UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

E.T.S. DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

**HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO
KÁRSTICO DE PICO FRENTES
(CORDILLERA IBÉRICA)**

TESIS DOCTORAL

PABLO ROSAS RODRIGO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

2016

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
MORFOLOGÍA DEL TERRENO

E.T.S. DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

**HIDROGEOLOGÍA DEL ACUÍFERO
KÁRSTICO DE PICO FRENTES
(CORDILLERA IBÉRICA)**

TESIS DOCTORAL

PABLO ROSAS RODRIGO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

DIRECTOR DE TESIS

D. EUGENIO SANZ PÉREZ

DR. en CC. Geológicas

2016

TESIS DOCTORAL

PABLO ROSAS RODRIGO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

DIRECTOR DE TESIS

D. EUGENIO SANZ PÉREZ

DR. en CC. Geológicas

TRIBUNAL CALIFICADOR

Presidente:

Dr. D.

Vocales:

Dr. D.

Dr. D.

Dr. D.

Vocal Secretario:

Dr. D.

Acuerdan otorgarle la calificación de:

MADRID, a de de 2016.

A mi familia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quería dedicar las primeras líneas a mi Director de Tesis, Eugenio Sanz, sin el que no hubiera sido posible la realización de esta Tesis Doctoral. No sólo en el aspecto técnico, donde ha estado guiándome, asesorando, realizando esquemas, ayudándome en los trabajos de campo, la realización de los artículo y en los diferentes borradores y esquemas de gran ayuda para la presente tesis, y que han sido imprescindibles a la hora de realizar esta investigación; sino también por el aspecto humano, ya que en muchas ocasiones y sin su constancia, su generosidad, entusiasta de la zona de estudio, ayuda desinteresada, motivación y esfuerzo no se podría haber llevado a cabo.

Por otro lado, también agradecer a Ignacio Menéndez-Pidal, que me ha realizado un seguimiento, aportando gran cantidad de documentación y un espíritu crítico realizando grandes aportaciones y ayudando en la redacción del documento.

También quiero mencionar a José Francisco Gómez que me alentó a iniciar esta aventura y ha estado siempre motivándome y ayudándome a compaginar la realización de esta Tesis Doctoral con el constante trabajo diario en la oficina, sin su comprensión y su compañía en algunos trabajos de campo no se pudiera haber realizado.

Agradecer el permiso de la realización de los ensayos de los trazadores a la Confederación Hidrográfica del Duero, en especial, a Saturio Carnicero que me facilitó todos los aspectos administrativos que requerían dicha autorización.

No quiero olvidar la ayuda de Elena Pérez (Laboratorio de Análisis Nucleares del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas de Madrid), que me facilitó las instalaciones para la realización de los ensayos de los trazadores.

Esta investigación no ha contado con ninguna ayuda oficial ni privada y los gastos han sido sufragados personalmente, que han contado con el apoyo importante y desinteresado de colegas y amigos espeleólogos, geólogos y químicos, movidos por el solo interés de conocer el macizo kárstico y el afán de ayudar a los demás. Querría agradecer en primer lugar a Carlos Morón Egido, Carlos Morón Vicén y Manuel Jiménez Sánchez de Terrasub y Deportes Espeleo, por todo el apoyo prestado en las exploraciones de las cuevas de la Majada del Cura, así como en la lectura de las escalas de aforo instaladas en los manantiales, etc. Queremos también agradecer a Javier G. Yélamos, profesor titular de la UAM, a Ramón Redondo y a Suso Llamas por sus sugerencias y observaciones sobre las cavidades, durante el reconocimiento de las mismas. Se agradece también muy sinceramente a Carlos Pascual por todo su apoyo de campo.

Por último, quiero mencionar a mi mujer, familia y amigos que han sido un apoyo esencial para mi todo este tiempo.

RESUMEN.

El sistema kárstico de Pico Frentes se ha desarrollado a favor de un conjunto calcáreo del Cretácico Superior cuya geometría plegada muy bien definida ha condicionado que los acuíferos se sitúen principalmente en tres sinclinales hidráulicamente conectados, con una capacidad de reservas subterráneas de entre 5 y 7 hm³. La recarga en este acuífero libre y en penillanura es autógena y difusa. El flujo subterráneo va dirigido a gran escala por el fondo de los sinclinales y a pequeña escala mediante corrientes subterráneas hacia los manantiales de Fuentetoba (210 l/s) y nacimiento del río Mazos (50 l/s), surgiendo en aguas altas otras descargas menores.

El análisis de los hidrogramas de estos manantiales y las exploraciones espeleológicas indican un sistema de régimen muy variable (entre 8 y 3.400 l/s) y poco poder de regulación natural, como consecuencia de la circulación predominante del agua según un modelo físico no darciano en flujo turbulento, a través de un torrente subterráneo en la zona vadosa, y por medio de conductos kársticos bien desarrollados en la zona freática y epifreática, según se refleja de las exploraciones espeleológicas, característica de un acuífero típicamente kárstico, con gran capacidad de renovación y poco tiempo de residencia.

Gracias a la simulación de los hidrogramas de estas surgencias mediante un modelo matemático de precipitación – escorrentía, se ha cuantificado de manera detallada el balance hidráulico medio para una serie de 20 años: aportación pluviométrica 16,86 hm³ (100 %), recarga natural 8,35 hm³ (49,53%), EVT 8,50 hm³ (50,41%), bombeo de agua subterránea 0,01hm³ (0,06%), escorrentía superficial 0 hm³, transferencias subterráneas a otros acuíferos 0 hm³.

Las respuestas largas a la recarga del sistema kárstico de Fuentetoba en el hidrograma del manantial están controladas por efectos regionales. Sin embargo, algunas respuestas muy retrasadas en el tiempo que se manifiestan en aguas altas podrían estar gobernadas en la última parte del recorrido del flujo por mecanismos de empuje a presión y/o sifonamiento de las ondas de crecida, y quizá por constreñimientos y tapones de sedimentos en los conductos.

Se destacan finalmente las posibilidades del acuífero para abastecimiento de agua, planteándose el estudio de regulación del manantial.

Palabras clave: Hidrogeología kárstica. Manantial kárstico Hidrodinámica. Balance hidráulico. Drenaje turbulento. Hidroespeleología. Sifonamiento. Cordillera Ibérica.

ABSTRACT.

The karst system of Pico Frentes has developed within an Upper Cretaceous calcareous series whose well-defined folded geometry determines that its aquifer reserves are held mainly in three hydraulically-connected synclines, with a groundwater capacity of between 5 and 7 hm³. The recharge to this unconfined peneplain aquifer is autogenous and diffuse. On a large scale, groundwater flow is directed by the base of the synclines, while on a small scale, it flows along groundwater conduits towards the Fuentetoba Spring (210 l/s) and source of the River Mazos (50 l/s), following a highly variable flow regime of low inertia, with other smaller discharges emanating during periods of high water.

