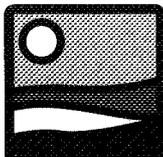


ASOCIACION "Tierras Sorianas del Cid" SAN ESTEBAN DE GORMAZ (Soria)	
ENTRADA	Nº De de
SALIDA	Nº <u>85</u> De <u>18</u> de <u>marzo</u> de <u>2009</u>



**ASOCIACIÓN TIERRAS
SORIANAS DEL CID**

C.H. DUERO	OFICINA DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA
	R/ENTRADA N.º <u>101</u> R/SALIDA N.º <u>231309</u>

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO
Oficina de Planificación Hidrográfica
C/ Muro, 5
47004 Valladolid

C.H. DUERO Valladolid REGISTRO GENERAL
23 MAR. 2009
ENTRADA N.º <u>9615</u>

San Esteban de Gormaz, a 18 de marzo de 2008

ASUNTO: Estudio Hidrogeológico del LIC Sabinas de la Sierra de Cabrejas.

La Asociación Tierras Sorianas del Cid ha elaborado un Estudio Hidrogeológico del LIC Sabinas de la Sierra de Cabrejas, que está incluido dentro de un proyecto mucho más amplio denominado "Directrices de Ordenación del LIC Sabinas de la Sierra de Cabrejas (Soria)" que cuenta con la financiación de la Fundación Biodiversidad y con la colaboración de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León.

El estudio, que ha sido realizado por la empresa Zeta Amaltea, S.L. a lo largo del año 2008 incluye una propuesta de normas de explotación de la masa de agua Cabrejas-Soria y una propuesta de buenas prácticas en el uso del agua y el suelo que aportan medidas concretas que creemos deben tenerse en cuenta en el futuro Plan Hidrológico de la Cuenca del Duero, que se encuentra en fase de redacción.

Para la redacción de las normas de explotación de la masa de agua Cabrejas-Soria se realizaron diferentes reuniones de trabajo, con expertos y con afectados, con el propósito de dar la mayor información posible e intentar consensuar unas medidas que compatibilicen el aprovechamiento racional del recurso agua con la preservación de los valores ambientales del LIC y, especialmente, con la conservación del Monumento Natural de La Fuentona.

Les remitimos una copia del Estudio Hidrogeológico del LIC Sabinas de la Sierra de Cabrejas y les agradecemos la oportunidad que nos brindan de participar activamente en la planificación del futuro de la cuenca del río Duero.

Atentamente,

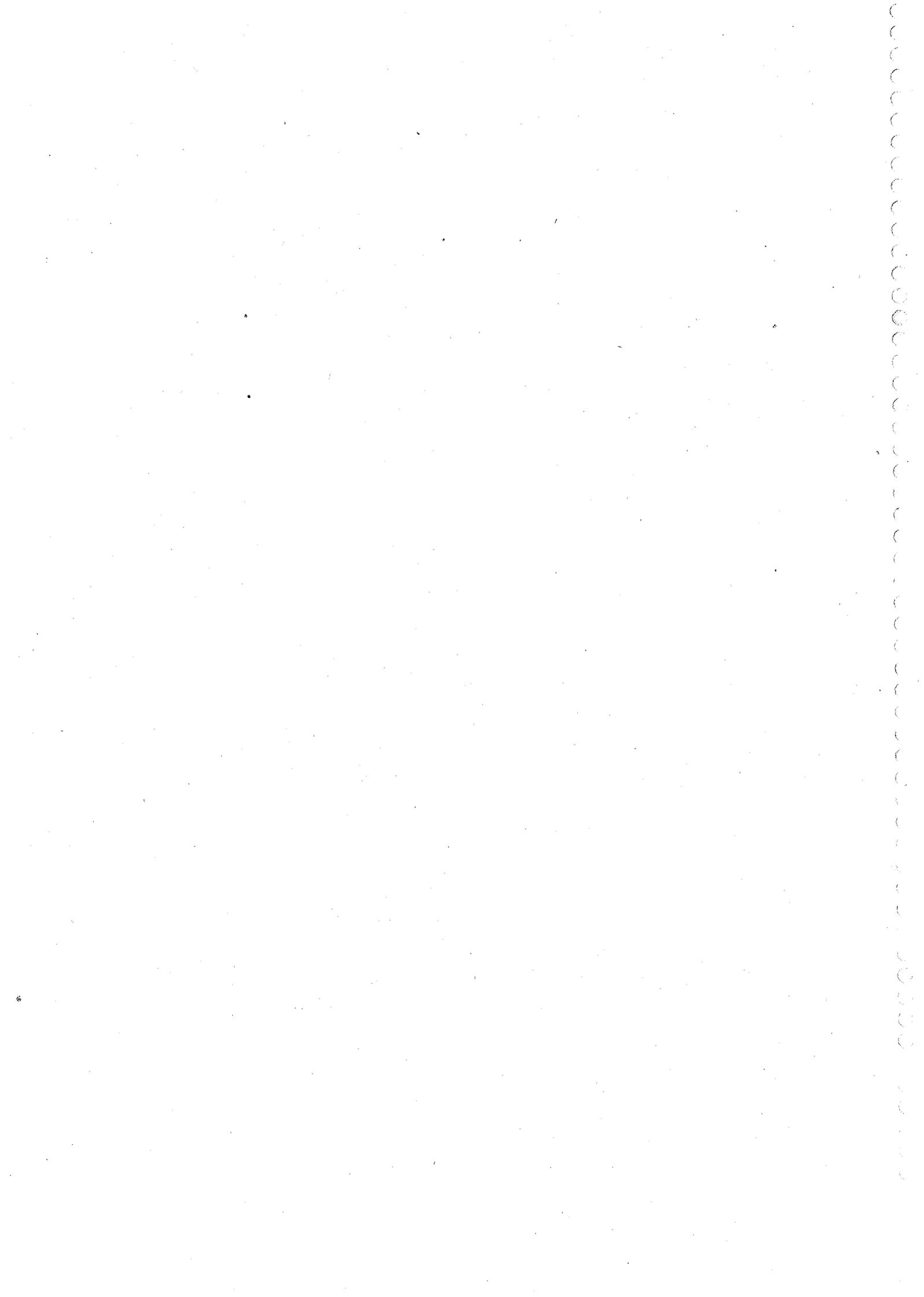

 Fdo. Miguel Román


**ASOCIACIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL INTEGRAL
TIERRAS SORIANAS DEL CID**

Pza. Mayor, 8
42330 San Esteban de Gormaz. [Soria]
Tlfn.: 975 35 05 60; Fax.: 975 35 05 84
internet: www.tierrasdelcid.es
e-mail: asociacion@tierrasdelcid.es

**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LIC SABINARES DE LA SIERRA DE
CABREJAS**





ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- OBJETIVOS. TRABAJOS REALIZADOS.....	3
3.- ASPECTOS NORMATIVOS.....	5
3.1.- CONSIDERACIONES GENERALES.....	5
3.2.- NORMATIVA DE AGUAS	7
4.- DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO.....	10
4.1.- SITUACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	10
4.2.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....	11
4.2.1 LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA	11
4.2.2 ESTRUCTURA.....	12
4.2.3 GEOMORFOLOGÍA.....	12
4.3.- EL CICLO DEL AGUA EN EL LIC DE LOS SABINARES DE LA SIERRA DE CABREJAS.....	16
4.4.- ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	17
5.- PRESIONES ANTRÓPICAS SOBRE EL SUELO Y EL AGUA.....	19
5.1.- PRESIONES PUNTUALES Y DIFUSAS	19
6.- DESCRIPCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL	22
6.1.- MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA	22
6.1.1 CABREJAS-SORIA	22
6.1.2 ARLANZÓN-RÍO LOBOS	22
6.1.3 CUENCA DE ALMAZÁN	23
6.2.- MASA DE AGUA SUPERFICIAL.....	24
6.3.- RELACIÓN ENTRE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA.....	25
7.- ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO CARBONATADO DE LA SIERRA DE CABREJAS.....	28
7.1.- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA	28
7.2.- HIDROQUÍMICA	30
7.2.1 ESPECIACIÓN GEOQUÍMICA	33
7.3.- HIDRODINÁMICA.....	34
7.4.- FUNCIONAMIENTO DEL ACUÍFERO CARBONATADO DE LA SIERRA DE CABREJAS	35
8.- ESTUDIO ECOLÓGICO DEL MANANTIAL DE LA FUENTONA Y DEL RÍO ABIÓN.....	39
8.1.1 MACROINVERTEBRADOS	39
8.1.2 MACRÓFITOS.....	45
9.- CAUDALES DE SOSTENIMIENTO AMBIENTAL.....	47

10.- USOS Y DEMANDAS DE AGUA.....	50
11.- PRUEBAS DE AFECCIÓN DE LOS BOMBEO DE LA FINCA LOS QUEJIGARES A LA FUENTONA DE MURIEL.....	53
11.1.- INSTALACIÓN Y LECTURA DE ESCALA LIMNIMÉTRICA.....	53
11.1.1 CONTROL DE BOMBEO	55
11.1.2 ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO	56
11.1.3 PRUEBAS DE BOMBEO Y RECUPERACIÓN	59
11.1.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	63
12.- PROPUESTA DE NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LA MASA DE AGUA DE CABREJAS-SORIA	65
12.1.- JUSTIFICACIÓN.....	65
12.2.- ZONIFICACIÓN DE LA MASA DE AGUA DE CABREJAS-SORIA	66
12.3.- PROPUESTA DE NORMAS DE OTORGAMIENTO DE CONCESIONES	67
12.3.1 NORMATIVA DE CARÁCTER GENERAL PARA LA MASA DE AGUA DE CABREJAS SORIA	67
12.3.2 NORMATIVA DE CARÁCTER ESPECÍFICO PARA LA MASA DE AGUA DE CABREJAS SORIA	69
12.4.- OBSERVACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES.....	74
13.- PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS EN EL USO DEL AGUA Y DEL SUELO	76
14.- BIBLIOGRAFÍA.....	78

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del LIC de los Sabinares de la sierra de Cabreras.	10
Figura 2 Mapa geológico de la zona de estudio. Fuente: Mapa geológico- IGME (Escala 1:200.000).....	12
Figura 3: Mapa litoestratigráfico de la zona de estudio. Uubicación de los sondeos de investigación y control piezométrico. Fuente: Mapa geológico- IGME (Escala 1:200.000)	14
Figura 4: Cortes Geológicos de la zona de estudio.	15
Figura 5: Mapa de presiones sobre la calidad de las aguas subterráneas	20
Figura 6: Usos del suelo en la zona de estudio. Fuente Corine Land Cover 2000	21
Figura 7: Masas de agua subterránea y superficial en el ámbito del LIC	24
Figura 8: Diagrama de Schoeller.....	31
Figura 9: Diagrama de Piper	32
Figura 10 Balance del acuífero carbonatado de La Fuentona de Muriel	36
Figura 11: Esquema hidrogeológico del funcionamiento de la Fuentona de Muriel.	37
Figura 12: Esquema del funcionamiento subterráneo del sinclinal de Pico-Frentes.	38
Figura 13: Hidrograma de La Fuentona de Muriel (15/04/2008 – 16/11/2008).....	54
Figura 14: Curva de gasto de la escala limnimétrica del río Abioncillo.	55
Figura 15: Hidrograma de La Fuentona de Muriel durante el periodo en el que se realizaron las pruebas de afección (1/7/2008-30/09/2008).....	56
Figura 16: Evolución del hidrograma del manantial de La Fuentona de Muriel y de los piezómetros 5, 6 y 7 de la finca de Finebro S.A. (14/4/2008-20/8/2008).	57

Figura 17: Mapa de isopiezas de los puntos de control piezométrico (9-julio-2008)	58
Figura 18: Hidrogramas de los piezómetros 5 y 7 obtenidos durante las pruebas de afección a La Fuentona. (9/07/2008-5/08/2008).....	59
Figura 19: Curva descenso-tiempo obtenida en el ensayo de bombeo en el piezómetro de Abejar.....	61
Figura 20: Ajuste de la curva de descensos en el piezómetro de Abejar según el método de Cooper-Jacob.	62
Figura 21: Curva descenso-tiempo obtenida en el ensayo de bombeo en el piezómetro de Abejar.....	63
Figura 22: Volúmenes máximos de extracción anual	72

Índice de tablas

Tabla 1 Masas de agua subterránea localizadas dentro del LIC de los Sabinas de la Sierra de Cabrejas y sus principales características.	27
Tabla 2 Masas de agua superficial localizadas dentro del LIC de los Sabinas de la Sierra de Cabrejas y sus principales características.....	27
Tabla 3: Datos fisicoquímicos obtenidos en las distinta campañas de campo realizadas	33
Tabla 4: Resultado de los análisis químicos de las muestras recogidas en las campañas de campo y las obtenidas por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en los ensayos de bombeo realizados en el piezómetro de Abejar y Villaciervos.....	33
Tabla 5: Principales parámetros hidrodinámicos obtenidos por los distintos autores de los trabajos y estudios consultados.	35
Tabla 6: Lectura del contador del sondeo de abastecimiento a Abejar durante las pruebas de afección	50
Tabla 7: Cálculo de las necesidades hídricas para el riego de la finca de trufas micorizadas propiedad del Ayuntamiento de Cabrejas del Pinar	51
Tabla 8: Cálculo de la extracción de agua en el acuífero de la sierra de Cabrejas, (incluye las extracciones fuera del área de aportación a La Fuentona de Muriel).	52
Tabla 9: Resultado de los aforos realizados en el río Abioncillo	54
Tabla 10: Características de los sondeos de control de la finca de Finebro S.A. y niveles piezométricos obtenidos el 9-7-2008.....	57
Tabla 11: Principales características de los piezómetros del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en Abejar y Villaciervos. Resultados de los ensayos de bombeo (noviembre de 2007).	60

ANEJO 1: Inventario de Puntos de Agua

ANEJO 2: Pruebas de Afección

ANEJO 3: Ensayos de bombeo

ANEJO 4: Cálculo de la demanda

ANEJO 5: Caracterización Biológica

ANEJO 6: Fotografías

ANEJO 7: Especiación Geoquímica

ANEJO 8: Análisis de Presiones e Impactos

1.- INTRODUCCIÓN

El presente estudio hidrogeológico del LIC Sabinares de la Sierra de Cabrejas, se inscribe en proyecto "Directrices de ordenación del LIC Sabinares de la sierra de Cabrejas (Soria), análisis de los procesos hidrogeológicos, forestales y ganaderos, y fomento de la participación local en la gestión del LIC", que cuenta con la financiación de la Fundación Biodiversidad, dentro de la Convocatoria de concesión de ayudas para la realización de actividades medioambientales en régimen de concurrencia competitiva (2007).

El ámbito de desarrollo de este proyecto es el definido por el LIC y la zona de influencia de sus cursos de agua superficiales y de las aguas subterráneas.

El punto de partida de este estudio es un conjunto de trabajos previos, la información de diversa índole que existe en distintas administraciones públicas y una reciente tesis doctoral de J.J. Pérez Santos sobre la hidrogeología del sistema cárstico de La Fuentona de Muriel. A partir de estos antecedentes se ha elaborado una síntesis del estado actual del conocimiento y se ha programado el resto de tareas y actividades.

En el capítulo destinado a Bibliografía se incluye una relación de los principales trabajos consultados.

Por parte de ZETA AMALTEA. El equipo de trabajo ha sido el siguiente:

MIGUEL GARCÍA LAPRESTA: Hidrogeólogo con 23 años de experiencia. Director del trabajo.

MANUEL V. ARCE MONTEJO: Hidrogeólogo con 15 años de experiencia. Modelización hidroquímica.

M^a ÁNGELES LORENZO GONZÁLEZ: Hidrogeóloga con 5 años de experiencia. Caracterización de las masas de agua, Controles de afección y trabajos de campo. Apoyo a la dirección del trabajo, interpretación de datos hidrodinámicos. Estudio de usos y demandas de agua. Normas de explotación y compatibilidad con el Plan Hidrológico del Duero.

LORENA TRIGO LONGARES. Bióloga – limnóloga, con tres años de experiencia. Caracterización biológica y estudio ecológico de La Fuentona.

MARÍA GONZÁLEZ DE BORDONABA. Licenciada en Derecho con tres años de experiencia. Estudio jurídico.

JESÚS MANUEL RUIZ ZARTÍNEZ. Ingeniero Técnico Industrial con 15 años de experiencia. Código de Buenas Prácticas en los usos del agua y del suelo.

ROBERT CASIER. Licenciado en Ciencias Geológicas. Reconocimiento de campo e inventario de presiones sobre el suelo y las aguas subterráneas y superficiales.

Para la redacción de la propuestas de las normas de explotación del acuífero se han mantenido reuniones con expertos hidrogeólogos del Instituto Geológico y Minero de España, con los hidrogeólogos que han realizado los trabajos fundamentales de hidrogeología en que se basa este estudio (Eugenio Sanz Pérez y Juan José Pérez Santos), responsables ambientales de la Junta de Castilla y León y otros involucrados en el LIC. A todos ellos Zeta Amaltea les agradece la colaboración prestada.

