojas y cantos.

#### *Terrazas (Pleistoceno)*

Se diferencian tres sistemas de terrazas, aunque todas están compuestas generalmente por gravas y arenas.

#### *Deslizamientos cartografiables (Pleistoceno-Holoceno)*

Los materiales presentes en estos deslizamientos son limos, arcillas, areniscas y arenas con cantos.

#### *Coluviones (Pleistoceno-Holoceno)*

Están formados por fangos arenosos con cantos y bloques.

#### *Arcillas de descalcificación (Holoceno)*

Constituidas fundamentalmente por arcillas con carbonatos.

#### *Coluviones (Holoceno)*

Están formados por cantos y limos en matriz arenosa.

#### *Fondos de valle, Depósitos de arroyada y Rellenos de vaguada (Holoceno)*

Los materiales que los forman se componen de gravas, arenas y limos.

#### *Barras y bancos (Holoceno)*

Están formados por bloques, cantos y gravas.

#### *Llanura de inundación (Holoceno)*

Estos sedimentos están constituidos por gravas, arenas y limos arcillosos.

### Coladas de flujo (Holoceno)

Los materiales presentes en estas coladas son fangos arcillosos, localmente con arenas y escasos cantos.

### Conos de deyección (Holoceno)

Están constituidos por cantos y bloques en matriz limoarcillosa y arenosa.

Además de los materiales anteriormente descritos, debe citarse aquí la presencia de la *Formación Puerto de La Palomera* por la especial relevancia que tiene desde el punto de vista hidrogeológico, aunque no aflora en el área de estudio pero sí en sectores relativamente próximos situados tanto al E como al O del río Pas, formando el núcleo de una estructura sinclinal.

### Formación Puerto de La Palomera (Lías Inferior)

Está compuesta por cuatro tramos litológicos, de espesor y desarrollo variables: una serie calcareo-dolomítica con carnioles, una serie de calizas bandeadas dolomitizadas en algunos niveles, un tramo de brechas calcareo-dolomíticas intraformacionales y una serie de calizas estratificadas en bancos gruesos.

## 8. MARCO HIDROGEOLÓGICO

El área de estudio se ubicó en primer lugar en el entonces denominado *Subsistema 5B Unidad del Puerto del Escudo*, dentro del *Sistema Acuífero nº 5 Unidad Jurásica al Sur del Anticlinal de Las Caldas de Besaya* (IGME, 1984), y posteriormente en la *Unidad Hidrogeológica 01.12 Puerto del Escudo* (DGOH-IGME, 1988). Actualmente esta zona está incluida en la *Masa de Agua Subterránea 012.017 Puerto del Escudo* (MMAMRM, 2009).

### 8.1. HIDROGEOLOGÍA REGIONAL

La *Masa de Agua Subterránea Puerto del Escudo* está limitada al N por la *Franja cabalgante del Escudo de Cabuérniga* y al O por materiales triásicos, fundamentalmente impermeables, de la *Masa de Agua Subterránea 012.016 Puente Viesgo-Besaya*, mientras que los límites oriental y meridional no están bien definidos, ya que los sedimentos de esta masa de agua desaparecen bajo los materiales del Aptiense-Albiense (Cretácico), que en el caso del límite oriental constituyen la *Masa de Agua Subterránea 012.010 Alisas-Ramales*.

La superficie de esta masa de agua es de 525,90 km<sup>2</sup>, de los que 409 km<sup>2</sup> es superficie aflorante de materiales permeables. Los acuíferos incluidos en ella son:

Acuífero	Litología	Edad	Espesor medio (m)	Tipo
Ac. jurásico calcáreo	calizas, dolomías y margas	Jurásico Inf./Sup.	150 - 400	Mixto
Ac. detrítico cretácico	areniscas, arenas y arcillas	Cretácico Inf.	< 2.500	Libre
Ac. cuaternario	arenas, gravas y limos	Cuaternario	0 - 20	Libre

En IGME (1984) se presentan una serie de datos relacionados con esta masa de agua que podrían servir como referencia inicial; son los siguientes:

- **recargas:** las aportaciones que recibe la masa de agua, calculadas a partir de las cifras obtenidas para la lluvia útil, se estiman en un rango entre 40 y 73 hm<sup>3</sup>/año, y corresponden en su totalidad a la infiltración del agua de lluvia en los acuíferos presentes en la zona (26-52 hm<sup>3</sup>/año en el acuífero detrítico en facies Purbeck-Weald y 14-21 hm<sup>3</sup>/año en el carbonatado jurásico).
- **descargas:** la descarga mínima de la masa de agua supone un volumen de 66-71 hm<sup>3</sup>/año, repartidos así:
  - 17 hm<sup>3</sup>/año a través de manantiales (2 hm<sup>3</sup>/año procedentes del acuífero detrítico en facies Purbeck-Weald y 15 hm<sup>3</sup>/año del acuífero carbonatado jurásico)
  - 49-54 hm<sup>3</sup>/año que corresponden a escorrentía subterránea que se descarga por los ríos principales (23 hm<sup>3</sup>/año drenados por el río Pas, 5-8 hm<sup>3</sup>/año por el río Besaya y 21-23 hm<sup>3</sup>/año por el río Pisueña y sus afluentes)

- **recursos subterráneos:** teniendo en cuenta los datos anteriores, se han estimado unos recursos subterráneos mínimos para toda la masa de agua de 66-71 hm<sup>3</sup>/año, distribuidos así:
  - acuífero detrítico en facies Purbeck-Weald: 28-32 hm<sup>3</sup>/año (2 hm<sup>3</sup>/año procedentes de los manantiales y 26-30 hm<sup>3</sup>/año drenados a través de los ríos).
  - acuífero calcáreo jurásico: 38-39 hm<sup>3</sup>/año (15 hm<sup>3</sup>/año procedentes de los manantiales y 23-24 hm<sup>3</sup>/año drenados a través de los ríos).
- **reservas:** teniendo en cuenta únicamente el acuífero calcáreo jurásico, hasta una profundidad de 100 m por debajo del nivel piezométrico y considerando una porosidad eficaz media del 2%, se estimaron en 46 hm<sup>3</sup> las reservas del acuífero.

## 8.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LOS MATERIALES

El estudio hidrogeológico que da lugar a la redacción de esta memoria se centra, dentro de la *Masa de Agua Subterránea 012.017 Puerto del Escudo*, en el conjunto de sedimentos jurásicos y cuaternarios que se ubican en el núcleo del anticlinorio del río Pas y que se denomina *Acuífero jurásico de Toranzo*.

Entre los datos de que dispone el IGME en relación con este acuífero se encuentran los siguientes:

- superficie de alta infiltración (50%): 23 km<sup>2</sup> (materiales de edad Liásico)
- superficie de baja infiltración (5%): 414 km<sup>2</sup> (materiales suprayacentes)
- recursos: 39 hm<sup>3</sup>/año
- reservas (100 m por debajo de la cota de manantiales): 46 hm<sup>3</sup>/año

Por otra parte, como resumen de las investigaciones realizadas en la década de 1980, el SGOPU utilizaba los siguientes datos:

- superficie de infiltración directa (Lías + Dogger): 65 km<sup>2</sup>
- recursos del acuífero jurásico: 30-43 hm<sup>3</sup>/año
- recursos del acuífero cuaternario: 10-11 hm<sup>3</sup>/año
- coeficiente de infiltración del acuífero jurásico: 24-36%
- coeficiente de infiltración del acuífero cuaternario: 15%

En lo que se refiere al parámetro hidrogeológico *permeabilidad* de los materiales descritos en el capítulo dedicado al marco geológico, situados tanto en la zona de estudio como en su entorno más próximo, tal y como se recoge en el Mapa Hidrogeológico del Anexo 2, las formaciones geológicas citadas se agrupan de la siguiente manera:

### *Materiales de muy baja permeabilidad*

Están representados por las arcillas abigarradas con niveles intercalados de yesos y las ofitas de la *Facies Keuper* (Triásico) y por los sedimentos cuaternarios, tanto de edad Pleistoceno como Holoceno, que se incluyen en los conjuntos denominados

*Arcillas de descalcificación, Deslizamientos cartografiados, Coluviones y Coladas de flujo.*

#### *Materiales de permeabilidad secundaria baja por fisuración y/o karstificación*

En este grupo se incluyen las alternancias de calizas arcillosas, margas y calizas en bancos gruesos de las formaciones *Aaleniense-Bajociense* y *Bathonense-Calloviense* de edad Dogger (Jurásico) y de las alternancias de calizas arcillosas y margas de la *Fm. Castillo Pedroso* (Lías Superior).

#### *Materiales de permeabilidad secundaria baja por fisuración*

Se incluyen aquí las areniscas y lutitas de la *Fm. Alto Campóo* (Facies Buntsandstein, Triásico), los conglomerados y areniscas conglomeráticas de la *Fm. Saja* (Malm en facies Purbeck, Jurásico) y las alternancias de arcillas, calizas y areniscas de las formaciones *Aroco* y *Loma Somera* de edad Berriasiense, en facies Purbeck (Cretácico).