Analysis of hydrographs of these springs and speleological explorations indicate a very variable rate system (between 8 and 3,400 l/s) and little power regulating natural, due to the predominant water circulation that accords to a non-Darcian physical model of turbulent flow along an underground torrent in the vadose zone, as well as through well-developed karstic conduits in the phreatic and epiphreatic zones, characteristic of a typical karstic aquifer, with great capacity for renewal and low residence time.

Using hydrogram simulations of these upwellings using a mathematical rainfall-runoff model, a detailed quantification of the average water balance was made for a twenty-year time series. This water balance consists of 16.86 hm³ rainfall (100 %); natural recharge, 8.35 hm³ (49.53%); EVT 8.50 hm³ (50.41%); pumped groundwater

abstractions, 0.01hm^3 (0.06%); surface runoff, 0 hm^3 , groundwater transfers to other aquifer, 0 hm^3 .

The long response times to recharge by the Fuentetoba karstic system, seen in the spring's hydrograph, are controlled by regional factors. Nevertheless, certain responses that have very long time-lags and manifest under high water conditions might be governed in the final stretch of the flowpath by mechanisms of impulsion under pressure and/or siphoning of the floodwave, and perhaps by constrictions or plugs of sediment in the conduits.

Finally the possibilities of the aquifer for water supply should be considered, raising the regulation of the spring as a subject of study.

Keywords: Karstic Hydrogeology. Karstic spring. Aquifer hydrodynamic. Hydraulic balance. Turbulent drainage. Hydrospeleology. Siphoning. Iberian Range.

ÍNDICE**Página**

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2.- METODOLOGÍA	15
3.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	22
3.1.- Características de la zona: Climatización y vegetación	23
3.2.- Contexto geológico: Estratigrafía y estructuras tectónicas	24
4.- DEFINICIÓN DEL ACUÍFERO KÁRSTICO Y MODELO	
CONCEPTUAL BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO.....	28
4.1.- Delimitación del acuífero kárstico y diferenciación de flujos.....	29
4.2.- Cuevas, conductos sumergidos y ríos subterráneos	37
5.- HIDRODINÁMICA DEL SISTEMA KÁRSTICO.....	45
5.1.- Procesos de recarga y descarga.....	46
5.2.- Observaciones hidrológicas desde las exploraciones espeleológicas	48
5.2.1.- Hidrología de la cueva de la Majada del Cura	48
5.2.2.- Las galerías singenéticas: el conducto del manantial de Fuentetoba....	51
5.3.- Análisis del Hidrograma del Manantial de Fuentetoba	55
5.4.- Probabilidades en el caudal de los manantiales.....	59
5.5.- El sifonamiento del Manantial de Fuentetoba	61
5.5.1.- Evidencias de un comportamiento hidrológico singular.....	61
5.5.2.- Las pruebas con trazadores en las proximidades	
del manantial y el sifonamiento.....	64
5.5.3.- Posibles explicaciones del drenaje del sistema en aguas altas.....	67
6.- SIMULACIÓN DE LOS MANANTIALES DURANTES EL PERIODO 1991-2013	
PARA COMPLETAR EL BALANCE HIDRÁULICO DEL AÑO MEDIO	76
7.- BALANCE HÍDRICO DEL ACUÍFERO Y ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS.....	87

7.1.- Estimación de las reservas permanentes, tiempo de renovación y capacidad reguladora del acuífero	88
7.2.- Balance hidráulico.....	90
7.3.- Variación del balance hidráulico y de la recarga con el cambio de la precipitación y de la temperatura	92
8.- PLANEMIENTO A LA REGULACIÓN DEL MANANTIAL DEL FUENTETOBA PARA EL POSIBLE ABASTECIMIENTO A SORIA	95
9.- CONCLUSIONES.....	112
10.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	117
BIBLIOGRAFÍA	122
ANEJOS:	
ANEJO Nº1: INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA Y RELACIÓN DE CAVIDADES	132
ANEJO Nº 2 SERIE DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA: 1991 – 2013	192
ANEJO Nº 3: MEDICIÓN AFOROS DIRECTOS, CURVA DE GASTOS Y MEDICIÓN DE CAUDALES	222
ANEJO Nº 4: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON TRAZADORES	286
ANEJO Nº 5: MODELO DE SIMULACIÓN DEL ACUÍFERO KÁRSTICO DE PICO FRENTES.....	293

ÍNDICE DE FIGURAS**Página**

<i>Figura 1.1.- Situación de la zona de estudio.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 1.2. El embalse del sinclinal Pico-Frentes (inspirado de C. Sáenz, 1954) y tomado de Sanz, 1999).</i>	<i>4</i>
<i>Figura 1.3. Trazado de la conducción de agua para el abastecimiento a Soria desde el manantial de Fuentetoba (Proyecto de Abastecimiento redactado por Clemente Saénz García, catedrático de Geología de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos (Fuente: Ayuntamiento de Soria, 1936).</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3.1. A. Situación de la zona de estudio. B. Sistema kárstico del manantial de Fuentetoba. C. Red de galerías explorada del río subterráneo y trayectoria del agua subterránea comprobada con trazadores en el sinclinal de Fuentetoba. D. Detalle de los conductos y galerías del río subterráneo.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.2. Reproducción de Mapa Geológico 1/50.000 (Cabrejas del Pinar, nº 349) en la zona de Fuentetoba (Fuente: IGME, 1982).....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 4.1. Esquema hidrológico e hidrogeológico del sistema kárstico de Pico Frentes.....</i>	<i>30</i>
 <i><u>Geología:</u> 1. Facies Weald (arenas y gravas).2. Facies Utrillas (arenas).</i>	
<i>3. Margas (Cenomanense-Turonense). 4. Calizas (Coniaciense – Santoniense – Campaniense). 5. Tobas calcáreas. 6. Anticlinales. 7. Sinclinales. 8. Fallas. 9. Dolinas. 10. Uvalas. 11. Vaguadas secas. 12. Simas. 13. Red de cuevas de la Majada del Cura. <u>Hidrología e</u></i>	

hidrogeología: 14. Manantiales. 15. Descargas periódicas. 16. Barrera hidrogeológica central relativa. 17. Sumideros. 18. Conexiones de agua subterránea probadas con trazadores en anteriores trabajos. 19. Conexiones de agua subterráneas probadas en este trabajo. 20. Cueva de Villaciervos (Punto de inyecciones con trazadores en Enero 2013). 21. Punto de muestreo con fluocaptoreos en la prueba de trazador. 22. Estaciones de aforo. 23. Corte hidrogeológico I-I' de la figura