Igualmente se agradece al responsable de FINEBRO y al personal de la finca *Los Quejigares* su desprendida colaboración y transparencia en las inspecciones, controles y pruebas de afección, así como las facilidades que han ofrecido para el acceso a sus instalaciones.

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) ha cedido generosamente material gráfico para la elaboración del folleto divulgativo sobre el funcionamiento hidrogeológico del manantial de La Fuentona de Muriel. Se agradece especialmente al autor de las figuras, Gerardo Ramos, su cesión gratuita.

También merece agradecimiento Carlos Molina por sus desinteresadas aportaciones y orientaciones sobre los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas en la fachada norte de la sierra de Cabrejas. De él se han tomado prestados algunos textos descriptivos del LIC.

Por último es de destacar y agradecer el celo profesional que ha tenido el personal de la Casa del Sabinar de Muriel de la Fuente en la lectura de la escala limnimétrica instalada en el río Abión.

2.- OBJETIVOS. TRABAJOS REALIZADOS

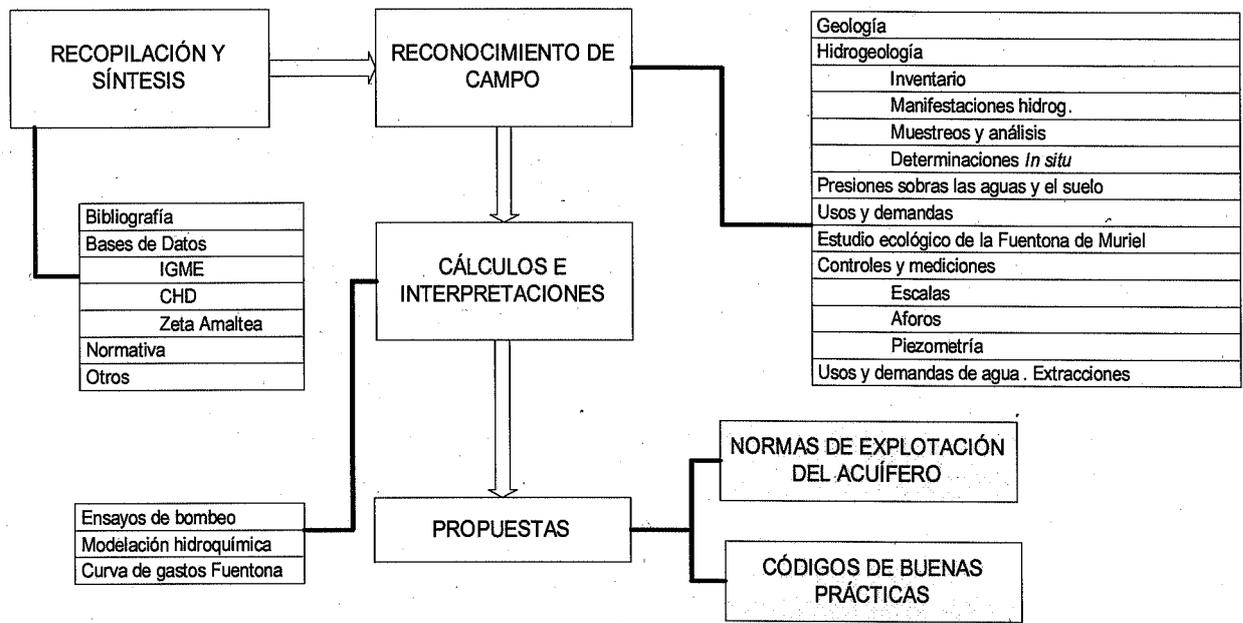
El objeto del presente trabajo es la realización de un estudio hidrogeológico que sirva de fundamento para la redacción de una propuesta de normas de explotación del acuífero de la sierra de Cabrejas, de cara a evitar las posibles afecciones que la explotación del mismo pudiera tener sobre los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas, fundamentalmente La Fuentona de Muriel de la Fuente o el río Abión. Además, como objetivo solidario, se elabora una propuesta de usos del suelo que contribuya a la preservación del estado ecológico de dichos ecosistemas, de la calidad el agua y del uso sostenible del agua.

Para ello se han realizado los trabajos que se describen a continuación y que se esquematizan en la figura adjunta:

- Análisis de la normativa que afecta a la conservación de los LIC y figuras de protección y limitación de los usos del suelo y agua.
- Recopilación y análisis de la información geológica, hidrogeológica, ambiental y cartográfica disponible
- Reconocimiento de las instalaciones de la Finca *Los Quejigares*
- Inventario de presiones antrópicas sobre el suelo y el agua
- Inventario de puntos de agua
- Reconocimiento y caracterización en campo de las captaciones de agua subterránea, drenajes importantes y puntos de las redes oficiales de control piezométrico
- Actualización de los usos y demandas de agua
- Toma de muestras y análisis químicos de las principales descargas subterráneas
- Redacción de una propuesta de normas para la explotación del acuífero y de buenas prácticas en el uso del suelo
- Elaboración de un folleto divulgativo sobre el acuífero de la sierra de Cabrejas

El marco general de este estudio hidrogeológico es la ordenación territorial del LIC, con el objeto de contribuir al desarrollo sostenible de esta comarca soriana, de gran valor ambiental y paisajístico, pero afectada de una progresiva despoblación que dificulta la adecuada gestión del territorio.

El marco específico es la normativa de aguas y la ambiental relacionada, que marca las pautas a seguir y los límites en las actuaciones. En el capítulo siguiente se analizan las normativas concurrentes en la gestión del territorio, del medio ambiente y de las aguas.



3.- ASPECTOS NORMATIVOS

3.1.- CONSIDERACIONES GENERALES

Dado que el objetivo final de este trabajo es la redacción de una propuesta de normas de explotación del acuífero de la Sierra de Cabrejas, es preciso conocer los fundamentos normativos que regulan los derechos de aprovechamiento de los recursos hídricos y la protección de los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados por un lado, y las leyes normas de carácter ambiental que regulan y protegen el territorio del LIC de los Sabinas de la Sierra de Cabrejas.

La organización territorial descentralizada característica del Estado español configura un sistema de distribución de competencias entre el Estado y las Comunidades Autónomas, que permite que se ostenten competencias de distinto rango sobre diferentes materias. Dicho sistema aparece recogido por la Constitución española de 1978, en adelante CE, concretamente en sus artículos 148 y 149.

En este sentido, por lo que respecta a los espacios naturales, el Estado ostenta la competencia exclusiva para dictar la legislación básica sobre protección del Medio Ambiente, donde se incluyen los espacios naturales. No obstante, también se prevé la posibilidad de que las Comunidades Autónomas establezcan normas adicionales de protección.

En materia de aguas es el Estado el que ostenta competencias exclusivas sobre legislación, ordenación y concesión de recursos y aprovechamientos hidráulicos cuando las aguas discurren por más de una Comunidad Autónoma, entre otras (Art. 149.22 de la CE). Por su parte, las Comunidades Autónomas, a través de sus Estatutos de Autonomía, asumen determinadas competencias: pesca, agricultura, urbanismo, espacios naturales, etc.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que, a pesar de que las competencias estén perfectamente atribuidas a cada Administración, en muchas ocasiones sobre una misma materia concurren diferentes competencias. Así, por ejemplo, en materia de aguas la concurrencia de competencias estatales y autonómicas es una realidad indiscutible. Las aguas constituyen el soporte físico de una pluralidad de actividades sobre las que, tanto el Estado como las Comunidades Autónomas, ostentan competencias sectoriales, de conformidad con ese reparto constitucional, y que para evitar posibles conflictos, deberían ejercerse de manera coordinada.

Esta necesidad de coordinación entre Administraciones públicas se puede ver en el caso de La Fuentona, en la Comunidad Autónoma de Castilla y León, una de las surgencias cársticas más profundas de la Península Ibérica, en la que nace el río Abión, declarada Monumento Natural en 1998. Este espacio natural alberga un acuífero cárstico, muy vulnerable a la contaminación derivada de las actividades que se desarrollen en el suelo, y de muy irregular

respuesta a las perturbaciones que le afecten¹. Por tanto es necesario limitar, mediante restricciones, los usos del agua y del suelo, para cumplir con la obligada preservación de los valores naturales y paisajísticos del espacio protegido. Las normas de explotación del acuífero son, como se verá más adelante, el instrumento adecuado para regular los usos del agua; en cuanto a los usos del suelo, a pesar de que la legislación sobre aguas establece una protección genérica, los instrumentos derivados de la normativa ambiental son más eficientes y próximos a la gestión del territorio.

La vocación de preservar los valores naturales se recoge en nuestra Constitución de 1978, en cuyo Artículo 45.2 se expresa que: "Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de la vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva".

En relación con la planificación hidrológica y la conservación ambiental, la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios naturales y de la flora y fauna silvestres, en sus Disposiciones generales establece que:

3. "La planificación hidrológica deberá prever en cada cuenca hidrográfica las necesidades y requisitos para la conservación y restauración de los espacios naturales en ella existentes, y en particular de las zonas húmedas".

Por otro lado, la Ley 8/1991, de 10 de mayo, de Espacios Naturales de la Comunidad de Castilla y León dice en su Artículo 36.1 que "Se consideran usos o actividades autorizables todos aquellos sometidos a autorización, licencia o concesión que afecten al suelo no urbanizable del ámbito territorial del espacio natural y de su zona de protección, no contemplados en los artículos de usos permitidos y prohibidos".

El Artículo 37.1 de esta misma ley establece que "Las Administraciones competentes por razón de la materia, previamente a la resolución de cualquier expediente que requiera autorización de la Consejería conforme a lo establecido en el artículo 36 de esta Ley, remitirán la documentación pertinente a dicha Consejería, que evacuará informe vinculante en el plazo de tres meses, quedando durante este tiempo en suspenso los plazos establecidos para la resolución del citado expediente. El silencio administrativo por parte de la Consejería se entenderá positivo, salvo que esta recabe información complementaria, en cuyo caso se reiniciará el plazo de tres meses a partir de la recepción de dicha información".

Por último, de manera más específica se encuentra el Decreto 142/1998, de 16 de julio, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de La Fuentona (Soria), y la Declaración de La Fuentona Monumento Natural (Decreto 238/1998 del 12 de noviembre y publicada el 16 de noviembre de 1998 en el Boletín Oficial de Castilla y León nº 220).

¹ Estos aspectos se desarrollan con mayor detalle a lo largo del estudio y se pueden simplificar en, que debido a la existencia de grandes conductos cársticos, explorados por espeleólogos subacuáticos, cualquier contaminante o cualquier extracción de agua en ellos, tiene una respuesta inmediata en el caudal surgente. Por el contrario, en zonas alejadas de estos conductos las perturbaciones, en caso de afectar lo hacen de manera muy amortiguada, diferida en el tiempo.

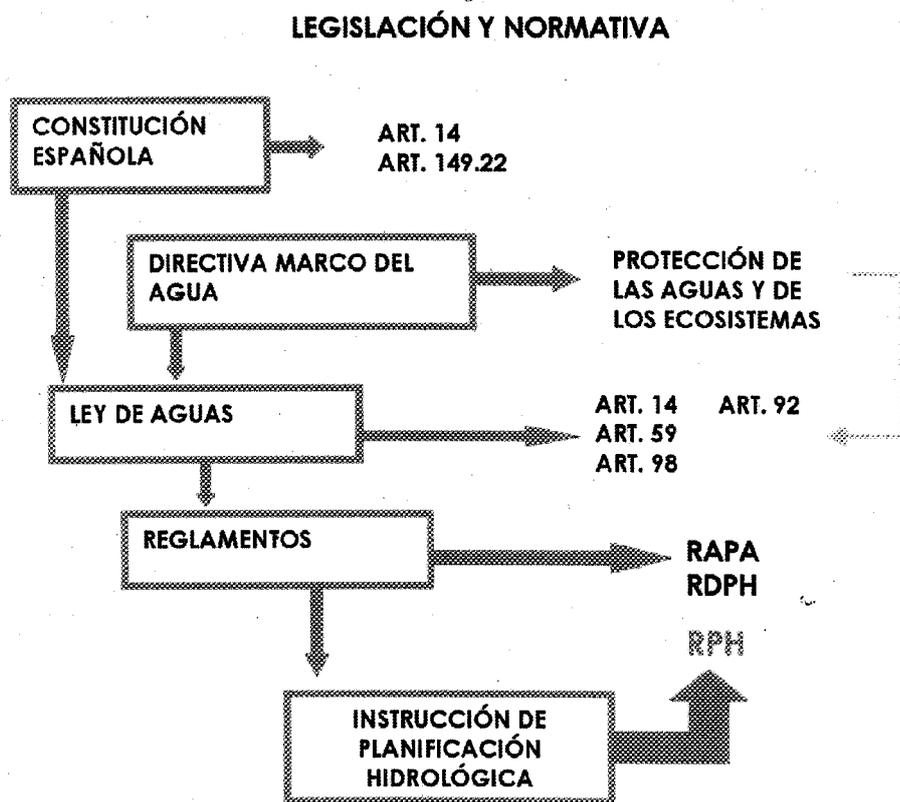
3.2.- NORMATIVA DE AGUAS

Actualmente, el marco jurídico de la Política de aguas en los Estados miembros de la Unión Europea está conformado por una serie de medidas que se derivan, por un lado, de la legislación comunitaria y, por otro, de las respectivas legislaciones nacionales.

En este sentido, la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, conocida como la Directiva Marco de Aguas (en adelante DMA), se constituye como la norma cabecera del derecho comunitario de aguas, cuyo objeto es establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas, con el fin de prevenir y reducir su contaminación, fomentar su uso sostenible, proteger el medio acuático, mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos y paliar los efectos de las inundaciones y las sequías.

En la legislación española, es la Constitución española de 1978, (en adelante CE) la que en sus artículos 148 y 149 establece los criterios para la distribución competencial en materia de aguas entre el Estado y las Comunidades Autónomas.

El esquema normativo simplificado sobre el que se desarrolla este apartado se recoge en la figura siguiente:



La entrada en vigor en 2003 de la DMA introduce importantes modificaciones en la nueva legislación española en materia de aguas, particularmente en lo concerniente a los objetivos ambientales como elemento indispensable en la sostenibilidad de los usos del agua.

La Ley de Aguas, dispone en su Artículo 14. 3 la *"Compatibilidad de la gestión pública del agua con la ordenación del territorio, la conservación y protección del medio ambiente y la restauración de la naturaleza"*. En el Artículo 59. 2 dice que: *"Las concesiones se otorgarán teniendo en cuenta la explotación racional conjunta de los recursos superficiales y subterráneos, sin que el título concesional garantice la disponibilidad de los caudales concedidos"*. Por otro lado, en el Artículo 98 dispone que: *"Los Organismos de cuenca, en las concesiones y autorizaciones que otorguen, adoptarán las medidas necesarias para hacer compatible el aprovechamiento con el respeto del medio ambiente y garantizar los caudales ecológicos o demandas ambientales previstas en la planificación hidrológica"*.

La Ley de aguas se desarrolla a través de tres Reglamentos, uno de los cuales, el de Planificación hidrológica², en adelante RPH, es el que regula la elaboración de los planes hidrológicos en los que se deberán establecer las directrices para la protección de acuíferos.

Así, en el Artículo 4, donde se define el contenido obligatorio de los planes hidrológicos de cuenca se dice que *"Los planes hidrológicos de cuenca comprenderán obligatoriamente: [...]*
c) *La identificación y mapas de las zonas protegidas [...]* k') *Las directrices para recarga y protección de acuíferos.*

Es en el Artículo 54 donde se definen las Directrices para la protección de acuíferos. Así, en el apartado 4 dice que *"El plan hidrológico establecerá para cada masa de agua subterránea, en la medida que se requiera, normas para el otorgamiento de concesiones, referidas al*

- *caudal máximo instantáneo por captación,*
- *distancias entre aprovechamientos,*
- *profundidades de perforación y de instalación de bombas,*
- *sellado de pozos abandonados o en desuso,*
- *así como las condiciones que deben reunir las concesiones para que sean consideradas de escasa importancia.*

Para evitar que en cada demarcación hidrográfica de las cuencas intercomunitarias se interpreten estas cuestiones de manera diferente, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino ha desarrollado la Instrucción de Planificación Hidrológica³, cuyo objeto es el *"establecimiento de criterios técnicos para la homogeneización y sistematización de los trabajos de elaboración de los planes hidrológicos de cuenca, conforme a lo establecido en el artículo 82 del Reglamento de la Planificación Hidrológica"* (Art, 1.1)

² Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica

³ Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.

Estos criterios técnicos son los que se han seguido en la redacción de la propuesta de redacción de las normas de explotación del acuífero de la Sierra de Cabrejas que se exponen en este informe.

4.- DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO

El LIC de los Sabinas de la sierra de Cabrejas representa el gran bosque de sabinas albares (*Juniperus thurifera*) que tapizan los páramos calizos de la parte meridional de dicha sierra: El peculiar paisaje que hoy se observa es fruto de la interacción de un sustrato geológico carbonatado, constituido por un sistema cárstico que drena subterráneamente las lluvias de forma puntual en los manantiales de La Fuentona de Muriel y Fuentetoba, y un clima continental extremo, que ha dado lugar a unas condiciones edáficas que han propiciado – junto a la actividad ganadera extensiva – el desarrollo y conservación de este bosque.