#### *Materiales de permeabilidad secundaria media-alta por fracturación y/o karstificación*

En este grupo, en el que la permeabilidad es secundaria, por fracturación y/o karstificación, y se distribuye sectorialmente de acuerdo con la incidencia de ésta, se integran las calizas localmente dolomitizadas de la *Fm. Caliza de Montaña* (Carbonífero Superior), el conjunto de calizas y dolomías de la *Fm. Puerto de La Palombera* (Lías Inferior, Jurásico), las alternancias de calizas y calizas arcillosas con margas de las formaciones *Sopeña* y *Pozazal* (Lías Superior, Jurásico) y las alternancias de calizas arcillosas con margas, en las que predominan las últimas, de la formación *Camino* (Lías Superior, Jurásico)

#### *Materiales de permeabilidad media a alta por porosidad intergranular*

Con esta permeabilidad primaria, por porosidad intergranular, en este grupo figuran los sedimentos cuaternarios, tanto de edad Pleistoceno como Holoceno, que se incluyen en los conjuntos denominados *Terrazas, Fondos de valle, depósitos de arroyada y rellenos de vaguada, Barras y bancos, Conos de deyección y Llanuras de inundación*, compuestos en general por bloques, cantos, gravas, arenas y limos.

### **8.3. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

Como se observa en la tabla 7 y en el mapa que se recoge en la figura 5, en el Inventario de Puntos de Agua que se elaboró en este estudio se agruparon inicialmente un total de 32 puntos, de los que 27 son sondeos y 5 son manantiales. Posteriormente se excluyeron 5 de los sondeos: cuatro de ellos, señalados en color gris oscuro en la tabla, están tapados o hundidos por su falta de uso o la realización de obras en su entorno próximo, y por ello son inutilizables para cualquier objetivo hidrogeológico; el quinto, aunque su tapa está soldada y no puede accederse a su interior para realizar cualquier medida, podría abrirse y ser reutilizado en caso de necesidad.

De los 22 sondeos que definitivamente se consideran como parte del Inventario, 11 son sondeos de investigación realizados por el SGOP y no se utilizan más que para

su inclusión en la red piezométrica; otros 8 son sondeos equipados por el SGOP que podrían utilizarse para el aprovechamiento de aguas subterráneas en caso de necesidad, 1 es un sondeo que está utilizándose en el abastecimiento urbano de tres núcleos de población del municipio de Santiurde de Toranzo y los 2 restantes son sondeos de explotación de aguas subterráneas abandonados e incorporados a la red piezométrica.

De los cinco manantiales, tres están captados directamente para el abastecimiento urbano de la ciudad de Santander, otro (manantial de La Pila) da lugar a un río, del mismo nombre, captado parcialmente para el mismo abastecimiento, cuyo sobrante se incorpora al río Pas, y el último (manantial de Los Tordillos) no se utiliza, y forma un arroyo que desemboca en el mismo río y que se capta parcialmente en la estación de bombeo de Las Campizas. Las características de estos manantiales se recogen en la tabla 6.

**TABLA 6.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MANANTIALES**

Nº I.R.H.	Nombre	Q (L/s)	T <sup>a</sup> (°C)	T <sup>a</sup> <sub>amb</sub> (°C)	C. E. (µS/cm)	pH	Fecha
1805.7.0011	El Arca	39,1	11,6	17,8	441	5,45	05.04.11
		1	14,4	25,1	459	7,80	10.05.11
		12,1					06.07.11
		12,3	15,0	19,2	486	7,10	02.08.11
		12,5	16,0	23,2	919	7,20	26.09.11
1805.8.0013	La Pila	405,6	11,5	24,2	423	7,39	05.04.11
		292,2	12,8	17,9	523	8,35	10.05.11
		916,5	13,4	16,0	571	6,80	07.06.11
		52,9					06.07.11
		370,7	14,2	21,9	327	7,29	02.08.11
		30,4	15,2	25,3	895	7,33	26.09.11
1805.8.0014	La Quintanilla	294,3	11,6	18,5	421	6,83	05.04.11
		156,4	12,8	21,3	516	8,20	10.05.11
		312,6	13,7	15,3	595	7,36	07.06.11
		223,3					06.07.11
		242,7	14,6	23,6	503	7,28	02.08.11
		204,1	15,6	23,3	918	7,20	26.09.11
1805.8.0016	La Sovilla		11,3	17,8	382	5,78	05.04.11
			14,5	22,1	492	7,08	02.08.11
1805.8.0029	Los Tordillos	2					07.07.11
		5	14,8	18,8	327	6,39	02.08.11
		15	15,6	20,2	551	6,32	26.09.11

Además, en el Anexo 4 se presentan las fichas de cada uno de los puntos del inventario de puntos de agua descrito.

**TABLA 7.- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA**

Número de Inventario	Coordenadas U. T. M.			Litología	Formación geológica	Edad	Acuífero	Naturaleza	Nombre	Uso del agua
	X	Y	Z							
1805.3.0013	423.441	4.792.536	78	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	El Soto SP-5	No se usa
1805.3.0036	423.966	4.791.599	90	Caliza	Lías Inf.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Iruz SP-6	Tapado
1805.4.0010	424.025	4.790.689	98	Caliza	Lías Inf.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Granja Godimo SP-7	No se usa
1805.4.0011	424.061	4.789.599	108	Caliza	Lías Inf.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Villasevil SP-8	No se usa
1805.7.0011	423.814	4.786.508	140	Gravas <sup>(1)</sup>	Holoceno	Cuatern.	Aluvial	Manantial	El Arca	Abastecimiento
1805.7.0012	423.802	4.786.469	133	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	El Arca-1 PP-1.1	Abastecimiento
1805.7.0014	423.784	4.786.349	133	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	El Arca-2 PP-1.2 (E)	Abastecimiento
1805.7.0015	423.607	4.786.564	129	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Las Campizas PP-1.3	Cerrado
1805.7.0016	423.190	4.786.316	160	Caliza	Lías Inf.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Villegar	Tapado
1805.7.0017	423.279	4.787.442	125	Caliza	Lías Inf.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Borleña I	No se usa
1805.7.0018	423.235	4.788.182	113	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Borleña II	No se usa
1805.7.0021	423.909	4.786.422	133	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	El Arca-4 PP-1.4	Abastecimiento
1805.7.0022	423.588	4.785.081	172	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	San Vicente PP-5.1	Hundido
1805.7.0023	423.794	4.786.460	132	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	El Arca SP-1.A	No se usa
1805.7.0024	423.796	4.786.460	132	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	El Arca SP-1.B	No se usa
1805.7.0025	423.922	4.788.731	120	Caliza	Lías Inf.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Villasevil SP-9	No se usa
1805.7.0026	423.674	4.787.584	120	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Santiurde SP-10	No se usa
1805.7.0027	423.775	4.786.353	133	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	El Arca-2 PP-1.2 (O)	Abastecimiento
1805.7.0028	423.922	4.788.727	120	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Villasevil-5 PP-5.1	Abastecimiento
1805.8.0012	424.540	4.785.866	143	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	La Pila-3 PP-3.1	Abastecimiento
1805.8.0013	424.545	4.785.844	142	Gravas <sup>(2)</sup>	Pleistoceno	Cuatern.	Aluvial	Manantial	La Pila	Abastecimiento
1805.8.0014	424.236	4.786.242	135	Gravas <sup>(2)</sup>	Pleistoceno	Cuatern.	Aluvial	Manantial	La Quintanilla	Abastecimiento
1805.8.0016	424.080	4.786.280	135	Gravas <sup>(2)</sup>	Pleistoceno	Cuatern.	Aluvial	Manantial	La Sovilla	Abastecimiento
1805.8.0017	424.096	4.786.223	137	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	La Sovilla-2 PP-2.1	Abastecimiento
1805.8.0021	424.672	4.785.514	150	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	San Martín	Abastecimiento
1805.8.0023	424.799	4.785.094	151	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Vejeoris PP-4.1	Abastecimiento
1805.8.0024	424.250	4.786.200	138	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Quintanilla SP-2	No se usa
1805.8.0025	424.094	4.786.217	137	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	La Sovilla SP-3	No se usa
1805.8.0026	424.545	4.785.864	143	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	La Pila SP-4	Tapado
1805.8.0027	424.781	4.785.118	133	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Vejeoris SP-11	No se usa
1805.8.0028	425.138	4.784.682	158	Caliza	Lías Sup.	Jurásico	Calcáreo Jur.	Sondeo	Vejeoris SP-12	No se usa
1805.8.0029	424.035	4.786.077	140	Gravas <sup>(1)</sup>	Holoceno	Cuatern.	Aluvial	Manantial	Los Tordillos	No se usa

Gravas<sup>(1)</sup>: gravas y cantos en matriz limoarcillosa (llanura de inundación). Gravas<sup>(2)</sup>: gravas, arenas y arcillas (terrazas).

#### 8.4. CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA

A partir de la cartografía geológica recogida en los mapas del Anexo 1 (Ipas y Olivé, en publicación) se acometió la elaboración de una cartografía hidrogeológica que permitiera, tras agrupar los distintos materiales presentes en la zona de estudio y su entorno próximo atendiendo a los valores estimados del parámetro *permeabilidad*, ofrecer una visión general de las formaciones geológicas susceptibles de constituirse en acuíferos, almacenando agua subterránea y permitiendo su circulación a su través.