Figura 4.2. Modelo conceptual tridimensional mostrado el flujo de agua en los tres acuíferos y el detalle de la situación del río subterránea de la Cueva de la Majada del Cura.....31

Figura 4.3. Mapa de contornos estructurales de la base del acuífero kárstico33

Figura 4.4. Corte hidrogeológico del sinclinal de Pico Frentes36

Figura 4.5. Planta, secciones de la Cueva de Majada del Cura y situación del reportaje fotográfico 4.3 (modificado de Deportes Espeleo y Terrasub).. ..39

Figura 4.6. A. Corte hidrogeológico esquemático Este-Oeste. B. Red de conductos explorada y supuesta del río subterráneo del manantial de Fuentetoba.....40

1. Nivel freático máximo. 2. Nivel freático mínimo.3. Zona epifreática.4. Empuje de presión en aguas altas.5. Reservas permanentes.6. Recarga natural. 7. Sifones buceados. 8. Red de conductos explorada. 9. Red de conductos esquemática y supuesta. 10. Dirección del flujo del río subterráneo.11. Filtraciones del río subterráneo.

Figura 4.7. Conducto del manantial de Fuentetoba en el acuífero de sinclinal de Fuentetoba. 41

1. Calizas en bancos. 2. Calizas. 3. Margas. 4. Tobas. 5. Bloques. 6. Conducto. 7. Sección del conducto. 8. Ondas de presión. 9. Manantial. 10. Trop plein inferior. 11. Distribución granulométrica. 12. Trop plein superior.

Figura 5.1. Planta y Perfil de la Sima de Pico Frentes

(Deportes Espeleo-Terrasub, 2009) 46

Figura 5.2. Conducto del manantial de Fuentetoba en el acuífero de sinclinal de Fuentetoba. 54

1. Calizas en bancos. 2. Calizas. 3. Margas. 4. Tobas. 5. Bloques. 6. Conducto. 7. Sección del conducto. 8. Ondas de presión. 9. Manantial. 10. Trop plein inferior. 11. Distribución granulométrica. 12. Trop plein superior.

Figura 5.3. Hidrograma del Manantial de Fuentetoba 56

Figura 5.4. Hidrograma de manantial de Cueva pachón 57

Figura 5.5. Clasificación según Mangin 59

Figura 5.6. Curvas características de probabilidad de caudales 60

a.- Curva de caudales clasificados

b.- Curva de caudales clasificados con escala probabilística

c.- Series de tiempo de descargas mínimas anuales

d.- Series de tiempo de descargas máximas anuales

<i>Figura 5.7. Hidrograma real y simulado del manantial de Fuentetoba durante los años 2012-2013. Se indican los periodos de almacenamiento y déficit de agua, que se interpretan con debidos a empujes de presión y sifonamiento.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 5.8. Curvas de concentración-tiempo para las pruebas de trazadores realizadas en el sinclinal de Fuentetoba, entre el río subterráneo y el manantia.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 5.9. Modelo esquemático simplificado en que tres embalses del sistema kárstico del manantial de Fuentetoba. En cada uno, se supone que el flujo es distribuido en dos depósitos de alta y baja permeabilidad. En el último depósito (sinclinal de Fuentetoba) hay tres hipótesis posibles de la corriente de retardo: sifón, tapones de sedimento y constreñimientos, o combinaciones de los tres. Qh: Caudal de Salida del depósito de alta permeabilidad, Ql: salida desde el depóstio de baja permeabilidad. El ensayo del trazador se realizó en el río subterráneo.</i>	<i>69</i>
<i>Figura 5.10. Corte hidrogeológico esquemático Este-Oeste. 1. Nivel freático máximo. 2. Nivel freático mínimo. 3. Zona epifreatica. 4. Empuje de presión en aguas altas. 5. Reservas permanentes. 6. Recarga natural. 7. Red de conductos explorada. 8. Red de conductos esquemática y supuesta ..</i>	<i>70</i>
<i>Figura 6.1. Hidrograma modelo CREC y aforado.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 7.1. Relación entre la recarga y la precipitación variando la temperatura $\pm 4^{\circ}\text{C}$.</i>	<i>93</i>
<i>Figura 7.2. Curva de caudales clasificados para diferentes situaciones de precipitación y temperatura ..</i>	<i>94</i>

Figura 8.1. Relación del volumen de reserva y el nivel de garantía..... .. 101

Figura 8.2. Posibles alternativas para la captación del manantial de

Fuentetoba..... .. 111

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**Página**

<i>Fotografía 1.1. Una de las cuadro brigadas de alumnos que levantaron el plano taquimétrico entre Soria y Fuentetoba (Fuente: Anuario de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, curso 1933 -34)</i>	<i>5</i>
<i>Fotografía 1.2. Cascada del manantial de Fuentetoba (Soria) (Breogán Prego, 2016).....</i>	<i>6</i>
<i>Fotografía 1.3. Reportaje fotográfico del entorno del manantial de Fuentetoba.....</i>	<i>7</i>
<i>Fotografía 2.1. Aforo y medición de caudal mediante micromolinetes en el Manantial de Fuentetoba (izda) y el Nacimiento del río Mazos (dcha).....</i>	<i>18</i>
<i>Fotografía 2.2. Pruebas y ensayo en laboratorio de los trazadores en el río subterráneo de la Cueva de la Majada del Cura.....</i>	<i>19</i>
<i>Fotografía 2.3. Exploraciones espeleológicas y espeleobuceo (Deportes Espele y Terrasub, 2015).....</i>	<i>20</i>
<i>Fotografía 2.4. Grupo de colegas en una de las exploraciones a la Cueva de Majada del Cura (Enero, 2012)</i>	<i>21</i>
<i>Fotografía 3.1. Paisaje de la paronama de La Llana, parcialmente cubierta de sabinas. Estas parameras calcáreas suponen el área del sistema kárstico (E. Sanz).....</i>	<i>24</i>
<i>Fotografía 4.1. Inyección con fluoresceína en el Lago de la Cueva de Villaciervos (C. Morón, 2013).....</i>	<i>32</i>
<i>Fotografía 4.2. Manantial de Las Fuentes (Villaciervos)(E. Sanz)</i>	<i>35</i>

<i>Fotografía 4.3. Reportaje fotográfico del río hipogeo de la Cueva de la Majada del Cura y galerías superiores.....</i>	<i>42</i>
<i>Fotografía 5.1. Nacimiento del río Mazos. Izda: Tobazo y surgencias. Dcha: Detalle de trop-plein de arriba (E. Sanz, Enero 1996)</i>	<i>48</i>
<i>Fotografía 5.2 Espeleobuzador salvando uno de los sifones de la Cueva de Majada del Cura (Terrasub y Deportes Espeleo, 2015)</i>	<i>51</i>
<i>Fotografía 5.3. Explorando los conductos sumergidos del manantial de Fuentetoba. Izda: Observar las marcas de las ondas de presión (Terrasub y Deportes Espeleo, 2009).....</i>	<i>52</i>