4.1.- SITUACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El LIC se localiza en la parte noroeste de la provincia de Soria. Limita al norte por el río Duero y la vega del Cintora que separan la sierra de Cabrejas de los Picos de Urbión y la sierra Cebollera, y al sur por las sierras de San Marcos, Hinodejo, Costalgo y San Cristóbal tras las cuales se localiza la cuenca del Almazán.

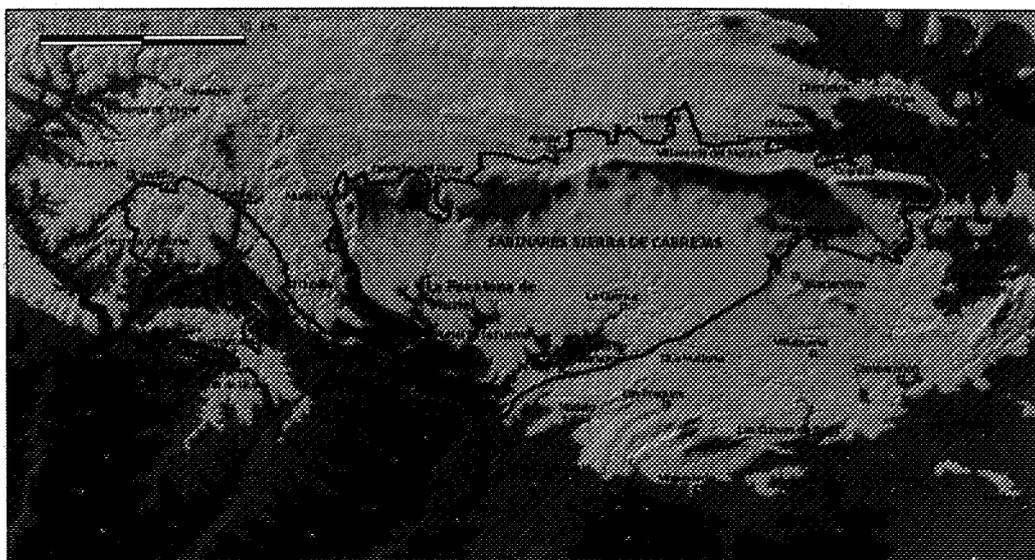


Figura 1: Mapa de ubicación del LIC de los Sabinas de la sierra de Cabrejas.

Este LIC posee una superficie de 312 km² repartidos entre los municipios de Abejar, Blacos, Cabrejas del Pinar, Calatañazor, Cidones, Cubilla, Golmayo, Herrera de Soria, Muriel de la Fuente, Muriel Viejo, Soria, Talveila, Torreblacos, Uceró, Vadillo, Valdemaluque y Villaciervos.

Gran parte de su extensión se localiza sobre la sierra de Cabrejas, una gran altiplanicie de dirección este-oeste que alcanza alturas de entre 1.000 y 1.400 m.s.n.m. Se caracteriza por la formación de uno de los acuíferos carbonatados más relevantes de Soria, el acuífero carbonatado de Cabrejas, y porque en él se desarrolla una de las mejores representaciones de sabinar de páramo (*Juniperus thurifera*) de toda la Península Ibérica.

La vertiente sur pertenece a la cuenca del río Ucero Chico, afluente por la margen derecha del Duero y la norte, al Duero. Su red de drenaje se encuentra poco desarrollada constituida por pequeños ríos y arroyos muchos de los cuales permanecen secos la mayor parte del año. Destacan los ríos Abión, Abioncillo de Muriel, Muriel Viejo y Ucero Chico en el sector occidental y Pedrajas, Golmayo, Mazos e Iziana en el oriental, afluentes directos del Duero.

4.2.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

En este epígrafe se hace una síntesis de las características geológicas de la zona de estudio, que se pueden ampliar en la Tesis doctoral de J.J. Pérez y en los mapas geológicos del IGME.

La zona de estudio se encuadra en el sector noroccidental de la Cadena Ibérica, en la denominada sierra de Cameros-Soria, limitada al sur por la cuenca terciaria de Almazán. Este macizo montañoso se compone de materiales que abarcan desde el paleozoico, que aflora en la sierra de la Demanda hasta el cuaternario. Posee un importante y característico paquete de edad Jurásico superior-Cretácico inferior, las denominadas facies Purbeck-Weald, que constituyen el relleno de una gran cuenca muy subsidente que favoreció la acumulación de grandes espesores de sedimentos. Durante la orogenia Alpina todos estos materiales fueron plegados y fracturados con una directriz preferente NO-SE.

4.2.1 LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

Los materiales más antiguos se encuentran al noroeste de la sierra, al norte de la localidad de Cubilla y al sur, en las inmediaciones de Las Fraguas. Se compone de calizas, calizas arcillosas y margas del Jurásico. Sobre estos, se sitúan las denominadas facies Purbeck-Weald, constituidas por conglomerados, areniscas, lutitas y calizas, con potencias muy variables que aumentan hacia el norte.

El Cretácico inferior continúa con las arenas de Utrillas. Esta formación presenta espesores muy variables que van desde 1.000 m en la parte noroeste hasta 200 m al sur. Son materiales terrígenos compuestos por areniscas poco consolidadas, arenas y arcillas. Afloran en las estribaciones de la sierra y en el anticlinal de La Cuenca. Sobre ellos se asientan buena parte de las localidades, Villaciervos, Fuentetoba, Villaverde del Monte, Ocenilla o Abejar, entre otras.

Sobre las arenas de Utrillas se sitúa el Cretácico superior marino, constituido por dos tramos, uno inferior, de calizas, margas y calcarenitas con alrededor de 200 m de potencia y otro superior, de calizas, margas, calcarenitas, dolomías y arenas, de entre 180 y 250 m de espesor.

En algunos de los núcleos sinclinales, en las localidades de Aldehuela de Calatañazor y la Mallona, aparecen sedimentos paleógenos plegados y discordantes formados por conglomerados y margas rojas.

Finalmente los sedimentos cuaternarios son poco extensos y están formados por coluviones y fondos aluviales de ríos y barrancos, se componen de cantos, gravas, arenas, limos y arcillas.

4.2.2 ESTRUCTURA

La sierra de Cabrejas está formada por un sinclinal de materiales del Cretácico de relieve tabular, basculado hacia el sur, cuyo borde meridional se encuentra cabalgando sobre el Terciario de la cuenca del Almazán.

Todos estos materiales se encuentran afectados por la tectónica alpina y forman pliegues suaves, de componente E-O, salvo en los bordes este y oeste, donde aumenta la fracturación y aumenta la intensidad de plegamiento con una alineación principal NO-SE.

Las estructuras más relevantes son el sinclinal de la aldehuela de Calatañazor, el de la sierra de Cabrejas y el anticlinal de La Cuenca. Estas dos últimas estructuras se encuentran ligeramente desplazadas por una falla normal de dirección NO-SE, la falla de Ocenilla-Cueva Pachón. Hacia el sur, en el entorno de Cuevas de Soria, una gran falla inversa de vergencia sur dispone los materiales cretácicos sobre los detríticos terciarios de la cubeta de Almazán.

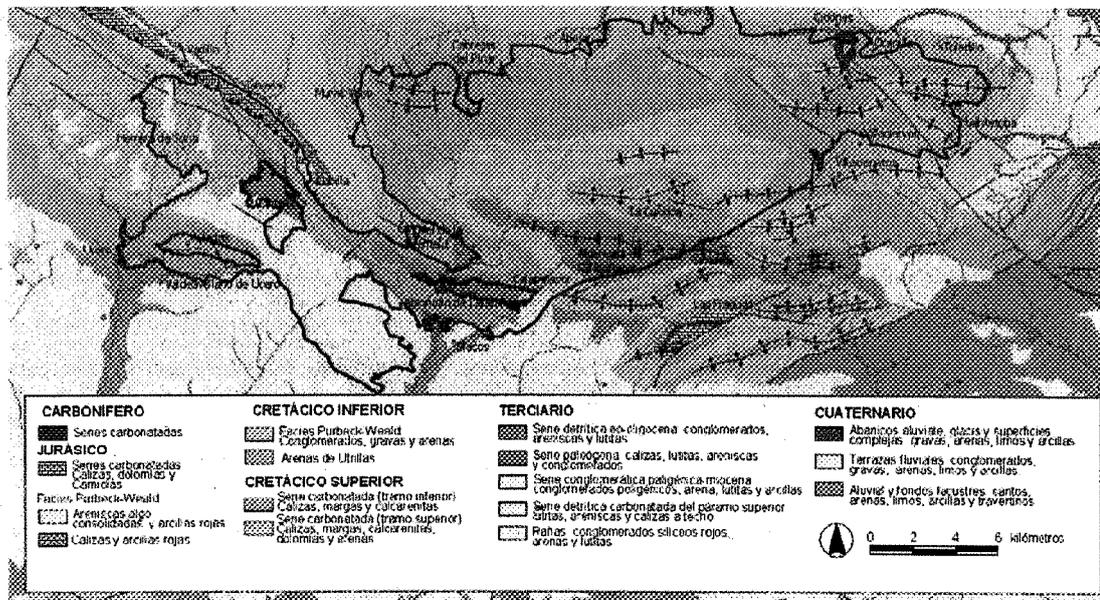


Figura 2 Mapa geológico de la zona de estudio. Fuente: Mapa geológico- IGME (Escala 1:200.000)

4.2.3 GEOMORFOLOGÍA

Son varios los factores que conforman la geomorfología de la zona de estudio, principalmente corresponden a la composición litológica y a la forma en la que los distintos elementos atmosféricos actúan. Incluye las alteraciones físicas y químicas, junto con la tectónica que actuó sobre la Ibérica durante la orogenia alpina.

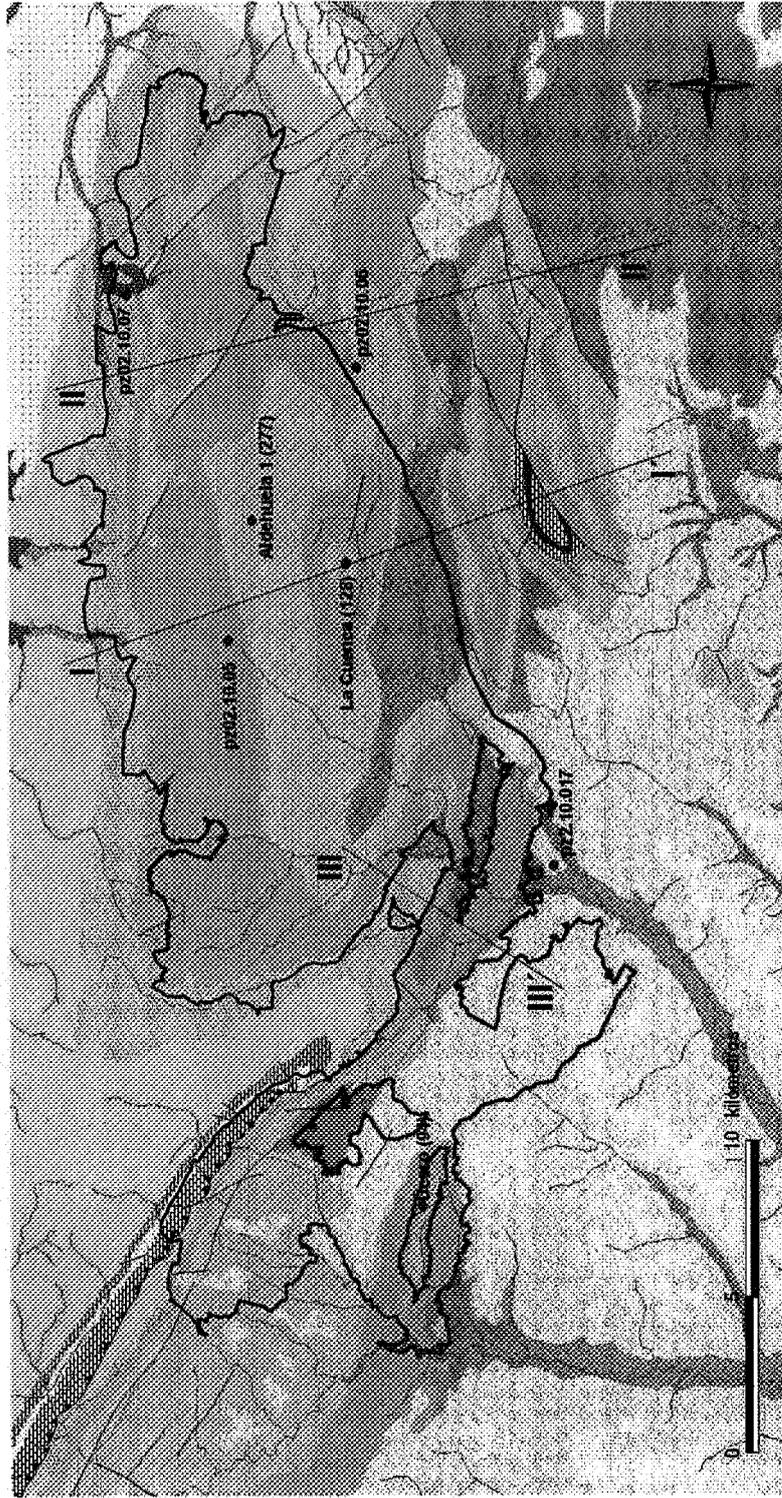
Las series carbonatadas del Cretácico superior constituyen el principal relieve, la sierra de Cabrejas. Los materiales más blandos del Weald configuran los principales áreas de valle. Al norte de la sierra, sobre las arenas de Utrillas, se encuentra el valle del Pedrajas, y al oeste la cabecera del río Muriel.

El relieve de la sierra de Cabrejas forma una gran altiplanicie cuyas máximas alturas se sitúan en el extremo norte, alcanzando cotas de más de 1.400 m s.n.m. en los picos Peñón o Sillado. Esta gran altiplanicie se encuentra ligeramente basculada hacia el sur, articulada según dos importantes superficies de erosión (Sanz 2001); una de pendientes suaves con rampas bien definidas, situada entre los 1.100 y 1.200 m.s.n.m. y otra segunda más al norte, que forma un replano superior constituido por los materiales más antiguos de las elevaciones periféricas del borde norte desde el pico Frentes hasta Abejar, con un desnivel de 150-200 m sobre el valle del río Pedrajas.

Otras formas de relieve corresponden al anticlinal de La Cuenca, el de Villaciervos, el de Fuentetoba o el sinclinal del Pico Frentes, entre otros. Algunos de estos pliegues, principalmente los anticlinales, han sido progresivamente desmantelados de modo que permiten el afloramiento de los materiales más antiguos y más deleznable del Cretácico inferior lo que ha dado lugar a pequeñas depresiones como la situada en la localidad de La Cuenca.

Sobre los materiales carbonatados de la sierra de Cabrejas, la acción de los procesos de alteración y carstificación de las rocas, producto de la disolución del carbonato, ha desempeñado un papel importante sobre el modelado del relieve. Estos procesos se encuentran favorecidos por el tiempo de exposición de estos materiales a los procesos de erosión y por la morfología y estructura de la sierra. La ausencia de grandes desniveles sobre las superficies de erosión y la alta permeabilidad del medio no facilita el desarrollo de redes de drenaje muy jerarquizadas. La infiltración de las precipitaciones de forma difusa ha generando un epikars muy extenso que presenta un mayor desarrollo en el zona norte de la sierra, sobre los materiales más antiguos. Por otro lado la zona sur no ha sufrido variaciones sustanciales del relieve. En esta zona el nivel de base se ha mantenido relativamente constante, lo que ha propiciado una dirección de flujo hacia el borde meridional de la Sierra más o menos estable y, con ello, el desarrollo de una carstificación interna muy desarrollada, bien jerarquizada y dirigida hacia las zonas de desagüe principal: La Fuentona y el manantial de La Toba.,

Dentro de las formas características de los procesos de carstificación en superficie podemos encontrar *dolinas* o *poljes*, que constituyen depresiones rellenas de *terra rossa* (residuo arcilloso rojo producto de la disolución de las calizas). También se desarrollan cañones como el que configura el río Abioncillo desde su nacimiento hasta la localidad de Muriel de la Fuente. En estas zonas la red de drenaje se ha ido encajando sobre los materiales carbonatados hasta formar un valle cerrado con paredes casi verticales y un corredor ribereño muy estrecho. En otras zonas la rápida infiltración de las precipitaciones no permite el encajamiento de la red formando pequeños valles secos. También son característicos los anfiteatros cársticos como el de la Fuentona o el de las Tres Fuentes.