En esta cartografía, que se presenta en el Mapa Hidrogeológico del Anexo 2, se distinguen cinco grupos de materiales:

- materiales de muy baja permeabilidad, constituidos, según las distintas formaciones geológicas presentes, por arcillas abigarradas con yesos y ofitas; arcillas con cantos y/o carbonatos; limos, arcillas, areniscas y arenas con algunos cantos; fangos arenosos con cantos, y, por último, fangos arcillosos con arenas.
- materiales de permeabilidad secundaria baja por fisuración y/o karstificación, representados por alternancias de calizas arcillosas, margas y calizas en bancos gruesos.
- materiales de permeabilidad secundaria baja por fisuración, constituidos por varias formaciones compuestas de areniscas y lutitas; conglomerados y areniscas conglomeráticas, y, finalmente, alternancias de arcillas, calizas y areniscas.
- materiales de permeabilidad secundaria media-alta por fisuración y/o karstificación, representados por formaciones que incluyen calizas localmente dolomitizadas, alternancias de calizas y calizas arcillosas con margas, y, por último, alternancias de calizas arcillosas con margas predominantes.
- materiales de permeabilidad media-alta por porosidad intergranular, constituidos por conjuntos de gravas y arenas; gravas, arenas y limos; bloques, cantos y gravas; cantos y bloques en matriz limoarcillosa y arenosa, y, finalmente, gravas, arenas y limos.

Además, se incluye en la cartografía la situación de los puntos que componen el Inventario de Puntos de Agua, para que de esta manera se pueda asociar cada uno de ellos con su correspondiente grupo de materiales de los descritos en los párrafos anteriores.

## 8.5. PIEZOMETRÍA DE LA ZONA

Con el fin de analizar el funcionamiento hidrodinámico del acuífero a lo largo del tiempo se diseñó una red fija de puntos de control cuyo objetivo era la obtención de información sobre la evolución de los niveles piezométricos y de las variaciones del caudal aportado por ríos y manantiales.

Para la realización de las medidas de piezometría se seleccionó un conjunto de pozos y sondeos entre los existentes en la zona. Algunos de ellos están actualmente gestionados por la empresa AQUALIA para el abastecimiento de Santander, y son puestos en funcionamiento en casos de emergencia; otros, aunque se encuentran en desuso, están disponibles para medir el nivel piezométrico.

Esta red de piezometría se distribuye a lo largo de una franja N-S, comprendida entre las localidades de Borleña y Vejorís, y se compone de un total de 21 puntos. De éstos, tan solo dos de ellos, los denominados Borleña I y Borleña II, se sitúan en la margen izquierda del río; los demás están ubicados en la margen derecha. La frecuencia de medidas fue quincenal entre el 6 de abril y el 7 de junio de 2011, pasando posteriormente a ser mensual. Los puntos situados en la margen izquierda del río Pas (Borleña I y II) se incorporaron a la red piezométrica en el mes de junio, y, por tanto, se cuenta con menos medidas que en los demás. Todos los datos mencionados aparecen recogidos en las tablas del Anexo 5.

En la figura 6 se muestra el mapa de distribución de los puntos de esta red, con los gráficos de evolución del nivel piezométrico asociados a cada punto. Agrupando los puntos por zonas se pueden hacer las siguientes consideraciones:

- *Zona de Vejorís (SP-12, SP-11, PP-4.1)*: la tendencia general del nivel piezométrico (NP) es descendente, a excepción de las campañas de junio y agosto, en las que se produce un incremento del nivel como consecuencia de un episodio de lluvias. Se encuentran situados a cotas más altas dentro del aluvial del río, más alejados de la zona de descarga, donde las oscilaciones piezométricas son mayores (2,5 - 4 m).
- *Zona Quintanilla, Sovilla y La Pila (SP-2, SP-3, PP-2.1 y PP-3.1)*: el NP en esta zona está muy cerca de la superficie, como cabría esperar al encontrarse muy próximos a manantiales de cierta entidad (La Pila y La Quintanilla); en esta zona las oscilaciones piezométricas son pequeñas (0,25 - 0,5 m).
- *Zona del Arca (PP-1.1, SP-1.B, PP-1.2 E, PP- 1.2 O, PP-1.4)*: como en el caso anterior, las oscilaciones del NP son pequeñas, coincidiendo con una zona en la que se producen varias descargas del acuífero a través de varios manantiales.
- *Zona de El Soto (SP-5)*: la tendencia es claramente decreciente, salvo en las campañas de junio y agosto; la variación del NP durante el periodo estudiado están en torno a los 42 cm.
- *Zona de Villasevil y Santiurde (SP-8, SP-9, PP-5.1, SP-10)*: el comportamiento de la evolución del NP es, prácticamente, el mismo en todos ellos (variaciones en torno a 1,5 – 2 m), excepto en el SP-10, en el que apenas existe variación.

- *Zona de Borleña (Borleña I y Borleña II)*: aunque existen menos datos de estos puntos, se observa claramente un descenso continuado del NP a medida que se acercan los meses de estiaje. En el caso del sondeo *Borleña II* las oscilaciones son mucho mayores.

Todos los piezómetros de la red, a excepción del piezómetro SP-1.A, atraviesan en sus primeros metros los materiales cuaternarios que constituyen el aluvial del río, pasando en profundidad a cortar las formaciones de edad Sinemuriense-Pliensbachiense (Lías medio-superior) de mayor importancia hidrogeológica. En todos ellos se ha aislado el acuífero cuaternario; por tanto, la información que ofrecen las medidas de los niveles piezométricos hace referencia al acuífero calcáreo jurásico. El piezómetro SP-1.A fue realizado para captar exclusivamente el acuífero cuaternario, si bien se ha podido comprobar que su comportamiento sigue el mismo patrón que los demás, por lo que se considera que existe una conexión hídrica clara entre ambos acuíferos. No hay, sin embargo, ningún piezómetro disponible que corte los materiales del Lías inferior (Hettangiense), por lo que el conocimiento de las características de dichos materiales y su relación con los suprayacentes es muy bajo. La mayor o menor variación en los NP está relacionada con los valores de transmisividad que presenten los materiales en cada zona, así como con la proximidad a las zonas de descarga, lo cual se explicará más en detalle en el apartado correspondiente al modelo hidrogeológico.

En general, todos los puntos presentan un comportamiento muy similar y, como cabe esperar, se produce un descenso natural del nivel piezométrico en todo el área de estudio a medida que se acerca el inicio del estiaje. Hay que tener en cuenta que desde el mes de noviembre de 2006 no se realizan extracciones de aguas subterráneas en los pozos, por lo que actualmente el acuífero se encuentra en régimen natural. La evolución piezométrica de cada uno de los puntos para el periodo de estudio se muestra en el mapa del Anexo 3.

Durante el tiempo que duró el estudio, la cota más alta alcanzada en la mayoría de los puntos se produjo en la campaña del mes de junio, coincidiendo con un episodio de fuertes lluvias, lo cual indica la rápida respuesta frente a la recarga que tiene el acuífero. Como excepción, en los puntos SP-3, PP 3.1 y SP-8 el valor máximo se alcanzó en el mes de abril, y en el PP 1.2. E en el mes de agosto.

En la figura 7a se representa la evolución piezométrica de cinco de los puntos estudiados durante el periodo de tiempo comprendido entre 1996 y 2010, en el cual tuvieron lugar cuatro episodios de bombeo. El comportamiento del nivel piezométrico durante la explotación sufrió un cambio importante, produciéndose un descenso significativo del mismo. Los bombeos generaron, en un entorno próximo al pozo, un cono de depresión que afectó a una determinada área, delimitada por el radio de influencia. Como se observa en dicha figura, durante la explotación el nivel piezométrico llegó a situarse por debajo de los 130-140 m s.n.m., que es la cota a la que se encuentran los principales manantiales de la zona, lo que explica el agotamiento ocurrido en algunos de ellos en dichas épocas. En los sondeos de la margen izquierda del río también se observaron dichos descensos, aunque fueron menos acusados que en los anteriores. Una vez finalizados los bombeos, la recuperación en todos fue rápida y se restituyó el régimen natural.

El pozo Borleña-II está situado a una cota muy próxima a la del río Pas en esta zona (100 m s.n.m., aproximadamente), lo que permite un estudio adecuado del comportamiento del nivel piezométrico del acuífero (figura 7b) con respecto al nivel del río. En régimen natural, el río se comporta en todo momento como ganador, es decir, el nivel piezométrico está por encima de la cota del río; sin embargo, en los momentos en los que se produjo el bombeo, el nivel descendió por debajo de la cota del río, provocando que la circulación de agua sobre el cauce del río desapareciera, a pesar de que siguiera existiendo circulación subálvea de agua, es decir, a cotas inferiores.