ÍNDICE DE TABLAS**Página**

<i>Tabla 4.1: Datos de las pruebas de trazadores realizadas en el sistema kárstico de Pico Frentes.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5.1. Resultados obtenidos a partir del análisis de las curvas de recesión correspondientes a la serie diaria de datos del manantial de Fuentetoba (años hidrológicos 2010-11 y 2011-12). Leyenda: D_a duración del agotamiento, α coeficiente de agotamiento, V_d volumen dinámico, i y k parámetros de Mangin (1970,1975), D_d duración de la decrecida, η coeficiente de velocidad de infiltración, y ϵ coeficiente de heterogeneidad.</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 5.2. Ensayos de los trazadores desde la cueva Majada del Cura.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 7.1. Reservas permanentes en las diferentes cubetas sinclinales del sistema kárstico.</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 7.2. Balance hidráulico del año medio para la serie simulada 1991-2013</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 8.1. Relación del volumen y el nivel de garantía</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 8.2. Nivel de garantía para que el déficit en un mes no sea superior al 10 %......</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 8.3. Nivel de garantía para que el déficit en 10 años consecutivos no sea superior al 8%......</i>	<i>103</i>

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La Sierra de Cabrejas y su geomorfología kárstica forma parte de un espacio natural de ámbito europeo, Lugar de Interés Comunitario (LIC) denominado “Sabinares de la Sierra de Cabrejas”. Constituye también un gran acuífero kárstico de unos 153 km² que drena principalmente por el manantial de la Fuentona en su extremo suroccidental, de 1.000 l/s de caudal medio. Por el extremo oriental drena a través del manantial de Fuentetoba, que tiene aproximadamente 26 km² de cuenca de alimentación, y que es objeto de este estudio (Figura 1.1). Debido a la singular belleza del manantial de la Fuentona, y a la del paisaje geológico y botánico del entorno, ha sido declarado Monumento Natural, siendo un atractivo turístico importante, con unos 100.000 visitantes al año. La extracción de agua subterránea en este acuífero para el riego de la principal explotación de trufas del Mundo se compatibiliza con la conservación del caudal de la surgencia en la mayor parte del año. Efectivamente, el bombeo está programado para que se realice en épocas de aguas altas, en las crecidas del manantial, por lo que la afección a sus caudales apenas se nota. El agua bombeada se almacena en grandes balsas para utilizarlas en época de riego. Este sistema de explotación constituye un ejemplo de gestión sostenible de un acuífero kárstico (Pérez & Sanz, 2010). Este aparato kárstico guarda una gran similitud con el de Fuentetoba, ya que en realidad es su continuación hacia el Oeste. En el estudio que se hizo se destaca la gran irregularidad de los caudales de la Fuentona, y la alta velocidad de flujo comprobada con trazadores (por encima de 3000 m/día en aguas altas) (Pérez & Sanz, 2010).

El manantial de Fuentetoba pensó captarse para el abastecimiento a la capital de Soria en el siglo pasado, pero después de un reconocimiento hidrológico preliminar se comprobó que tenía un caudal insuficiente. De los trabajos de Sáenz (1935, 1955) se

identifica por primera vez el carácter de embalse kárstico de Pico Frentes y se expone un estudio hidrológico preliminar realizado en 1935 en donde se afora durante un año el manantial de Fuentetoba, comprobándose su gran variabilidad de caudales. En estas mismas publicaciones se hace historia de las prospecciones de fines de 1936 y comienzo de 1937, con galerías y pozos cegados hoy por abandono.

Figura 1.1.- Situación de la zona de estudio.

Este manantial es la descarga natural de un sinclinal colgado de calizas acuíferas muy karstificadas que se apoyan sobre margas impermeables, situándose allí donde el contacto permeable-impermeable tiene menor cota (Figura 1.2). El proyecto consistía en regular el manantial de La Toba mediante la perforación de una galería con “grifo” bajo

la surgencia a fin poder drenar toda esta cubeta de agua subterránea, y así controlar según conviniese la salida del agua subterránea. Este estudio hidrogeológico lo realizó Clemente Sáenz con una metodología precursora y pionera, en la técnica de regulación de los manantiales. Pero el proyecto no llegó a ejecutarse porque la población de Soria aumentó y ya era insuficiente el caudal del manantial.

Figura 1.2. El embalse del sinclinal Pico-Frentes (inspirado de C. Sáenz, 1954 y tomado de Sanz, 1999).

Según consta en los Anuarios de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, los alumnos de segundo año del curso 1933-34 de la Escuela de Ayudantes de Obras Publicas, se trasladaron a Soria en la segunda quincena del mes de septiembre, y allí, divididos en brigadas de cinco o seis alumnos (Fotografía 1.1), tomaban los datos necesarios para hacer un plano taquimétrico y nivelación correspondientes en la zona comprendida entre Soria y Fuentetoba, al pie de pico frentes, para estudiar en su día un posible abastecimiento de aguas a aquella población mediante la captación del manantial de La Toba, situado a 7 km de distancia (Figura 1.3). Las cuatro brigadas trabajaban bajo la dirección del profesor de la asignatura, D. Clemente Sáenz, y el secretario de la escuela, Sr. Serrano Tormo. También prestaron su colaboración en estos trabajos el Ayudante de Obras Públicas y estudiante de Ingeniería de Caminos, D. Álvaro del Portillo.

Fotografía 1.1. Una de las cuadro brigadas de alumnos que levantaron el plano taquimétrico entre Soria y Fuentetoba (Fuente: Anuario de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, curso 1933 -34).

Figura 1.3. Trazado de la conducción de agua para el abastecimiento a Soria desde el manantial de Fuentetoba (Proyecto de Abastecimiento redactado por Clemente Saénz García, catedrático de Geología de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos (Fuente: Ayuntamiento de Soria, 1936).

Actualmente el manantial de Fuentetoba sirve de abastecimiento a una pequeña población y varias urbanizaciones, pero puede presentar el interés de ampliarlo para el abastecimiento parcial pero estratégico de agua de buena calidad a la capital de Soria, dada su proximidad a la misma. Constituye así mismo un bello manantial que surge colgado a media ladera a la cota 1.142 m, cayendo en forma de cascada de 20 m desde las masas de tobas asociadas a la fuente, dando lugar al origen del río Golmayo

(Fotografía 1.2.). Junto al manantial hay un santuario románico (La Mongía, del siglo XI, construido con piedra de sillería de toba), lo que configura un paraje de alto valor patrimonial, científico y natural (Fotografía 1.3).