LEYENDA

CARBONIFERO	CRETACICO INFERIOR	TERCIARIO	CUATERNARIO
Serie carbonatadas	Facies Purbeck-Weald: Conglomerados, gravas y arenas	Serie detrítica eo-oligocena: conglomerados, areniscas y lutitas	Albanes aluvial, glacis y superficies complejas: gravas, arenas, limos y arcillas
JURASICO	Arenas de Utrillas	Serie paleogena: calizas, lutitas, areniscas y conglomerados	Terrazas fluviales: conglomerados, gravas, arenas, limos y arcillas.
Series carbonatadas: Calizas, dolomías y Carniolas	CRETACICO SUPERIOR	Serie conglomerática paleogena-miocena: conglomerados poligénicos, arena, lutitas y arcillas	Aluvial y fondos lacustres: cantos, arenas, limos, arcillas y travertinos
Facies Purbeck-Weald: Areniscas algo consolidadas y arcillas rojas	Serie carbonatada (tramo inferior): Calizas, margas y calcarenitas	Serie detrítica carbonatada del páramo superior: lutitas, areniscas y calizas a techo	LIC: Sabinarés de la Sierra de Cobrejas
Calizas y areniscas rojas	Serie carbonatada (tramo superior): Calizas, margas, calcarenitas, dolomías y arenas	Raías: conglomerados silíceos rojos, arenas y lutitas	● Sondajes de investigación

Figura 3: Mapa litostratigráfico de la zona de estudio. Ubicación de los sondeos de investigación y control piezométrico. Fuente: Mapa geológico-IGME (Escala 1:200.000)

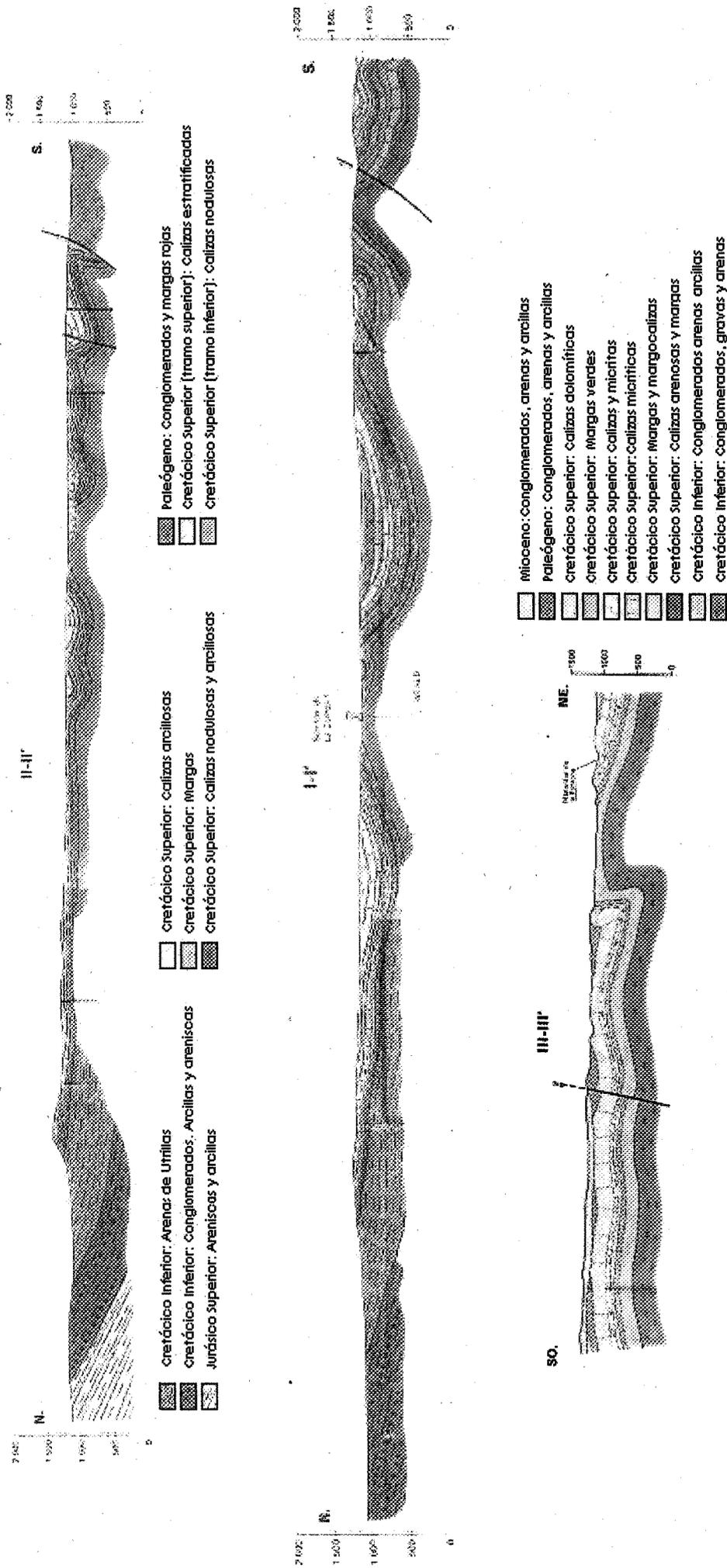


Figura 4: Cortes Geológicos de la zona de estudio.
Fuente: Mapa Geológico de España- IGME. Hojas nº 348 San Leonardo de Yagüe 1981 y 349 Cobrejas del Pinar 1980.

4.3.- EL CICLO DEL AGUA EN EL LIC DE LOS SABINARES DE LA SIERRA DE CABREJAS

De forma simplificada, y considerando sólo su parte terrestre, el ciclo del agua en la sierra de Cabrejas comienza con las precipitaciones que, tanto en forma de lluvia como de nieve, caen sobre su superficie. Debido a la elevada permeabilidad del sustrato geológico, el agua de lluvia empapa el terreno y se infiltra para circular subterráneamente, en sentido vertical, hasta alcanzar el nivel freático del acuífero de la sierra de Cabrejas. Una pequeña fracción de las lluvias produce encharcamientos o es retenida por la vegetación, y es devuelta a la atmósfera por evaporación.

En algunos aguaceros, especialmente intensos y prolongados, el agua circula por la poco desarrollada red de drenaje superficial, formada por cauces efímeros en mayor o menor grado, entre los que destaca por su mayor continuidad el Arroyo de Cabrejas o de la Hoz que en ocasiones desagua por la Cascada Chorro de Espeñalagua en las proximidades del manantial de La Fuentona. Dada la elevada permeabilidad del terreno, en los episodios normales de lluvia, el recorrido superficial es muy breve y se infiltra en los sumideros

El agua infiltrada en el acuífero, y una vez alcanzado el nivel freático, se desplaza en sentido horizontal a través de grietas, fisuras y cavidades que los procesos de carstificación han ido formando en las rocas.

El agua de lluvia tiene un contenido en CO_2 (gas) equilibrado con la atmósfera. Una vez infiltrada en el suelo, se carga en CO_2 que es liberado en los procesos biológicos que tienen lugar en las capas edáficas, adquiriendo un mayor acidez y agresividad para disolver carbonatos. De esta manera va disolviendo la roca a partir de pequeñas fisuras, fracturas, diaclasas, etc., agrandando los conductos hasta llegar a formar grandes cuevas y en algunos casos auténticos ríos subterráneos. Los ejemplos más llamativos se encuentran en La Fuentona de Muriel, con un espectacular desarrollo cárstico de grandes cavidades internas (salas), galerías, sifones, etc., la Cueva de La Toba o la de Covaloría y Maifrades, entre otros.

Cuando el agua vuelve a entrar en contacto con la atmósfera, en manantiales o en grandes cavidades subterráneas, parte del CO_2 disuelto es liberado para equilibrar su concentración con el CO_2 atmosférico, lo que la lleva a una situación de sobresaturación en los carbonatos disueltos y, por lo tanto, a una precipitación de estos. Un buen ejemplo son los depósitos de carbonato (tobas) presentes en el manantial de La Toba en Fuentetoba, o también en los manantiales de la Cueva de la Mora, Fuente Aralejo o del Chorrón.

4.4.- ECOSISTEMAS ASOCIADOS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Dentro del LIC de los Sabinares de la Sierra de Cabrejas, y asociados a las aguas subterráneas, existen varios ecosistemas, la mayor parte de ellos generados a partir de los drenajes de los acuíferos presentes en el LIC. Estos ecosistemas son el nacedero de Fuentetoba, la Fuentona de Muriel, los ríos que se forman a partir de éstos (Golmayo y Abión), el río Izana, Cueva Pachón los pastizales de siega de la zona norte, los ojos de Blacos y Torreblacos en los ríos Milanos y Avión, manantial de Covaloría y otras manifestaciones hidrogeológicas repartidas por el territorio.

Todos ellos son la consecuencia de las características climáticas y geológicas que hacen que, debido a la permeabilidad del terreno, apenas existe red de drenaje superficial.

Recientemente, dentro de los trabajos destinados a la planificación del LIC de la Sierra de Cabrejas, se ha llevado a cabo el estudio, "Propuesta del Plan de Gestión del Lugar de Importancia Comunitaria de los Sabinares de la Sierra de Cabrejas" (DIEZ, A. Y Molina, C. 2008). En él se incorpora de forma detallada un inventario de la flora y vegetación que se desarrolla dentro del LIC.

Las principales comunidades dependientes de los flujos subterráneos que se describen son las siguientes:

- Pastizales lastonares basófilos. Son herbezales basófilos desarrollados en enclaves donde el nivel freático se encuentra a poca profundidad, generalmente en márgenes de arroyos y humedades en zonas de umbría.
- Rebollares húmedos (*Quercus Fagetea*, *Quercetalia roboris*, *Quercion pyrenaicae*, *Quercion pyrenaicae*). Se localizan en la vertiente norte de la sierra de Cabrejas, único enclave dentro del LIC, sobre las series silíceas, en la zona de contacto de las margas con el acuífero carbonatado de la sierra de Cabrejas
- Quejigares húmedos (*Quercus-Fagetea*, *Quercetalia pubescentes*, *Aceri granatensis-Quercion faginae*) pertenecientes a la serie supramediterránea Castellano-Cantábrica y Riojana Estellesa. Estos quejigares ocupan los afloramientos calizos en las zonas de contacto con materiales silíceos donde se asientan los rebollares húmedos. En esta zona se encuentra el límite de sus exigencias de ombroclima por lo que busca enclaves con mayor humedad por compensación edáfica, en lugares donde el tipo de suelo, su estructura edáfica y la topografía favorecen la retención de agua que en este caso, procede de las descargas del acuífero de la sierra de Cabrejas. Estas condiciones se desarrollan de forma residual en las zonas umbrías de la sierra, en el área de conexión de las series carbonatadas con las áreas silíceas del norte.
- Orlas herbáceas y pastizales mesófilos asociados a los quejigares frescos, ricos en orquídeas y especies finícolas, algunas de gran valor biogeográfico. Se localizan entre los rebollares y quejigares húmedos al norte de la sierra de Cabrejas. Estas formaciones vegetales se desarrollan sobre las series silíceas de las arenas de Utilas, alimentadas por las descargas del acuífero de la sierra de Cabrejas, en la zona de

contacto entre las series carbonatadas del Cretácico superior y los niveles margosos de baja permeabilidad. Dentro de esta comunidad, podemos encontrar herbazales mesófilos básicos – neutros localizados en los claros de los quejigares húmedos bien drenados y nutridos, y pastizales calcícolas submesófilos localizados en la vertiente norte de la sierra de Cabrejas, en la zona de conexión de los sabinars con los quejigares húmedos.

- Riberas y ecosistemas acuáticos: compuestas por estrechas franjas de formaciones arbóreas y herbáceas riparias y vegetación acuática y anfibia. Son ambientes cuyos hábitats o diferentes comunidades vegetales se encuentran estructurados en franjas estrechas paralelos al curso del río: Comunidades flotantes de lentejas de agua (*Lemnion minoris*), comunidades batráquidos (*Ranunculus penicillatus* o *Ranunculus peltatus*), comunidades de nenúfares (*Nymphaeetum albolutae*), carrizales (*Typho angustifoliae-Phragmitetum australis*), comunidades helofíticas de aguas medianamente profundas (*Glycerio-Sparganion*), comunidades helofíticas de aguas superficiales remansadas (*Rorippion nasturtii-aquatici*), formaciones de carices riparios (*Caricetum acutiformis*), saucedas arbustivas (*Salicetum discoloro-angustifoliae*), Saucedas arbustivas silícícolas (*salicetum salviifoliae*), bosques de ribera (*Populion albae*), orlas arbustivas espinosas de saucedas o choperas (*Pruna-Rubion ulmifolii*) y lastonares basófilos (*Brachypodium phoenicoidis* o *Brachypodium rupestre*).

5.- PRESIONES ANTRÓPICAS SOBRE EL SUELO Y EL AGUA

La Directiva Marco del Agua (DMA) establece en su Artículo 5 que hay que realizar un estudio de las repercusiones de la actividad humana en el estado de las masas de agua superficial y subterránea.

La metodología a seguir consiste en estudiar las presiones que se ejercen sobre el medio y los impactos que ocasionan en él. Se entiende por presiones todas aquellas actividades humanas que pueden producir alteraciones sobre el medio ambiente. El término de impacto introduce el efecto comprobado de una presión sobre el medio ambiente, y sirve como indicador en la evaluación de la contaminación.

En los siguiente apartado se describen todas las presiones cualitativas que se han identificado gracias a diversas campañas de campo y de recopilación de información en el LIC de los Sabinares de la Sierra de Cabrejas. Las presiones cuantitativas se describen más adelante en el apartado de los usos y demanda de agua.

Los impactos sobre la calidad del agua subterránea en esta zona incluyen la posible contaminación por nitratos debido a las presiones agrícolas o urbanas que inhabilitan su explotación para ciertos usos como son el abastecimiento urbano. Las extracciones de agua suponen también una alteración del régimen natural cuyo impacto más probable es la disminución de los caudales de descarga natural.

5.1.- PRESIONES PUNTUALES Y DIFUSAS

Para la identificación de las presiones puntuales y difusas se han utilizado varias bases de datos, entre las que se encuentran la información recogida en el sistema de información Datagua (Confederación Hidrográfica del Duero), junto con la información recopilada para la realización del análisis de presiones e impactos dentro de la demarcación hidrográfica de la cuenca del Duero (Artículo 5, Directiva Marco del Agua). También se ha recogido información aportada por la Asociación Tierras Sorianas del Cid, dentro de los trabajos destinados a la planificación del LIC de los Sabinares de la Sierra de Cabrejas.

Toda esta información se ha completado gracias al trabajo "Análisis de las presiones e impactos derivados de la actividad humana en los Sabinares de la Sierra de Cabrejas" que se localiza en el Anejo 8. En este trabajo se realizó una identificación a partir de foto aérea de las distintas presiones cualitativas a las que se encuentran sometidas las aguas subterráneas y superficiales del LIC de los Sabinares de la Sierra de Cabrejas, junto con varias campañas de campo en las cuales se completó dicha información con la realización de una cartografía más detallada, identificación in situ de las principales presiones observadas y documentación fotográfica.

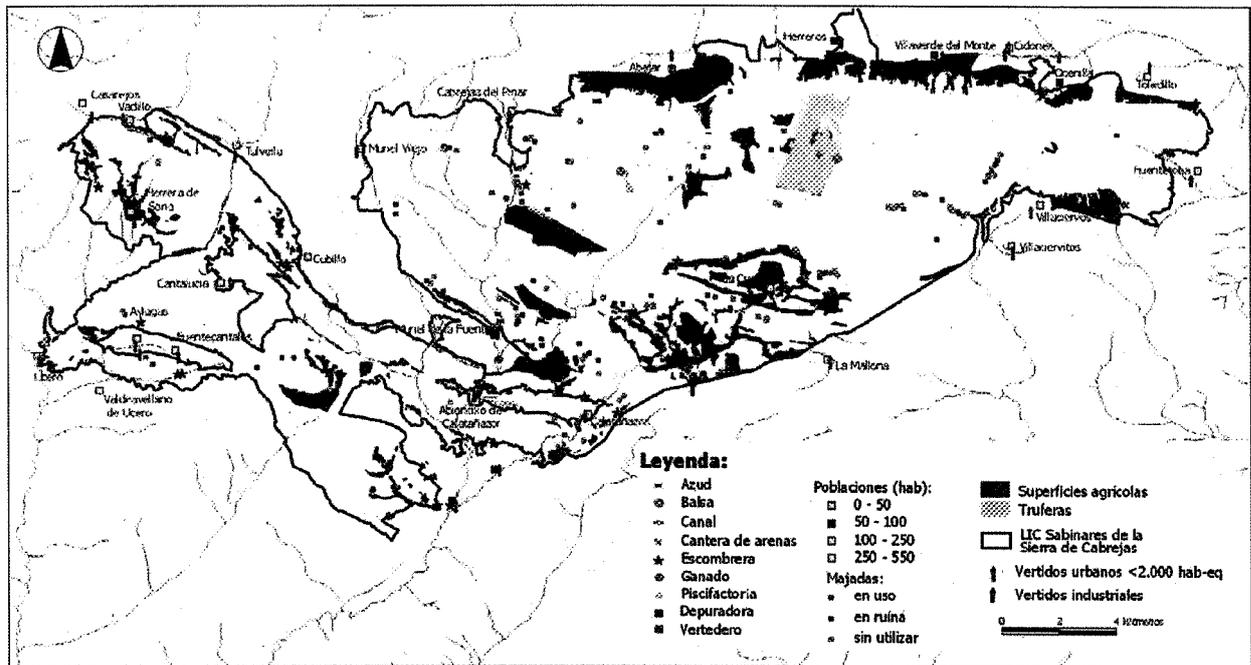


Figura 5: Mapa de presiones sobre la calidad de las aguas subterráneas

A partir de estos trabajos se puede concluir que las principales presiones puntuales a las que se encuentra sometido el acuífero carbonatado de la sierra de Cabejas, corresponde a los vertidos urbanos localizados en los cauces que atraviesa la sierra dado su carácter influente, no habiéndose localizado ningún otro tipo de vertido (las piscifactorías están inactivas). También se han localizado varios vertederos todos ellos de materiales inertes y varias granjas.