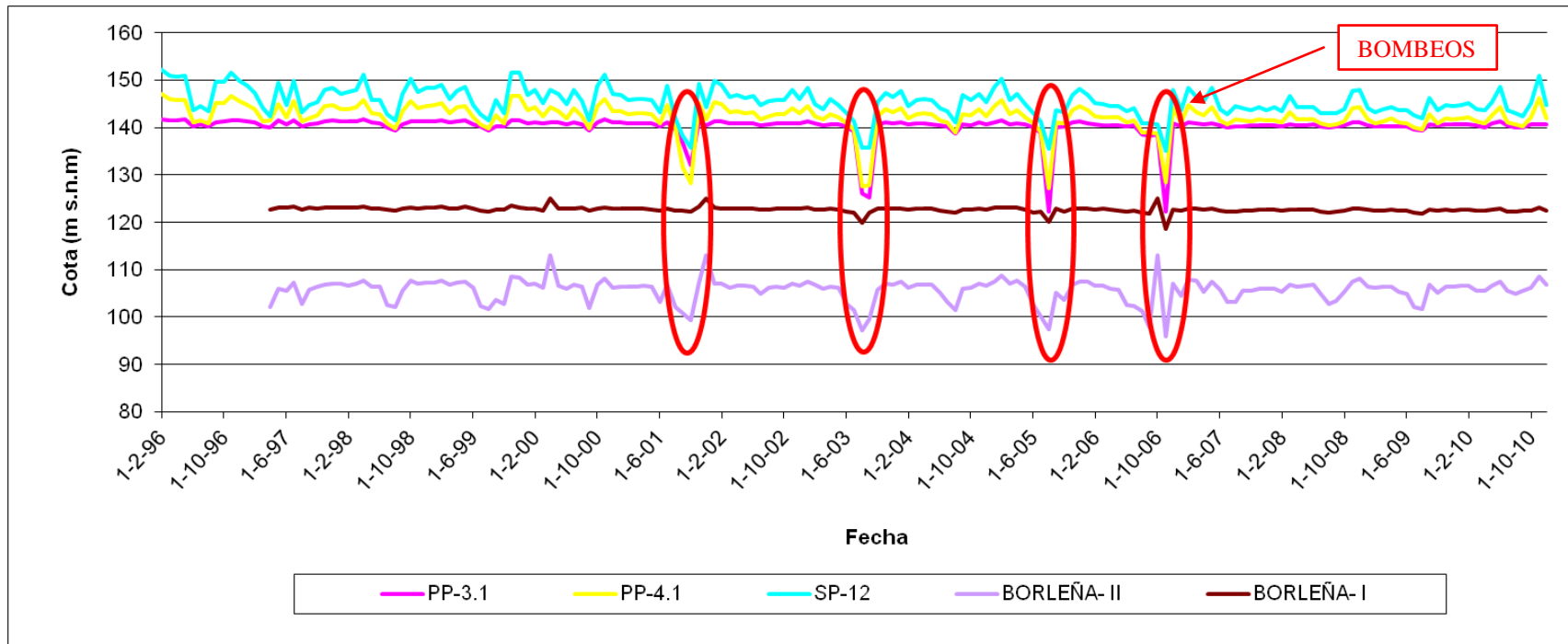
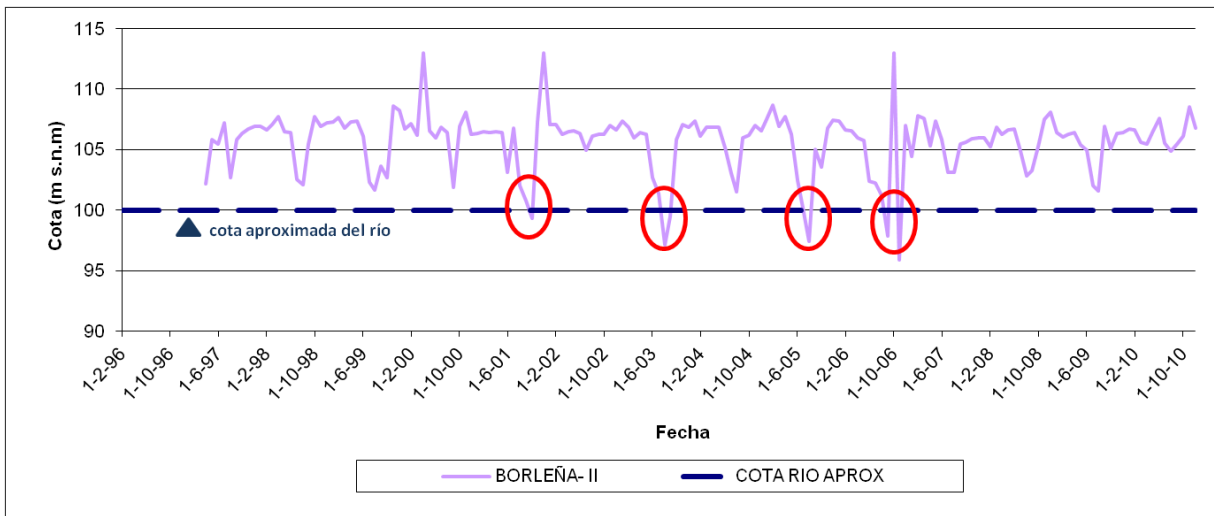


Figura 7a.- Evolución piezométrica en algunos de los puntos de observación, para el periodo 1996-2010.



**Figura 7b.- Comparación entre la evolución piezométrica en el punto Borleña-II y el nivel de base del río.**

## 8.6. RED DE CONTROL HIDROMÉTRICO (AFOROS)

Con el fin de llevar a cabo un control periódico sobre el funcionamiento hidrodinámico del acuífero a lo largo del tiempo, se diseñó una red fija de puntos de control con la cual se pretendía obtener información sobre la evolución de los niveles piezométricos y de las variaciones del caudal aportado por ríos y manantiales.

La red de **aforos**, por su parte, establecida para conocer el caudal descargado por el acuífero, está compuesta por los principales manantiales situados dentro de la zona de estudio, todos ellos emplazados en el margen derecho del río Pas. Además, se controla también el propio río Pas aguas arriba del Puente de Vejorís, el río La Pila, antes y después del azud, y el arroyo Cohiño, como única incorporación al río Pas por su margen izquierda. De esta manera se observa el comportamiento y la relación existente entre el río y el acuífero.

De todas formas, y haciendo alusión a lo que ya se comentó con anterioridad, las medidas de caudal en el río Pas están subestimadas debido a la existencia de un potente aluvial (fotografía 27), que enmascara gran parte del flujo que por él discurre.



**Fotografía 27.- Detalle del aluvial del río Pas. Flujo canalizado en su margen derecha.**

En la tabla 8 se recoge la información correspondiente a la localización de las secciones de aforo, y en la tabla 9 algunas características de sus medidas. Además, en el Anexo 6 se muestran las tablas con los datos obtenidos en dichas campañas de aforos.

**TABLA 8.- IDENTIFICACIÓN DE LAS SECCIONES DE AFORO**

<b>NOMBRE</b>	<b>I.R.H. IGME</b>	<b>COORD X</b>	<b>COORD Y</b>	<b>COTA</b>
Manantial La Quintanilla	1805.8.0014	424.236	4.795.750	135
Río La Pila - Aguas arriba azud		424.240	4.786.300	138
Río La Pila - Aguas abajo azud		424.244	4.786.342	138
Manantial El Arca - entrada	1805.7.0011	423.817	4.786.524	140
Manantial El Arca - salida	1805.7.0011	423.810	4.786.537	140
Río Pas		426.025	4.783.103	180
Arroyo Cohiño		422.163	4.793.658	80
Manantial La Pila	1805.8.0013	424.523	4.785.854	142

**TABLA 9.- CARACTERÍSTICAS DE LAS MEDIDAS EN LAS SECCIONES DE AFORO**

<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PUNTO DE MEDIDA (1)</b>	<b>PUNTO DE MEDIDA (2)</b>
El Arca	manantial	en la entrada a la balsa	en la salida de la balsa
Azud de La Pila	río	aguas arriba del azud	aguas abajo del azud
La Pila	manantial	antes del canal de salida	-----
Canalón de La Pila	arroyo	antes de su unión con el manantial	-----
La Quintanilla	manantial	antes del canal de salida	-----
Pas	río	aguas arriba de la zona de trabajo	-----
Arroyo Cohiño	arroyo	antes de su incorporación al río Pas	-----