Fotografía 1.2. Cascada del manantial de Fuentetoba (Soria) (Manuel Mejide, 2013).

Como se sabe, en la primera fase de los estudios sobre los acuíferos en general, y en los kársticos en particular, se intenta identificar los acuíferos y la evaluación de sus recursos (Bayo, 1982; Antigüedad, 1989). En este último aspecto, es importante la modelización del sistema kárstico en un periodo suficiente de tiempo a fin de poder establecer un balance hidráulico lo más ajustado posible. En hidrogeología kárstica, y cuando la única información disponible son los hidrogramas de los manantiales, los modelos

matemáticos de depósitos o de precipitación-escorrentía pueden ser una herramienta útil para reconstruir series históricas de caudales (Pulido, 2014). Entre los modelos existentes (MERO, BEMER, TRIDEP), se ha aplicado en este trabajo el modelo CREC (Guilbot, 1975), ya que ha dado buenos resultados en acuíferos kársticos cercanos (Sanz, 1996a y 1996b).

Fotografía 1.3. Reportaje fotográfico del entorno del manantial de Fuentetoba.

Una segunda fase en los estudios de acuíferos kársticos se refiere al conocimiento previo del funcionamiento hidrodinámico del sistema en régimen natural, donde se intentara zonificar los flujos, cuantificar los tiempos de tránsito, tiempos de renovación, estimación de reservas, etc. Dado que el karst es heterogéneo y anisótropo, las investigaciones hidrogeológicas de carácter hidrodinámico se deben hacer en muchos casos con el análisis de las respuestas naturales de los manantiales, sobre todo cuando la principal fuente de información son los hidrogramas de los mismos (White, 1988; Bakalowicz, 2005; Ford & Williams, 2007; Goldscheider & Drew, 2007). Existen diversas metodologías que se basan en el análisis de las curvas de agotamiento (Mangin, 1970, 1975), análisis correlatorio y espectral, curvas de caudales clasificados como expresión de la regularidad-irregularidad del drenaje de los caudales (Padilla, 1990), aplicación de la transformada de wavelet, a lo que hay que añadir la aportación de la hidroquímica convencional e isótopos, etc; en Jiménez-Gavilán (2010) por ejemplo, se aplican estas series de técnicas de análisis hidrodinámico de diversos manantiales kársticos de Andalucía.

Por otro lado, el estudio del karst es esencial, entre otras cosas, para estimar, planificar y gestionar de manera adecuada los recursos hidráulicos, como es el caso de los manantiales kársticos que sirven de abastecimiento (Kresic & Stevanovic ,2010), como podría ser el de Fuentetoba si se amplían sus expectativas de abastecimiento por ejemplo, y la importancia de iniciar los estudios de su caracterización, gestión y protección. Se han observado cambios en el caudal de los manantiales debidos a los efectos de las variaciones climáticas y de las actividades humanas, tal como se cita por ejemplo en Healy et al. (2007). Por otro lado, la vulnerabilidad de los acuíferos kársticos a la contaminación pueden limitar mucho su uso (Kresic, 2009, 2010) y,

consecuentemente requieren una especial protección (Panno, 2006). Existen una variedad de técnicas para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos kársticos, como la propuesta de la European COST Actions 620 (Zwahlen, 2004), por ejemplo. Pero en todos los casos es necesario un conocimiento bueno de las condiciones locales, ya que el karst se presenta en contextos geológicos diferentes, con condiciones de almacenamiento y flujo distintas.

El sistema kárstico de Pico Frentes constituye también un buen ejemplo de acuífero kárstico no confinado y geométricamente bien delimitado, donde ha existido la posibilidad y oportunidad de hacer observaciones directas en los conductos activos y abandonados de la zona no saturada, es decir, en el interior de cuevas con corrientes de agua mediante espeleología convencional y espeleobuceo. Y también se ha accedido a un importante conducto activo penetrable sumergido de la zona saturada mediante espeleobuceo. Aparte de su potencial espeleológico y científico, la cartografía de estas galerías sumergidas puede ser esenciales para diseñar las estructuras de captación para una futura regulación del manantial, tal como se ha hecho en otros manantiales dotados de sifones (Jevtic et al., 2005; Potier, 2005).

El análisis de la variación del caudal de los manantiales es importante por dos razones: en primer lugar, la cuantificación y predicción del caudal de los manantiales es un requisito previo esencial para gestionar los recursos subterráneos de un acuífero. En segundo lugar, la intensidad y duración de la precipitación es la variable que más influye en la forma del hidrograma (intensidad, duración, naturaleza de las precipitaciones). El análisis de la variación de flujo nos puede aclarar sobre algunas de las características del acuífero que influyen en la respuesta entre la recarga y la salida

del flujo de agua, es decir: los diferentes estados de flujo, el almacenamiento, la inercia y recesión del caudal de flujo, su relación con las características estructurales geológicas, etc. La descarga de los manantiales depende de las características de la cuenca hidrográfica, tal como el tamaño y la pendiente de la misma, estilo de recarga, la densidad de red de drenaje, variabilidad geológica, vegetación y suelo (Ford and Willians, 2007).

La distribución temporal de la recarga natural y el tiempo de tránsito del agua subterránea a través de acuíferos kársticos puede llegar a ser un tema complicado - ya que aparte de depender de la intensidad y duración de los eventos de recarga, así como del estado de humedad del suelo - depende de la existencia de grandes heterogeneidades, de la geometría de los conductos y conexión entre ellos, y de los parámetros hidráulicos de la zona vadosa y freática (Halihan and Wicks, 1998, Geyer et al, 2008).

Por otro lado, el flujo en sistemas kársticos se suele subdividir en flujo de conductos, flujo de fracturas, y flujo matriz. Las respuestas rápidas bajo caudales altos en los hidrogramas se suelen explicar por el drenaje de conductos y fracturas. El comienzo de las curvas de agotamiento, con pendiente más alta, se suele explicar por el drenaje de fracturas y de la matriz rocosa, mientras que las pendientes bajas de la curva de agotamiento, interviene únicamente la transmisividad de la matriz cuando el flujo es muy lento (Shevenell, 1996).

Pero las condiciones freáticas y epifreáticas pueden cambiar con el tiempo, pudiendo modificarse la geometría del flujo subterráneo, dependiendo si se utilizan unos u otros conductos, según estemos en aguas altas o bajas, por ejemplo.