Las presiones difusas se limitan a las superficies de cultivo fundamentalmente de secano cuyo abonado supone una importante fuente de aporte de compuestos nitrogenados y productos fitosanitarios. Las zonas de mayor afección se localizan sobre la superficie de recarga del acuífero carbonatado.

	LIC	Sierra de Cabejas ⁴
Superficies agrícolas	2.650 ha	564 ha
Encinas micorrizadas	525 ha	620 ha

Superficies agrícolas del LIC de los Sabinas de la sierra de Cabejas.

También se localizan algunas alteraciones morfológicas del cauce como son el azud de derivación de la piscifactoría de Muriel de la Fuente.

⁴ Superficies agrícolas sobre los afloramientos carbonatados de la sierra de Cabejas. Las superficies agrícolas no incluyen las explotaciones de encinas micorrizadas.

No obstante todas estas presiones no deterioran la calidad química del acuífero como se recoge en los resultados de las redes de control y los estudio ecológicos en los cuales no se observa contenidos en nitratos relevantes ni afecciones sobre la calidad ecológica del río Abioncillo.

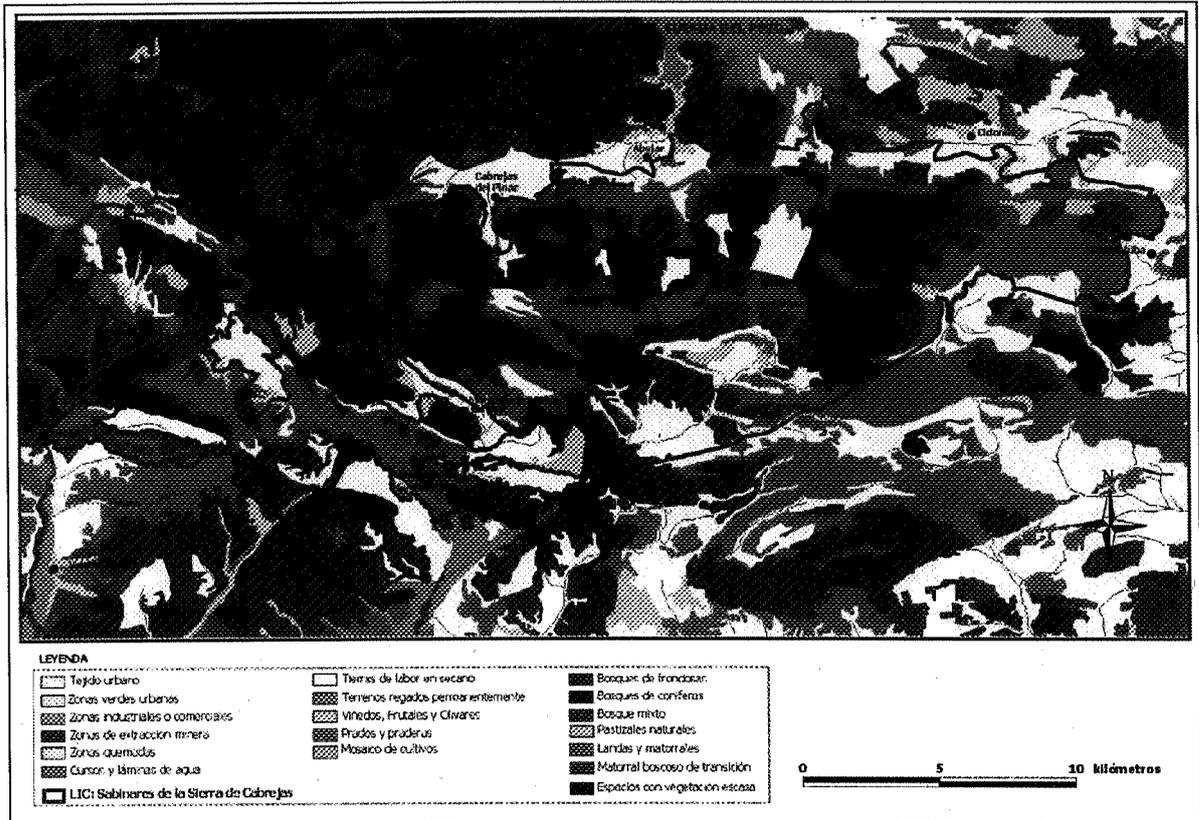


Figura 6: Usos del suelo en la zona de estudio. Fuente Corine Land Cover 2000

6.- DESCRIPCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL

Los elementos sobre los que opera la legislación de aguas son los que integran el Dominio Público Hidráulico, entre ellos las aguas superficiales y subterráneas, los cauces y los acuíferos. Para su gestión se definen las masas de agua superficial⁵ y las masas de agua subterránea⁶

6.1.- MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

El LIC de los Sabinas de la sierra de Cabrejas, forma parte de tres masas de agua subterránea: Cabrejas-Soria (22.035), Arlanzón Río Lobos (22.018) y La Cuenca de Almazán (22.037), si bien el acuífero principal y el que concierne a este trabajo es el de la sierra de Cabrejas (Tabla 1).

6.1.1 CABREJAS-SORIA

Esta masa de agua ocupa una extensión de 473 km², y alberga los afloramientos del Cretácico superior que se encuentran al sur de la Sierra de Cameros desde la población de Cubilla al oeste hasta la capital de Soria al este. Se trata de un gran sinclinal cretácico que forma un relieve tabular en gran parte de su extensión. Al sur, los afloramientos cretácicos pasan a estar fosilizados por sedimentos terciarios de la Cubeta de Almazán.

Dentro de ella se han identificado dos acuíferos: el acuífero de la Sierra de Cabrejas y el constituido por las Arenas de Utrillas. El acuífero de la sierra de Cabrejas es predominantemente libre, muy heterogéneo, con una permeabilidad muy alta en las zonas de descarga que va reduciéndose progresivamente en zonas más alejadas a valores de permeabilidad media a baja.

Las Arenas de Utrillas constituyen un acuífero permeable por porosidad intergranular que sólo aflora parcialmente. Su superficie de afloramiento es de unos 97 km². En general muestra valores de permeabilidad media a baja, más homogéneos que el anterior.

No se identifican presiones que pongan en riesgo la calidad o cantidad de las aguas subterráneas. La actividad más relevante es la agricultura, fundamentalmente de secano, que cubre el 23% de la superficie de la masa de agua. Está asentada sobre las formaciones menos vulnerables como son las Arenas de Utrillas. El resto de su superficie está integrada mayoritariamente por masas boscosas.

6.1.2 ARLANZÓN-RÍO LOBOS

Ocupa una extensión de 1.114 km² que incluye los afloramientos mesozoicos carbonatados del Jurásico y Cretácico Superior que circundan la masa paleozoica de la Sierra de La Demanda y el Cretácico inferior de la de Cameros hasta la población de Cubilla. Esta masa de agua sólo incluye la parte más occidental del LIC de los Sabinas de la Sierra de

⁵ Parte diferenciada y significativa de agua superficial.

⁶ Volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos.

Cabrejas, que se corresponde aproximadamente con la cabecera de la cuenca del río Ucero.

En esta masa de agua los materiales carbonatados muestran una mayor deformación, con pliegues y fallas. Los materiales acuíferos que integra son: el Triásico superior-Jurásico medio, de naturaleza cárstica y permeabilidad media a alta; el Cretácico Superior, de naturaleza cárstica y permeabilidad media-alta; y las Arenas de Utrillas, de porosidad intergranular y permeabilidad media.

Se trata como la anterior de una masa de agua sobre la que apenas existen presiones que pongan en riesgo la calidad o cantidad del agua subterránea. Sólo la actividad agrícola tiene cierta relevancia, ocupando el 26% de su superficie, si bien en zonas periféricas y poco vulnerables a la contaminación.

6.1.3 CUENCA DE ALMAZÁN

Esta masa de agua subterránea abarca una superficie de unos 2.380 km². Se localiza inmediatamente al Sur de la de Cabrejas-Soria y sólo atañe a la parte más meridional del LIC de los Sabinares de la Sierra de Cabrejas (municipios de Blacos, Torreblacos, Talveila y Cubilla).

Alberga una cubeta terciaria rellena de materiales detríticos terciarios con un espesor muy variable entre 0 y 1.200 m. Estos materiales terciarios muestran una permeabilidad entre baja y media y conforman la mayor parte de los afloramientos. El sustrato está formado por los materiales Cretácicos que afloran en la vecina masa de agua de Cabrejas-Soria. Se trata en este caso de acuíferos cársticos de permeabilidad media a alta. En algunos sectores próximos al Duero y al Ucero, el sustrato llega a aflorar y es responsable de un importante aporte de aguas subterráneas a estos ríos.

La explotación del agua subterránea es muy baja en relación a los recursos disponibles. Sobre esta masa se asienta una importante actividad agrícola, fundamentalmente tierras de labor en secano que ocupan las extensas llanuras más orientales, que alcanza el 60% de la masa de agua. Las actividades agrarias han dado lugar a una contaminación difusa cuyo impacto más visible es el elevado contenido en nitrato que se ha registrado en algunos pozos. A diferencia de las masas de agua anteriores, la cuenca de Almazán se encuentra en riesgo de no alcanzar los objetivos establecidos por la Directiva Marco de las Aguas.

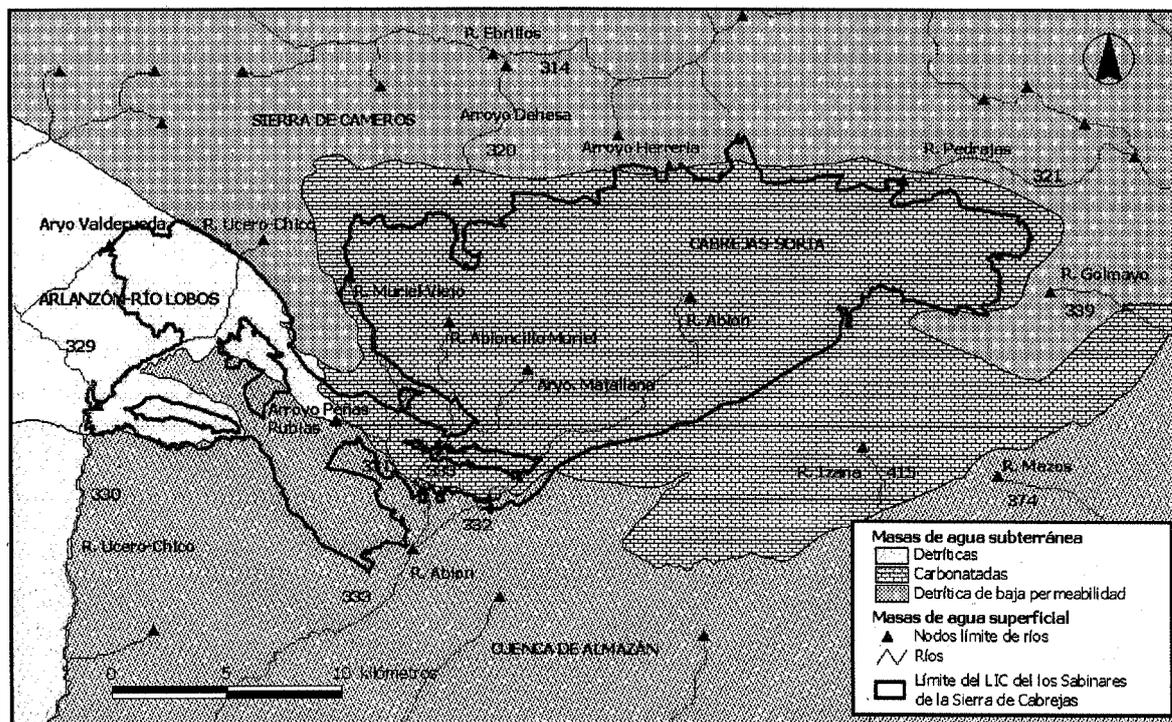


Figura 7: Masas de agua subterránea y superficial en el ámbito del LIC

6.2.- MASA DE AGUA SUPERFICIAL

Las masas de agua superficiales que se adscriben dentro del LIC de la Sierra de Cabrejas son las siguientes (Tabla 2):

- DU-333: *Río Abión y afluentes desde confluencia con río Abioncillo de Muriel hasta limite del LIC "Riberas del río Duero y afluentes". Los tramos que configuran esta masa de agua y que pertenecen al LIC de los Sabinas de la Sierra de Cabrejas corresponden al río Abioncillo de Muriel (tramos 904, 909 y 914) y al arroyo Majallana (913).*
- DU-331: *Río de Muriel Viejo desde cabecera hasta confluencia con el río Abioncillo de Muriel y arroyo Peñas Rubias desde cabecera hasta confluencia con río Muriel Viejo. Son varios los tramos localizados dentro del LIC de los Sabinas de la Sierra de Cabrejas, corresponden al río Muriel Viejo (tramos 903 y 908) y al Arroyo Peñas Rubias (900).*
- DU-332: *Río Abión desde cabecera hasta confluencia con río Abioncillo de Muriel. Esta masa de agua sólo posee un tramo y corresponde al río Abión (910).*
- DU-329: *Río Lobos y afluentes desde cambio de ecotipo dentro del LIC y ZEPA "Cañón del Río Lobos" hasta confluencia con río Ucero-Chico. Los tramos localizados dentro*

del LIC corresponden a la cabecera del Arroyo Valderueda (896) y al río Ucero-Chico (897).

Estas cuatro masas de agua se clasifican como naturales, dentro del ecotipo de los ríos de montaña mediterránea calcárea.

6.3.- RELACIÓN ENTRE LAS MASAS DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Las masas de agua superficial de la zona de estudio, muestran una relación muy marcada con las aguas subterráneas. La alta permeabilidad y la componente climática de la cuenca de aportación limitan la escorrentía superficial, por lo que los principales aportes, en especial en los meses de estiaje, corresponden a los drenajes subterráneos, que en cuencas como la del río Abión puede llegar al 83% de su aportación total (Río Abión en Valdealbillo (1989) SANZ PÉREZ-1999).

Por otro lado, también se produce una importante entrada de agua en los acuíferos correspondientes a las pérdidas de los ríos al atravesar las series carbonatadas del Cretácico superior; la red fluvial situada sobre la zona alta de la sierra de Cabrejas se encuentra colgada con respecto al acuífero. La mayor parte de los recursos que reciben a partir de manantiales periféricos o precipitaciones, se infiltran recargando los acuíferos que atraviesan. De este modo el río Cabrejas (Abioncillo de Muriel tramo 914) y el Arroyo Majana (tramo 913) afluentes del Abioncillo (masa de agua 333) son claramente perdedores, sus aportaciones se infiltran en el acuífero carbonatado de la masa de agua de Cabrejas-Soria.

Al alcanzar los niveles menos permeables, en la zonas periféricas de la sierra, dejan de ser perdedores y pasan a tener un carácter efluente. A la altura de Muriel de la Fuente, cuando la red de drenaje alcanza las series margosas que definen el nivel de base del acuífero carbonatado, el río Abioncillo (masa de agua 333, tramo 914) comienza a comportarse como un río efluente y recoge los aportes del manantial de La Fuentona junto con algunas descargas de menor cuantía como la fuente del Cura.

Este mismo comportamiento presentan otros ríos como el río Milanos (Masa de agua 332, río Abión) que nace a partir de pequeños drenajes situados en la sierra de Cabrejas al noreste de La Cuenca, y al ponerse en contacto con los afloramientos cretácicos que marcan el límite meridional de la masa de agua de Cabrejas-Soria a la altura de Calatañazor, pierde parte de sus recursos, pudiendo quedar seco en los meses de estiaje. Este río recibe de nuevo aportes en el entorno de Blacos, en la zona de contacto entre el acuífero carbonatado y el terciario de la cuenca de Almazán.

Finalmente el río Muriel (masa de agua 331), nace en Muriel Viejo y recibe aportes a partir de manantiales de descarga de las arenas de Utrillas y de las series del Purbeck-Weald en el extremo noroeste de la masa de agua de Cabrejas-Soria. En este tramo el río es claramente ganador hasta el contacto con las calizas cretácicas de Blacos donde pierde agua a favor del acuífero carbonatado.

En el resto de la masa de agua de Cabrejas-Soria, no existen otras redes de drenaje significativas dada la alta permeabilidad del suelo que no permite la formación de cursos

preferentes, salvo los arroyos periféricos asociados a las descargas del acuífero, como es el caso del río Golmayo (masa de agua 339) que nace en el manantial de La Toba, el río Mazos en el manantial de la Cueva Pachón en Villaciervos, el arroyo de la Dehesa (masa de agua 320), el de Herrería o el río Pedradas (masa de agua 321) entre otros.