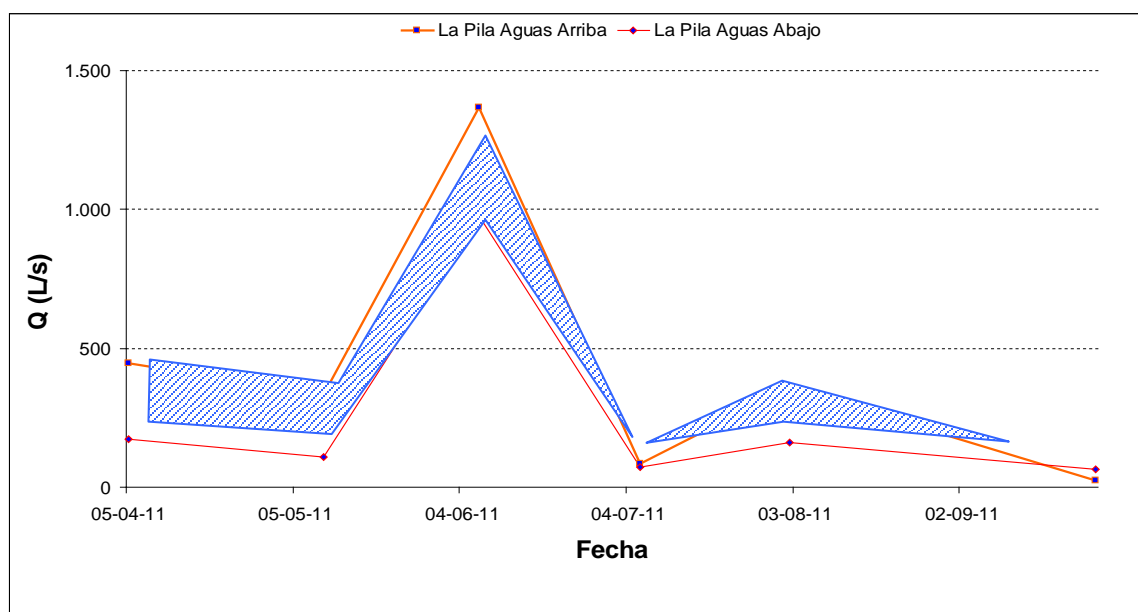
En la sección de El Arca se realizaron los aforos en dos puntos, uno a la entrada de la balsa en la que nace el propio manantial de El Arca y otro a la salida de la misma. De esta forma, su caudal se puede conocer por diferencia de caudales entre ambas secciones de aforo. La primera sección capta el agua procedente de los manantiales de La Sovilla y Quintanilla de manera conjunta (fotografía 28). El caudal del manantial de La Quintanilla, a su vez, se conoce mediante un aforo que se realiza en el propio punto; sin embargo, el caudal correspondiente al manantial de La Sovilla no se puede individualizar, debido a que no existe un lugar apto para llevar a cabo la medición. Con esta red quedan cubiertas todas las descargas observadas, a excepción, por tanto, de La Sovilla.



**Fotografía 28.- Salidas de agua que corresponden a los manantiales de La Quintanilla y La Sovilla.**

Las medidas se iniciaron el 5 de Abril de 2011, estableciéndose una frecuencia de medidas mensual. En el Anexo 6 se muestran las fichas descriptivas correspondientes a cada una de las secciones de aforo.

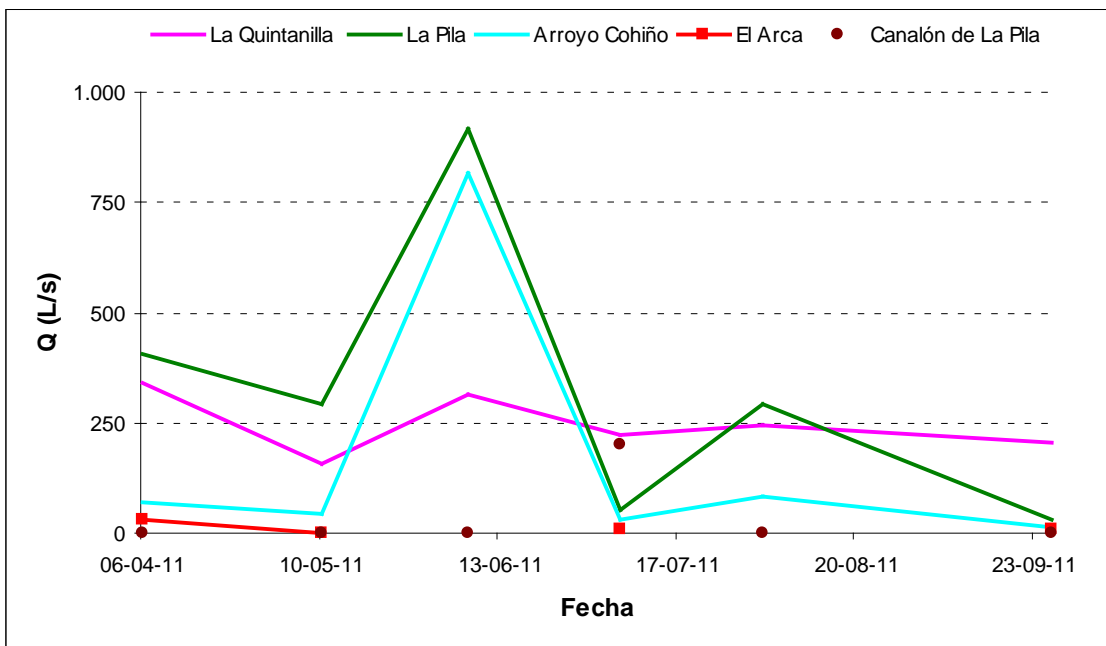
Con la realización de las campañas de aforo se han obtenido datos relativos al caudal drenado en cada momento por el río Pas y por los manantiales, así como el caudal captado por el azud de La Pila, medido como diferencia de caudales entre los registrados en la sección situada aguas arriba y la situada aguas abajo de éste (figura 8).



**Figura 8.- Gráfico de diferencia de caudales entre la sección del río La Pila aguas arriba y aguas abajo del azud.**

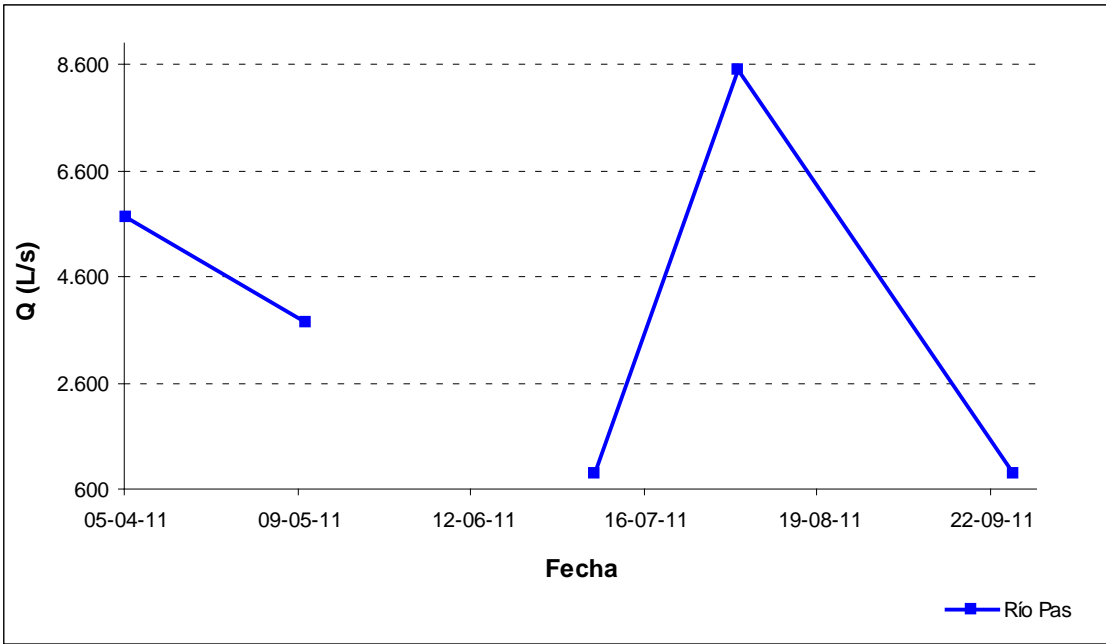
Además, y aunque no se dispone de datos oficiales de precipitación por no existir esta información en las estaciones termopluviométricas de la zona gestionadas por la AEMET, durante los días previos a cada una de las campañas se controló la pluviometría con el fin de poder correlacionar los datos medidos con posibles episodios de precipitación.

De la representación gráfica de estos datos se deduce la existencia de un comportamiento similar en todos los puntos (figura 9), ya que, en cada campaña, la tendencia ascendente o descendente respecto a la anterior se cumple por igual en todos ellos.



**Figura 9.- Evolución de los caudales en los manantiales y en el arroyo Cohiño.**

Como se puede observar, en la campaña correspondiente al día 7 de junio se produjo un aumento considerable de caudal en todas las secciones, lo que fue debido a un episodio de lluvias intensas sucedido el día anterior y el mismo día de las medidas. Esto indica que existe una rápida respuesta de descarga por parte tanto de los manantiales como del río Pas ante eventos de este tipo, lo cual pone de manifiesto que la recarga de los materiales que los alimentan, en este caso los sedimentos cuaternarios, es casi inmediata. En esta campaña no se pudo aforar el río Pas debido al elevado caudal que llevaba, por eso no existen datos de ese día (figura 10).



**Figura 10.- Evolución de los caudales en la sección de aforo del río Pas.**

## 8.7. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

Atendiendo a las características hidrogeológicas de los materiales presentes en la zona de estudio se pueden diferenciar dos sistemas acuíferos: los acuíferos detríticos cuaternarios y el acuífero jurásico calcáreo.