Todo esto puede conllevar a que la distribución temporal de la recarga no corresponda exactamente con la de la descarga. Esto ha sido observado en ciertos sistemas kársticos, sobre todo en periodos tormentosos o de aguas altas. Se citan varios posibles mecanismos para explicar este tipo de hidrogramas:

El caudal de algunos manantiales kársticos pasa rápidamente de ser muy escaso o nulo a ser muy importante. Este efecto se puede explicar por el empuje a presión durante periodos de gran recarga del agua vieja, estancada cerca del manantial de salida; este fenómeno se ha visto en bastantes sistemas kársticos (Yevjevch, 1981). Otros fenómenos de intermitencia se explican por la existencia de un sifón que solo actúa en aguas altas cuando el nivel piezométrico está por encima de la boca de salida. En otros casos, el sifón puede funcionar con caudales subterráneos ordinarios que llenan un depósito detrás del manantial y el conducto de salida; y cuando el agua llega a la boca es expulsada toda la que se almacenaba en el depósito por hacerse el vacío. Hay muchos ejemplos de manantiales con sifones asociados (Milanovic, 2007). El fenómeno de sifonamiento (es decir, la evacuación regular a través de un dispositivo sifonante en U inversa) solo se da en casos singulares, como en el nacimiento del río Mundo en España, por ejemplo (Rodríguez-Estrella et al, 2002). Mangin (1975) estudio los fenómenos de intermitencia gracias a numerosos ensayos en modelos reducidos. Otros inusuales casos son citados, por ejemplo, Gelodareh Spring (Iran), donde la existencia

de un sistema de flujo de sifón explican los múltiples picos periódicos en el hidrograma del manantial (Karimi and Ashjari, 2009).

Sara (1977) y Urzendowsky (1993) explican que en el Big Spring of the Kings Canyon Nacional Park durante aguas altas, se produce un tapón de sedimentos que bloquea el camino del flujo en el conducto principal de salida, el cual se desbloquea cuando detrás se eleva el nivel y produce una carga hidráulica suficiente para removilizar los depósitos y permitiendo así la evacuación del agua embalsada detrás. Cuando baja el nivel se vuelven otra vez a sedimentar los materiales y a taponar el conducto, repitiéndose este proceso de manera sucesiva. Halihan et al, 1998, explican que el drenaje en el sistema de Devil's cave durante periodos tormentosos está gobernado por la existencia de estrechamientos en la red de conductos; esta consideración de un modelo deposito/estrechamiento les ha permitido la modelización del hidrograma el manantial de salida de manera satisfactoria.

El sistema kárstico de Fuentetoba constituye un buen ejemplo de acuífero kárstico no confinado y geométricamente bien delimitado, donde ha existido la posibilidad y oportunidad de hacer observaciones directas en los conductos activos y abandonados de la zona no saturada, es decir, en el interior de cuevas con corrientes de agua mediante espeleología convencional y espeleobuceo. Y también se ha accedido a un importante conducto activo penetrable sumergido de la zona saturada mediante espeleobuceo. Estas investigaciones son las que nos muestran como es realmente un acuífero kárstico por dentro, aunque sea de manera parcial e incompleta. El hallazgo reciente y exploración (Sanz et al. 2012) de estas dos cavidades aparentemente independientes que convergen ambas en el manantial de Fuentetoba amplían las

posibilidades de clarificar el drenaje actual de este sistema kárstico, aunque se traten de fragmentos de una red de conductos de un sistema de drenaje subterráneo que se supone es más amplio.

La organización de estos conductos es comparable a la red de drenaje de un sistema superficial de un río (Bakalowicz, 2005). El flujo en los acuíferos kársticos presenta un sistema doble (o triple) caracterizado por la interacción de los dominios difusos y de conductos, y es en los conductos donde los flujos pueden ser de alta velocidad (Shurter and White, 1971; Atkinson, 1977). El flujo en los conductos puede ser laminar o turbulento (según el número de Reynolds), y suele organizarse en una red de canales de alta permeabilidad en los acuíferos kársticos drenados por grandes manantiales (Worthington and Ford, 2009), los cuales son susceptibles de modelación matemática (Worthington, 1999, 2009).

Esta Tesis Doctoral pretende los siguientes objetivos concretos:

- Delimitación del acuífero kárstico y diferenciación de flujos, con el planteamiento de un modelo conceptual general de funcionamiento hidrogeológico para el conjunto del sistema.
- Caracterizar el funcionamiento e hidrodinámica del acuífero y sus procesos de recarga y descarga.
- Establecimiento de un balance hídrico ayudado de un modelo matemático de precipitación-escurrimiento.
- Estimación de las reservas y tiempo de renovación del agua subterránea, considerando la capacidad reguladora del sistema.

- Analizar el drenaje del manantial de Fuentetoba y la respuesta del sistema a la recarga ante condiciones de flujo diferentes, en especial en situaciones de sifonamiento, y en donde el análisis del hidrograma, las pruebas con trazadores, y las observaciones directas de la hidrología en las cuevas han sido importantes herramientas de estudio.

2.- METODOLOGÍA

Los acuíferos kársticos tienen una complejidad y características únicas que las diferencian de otros tipos de acuíferos y su investigación por los métodos clásicos de hidrogeología pueden no ser apropiados o insuficientes (Bakalowicz, 2005), por lo que se requieren técnicas específicas para su estudio y exploración (White, 2002, 2003; Ford & Williams, 2007; Goldscheider & Andreo, 2007).

En el caso concreto del acuífero de Pico Frentes, la escasez de sondeos (solo existe uno en todo el acuífero) limita mucho algunos aspectos para el conocimiento hidrogeológico, como es la elaboración de mapas de isopiezas, conocimiento de los parámetros hidrogeológicos, etc. Sin embargo, los resultados de las exploraciones espeleológicas y la posibilidad de cuantificar el caudal de los manantiales, ha permitido un conocimiento suficiente del karst. Así, y según las características específicas de este lugar, y a los recursos de información disponibles, se ha aplicado y combinado los siguientes métodos de estudio:

Identificación de los niveles hidroestratigráficos y delimitación del sistema kárstico mediante cartografía geológica a escala 1/25.000. Caracterización de la estructura y geometría en profundidad de los acuíferos kársticos con la elaboración de un mapa de contornos estructurales de la formación permeable utilizando registros estratigráficos, mapas geológicos y aprovechando los datos de antiguas campañas geofísicas de prospección hidrogeológica y de hidrocarburos en la zona. En el caso concreto de este sistema, donde los contactos geológicos de la base impermeable de todo el contorno acuífero afloran en las laderas, la técnica de planos acotados ha resultado ser la más útil, empleándose la información geofísica de apoyo y

comprobación. Ello nos ha permitido conocer las reservas permanentes de aguas subterráneas.