En la masa de agua de Arlanzón-Río Lobos, la red de drenaje posee un comportamiento similar. El río Ucero Chico, (masa de agua 329) y el arroyo de Valderrueda o Casarejos (masa de agua 329) se comportan como ríos perdedores al atravesar los afloramientos carbonatados del Cretácico, el primero cerca de Cantalucía y el segundo a poca distancia de su confluencia con el río Lobos.

En definitiva, los caudales de base de los principales ríos que, como el Abión, nacen en la sierra de Cabrejas tienen un régimen hídrico determinado por las descargas subterráneas. Estos tramos de cabecera albergan ricos ecosistemas acuáticos, cuya escasa afección en relación a la situación habitual de los ríos les aporta un valor singular. Su protección pasa no sólo por la protección de los tramos de alto valor ecológico, sino por la conservación de su régimen hídrico que en el caso del río Abión es netamente dependiente de las aguas subterráneas.

Código	Nombre	Descripción	Extensión (km ²)
18	ARLANZÓN-RÍO LOBOS	Ocupa el sector centro-oriental de la provincia de Burgos entrando parte el la de Soria. Esta masa abarca los afloramientos mesozoicos carbonatados que circundan la masa paleozoica de la Sierra de La Demanda y el Cretácico Inferior de la de Cameros.	1.100
35	CABREJAS-SORIA	Ocupa el sector centro-septentrional de la provincia de Soria. Esta masa abarca afloramientos del Cretácico Superior que se encuentran al sur del Cretácico Inferior de la Sierra de Cameros desde la población de Cubilla al oeste hasta la capital de Soria al este.	473
37	CUENCA DE ALMAZÁN	Ocupa el sector central de la provincia de Soria. Esta masa queda limitada al norte por los relieves mesozoicos de la Cordillera Ibérica y al sur por éstos y el Páramo de Escalote, al este con la divisoria de la cuenca del Ebro y al oeste por los ríos Ucero Chico, Duero y Caracena.	2.386

Tabla 1 Masas de agua subterránea localizadas dentro del LIC de los Sabinar de la Sierra de Cabrejas y sus principales características.

Código	Nombre	Tramos dentro del LIC	Naturaleza	Ecolito	Longitud (km)	Tramos dentro del LIC (km)
333	Río Abión y afluentes desde confluencia con río Abioncillo de Muriel hasta límite del LIC "Riberas del río Duero y afluentes"	904, 909, 914 Río Abioncillo de Muriel 913 Arroyo Majallana	Natural	Ríos de montaña mediterránea calcárea	38	15,5
331	Río de Muriel Viejo desde cabecera hasta confluencia con el río Abioncillo de Muriel y arroyo Peñas Rubias desde cabecera hasta confluencia con el río Muriel Viejo	903, 908 Río Muriel Viejo 900 Arroyo Peñas Rubias	Natural	Ríos de montaña mediterránea calcárea	14	14,5
332	Río Abión desde cabecera hasta confluencia con río Abioncillo de Muriel.	910 Río Abión	Natural	Ríos de montaña mediterránea calcárea	21	21
329	Río Lobos y afluentes desde cambio de ecolito dentro del LIC y ZEPA "Cañón del Río Lobos" hasta confluencia con río Ucero-Chico.	896 Arroyo Valderueda 897 Río Ucero-Chico	Natural	Ríos de montaña mediterránea calcárea	31	12,5

Tabla 2 Masas de agua superficial localizadas dentro del LIC de los Sabinar de la Sierra de Cabrejas y sus principales características.

7.- ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO CARBONATADO DE LA SIERRA DE CABREJAS

Se trata de un acuífero cárstico de elevada permeabilidad constituido en los materiales carbonatados (calizas, dolomías, margas y calcarenitas) del Cretácico superior. Su yacente de baja permeabilidad, está formado por las margas del Cenomaniense y Turoniense.

Este acuífero posee una superficie de afloramiento próxima a 186 km². Se localiza en el extremo oriental del LIC de los Sabinas de la Sierra de Cabrejas y constituye el acuífero más relevante de la masa de agua subterránea 035, Cabrejas-Soria. En él se pueden diferenciar dos sectores (SANZ PÉREZ-1999):

- Acuífero de La Fuentona de Muriel: se desarrolla en las calizas del Cretácico superior desde Fuentetoba hasta la localidad de Muriel Viejo. Su principal drenaje corresponde a La Fuentona de Muriel.
- Acuífero de Fuentetoba y del Tobazo de Cueva Pachón: Se localiza en el extremo oriental de la Sierra de Cabrejas. Su principal drenaje corresponde al manantial de La Toba en Fuentetoba.

7.1.- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

El inventario de puntos de agua constituye una de las principales fuentes de información en los estudios hidrogeológicos en general y, particularmente, para el estudio del acuífero de la sierra de Cabrejas. El principal documento de partida corresponde a la Tesis Doctoral de J.J. Pérez (J.J. PÉREZ, 2007) donde se recogen 53 puntos de agua pertenecientes al acuífero de la sierra de Cabrejas. Otras fuentes consultadas son las bases de datos del Instituto Geológico y Minero de España, a partir de los cuales se ha obtenido información sobre los sondeos de investigación y manantiales, el Inventario de Puntos de agua de la Confederación Hidrográfica del Duero, que incluye los puntos de la red de calidad, sondeos de la red piezométrica y datos administrativos de las captaciones subterráneas recogidas en el sistema Alberca y finalmente el informe técnico realizado por GEOINCI para la empresa Finebro, S.A. De este último se ha extraído todos los puntos referidos en su Inventario de Puntos de Agua. También se han consultado y visitado en campo las captaciones para abastecimiento de los Ayuntamientos de Cabrejas del Pinar, Abejar, Villaciervos, Golmayo, Muriel de la Fuente, Calatañazor, Muriel Viejo y Blacos. Además también se han visitado en campo los manantiales más importantes y los puntos de extracción de agua situados en la sierra de Cabrejas. La información recogida en estas visitas ha consistido en la Georeferenciación, datos técnicos, uso y volumen de extracción de agua.

En total se han inventariado 141 puntos que comprenden 87 manantiales, 30 sondeos, 16 pozos, 4 trop-plein, 3 sumideros y 1 rebosadero. De ellos, 82 se localizan dentro del ámbito del LIC de los Sabinas de la Sierra de Cabrejas y 73 pertenecen al acuífero carbonatado del Cretácico superior de Cabrejas. El resto corresponde a captaciones para abastecimiento de los municipios que se integran dentro del LIC o a sondeos de investigación. El listado de los puntos de agua y sus principales características se recogen en el Anejo 1.

Manantiales

La mayor parte de los manantiales inventariados corresponden a descargas del acuífero de la sierra de Cabrejas. Al tratarse de un acuífero cárstico, son manantiales con caudales muy variables, que varían entre 100-2.000 l/s como es el caso de La Fuentona de Muriel o sistemas trop-plein, que sólo son activos en episodios de fuertes lluvias. Nacen en las zonas de contacto entre las calizas permeables del Cretácico superior con las series margosas infrayacentes de menor permeabilidad.

Algunos de estos manantiales se encuentran captados para abastecimiento, otros se destinan al riego de plantaciones truferas. El manantial de La Toba abastece a la localidad de Fuentetoba. Constituye el nacimiento del arroyo de Golmayo con un caudal medio de 115 l/s y valores extremos de entre 1.000 l/s y 5 l/s.

En los últimos años algunos de estos abastecimientos han resultado insuficientes, sobre todo en los meses de verano. Esto ha llevado a su progresiva sustitución por sondeos profundos que aseguren el suministro todo el año como es el caso del antiguo manantial de abastecimiento a Calatañazor o el manantial de Mafrades de abastecimiento a Cabrejas del Pinar.

Entre los manantiales captados para regadío se encuentra el manantial de Argullón de carácter estacional que riega una superficie de 150 ha de encinas microrrizadas. Se sitúa a una cota de 1.225 m y drena los afloramientos carbonatados de la parte alta de la sierra de Cabrejas. Al igual que muchos de los manantiales situados en la parte alta de la sierra, el manantial de Argullón sirve de alimento al acuífero de la sierra de Cabrejas, pues sus descargas se infiltran nuevamente aguas abajo de su nacimiento. Otros manantiales con las mismas características corresponden a las Fuentes de Covaloria (las Tres Fuentes), compuestas por varias surgencias que son captadas para el riego de 30 ha de encinas del Ayuntamiento de Cabrejas con ayuda de una balsa de agua. El caudal oscila entre 2 y 70 l/s.

Finalmente, La Fuentona de Muriel, constituye la principal descarga del acuífero de la sierra de Cabrejas. Situada en el sector suroccidental de la sierra, posee una superficie de recarga de 124 km² lo que le aporta unos recursos de 22 hm³/año. Esta surgencia vaclasiana posee un caudal medio de unos 700 l/s con puntas que pueden alcanzar 50 l/s en épocas de prolongado estiaje o 6.000 l/s en momentos de fuertes lluvias (septiembre de 2004). Constituye el principal nacedero del río Abión, afluente por la margen izquierda del Ucerro Chico.

Debido a su riqueza ecológica, sus características geológicas y su valor paisajístico, fue declarado en 1998 Monumento Natural.

Sondeos de explotación

Dentro de este grupo debemos mencionar las captaciones para abastecimiento de Abejar y Villaciervos y los sondeos de la explotación trufera de la empresa Finebro S.A.

El abastecimiento de la localidad de Abejar se compone de dos sondeos muy próximos entre sí, con una profundidad de 218 m y 184 m. Ambos se encuentran instalados con bombas con capacidad para 8 y 16 l/s respectivamente (comunicación oral del alguacil). Sólo el sondeo de reciente construcción (16 l/s) posee instalado un caudalímetro que controla el volumen de agua extraído. Su explotación está regulada por un sistema automatizado de activación, de

funcionamiento independiente (no pueden bombearse los dos sondeos a la vez). Ambos se encuentran emboquillados en el tramo superior de las calizas del Cretácico de Cabrejas, el primero alcanzó margas a los 214 m y el segundo a 164 m de profundidad.

El abastecimiento a Villaciervos se compone de dos sondeos, uno de ellos de reciente construcción. El más antiguo posee una profundidad por debajo de los 100 m y un caudal de explotación de menos de 1 l/s. Se encuentra emboquillado en las calizas del Cretácico superior y su caudal de explotación es de cerca de los 2 l/s.

La finca trufera de la empresa Finebro S.A. posee 7 sondeos de los cuales dos de ellos se encuentran en explotación. El sondeo 1, con un caudal de 2 l/s, se utiliza para abastecimiento de la vivienda de la finca, y el sondeo 4, con un caudal de explotación de 7 l/s, para el riego de 150 ha de encinas microrrizadas, con ayuda de una balsa de 224.000 m³ que recoge también las aguas de la captación de Argullón. Los sondeos 1, 2 y 3 se encuentran emboquillados sobre el tramo inferior de las calizas del Cretácico superior, de menor permeabilidad, y los sondeos 4, 5, 6 y 7 en el tramo superior (características de los sondeos recogidos en la Tabla 5).

Sondeos de investigación

Los sondeos de investigación más recientes pertenecen a la red de piezometría del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM). Se sitúan en los municipios de Abejar y Villaciervos. El primero posee una profundidad de 233 m, y se emboquilla sobre el tramo inferior de las calizas cretácicas. Su columna litológica se compone de 102 m de calizas, 100 m calizas y margas, y el último tramo de 20 m de arenas de Utrillas. El piezómetro de Villaciervos se encuentra al suroeste de esta localidad sobre los afloramientos carbonatados del Cretácico superior. Atraviesa 150 m de calizas sin llegar a alcanzar las arenas de Utrillas. Sendos piezómetros fueron construidos recientemente, y por ello no han sido integrados dentro de la red piezométrica.

Otro sondeo que cabe mencionar corresponde al sondeo de investigación petrolífera de la Cuenca construido en 1963 con una profundidad de 1.013 m que atraviesa el Cretácico superior y parte del Cretácico inferior o el sondeo de la Aldehuela construido en 1971, de 2.672 m de profundidad, y que atraviesa todas las series del Cretácico y Jurásico, hasta alcanzar el Keuper.

7.2.- HIDROQUÍMICA

El objeto del análisis hidroquímico es, por una parte, describir las características químicas de las aguas del acuífero de Cabrejas y, por otra, reconocer los mecanismos básicos por los que el agua subterránea ha adquirido su composición. Este segundo aspecto es una herramienta de apoyo para comprender la dinámica de las aguas subterráneas.

A partir de los datos químicos disponibles se va a realizar una caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas y de su calidad, se estudian las especies minerales involucradas en el quimismo del agua y se calculan sus respectivos índices de saturación.

Se dispone de información hidroquímica para los drenajes naturales más importantes del acuífero de la sierra de Cabrejas: en el manantial de La Toba y en La Fuentona de Muriel, y análisis químicos de muestras captadas en dos piezómetros del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino construidos recientemente en los municipios de Abejar y Villaciervos.

Las aguas analizadas muestran una facies química muy homogénea, con aguas bicarbonatadas cálcicas, poco mineralizadas (Figura 8); La conductividad eléctrica es muy baja, comprendida entre 377 y 474 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

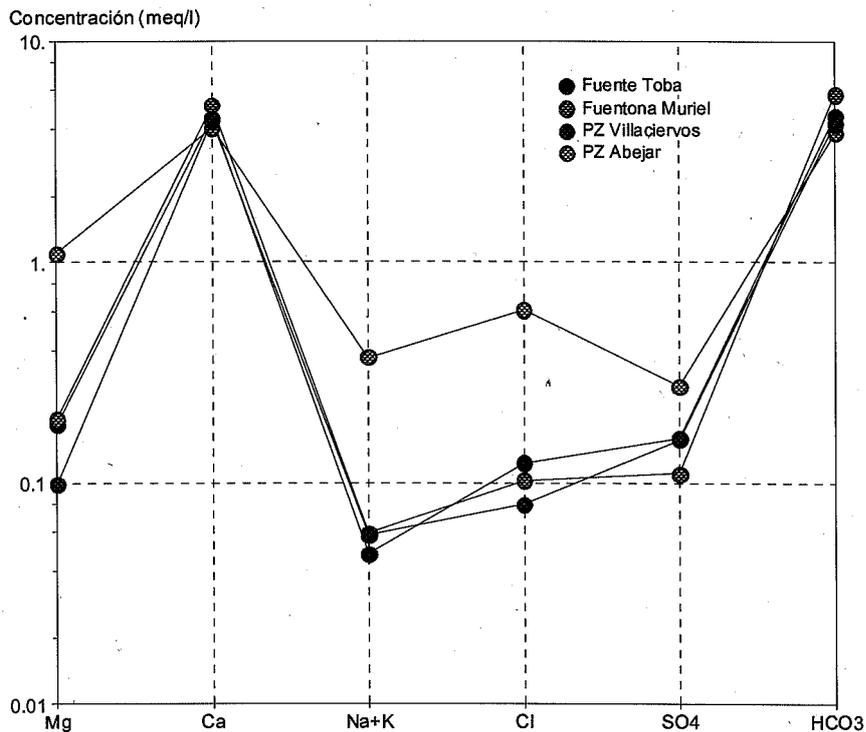


Figura 8: Diagrama de Schoeller

Como singularidad cabe resaltar el mayor contenido en cloruros y sodio registrado en la muestra del piezómetro de Abejar. La muestra analizada en este punto muestra también un contenido relativamente alto en nitrato de 51 mg/l, en tanto que en el resto de los puntos el contenido en este ión es siempre inferior a 10 mg/l.

La presencia de este elevado contenido en nitrato es indicadora de algún tipo de contaminación, previsiblemente de origen agrícola (las aguas naturales no afectadas tienen contenidos en nitrato generalmente por debajo de 10 mg/l). En el resto de los parámetros analizados no se localizan indicios de contaminación.

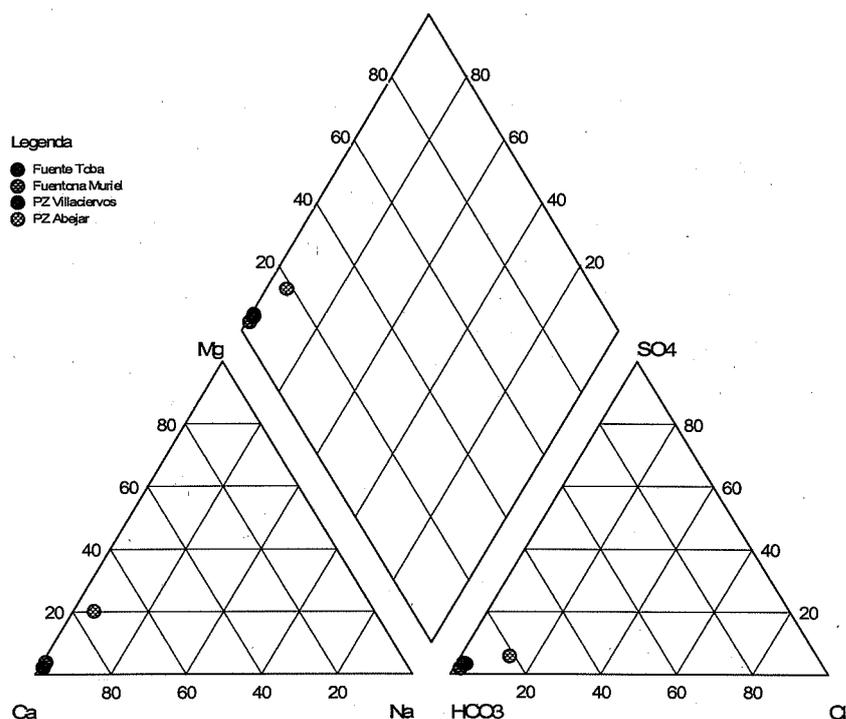


Figura 9: Diagrama de Piper

Para determinar la posible contaminación observada en el piezómetro del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se han realizado, con fecha de 9 de junio de 2008, análisis del contenido en nitrato en el manantial de La Fuentona, en la captación de abastecimiento al municipio de Abejar, y en el sondeo para riego de la finca Finebro S.A.. En las tres muestras se han obtenidos concentraciones de nitratos inferiores a 1 mg/l. Por otro lado la Confederación Hidrográfica del Duero tiene un punto de control de calidad de agua subterránea en el manantial de La Toba en Fuentetoba (CA.02.10.11). En ninguno de los datos revisados (2001-2005) se registran contenidos en nitratos por encima de 50 mg/l.