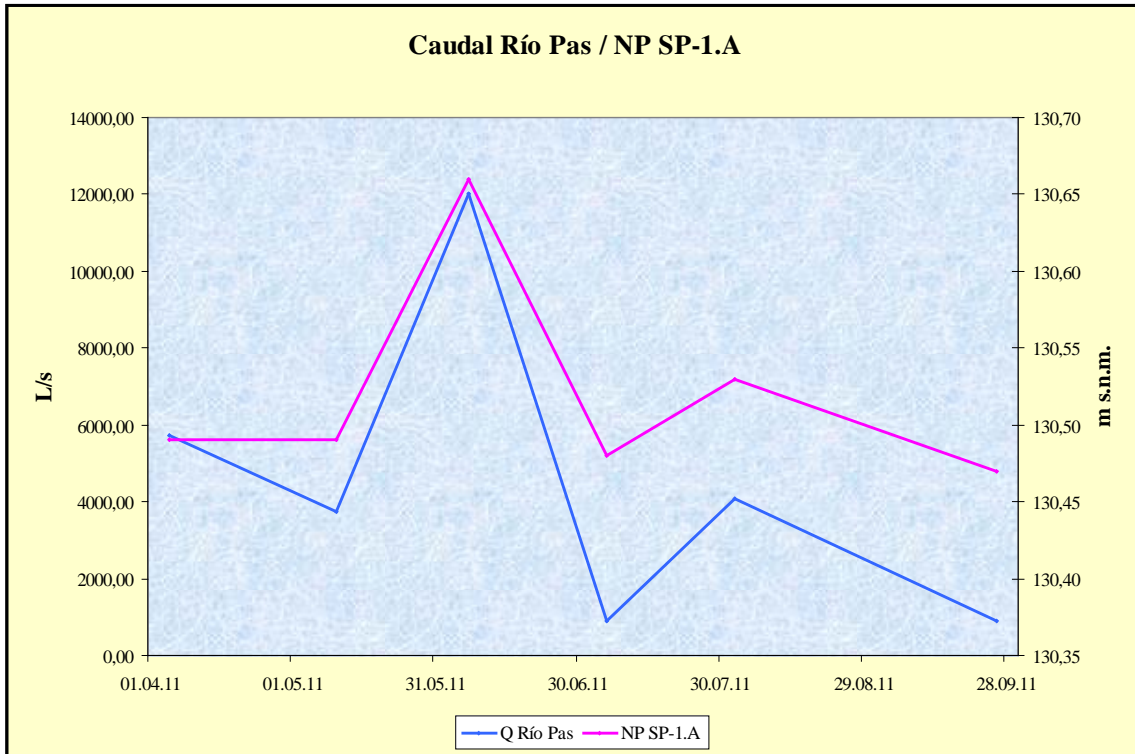
### Acuíferos detríticos cuaternarios

En este conjunto se han incluido los sedimentos cuaternarios que forman el aluvial del Río Pas y las terrazas fluviales que afloran en las laderas del valle del mismo río. La permeabilidad en ambos se puede clasificar como media-alta. El depósito aluvial está constituido por arenas, gravas y limos, fundamentalmente, con un espesor máximo que puede alcanzar puntualmente los 15 m, siendo su potencia media del orden de 6-8 m. En gran parte estos materiales se disponen directamente sobre los materiales calcáreos jurásicos, existiendo una conexión hídrica entre ambos acuíferos. El río Pas discurre sobre este depósito aluvial, ya que dicho depósito constituye el lecho del cauce. Es importante destacar que, como consecuencia de la elevada permeabilidad de los materiales y de su espesor, cuando el caudal del río es bajo, la lámina de agua disminuye, llegando el caso, en épocas de estiaje, de que la totalidad de la circulación del agua tiene lugar a través de estos materiales, permaneciendo el cauce seco en determinados tramos.

Por tanto, se considera que, aunque el cauce del río Pas permanezca en ocasiones seco en algunos tramos situados entre la localidad de Vejorís y el azud del Soto, existe una circulación subálvea importante. La comparación entre el caudal circulante en el río Pas y el nivel en el sondeo SP-1.A, emboquillado en estos materiales, permite constatar que cuando el caudal es mayor el nivel piezométrico en el acuífero aluvial es más elevado, y cuando el caudal es menor el nivel disminuye (figura 11). En el periodo en el que se ha realizado el control hidrométrico y piezométrico no se ha llegado a observar el cauce seco en la sección de aforo, estando el caudal más bajo aguas arriba del Puente de Vejorís en 895 L/s, con un nivel piezométrico en el acuífero de 130,48 m s.n.m., es decir, a una profundidad del orden de 2 m. Mediante el registro continuo del nivel piezométrico en dicho sondeo se podría determinar cuál es el nivel en el acuífero en las épocas en las que el cauce del río está seco.

Para corroborar lo expresado en el párrafo anterior, se debe dejar constancia aquí de las observaciones realizadas durante los trabajos efectuados en la salida de campo que se llevó a cabo los días 26 y 27 de septiembre, que se recoge en el Anexo 7 de este informe. En el transcurso de las labores efectuadas en la mencionada salida, el día 26 se aforó un caudal del río Pas próximo a los 900 L/s en la sección de medida situada aguas arriba del puente de Vejorís (véase la fotografía 29), con un nivel piezométrico en el acuífero (sondeo piezométrico SP-1.A) de 130,47 m s.n.m., mientras que el día 27 se observó un tramo de cauce seco en las inmediaciones, aguas arriba, del puente de madera de San Martín (fotografía 30) y se constató la resurgencia del agua unos centenares de metros antes del puente de Soto-Iruz (fotografía 31).

En cuanto a los depósitos de terrazas situados en las laderas del valle, éstos están formados por gravas y bloques, y pueden llegar a alcanzar espesores de 50 m, si bien, debido a su escasa extensión lateral, solo tendrían interés hidrogeológico local.



**Figura 11.- Relación entre la evolución del caudal del río Pas aguas arriba del puente de Vejorís y del nivel piezométrico del sondeo SP-1.A.**



**Fotografía 29.- Caudal del río Pas en la sección de aforo del puente de Vejorís (26.09.2011).**



**Fotografía 30.- Vista del río Pas (sin caudal) desde el puente de madera de San Martín (27.09.2011).**



**Fotografía 31.- Vista del caudal del río Pas aguas abajo del puente de Soto-Iruz el día 27.09.2011 (al fondo, las instalaciones del azud del Soto).**

### Acuífero calcáreo jurásico

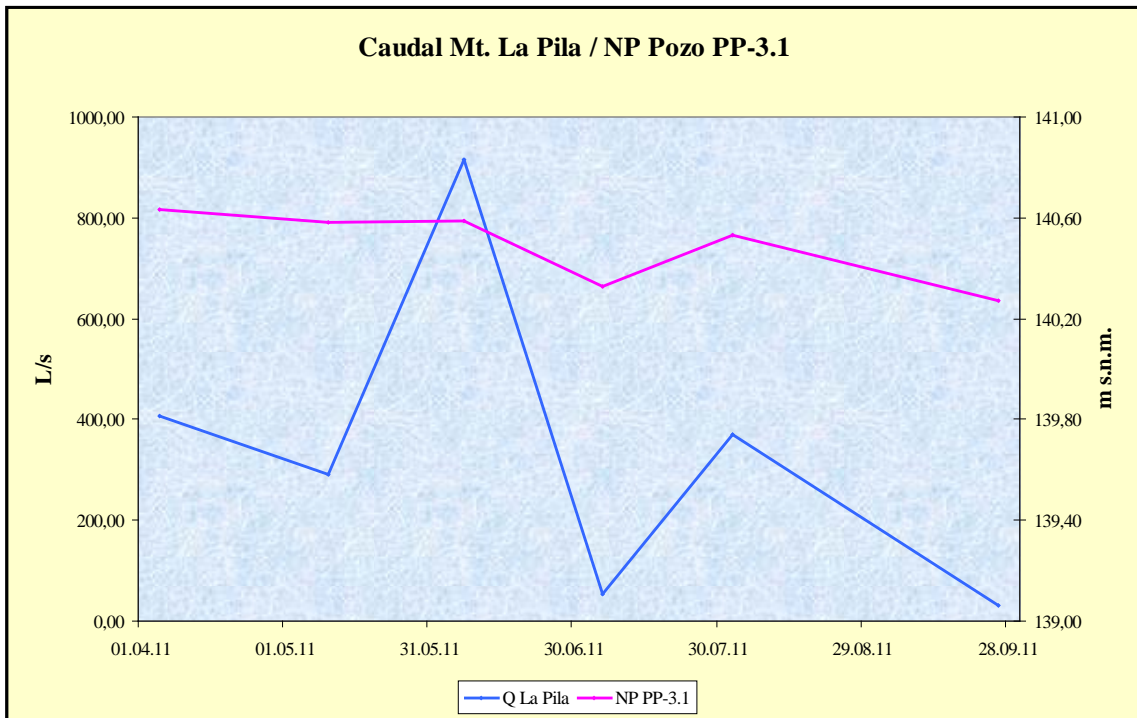
Se trata del acuífero de mayor interés desde el punto de vista hidrogeológico. Está constituido por las formaciones calcáreas jurásicas con permeabilidad media-alta por fracturación y/o karstificación, y comprende tanto los materiales aflorantes en la zona de estudio (formaciones *Sopeña*, *Pozazal* y *Camino*, del Lías Superior) como los materiales jurásicos calcáreos infrayacentes (Lías Inferior). El espesor total puede superar los 300 m.