Métodos hidrogeológicos para la caracterización del funcionamiento hidrogeológico que ha consistido: Inventario de todos los puntos de agua dentro del sistema, y de la zona de alrededor del acuífero por si hubiera otras salidas en las facies Utrillas a través de fracturas. Para ello se ha rellenado una ficha sólo en los puntos de agua más relevantes, haciéndose un resumen de observaciones del resto de manantiales y sondeos. Realización de una prueba con trazadores de carácter semicuantitativo (mediante fluocaptres) para poder delimitar la divisoria de agua subterránea de este acuífero con el de la Fuentona de Muriel (entre otros se citan: Käss, 1998; Geyer et al., 2007; Benischke et al., 2007; Perrin & Luetscher, 2008; Goldscheider et al., 2008; Segovia et al., 2011). Se han cuantificado las salidas del sistema a través de los dos manantiales más importantes que drenan el sistema, en los que se ha instalado una red de control de caudales en los años 2011 y 2012. Las estaciones de aforos se instalaron aguas abajo de los manantiales de Fuentetoba y del nacimiento del río Mazos (unos 100 m aguas abajo), aprovechando las secciones bien definidas de cemento de las soleras y estructuras de dos pequeños puentes, y en los que se instalaron sendas regletas para lectura diaria de las alturas de calado (Fotografía 2.1). La curva de gastos de las estaciones de aforo se estableció mediante aforos directos hechos con micromolinetes en diversas situaciones hidrológicas (Anejo 3).

Fotografía 2.1. Aforo y medición de caudal mediante micromolinete en el Manantial de Fuentetoba (izda) y el Nacimiento del río Mazos (dcha)

Aparte de estos dos manantiales, hay dos rebosaderos o trop-pleins situado uno a varios kilómetros de Fuentetoba (Las Fuentes de Villaciervos), y otro más pequeño localizado a unos 2 km (Fuente Romana). Como se verá, la aportación hídrica de ambos apenas supone algo más del 1 % de las salidas del acuífero, pero se han considerado a efectos de ser rigurosos, y también por si tuvo más importancia en climas pasados, con condiciones de precipitación y temperatura distintas. Para ello se ha utilizado la curva de caudales clasificados, como se verá.

Se realizaron tres pruebas con trazadores (Fotografía 2.2) para comprender mejor algunas propiedades hidrogeológicas locales, como podría ser el efecto de sifonamiento, o de retraso del flujo en el manantial de Fuentetoba. En estas tres pruebas se han realizado en los años 2012 y 2013 durante periodos de estiaje seguidos de eventos de recarga, habiéndose empleado uranina y puntualmente ClNa. El punto de inyección ha sido un río subterráneo situado a 3.000 m de distancia en línea recta del manantial de Fuentetoba, precisamente en el último tramo del flujo, el cual se verifica en un sinclinal con un comportamiento hidrogeológico singular (Anejo 4).

Fotografía 2.2. Prueba con trazadores en el río subterráneo de la Cueva de la Majada del Cura y análisis de las muestras tomadas en los manantiales

Hay una metodología menos convencional, como ha sido la exploración directa mediante espeleobuceo y espeleología convencional de conductos actualmente en funcionamiento (Fotografía 2.3), tanto en la zona de fluctuación del nivel freático como en la zona saturada. Ello nos hará comprender mejor el funcionamiento hídrico del medio kárstico y algunas particularidades de este sistema. Estas campañas espeleológicas se han realizado a lo largo de estos cuatro últimos años, y en situaciones hidrológicas diferentes. Han consistido en las siguientes actividades exploratorias:

- Varias campañas de exploración espeleológica y en los 3.000 m de desarrollo conocido hasta la fecha de la red de la Cueva de la Majada del Cura, con aforos puntuales del río subterráneo en situaciones de aguas altas y estiaje (Fotografía 2.4).
- Se ha contado además con la información proporcionada de los Grupos Espeleología Deportes Speleo y Terrasub de las diferentes campañas de espeleobuceo en los sifones del río subterráneo de la red de la Cueva de la Majada del Cura y en el conducto de salida del manantial de Fuentetoba (Figura 3.1).

- Un resumen descriptivo de esta red de conductos se incluye en un apartado sobre la Descripción del Área de Estudio, mientras que las observaciones hidrológicas se incluyen en el apartado 5.2.

Fotografía 2.3. Exploraciones espeleológica y espeleobuceo (Deportes Espeleo y Terrasub, 2015)

Se ha hecho una aproximación al estudio cuantitativo del hidrograma del manantial de Fuentetoba, con el análisis de las curvas de agotamiento (Mangin, 1970, 1975), y la curva de caudales clasificados.

Se ha aplicado un modelo de precipitación-escorrentía (Guilbot, 1975) a los dos años de aforos medidos, y se ha reconstruido después la serie histórica de los últimos 20 años para cuantificar todos los elementos del balance hidráulico. Este modelo también se ha explotado para conocer la variación de la recarga natural media anual y la curva de caudales clasificados, para diferentes hipótesis de precipitación y temperatura. Se ha contado para ello de la serie de precipitaciones y temperaturas de la cercana estación completa de Soria- capital perteneciente a la Agencia Estatal de Meteorología, situada a menos de 8 km de distancia, así como de otras estaciones del entorno al sistema acuífero (Anejo 5).

Fotografía 2.4. Grupo de colegas en una de las exploraciones a la Cueva de Majada del Cura (Enero, 2012)

3.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.- Características de la zona: Climatología y vegetación

Actualmente, el clima de esta zona es de tipo mediterráneo con un invierno relativamente frío, y una precipitación media anual en este sector de la sierra de Cabrejas de 574 mm con un máximo en primavera; la distribución espacial de las precipitaciones en esta meseta son muy uniformes, y en invierno no son raras las precipitaciones en forma de nieve. Las duras condiciones climáticas continentales de la zona, la pobreza de suelos no aptos para el cultivo, y la gran capacidad de infiltración y poca retención del agua por la existencia del karst que da a la meseta una acusada aridez, ha hecho conservar sin embargo los bosques más extensos de Europa de sabina alvar (*Juniperus thurifera*), uno de los árboles más resistentes a estas condiciones, y que es capaz de soportar fríos muy intensos, fuertes calores estivales y sequías prolongadas. De hecho es una especie “comodín” ya que ocupa los espacios donde otros árboles no pueden subsistir (Fotografía 3.1). En ocasiones comparten territorio con encinas (*Quercus ilex subs*) y otras especies arbóreas menos representativas, tal como ocurre en el Pico Frentes, donde la abundancia de encinas hizo que uno de las actividades importantes en el Medievo y edad moderna fuera la fabricación de carbón vegetal de encina, y que uno de los pueblos medievales se llamara y se llame Carbonera. Estas condiciones de pedregosidad del suelo no ha permitido el desarrollo de otras actividades que el pastoreo de ganado ovino, y en el pasado del caprino perfectamente acoplado a la estructura de bosque abierto del sabinar donde quedan grandes superficies de tomillar-pradera para pasto.