Por lo tanto, el acuífero carbonatado de la sierra de Cabrejas no registra indicios de contaminación, salvo en algunos episodios puntuales cuya frecuencia se desconoce a falta de un mayor número de análisis.

	Datos de campo							
	Fecha	Cond. (µS/cm)	pH	Eh	Tª agua (°C)	Tª aire (°C)	Oxígeno (mg/l)	Oxígeno (%)
Fuentona	12/01/2008	431	7,39	164	10,3	2,3	10,5	89
Fuentona	09/07/2008	168	7,37	54	13,7	22,1	10,7	109
Manantial de La Toba	12/01/2008	353	7,3	168	11,0	0,6	9,7	80
Piezómetro de Abejar	04/12/2007	474	7,53	-	-	-	-	-
Piezómetro de Villaciervos	04/12/2007	404	7,43	-	-	-	-	-
Sondeo Finca Finebro S.A.	09/07/2008	434	7,19	101	-	21,6	8,9	110
Abastecimiento Abejar	09/07/2008	370	7,21	43	13,2	20,8	10,9	107

Tabla 3: Datos físicoquímicos obtenidos en las distintas campañas de campo realizadas

	Análisis químicos								
	Fecha	Cloruros (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Bicarbonatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
Manantial de La Toba	12/01/2008	3,63	5,3	352,62	<1	1,14	0,37	102,72	2,36
Manantial de La Toba	12/01/2008	4,36	7,66	281,60	<1	0,9	0,34	90	2,23
Piezómetro de Abejar	04/12/2007	21,5	13,20	234	51,65	6,91	2,68	81	13,3
Piezómetro de Villaciervos	04/12/2007	10	7,58	259	11,21	1,11	1,3	88	2
Sondeo Finca Finebro S.A.	09/07/2008	-	-	-	<1	-	-	-	-
Abastecimiento Abejar	09/07/2008	-	-	-	<1	-	-	-	-
Fuentona	09/07/2008	-	-	-	<1	-	-	-	-

Tabla 4: Resultado de los análisis químicos de las muestras recogidas en las campañas de campo y las obtenidas por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en los ensayos de bombeo realizados en el piezómetro de Abejar y Villaciervos.

7.2.1 ESPECIACIÓN GEOQUÍMICA

En el anejo 7 se recogen las tablas con los resultados de los cálculos de especiación geoquímica realizados en las aguas de La Fuentona de Muriel y del manantial de La Toba en Fuentetoba. En ambos se muestran unas características geoquímicas muy similares, en las que el condicionante más relevante es el equilibrio de carbonatos. En ambos casos las aguas están sobresaturadas en carbonatos (calcita y aragonito) y subsaturadas en el resto de las especies minerales.

El índice de saturación del CO₂(g) para el equilibrio (-1.7 en La Fuentona y -1.98 en el manantial de La Toba) es superior al que corresponde a la presión parcial del CO₂ atmosférico (con valores entre -3.5 y -3). Este mayor contenido en CO₂ es el responsable de la agresividad de las aguas en relación a los carbonatos. Cuando el agua vuelve a entrar en contacto con la atmósfera (en las zonas de emergencia de los manantiales o en las paredes de las

cavidades de los conductos cársticos), el CO₂ disuelto es liberado en forma de gas lo que hace que el exceso de carbonatos en este nuevo equilibrio precipite (formando tobas u otras morfologías cársticas).

La mayor mineralización de La Fuentona obedece a un contenido ligeramente mayor en carbonatos, si bien muestra una sobresaturación en estos ligeramente menor. Esto es debido a su mayor contenido en CO₂(g), que le aporta una agresividad ligeramente mayor.

El agua de lluvia tiene un contenido en este gas que está en equilibrio con el atmosférico. Al infiltrarse, se equilibra con el gas presente en el suelo, enriquecido en relación a la atmósfera por la liberación de CO₂ en los procesos biológicos de los suelos que cubren la zona de recarga. Una vez alcanzado el nivel saturado, no hay fuentes de ingreso significativas de este gas en el agua. En este sentido, el mayor contenido en CO₂ en La Fuentona es interpretable por una mayor actividad biológica en la zona de recarga. Esta circunstancia es coherente con la menor altura de la zona de recarga en La Fuentona respecto al manantial de La Toba. A este hecho hay que añadir la presencia de zonas de cultivos en la zona de recarga de La Fuentona, que potencian el enriquecimiento en CO₂ del suelo.

7.3.- HIDRODINÁMICA

El caudal del manantial de La Fuentona muestra una elevada irregularidad, con respuestas muy rápidas a las lluvias y estiajes muy acusados. J.J. Pérez (J.J. PÉREZ, 2007) realizó lecturas diarias de caudal durante el periodo de octubre de 2003 a septiembre de 2004; registró caudales máximos próximos a 2.000 l/s y caudales mínimos de 95 l/s, con un caudal medio para este periodo de 978 l/s.

Este autor, a partir del análisis de los agotamientos de este manantial, estimó una transmisividad del acuífero de 2.876 m²/día, con un porosidad eficaz de 1,2 %.

Los ensayos de trazadores realizados por J.J. Pérez (J.J. PÉREZ, 2007) y E. Sanz (SANZ PÉREZ-1999) muestran elevadas velocidades de flujo subterráneo, entre 500 y 2.500 m/día para aguas bajas y altas respectivamente.

Los valores citados están calculados para la zona de descarga, donde la permeabilidad es máxima y no son extrapolables al resto del acuífero. Es previsible que para zonas progresivamente más alejadas, la permeabilidad y la porosidad sean significativamente más bajas.

Así, en el estudio realizado por GEOINCI para la empresa Finebro S.A. (Finebro 2005), se valora una transmisividad del acuífero de tan sólo 15 m²/día, si bien este valor es una mera aproximación a partir del descenso específico del pozo de explotación, es muy probable que el valor real sea en efecto relativamente pequeño, dada su posición marginal próxima al borde norte del acuífero, casi en el límite que J.J. Pérez (J.J. PÉREZ, 2007) delinea para la zona permanentemente saturada del acuífero de la sierra de Cabrejas.

Origen información	Metodología	Transmisividad (m ² /día)	Permeabilidad (m/día)	Coefficiente de almacenamiento	Velocidad de flujo (m/día)
J.J.Pérez (2007)	Análisis de los agotamientos de La Fuentona	2.876	28	0,012	
	Ensayos de trazadores				500 - 2500
E. Sanz (1996)	Ensayos de trazadores				2496
Finebro (2005)	Descenso específico	15		0.038	

Tabla 5: Principales parámetros hidrodinámicos obtenidos por los distintos autores de los trabajos y estudios consultados.

Tomando los valores de transmisividad calculados por J. J. Pérez (J.J. PÉREZ, 2007) para La Fuentona, el radio de influencia⁷ en la zona de descarga, es decir, la distancia mínima para que una explotación por bombeo, no afectara al manantial es de 4.700 m, de acuerdo con el siguiente cálculo:

$$\text{Radio de influencia} = 1,5 \cdot (Tt/S)^{1/2}$$

T : transmisividad

t : tiempo de bombeo

S : coeficiente de almacenamiento

Aceptando un caudal de bombeo de 7 l/s⁸, junto con los aproximadamente 20 l/s que se obtienen del manantial de Argullón, supone que necesita del orden de 100 días para llenar la balsa de 240.000 m³. Por lo tanto, el radio de influencia sería para este tiempo:

$$R = 1,5 \cdot (2876 \cdot 100 / 0,012)^{1/2} \approx 7.200 \text{ m}$$

La explotación de Finebro S.A. se ubica a unos 12 km de distancia, en una zona donde la transmisividad es mucho menor. El radio de influencia de esta explotación, calculado en su informe para el sondeo n°1 es de 30 m.

7.4.- FUNCIONAMIENTO DEL ACUÍFERO CARBONATADO DE LA SIERRA DE CABREJAS

Se trata de un acuífero fundamentalmente libre con una porosidad secundaria debida a procesos de fracturación y carstificación. La presencia de algunos niveles de baja permeabilidad intercalados dan lugar a confinamientos de carácter local.

La recarga se produce por infiltración de las precipitaciones en las superficies de afloramiento de la sierra, y, en menor medida, por la recirculación de manantiales que drenan pequeños niveles acuíferos colgados, como los de la cabecera del río Cabrejas. Posee una superficie de

⁷ Este parámetro carece de suficiente rigor científico para ser tomado como determinante en la previsión de las posibles afecciones. No obstante tiene un indudable valor orientativo a la hora de hacer estimaciones y acotar las previsiones.

⁸ Este dato ha sido contrastado mediante aforo volumétrico a partir del bombeo de la finca Finebro. Se han obtenido caudales entorno a los 7 l/s.

recarga de 186 km² sobre la que se localizan numerosas formas cársticas de absorción, lo que hace irrelevante la escorrentía superficial.

Las descargas principales se producen por numerosos manantiales situados en la zona de contacto entre las margas y el acuífero. Tienen un caudal muy variable y acusan de forma rápida los distintos eventos de lluvia. Algunos de ellos, de carácter temporal, sólo entran en funcionamiento en épocas de fuertes lluvias (trop-plein). Los más importantes son el manantial de La Fuentona de Muriel, en el extremo suroccidental del acuífero y el manantial de La Toba en el extremo nororiental.

El sector del acuífero que drena hacia La Fuentona de Muriel comprende un área de recarga de 124 km² (J.J. PÉREZ, 2007). En él, las líneas de flujo subterráneo convergen hacia el manantial donde el acuífero adquiere máximos valores de permeabilidad y porosidad.

Los recursos calculados por J. J. Pérez (J.J. PÉREZ, 2007) a partir de las descargas de este manantial para el periodo 2003-2004, son de 30,7 hm³/año, periodo en el que se registraron precipitaciones entre 840 y 850 mm superiores a la media (616 mm). Valores más acordes serían de 22 hm³/año lo que equivale a un caudal medio de descarga de La Fuentona de Muriel de 700 l/s y no los 978 l/s obtenidos en el periodo de estudio (J.J. PÉREZ, 2007). El coeficiente de infiltración para estos valores es del 30 %.

En el estudio encargado a GEOINCI por la empresa Finebro S.A. (FINEBRO, 2005) se realiza un balance hidrometeorológico en el que se evalúa la recarga en 280 mm (lo que supone el 47% de la precipitación que se considera en este balance). Si se extrapola esta cifra a toda la superficie de recarga, se obtiene un recurso del orden de 36 hm³/año.

Las reservas (o almacenamiento de agua por debajo de la cota de drenaje de La Fuentona) se estiman entre 47 y 64 hm³ (J.J. PÉREZ, 2007).

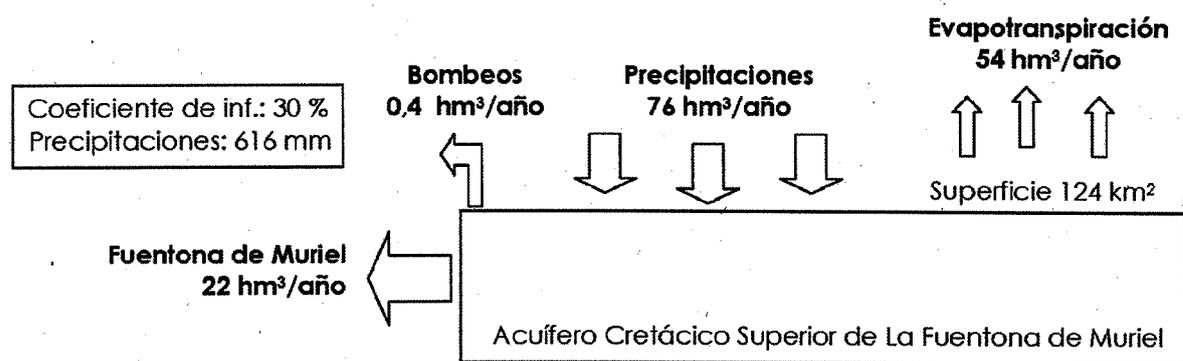


Figura 10 Balance del acuífero carbonatado de La Fuentona de Muriel

Se trata de un acuífero de elevada permeabilidad y porosidad, lo que hace de él un acuífero muy difusivo, es decir, con una gran capacidad para transmitir las perturbaciones y, por lo tanto, muy vulnerable a los bombeos. Otra característica, muy propia de medios cársticos, es su heterogeneidad, es decir, la gran variabilidad espacial de sus parámetros hidrodinámicos. Esta característica es inherente a la presencia de flujos preferentes a través de grandes conductos de los medios carstificados. Esto justifica que en puntos diferentes del acuífero se registren valores distintos de la permeabilidad o la porosidad. El líneas generales se puede apreciar una ordenación espacial de la permeabilidad, decreciente desde las zonas de descarga hacia las zonas más periféricas y alejadas de aquella.

El agua acumulada por encima de la cota de drenaje en aguas bajas es relativamente pequeña, entre 0,45 y 14 hm³ (J.J. PÉREZ, 2007).

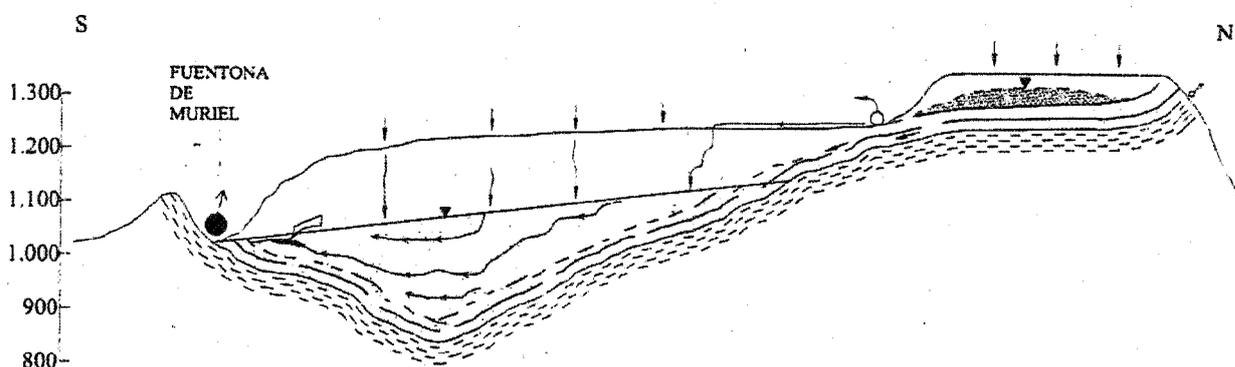


Figura 11: Esquema hidrogeológico del funcionamiento de la Fuentona de Muriel.

Fuente: J. J. Pérez Santos, *Hidrogeología del sistema cárstico de La Fuentona de Muriel*.

El sector del acuífero que drena hacia el manantial de La Toba está menos documentado pero, dado que se desarrolla sobre las mismas formaciones geológicas y en condiciones climáticas y orográficas muy similares, se le pueden atribuir unas características hidrogeológicas equivalentes a las del sector de La Fuentona de Muriel. Los recursos medios anuales drenados por el manantial de la Toba son de 3,65 hm³ (Saenz, 1954). Asumiendo un caudal específico idéntico al de La Fuentona de Muriel, de 8 l/s/km², el área necesaria para una recarga equivalente a los recursos drenados por el manantial es del orden de 15 km². Esta cifra es una estimación del orden de magnitud, que puede verse distorsionada en la medida que sobre el sector del acuífero de La Fuentona actúa también como mecanismo de recarga, la infiltración de cauces superficiales. Es probable por tanto que la superficie de recarga del manantial de La Toba sea inferior a la estimada por hidrología comparada con La Fuentona de Muriel.

Se ha realizado una identificación del área de recarga de Fuentoba a partir de criterios cartográficos e hidrogeológicos, tomando como zona de alimentación los afloramientos del

Cretácico Superior a cota superior al manantial de La Toba. La superficie cartografiada es de aproximadamente 10 km², cifra que es coherente con lo anteriormente expuesto.