Los numerosos sondeos realizados en la zona cortan en su mayor parte las formaciones de edad Sinemuriense-Pliensbachiense, y han permitido conocer la columna litológica así como obtener valores de los parámetros hidrogeológicos. Únicamente se ha alcanzado el Hettangiense en dos sondeos (SP-8 y SP-9), por lo que el conocimiento de las características litológicas e hidrogeológicas del Jurásico Inferior es menor. El muro del acuífero lo constituyen los materiales impermeables del Keuper, y a techo se encuentran las formaciones calcáreo-margosas del Toarciense (Jurásico Superior), de permeabilidad baja por fisuración y/o karstificación. La extensión espacial del acuífero abarca ambos márgenes del río Pas desde la localidad del Soto, al norte, hasta la de Vejorís, al sur.

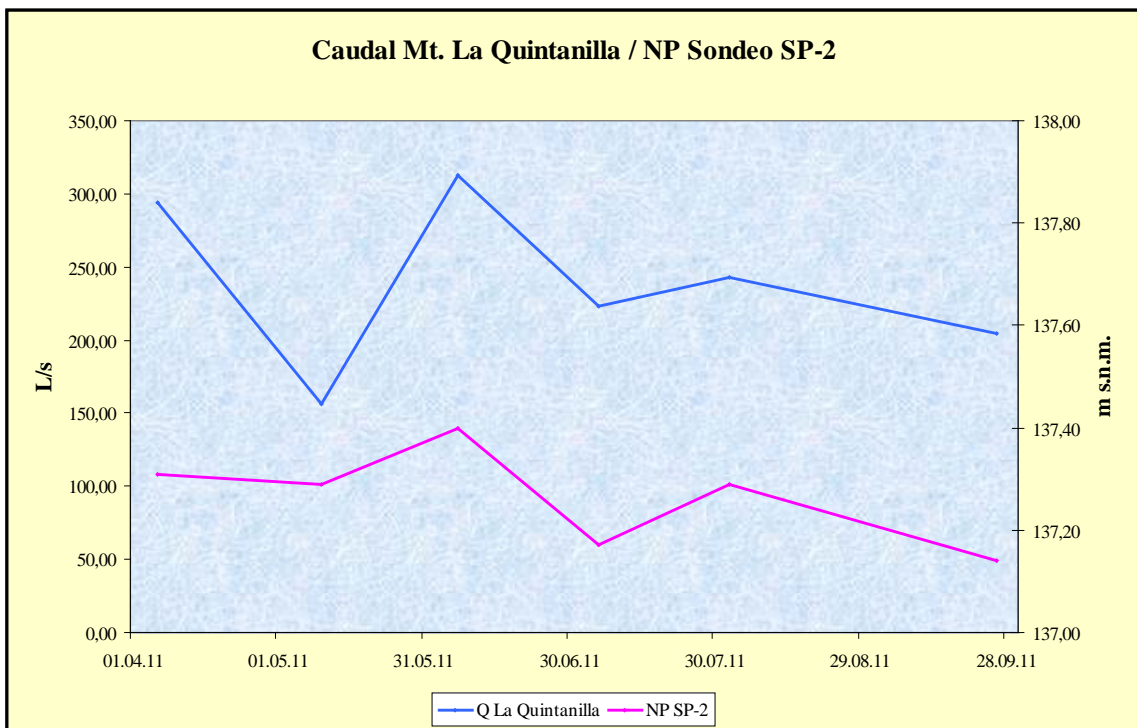
La recarga del acuífero procede principalmente de la infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables, si bien también se consideran significativos los aportes procedentes de filtraciones del río Pas aguas arriba de Vejorís, además de la cesión de agua del acuífero cuaternario, cuando las condiciones hidrodinámicas así lo permiten. También podría producirse cierta recarga, de menor entidad, procedente de los materiales suprayacentes.

La descarga principal del acuífero tiene lugar a través de varios manantiales que surgen en la zona de La Molina, a cotas entre 135 y 142 m s.n.m., siendo los más importantes los de La Pila, Sovilla y La Quintanilla. Cabe destacar que la surgencia de estos manantiales se localiza, desde el punto de vista litológico, en los materiales cuaternarios del aluvial del río Pas, es decir, que la descarga del acuífero jurásico se realiza a través de los depósitos aluviales. Existe otra zona de descarga en el área del Soto, en el cauce del río Pas, en las proximidades del contacto tectónico con los materiales detríticos del Jurásico, poniendo nuevamente en evidencia la descarga del acuífero jurásico a través de los materiales cuaternarios. Esta zona de descarga solo es visible en épocas de aguas bajas, cuando el cauce del río Pas está prácticamente seco entre Vejorís y el Soto, y vuelve a “resurgir” en este punto.

La comunicación hídrica entre ambos acuíferos es evidente, y ha sido constatada mediante el análisis comparativo realizado entre la evolución del nivel piezométrico en el pozo PP-3.1 y el caudal del manantial de La Pila (figura 12), y entre la evolución del nivel piezométrico en el sondeo SP-2 y el caudal del manantial de La Quintanilla (figura 13). En ambas figuras se puede observar la relación directa existente entre el caudal de los manantiales y el nivel en los sondeos.



**Figura 12.- Relación entre la evolución del caudal del manantial de La Pila y el nivel piezométrico del pozo PP-3.1.**

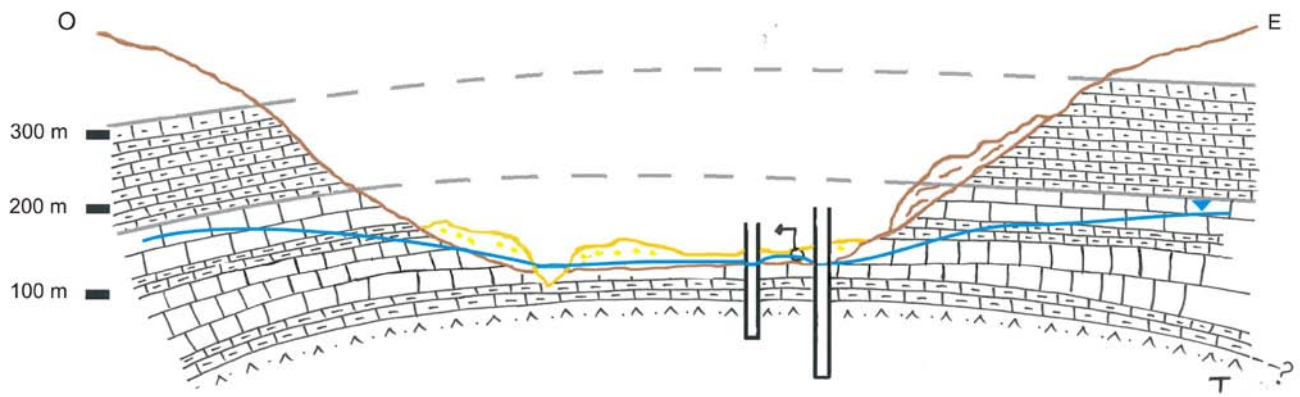


**Figura 13.- Relación entre la evolución del caudal del manantial de La Quintanilla y el nivel piezométrico del sondeo SP-2.**

Como ya se ha mencionado en el apartado 8.5, entre los meses de abril y septiembre de 2011 se ha realizado un control piezométrico del acuífero. En el Mapa Piezométrico del Anexo 3 se muestra la situación del acuífero en épocas de aguas altas y de aguas bajas, correspondientes al periodo estudiado. La interpretación de las isopiezas permite deducir que la circulación del agua subterránea se realiza en dirección sur-norte, constituyendo el río Pas un eje de drenaje del acuífero. El gradiente hidráulico varía en los distintos sectores; en la zona sur, desde Vejorís hasta el entorno de los manantiales de La Molina, el gradiente oscila entre 0,006 y 0,07, lo que denota una transmisividad elevada del acuífero en esa zona. Hacia el norte, hasta el entorno de Villasevil, las isopiezas se presentan más próximas, lo que es indicativo de un gradiente hidráulico mayor y, por lo tanto, una menor transmisividad, con valores del orden de 0,02. Entre Villasevil y el Soto, el gradiente hidráulico está en torno a 0,04.

La evolución del nivel piezométrico del acuífero a lo largo del periodo de estudio muestra una tendencia descendente, como cabría esperar, ya que transcurre desde una época de recarga a otra época de estiaje. El valor máximo medido en la mayor parte de los piezómetros se produce en junio, después de un episodio de lluvias intensas, y el valor mínimo, en la época de máximo estiaje, tiene lugar a finales de septiembre, si bien se debe tener en cuenta que todas las medidas son puntuales, es decir, son representativas exclusivamente del momento en el que son tomadas, por lo que podría haberse dado un valor del nivel piezométrico mayor o menor y no haber sido registrado. En los sectores de mayor transmisividad y más próximos a las zonas de descarga las oscilaciones de nivel son menores, como ya se puso de manifiesto en el apartado de piezometría, afirmación que además concuerda con lo expuesto en el párrafo anterior.