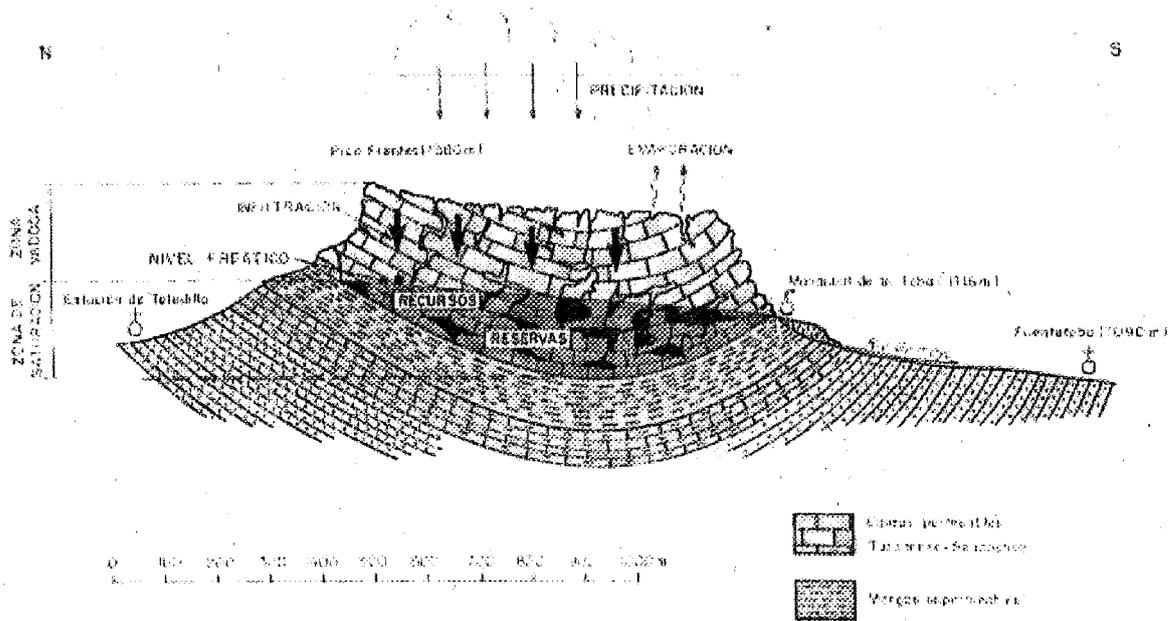


Figura 12: Esquema del funcionamiento subterráneo del sinclinal de Pico-Frentes.
Fuente: E. Sanz Pérez, Las Aguas Subterráneas en Soria.

	Acuífero Cretácico Superior. Sector de La Fuentona de Muriel	Vol. anual- Caudal medio
Masa de agua de Cabrejas Soria Superficie: 473 km ² Rt: 95 hm ³ /año (3) - 3.000 l/s Rc: 1 hm ³ /año - 30 l/s		Rt: 22 hm ³ /año - 700 l/s (1)
	Superficie: 124 km ² (1)	Rc: 0,2 hm ³ /año - 6 l/s
	Acuífero Cretácico Superior. Sector de Fuentetoba	Rt: 3,65 hm ³ /año - 100 l/s (2)
	Superficie: 10 km ²	Rc:
	Acuífero Cretácico Superior del Tobazo de Cueva Pachón	Rt: 1,3 hm ³ /año - 43 l/s (2)
	Superficie: 3 km ² (2)	Rc: 0
	Otros acuíferos	Rt: 68 hm ³ /año - 2.160 l/s
	Superficie: 336 km ²	Rc: 0,8 hm ³ /año - 32 l/s

Rt: Recurso total; Rc: Recurso comprometido.

(1) Fuente: Pérez Santos, J.J. Hidrogeología del sistema cárstico de La Fuentona de Muriel.

(2) Fuente: Sanz Pérez, E. Las aguas subterráneas en Soria.

(3) Confederación Hidrográfica del Duero.

8.- ESTUDIO ECOLÓGICO DEL MANANTIAL DE LA FUENTONA Y DEL RÍO ABIÓN

Para la caracterización biológica del ecosistema de La Fuentona se ha identificado la fauna bentónica y los macrófitos, con el fin de obtener un conocimiento global de los ecosistemas acuáticos del río Abión y de la calidad de la masa de agua superficial y calcular los índices biológicos de referencia en la implantación de la Directiva Marco del Agua (DMA).

La Directiva Marco del Agua (2000/60/CEE) establece que los indicadores biológicos han de ser los que determinen en última instancia el estado de una masa de agua. De hecho, en la formulación de estado ecológico según los indicadores hidromorfológicos y fisicoquímicos (Anexo V de la Directiva Marco del Agua (DMA)), se pueden observar definiciones como éstas:

"Condiciones coherentes con la consecución de los valores especificados anteriormente para los indicadores de calidad biológicos" (Para Buen Estado en los Indicadores de calidad hidromorfológicos o Estado Aceptable en Indicadores de calidad fisicoquímicos).

"... no rebasan los valores establecidos para garantizar el funcionamiento del ecosistema y la consecución de los valores especificados anteriormente correspondientes a los indicadores de calidad biológicos" (Para Buen Estado en los Indicadores de calidad fisicoquímicos).

La campaña de los muestreos de macroinvertebrados y macrófitos se llevó a cabo el 15 de Abril del 2008 en el río Abioncillo en las proximidades a La Fuentona de Muriel. El tramo de caracterización se localiza en las coordenadas X: 511841/Y: 4620243 para el punto de inicio y X: 511940/Y: 4620210 para el final del tramo elegido.

8.1.1 MACROINVERTEBRADOS

Los macroinvertebrados son un grupo común en la mayoría de los ecosistemas acuáticos. Está compuesto por invertebrados mayores de 500 μm como los artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos) que generalmente se encuentran en estado larvario junto con oligoquetos, hirudíneos y moluscos. Se podrían definir los macroinvertebrados acuáticos como "aquellos organismos invertebrados habitantes, en algún momento de su ciclo vital, de hábitats acuáticos, y que son retenidos por mallas de luz entre 200 y 500 μm " (ROSENBERG y RESH 1993).

Se utilizan como herramienta para la caracterización y determinación de la calidad de las aguas en ríos. El estudio de sus pautas de sucesión ecológica y estacional en zonas húmedas puede proporcionar una información muy interesante sobre el conjunto de un ecosistema acuático.

Los macroinvertebrados bentónicos han recibido una gran atención en los estudios de los ecosistemas de aguas corrientes, principalmente por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores (peces), por ser transformadores

e integradores de la materia orgánica alóctona (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, etc.) principal entrada de energía a los sistemas fluviales y también, son destacados por su utilidad como indicadores biológicos en la Directiva Marco.

Son los más utilizados como bioindicadores por las siguientes ventajas (PLATTS et al. 1983, METCALFESMITH 1994, BARBOUR et al. 1999):

- Se encuentran en la gran mayoría de sistemas acuáticos, asegurando la comparación de los datos obtenidos. Son abundantes y de fácil muestreo.
- El muestreo tiene un efecto mínimo en la biota residente.
- Poseen una taxonomía establecida.
- Son de naturaleza sedentaria lo que permite el análisis de las posibles perturbaciones locales de un tramo fluvial.
- Permanecen largos periodos de su ciclo de vida en el agua, pudiéndose registrar cambios temporales en la calidad medioambiental. Sus características son en función de las condiciones en un pasado más o menos reciente, incluyendo episodios esporádicos difíciles de detectar por análisis químicos o microbiológicos.
- Tienen una sensibilidad distinta a diferentes contaminantes, reaccionando rápidamente con respuestas graduales.
- Se disponen de métodos e índice para su análisis.
- Gran diversidad de grupos faunísticos con numerosas especies, entre las cuales siempre habrá alguna que reaccione ante un cambio ambiental.

Los macroinvertebrados indican alteraciones a largo y medio plazo, ya que el ciclo de vida de las especies suele variar desde un mes a cerca de un año. Su valor abarca un periodo temporal intermedio, que complementa al de otros indicadores de corto plazo como el fitobentos, o de más largo plazo, como la ictiofauna.

Metodología

La toma de muestras de macroinvertebrados se ha llevado a cabo de acuerdo con las directrices propuestas por los protocolos de muestreo y análisis de la Confederación Hidrográfica del Ebro⁹ según los ecosistemas acuáticos que se localicen.

Para este análisis biológico se han utilizado los índices de diversidad de la comunidad, basados en el número de taxones y la abundancia proporcional de las especies. La diversidad suele disminuir en ambientes alterados como resultado de la disminución del número de taxones y la diferente distribución de la abundancia. Se utiliza el método del índice IBMWP (Iberian Biological Monitoring Working Party) que fue elaborado por J. Alba-Tercedor, en el cual se requiere en muestreo de tipo cualitativo donde se recoge la presencia o ausencia de las diferentes familias de macroinvertebrados en la fecha de muestreo. El

⁹ Estos protocolos son, junto con los prácticamente coincidentes que ha elaborado la Agencia Catalana del Agua,, los únicos disponibles en el momento de hacer el estudio.

índice IBMWP es una adaptación a la fauna peninsular del índice BMWP desarrollado en el Reino Unido, y está basado en la presencia/ausencia de algunos grupos taxonómicos entre la población de macroinvertebrados del tramo de río objeto de estudio. Cada uno de estos grupos tiene asignado un valor entero entre 1 y 10 (Anejo 4), según sus requerimientos en cuanto a la calidad de las aguas en las que viven sean menores o mayores. La suma de los valores de todos los grupos presentes en la muestra indicará la calidad de las aguas en el punto, de acuerdo a los rangos marcados por el índice para cada clase de calidad. La puntuación total del IBMWP suele variar entre 0 y >100, llegando incluso en algunos ríos peninsulares a valores máximos entre 200 y 300, como sucede en este caso. Los rangos de la calidad del agua varían con la tipificación de la masa de agua, en el presente estudio, el tramo se localiza en la masa de agua con código 02R12363 que se clasifica como río de montaña mediterránea calcárea.

REGIÓN	CLASE DE CALIDAD DE AGUAS	IBMWP
Montaña mediterránea	I- Muy Buena	>90
	II- Buena	71-90
	III- Moderada	55-70
	IV- Deficiente	25-54
	V- Mala	<25

Intervalos de calidad para el índice IBMWP.

Además, se realizaron análisis fisicoquímicos en el punto de muestreo para conocer las características del río en el momento del muestreo y también facilita la interpretación de los datos biológicos. Esas medidas se realizan "in situ" en el campo:

- **Temperatura del agua** (°C). Se relaciona con las características óptimas de los organismos que pueden llegar a modificar su metabolismo. Además, se relaciona con el oxígeno disuelto con las reacciones químicas que pueden producirse en los sistemas lóticos. Este parámetro varía con las condiciones del medio: gran desarrollo de la vegetación de ribera, temperatura atmosférica, factores climáticos, etc.
- **Temperatura del aire** (°C). Este parámetro influye en la temperatura del agua.
- **Oxígeno disuelto** (mg/l y %). Es una medida importante de la calidad y para la supervivencia de los macroinvertebrados en el río. La biodiversidad de las especies disminuye a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el medio. Gran parte de los procesos físicos, químicos y biológicos dependen de su existencia, reflejando el balance entre los sistemas de producción y los de consumo. Se registra tanto la concentración en partes por millón (mg/l) como el porcentaje de saturación (%).

- **pH.** Es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El principal factor regulador del pH de las aguas naturales es el ácido carbónico disuelto en ellas y la naturaleza de los terrenos atravesados.
- **Conductividad del agua** ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Es una medida de la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica. La conductividad está relacionada por un parámetro llamado fuerza iónica que viene determinado por la concentración y la carga de cada ión presente en el agua. Varía según la naturaleza de los componentes del suelo por el que discurre el río.

Para la obtención de las muestras de macroinvertebrados se utilizó una red de mano estándar, de acuerdo a lo especificado por la norma internacional EN 27828:1994, con una malla de Nylal de 500 μm de luz y una profundidad de 50cm en una manga pentagonal. Al tratarse de un muestreo cualitativo se prospectaron todos los hábitats diferentes que previamente se habían identificado en el tramo de muestreo, a lo largo de una longitud aproximada de 100 m. En las zonas lóxicas se colocó la red a contracorriente y se removió energicamente el sustrato situado aguas arriba de la manga con el pie o la mano, de manera que todo el material removido fuera arrastrado por la corriente al interior de la red. En las zonas lénticas el movimiento relativo de la fauna y el material removido fue realizado por el propio operador, removiendo el sustrato con el pie y recogiendo la fauna desalojada mediante movimientos repetidos de la red en la zona de agua inmediatamente por encima del área removida. También se utilizó el método kicking (caminar contracorriente removiendo el sustrato con los pies). Las piedras de gran tamaño, así como los troncos, raíces o masas de algas se lavaron dentro de la red por ambas caras, con el fin de recolectar la fauna existente en ellos, comprobándose visualmente que no quedaban organismos en ellos. En el caso de la vegetación acuática emergente se pasó la red entre ella para capturar los organismos existentes. Además se realizó una inspección visual del tramo, de cara a localizar animales esquivos que viven en la superficie, como los Gyrinidae, Gerridae o Hydrometridae.

Para la conservación de las muestras de macroinvertebrados se fijan con formaldehído al 10%, para posteriormente determinar el índice IBMWP en el laboratorio junto con la separación e identificación hasta nivel de familia de todos los taxones recolectados.

Todas las muestras son etiquetadas con un código identificativo, la ubicación de la recolección y la fecha de la muestra. El transporte de las mismas se realiza en neveras o cajas tapadas para evitar la inhalación de los vapores del formaldehído durante los desplazamientos.

Todos los procesos, tanto de recogida como de tratamiento de las muestras, medición de parámetros físico-químicos y análisis de macroinvertebrados se llevaron a cabo siguiendo los pasos de procedimientos normalizados e instrucciones técnicas creados por Zeta Amaltea en sus sistemas de gestión de Calidad y Medio Ambiente coherentes con las Normas ISO 9001 e ISO 14001.

Análisis de los resultados

En el Anejo 4 se incluye una tabla con el listado de familias de macroinvertebrados encontrados para la obtención del índice IBMWP donde el valor analizado es de 225. El tramo

de estudio se engloba en la clase de calidad Muy Buena. Se localizan 37 familias diferentes de gran variedad de órdenes.

Las especies predominantes de las muestras son: *Heptageniidae* (efemeróptero) y *Gammaridae* (crustáceo).

El primero suele estar frecuentemente en sustrato de partículas gruesas y guijarros, ya que su tipo de alimentación es raspadora de restos orgánicos y del perifiton. Tienen la capacidad de soportar temperaturas muy bajas, por ello suelen encontrarse en las cabeceras y tramos superiores de las cuencas hidrográficas. Además, este género está adaptado a vivir en zona de rápidos y de corrientes fuertes. La adaptación morfológica a estos ambientes consiste en la presencia de una falsa ventosa constituida por el conjunto de las branquias abdominales de las ninfas y tener el cuerpo comprimido dorsoventralmente. Por sus preferencias de hábitat, requieren elevadas concentraciones de oxígeno disuelto, por ello, los *Heptageniidae* son considerados indicadores de aguas limpias. Ello se ratifica con los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos in situ donde se registran 10,5mg/l de concentración de oxígeno disuelto. No obstante se considera que pueden tolerar contaminaciones moderadas de origen orgánico.

Sin embargo, *Gammaridae* es un crustáceo anfípodo que habita en zonas con detritus y abundantes depósitos de hojas. Actúa como una especie trituradora de materia orgánica, aunque su aparato bucal permite el omnivorismo. Se acomoda a diferentes tipos de sustratos. La presencia de grandes cantidades de gammaridos en los ríos indica la presencia de entradas de contaminación de tipo orgánica.

El orden más ampliamente representado es el de los tricópteros y constituye uno de los grupos de insectos más numerosos. Las larvas y pupas son acuáticas y viven dentro de pequeños estuches en forma de tubo que ellas mismas fabrican a base de seda a la que adhieren granos de arena, restos vegetales, etc. Su fase adulta es aérea.

Esta gran diversidad faunística se debe a varias características que se engloban en el tramo estudiado. Se localizan zonas de rápidos lo que proporcionan hábitats de alta calidad y gran diversidad faunística. Como consecuencia, una mayor frecuencia de rápidos incrementará la diversidad de la comunidad de organismos acuáticos. Por ello, la presencia de una mayor variedad de regímenes de velocidad y profundidad proporciona una mayor diversidad de hábitats disponibles para los organismos.

Además, en la margen derecha del río Abioncillo se encuentra bien desarrollado el sustrato arbóreo, mientras que la margen izquierda se caracteriza por el estrato arbustivo, ya que existe un gran desnivel en la zona riparia. La sombra proyectada por la cobertura vegetal adyacente, determina la cantidad de luz que llega al río e influye en el desarrollo de los productores primarios. El bosque de ribera es una fuente de nutrientes ya que hay elementos tales como hojas, ramas, troncos o raíces dentro del lecho del río que son la base de la materia orgánica de origen alóctono. Esto permite a los organismos acuáticos tener las condiciones óptimas para la colonización de los hábitats. Por otro lado, los productores primarios aportan la materia orgánica autóctona y contribuyen a una mayor disponibilidad de hábitats.