En el esquema de la figura 14 se muestra un corte hidrogeológico con la situación del nivel piezométrico del acuífero calcáreo, que coincide con el nivel en el acuífero detrítico. En este corte se ponen de manifiesto diversos aspectos: en primer lugar, se evidencia que el drenaje del acuífero calcáreo se realiza a través de los sedimentos aluviales, constituyendo el río Pas un eje de drenaje, con un comportamiento efluente aguas abajo de Vejorís. Por otra parte, si se produce un bombeo en alguno de los sondeos situados en el entorno de los manantiales, como consecuencia de la generación del cono de bombeo, se afectará directamente al caudal del manantial provocando una merma del mismo, pudiendo llegar incluso a su agotamiento. Del mismo modo, al existir una conexión directa entre el acuífero calcáreo y el aluvial, la afección del cono de bombeo también podría ocasionar que el río circulara de forma subálvea, es decir, con el cauce seco. No obstante, no por ello la utilización de los sondeos implica una sobreexplotación del acuífero.



**Figura 14.- Corte hidrogeológico realizado en una sección próxima al manantial de La Quintanilla.**

## 9. CONSIDERACIONES FINALES

Como conclusión de todo lo expuesto en los capítulos anteriores, se exponen las consideraciones finales siguientes:

- La investigación hidrogeológica llevada a cabo en el sector Puente Viesgo-Alceda del valle del Pas tiene como objetivo el estudio de la relación existente entre el río y el acuífero presente en dicha zona, con el fin de analizar la posible influencia de las captaciones de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano de la Ciudad de Santander sobre la disminución del caudal del río Pas en periodos de estiaje, que llega incluso a su desaparición total en algunos tramos.
- El río Pas presenta una marcada estacionalidad, con caudales máximos en época de lluvias, en otoño-invierno, y mínimos al final del periodo estival. El caudal máximo registrado por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico en la estación de Puente Viesgo es de 52,6 m<sup>3</sup>/s (diciembre, 1969) y el mínimo de 0,07 m<sup>3</sup>/s (agosto, 2002).
- Los materiales que presentan valores de permeabilidad más elevada en esta zona de estudio son los depósitos cuaternarios que forman el aluvial del río Pas y las terrazas situadas en las laderas del valle de dicho río, además de las formaciones calcáreas del Lías Superior.
- En la zona se han diferenciado dos acuíferos: el acuífero detrítico cuaternario y el acuífero calcáreo jurásico. El primero está constituido fundamentalmente por arenas, gravas y limos, con un espesor medio de 6-8 m, y se corresponde con el aluvial del río Pas. El acuífero calcáreo jurásico incluye las formaciones carbonatadas del Lías Superior; la potencia de este acuífero puede superar los 300 m, siendo el muro del mismo los materiales impermeables del Keuper.
- El acuífero detrítico se dispone sobre el acuífero jurásico en el sector comprendido entre el sur de la localidad Vejorís y la zona de El Soto. Entre ambos acuíferos existe una conexión hídrica directa, de forma que la descarga del acuífero calcáreo tiene lugar a través del acuífero cuaternario. Una evidencia de esta conexión es que las surgencias más importantes correspondientes al acuífero calcáreo se localizan en el depósito cuaternario. El río Pas constituye un eje de drenaje de ambos acuíferos, con un comportamiento efluente aguas abajo de la localidad de Vejorís.
- Los valores obtenidos en los piezómetros medidos han permitido constatar que, como cabría esperar, el nivel piezométrico es el mismo en ambos acuíferos. Al disminuir la recarga, se produce un descenso progresivo en el nivel piezométrico

y una disminución en el caudal de los manantiales, que alcanzan los valores mínimos en agosto-septiembre, disminuyendo, a su vez, los aportes que el río Pas recibe en este tramo.

- En la circulación del río Pas sobre el aluvial es importante destacar que, como consecuencia de la elevada permeabilidad de los materiales y de su espesor, parte del caudal se filtra y discurre a través de estos materiales (circulación subálvea).
- En estiaje se reduce tanto el aporte del acuífero calcáreo al aluvial como el aporte del agua de lluvia, por lo que el caudal del río baja y su lámina de agua se dispone a cotas inferiores, llegando el caso en el que dicha lámina se sitúa por debajo de la superficie del terreno y la totalidad de la circulación del agua tiene lugar a través de los materiales cuaternarios, lo que tiene como consecuencia que el cauce aparezca seco en determinados tramos. Por tanto, se considera que, aunque el cauce del río Pas permanezca en ocasiones seco en algunos tramos situados entre la localidad de Vejorís y el azud del Soto, existe una circulación subálvea importante.
- Se considera que el hecho de que el cauce del río Pas se quede seco en algunos tramos en épocas de “aguas bajas” es independiente de la existencia de captaciones en los manantiales, ya que, en régimen natural, el caudal que aportan los mismos al cauce también se ve mermado, siendo insuficiente para elevar la lámina de agua por encima de la superficie topográfica. Por tanto, teniendo en cuenta el conocimiento actual, se estima que la circulación subálvea existente en el río Pas es característica de su régimen natural y que, si el caudal disminuye en época de estiaje, la lámina de agua puede situarse por debajo de la superficie del terreno a pesar de que el caudal de los manantiales no se capte antes de llegar al río.

Por otra parte, y dado que en algunos aspectos sería importante un mejor conocimiento de este sector para poder definir con más precisión el funcionamiento del río y los acuíferos presentes en la zona de estudio, se considera oportuno plantear las siguientes recomendaciones:

- Se sugiere que se realice un control piezométrico del acuífero aluvial, mediante el registro continuo del nivel en el sondeo SP-1.A junto con un control foronómico en la sección de Vejorís, con el fin de estudiar con mayor precisión la relación entre el nivel piezométrico y el caudal del río así como para determinar el valor del nivel en el aluvial a partir del cual el cauce permanece seco.
- Además, sería recomendable realizar un aforo diferencial mediante el registro de caudal en dos secciones: la primera situada aguas arriba del Puente de Vejorís, y la segunda a la altura de la localidad de El Soto (ya que se trata de un punto

importante de descarga aún en épocas de estiaje). La finalidad de este aforo es conocer el caudal de agua que circula por el aluvial.

Oviedo, enero de 2012

Los autores del informe

Fdo.: M<sup>a</sup> Teresa Bros Miranda

Fdo.: Mónica Meléndez Asensio

Fdo.: Miguel L. Rodríguez González

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DGOH-IGME. (1988).- *Estudio de delimitación de unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e Islas Baleares y síntesis de sus características*. Informe 2505. Servicio Geológico. Madrid.

DGOH-SGOP (1982).- *Informe 11/82. Sobre la posibilidad de complementar el abastecimiento a Santander con agua de los acuíferos del Pas y de Camargo*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Informe inédito.

DGOH-SGOP (1987).- *Informe 02/87. Sobre las actuaciones realizadas para complementar el abastecimiento a Santander con aguas subterráneas*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Informe inédito.

DGOH-SGOP (1990).- *Informe 03/90. Posibilidades de utilización de aguas subterráneas para el abastecimiento de Santander*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Informe inédito.

IGME (1984).- *Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas. Los sistemas hidrogeológicos de Cantabria. Sus recursos en aguas subterráneas, utilización actual y posibilidades futuras*. Colección Informe. Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. Madrid.

IGME (1990).- *Informe final del Sondeo Borleña 1 (T. M. de Corvera de Toranzo). Estudios de asesoramiento en materia de aguas subterráneas a Organismos de Cuenca y Comunidades Autónomas (1989-91). Cantabria*. Informe inédito.

IGME (1990).- *Informe final del Sondeo Borleña 2 (T. M. de Corvera de Toranzo). Estudios de asesoramiento en materia de aguas subterráneas a Organismos de Cuenca y Comunidades Autónomas (1989-91). Cantabria*. Informe inédito.

IGME (1990).- *Informe final del Sondeo Villegar (T. M. de Corvera de Toranzo). Estudios de asesoramiento en materia de aguas subterráneas a Organismos de Cuenca y Comunidades Autónomas (1989-91). Cantabria*. Informe inédito.

IGME (1990).- *Informe final del Sondeo San Martín (T. M. de Santiurde de Toranzo). Estudios de asesoramiento en materia de aguas subterráneas a Organismos de Cuenca y Comunidades Autónomas (1989-91). Cantabria*. Informe inédito.

Ipas Lloren, J.A., y Olivé Davó, A. (en publicación).- *Mapa Geológico y Memoria de la Hoja a escala 1:25.000 del Mapa Geológico de Cantabria número 58-II (Puente Viesgo)*.

Ipas Lloren, J.A., y Olivé Davó, A. (en publicación).- *Mapa Geológico y Memoria de la Hoja a escala 1:25.000 del Mapa Geológico de Cantabria número 58-IV (Santiurde de Toranzo)*.

MMAMRM. (2009). *Capas oficiales de información*. Subdirección General de Planificación Hidrológica y Uso Sostenible del Agua. Dirección General del Agua. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid.

# **ANEXO 1: MAPA GEOLÓGICO**

## **ANEXO 2: MAPA HIDROGEOLÓGICO**

## **ANEXO 3: MAPA PIEZOMÉTRICO**

## **ANEXO 4: FICHAS DE INVENTARIO**

## **ANEXO 5: DATOS DE PIEZOMETRÍA**

## **ANEXO 6: DATOS DE HIDROMETRÍA**

## **ANEXO 7: RESÚMENES DE LAS SALIDAS DE CAMPO**