Fotografía 3.1. Paisaje de la paramera de La Llana, parcialmente cubierta de sabinas. Estas parameras calcáreas suponen el área de recarga del sistema kárstico (E. Sanz).

3.2.- Contexto geológico: Estratigrafía y estructuras tectónicas

Dentro del sector noroeste de la Cordillera Ibérica, se encuentra la Sierra de Cabrejas, una alineación constituida mayoritariamente por materiales calcáreos de edad cretácica (Figura 3.1).

Desde el punto de vista estratigráfico, los materiales más antiguos de la zona pertenecen al Grupo Urbión de la facies Weald, que está constituido por conglomerados, gravas, arenas, limonitas y arcillas moradas y que en conjunto pueden tener un espesor superior a 200 m (Figura 3.2). Encima se sitúa la Facies Utrillas, formada por 150 m de depósitos terrígenos silíceos con matriz caolinífera de color blanco (Rodríguez et al., 2010), los cuales presentan abundantes impregnaciones de asfaltos naturales que se explotaron en Fuentetoba durante el siglo XIX. Sobre ellos se disponen las margas fosilíferas del Cenomanense y Turonense. Concordante con el Turonense se apoyan 100 m de calizas nodulosas coniacienses que, junto con las calizas masivas micríticas santonienses-campanienses de 120 m de espesor (IGME, 1980, 1982 y Navarro, 1991), resaltan morfológicamente en el relieve, dando lugar a los escarpes del borde norte de

la Sierra (Pico Frentes, por ejemplo) y a los cantiles de los cañones de la región, como el Cañón del río Lobos, por ejemplo (Sanz, 1996a). Encima, y en concordancia con las anteriores formaciones geológicas, se encuentra la facies Garumnense, ya en transición

Figura 3.1. A. Situación de la zona de estudio. B. Sistema kárstico del manantial de Fuentetoba. C. Red de galerías explorada del río subterráneo y trayectoria del agua subterránea comprobada con trazadores en el sinclinal de Fuentetoba. D. Detalle de los conductos y galerías del río subterráneo.

al Terciario (Figura 3.2). En discordancia sobre los demás sedimentos descritos, se disponen los materiales arcillosos paleógenos, las calizas lacustres miocenas (estas dos últimas formaciones geológicas se hallan fuera de la zona de estudio) y un Cuaternario que, en general, adquiere poco desarrollo.

Estructuralmente, los plegamientos, generados durante la Orogenia Alpina, siguen las direcciones este-oeste. Destaca la presencia de un gran sinclinal asimétrico, con flanco septentrional de buzamiento suave y más desarrollado que el flanco del sur (sinclinal de Villaciervos), seguido al noreste por un pequeño anticlinal. Ésta sucesión de pliegues se halla desplazada por la falla de Ocenilla, falla de salto en dirección dextrosa con un desplazamiento horizontal de 1.500 m, aunque tiene también, deducido por la técnica de planos acotados, un salto vertical de 40 m, y donde el bloque hundido es el este. Una vez pasada la Falla de Ocenilla, y de norte a sur aparecen tres pliegues: el sinclinal de Pico Frentes, un anticlinal de flancos agudos, y el sinclinal de la Sierra de La Llana y Alto de Peña Cruz, por cuyo borde meridional surge el manantial de Cueva Pachón (Figura 3.2), mientras que el manantial de Fuentetoba surge en el extremo del borde meridional del sinclinal del norte.

Las calizas coniacienses–santonienses–campanienses constituyen un nivel hidroestratigráfico de considerable espesor y claramente permeable, que se apoyan sobre las margas poco permeables del Cenomanense-Turonense. Las facies Weald y Utrillas se consideran de poco a medianamente permeables (Figuras 3.1 y 3.2).

Figura 3.2. Reproducción de Mapa Geológico 1/50.000 (Cabrejas del Pinar, n° 349) en la zona de Fuentetoba (Fuente: IGME, 1982)

4.- DEFINICIÓN DEL ACUÍFERO KÁRSTICO Y MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO.

4.1. Delimitación del acuífero kárstico y diferenciación de flujos.

Las calizas coniacienses–santonienses–campanienses constituyen un nivel hidroestratigráfico de considerable espesor y claramente permeable, que se apoya sobre las margas poco permeables del Cenomanense-Turonense (Figura 3.1 y 4.1). Los principales acuíferos kársticos de la región lo forman estas capas calcáreas, como es el caso del sistema de la Fuentona de Muriel (Pérez & Sanz, 2010) o del manantial de la Galiana (Segovia et al., 2011). Las facies Weald y Utrillas se consideran de poco a medianamente permeables.

Como se sabe, el flujo del agua subterránea está muy relacionado con la topografía y la geometría del acuífero, por lo que el estudio de los pliegues y fallas que afectan a los niveles hidroestratigráficos en los sistemas kársticos es esencial (Goldscheider & Andreo, 2007; Gremaud et al., 2009).

El acuífero de Fuentetoba tiene una superficie de unos 26 km² y su geometría es de un sinclinal en el lado oeste de la Falla de Ocenilla, y la sucesión de un sinclinal-anticlinal-sinclinal en el lado Este de la mencionada falla (Figuras 3.1b, 3.1c, 4.1, 4.2 y 4.3). El área de recarga del siclinal de Villaciervos es de unos 17 km², el sinclinal de Pico Frentes tiene 4,75 km² y el sinclinal del Alto de Peña Cruz tiene 4,25 km². Los límites de este acuífero no confinado son muy precisos tal como se puede ver en la fotografía aérea de la figura 1.1 y en el mapa geológico (Figura 3.2) y de contornos estructurales de la figura 4.3, ya que el acuífero calcáreo queda en alto a modo de meseta y en todos sus bordes afloran en las laderas las margas poco permeables del Cenomanense-Turonense, salvo por el lado Oeste, donde las calizas se enlazan sin solución de continuidad con el acuífero vecino de la Fuentona de Muriel.

Figura 4.1. Esquema hidrológico e hidrogeológico del sistema kárstico de Pico Frentes

Geología: 1. Facies Weald (arenas y gravas). 2. Facies Utrillas (arenas). 3. Margas (Cenomanense-Turonense). 4. Calizas (Coniaciense – Santoniense – Campaniense). 5. Tobas calcáreas. 6. Anticlinales. 7. Sinclinales. 8. Fallas. 9. Dolinas. 10. Uvalas. 11. Vaguadas secas. 12. Simas. 13. Red de cuevas de la Majada del Cura. **Hidrología e hidrogeología:** 14. Manantiales. 15. Descargas periódicas. 16. Barrera hidrogeológica central relativa. 17. Sumideros. 18. Conexiones de agua subterránea probadas con trazadores en anteriores trabajos. 19. Conexiones de agua subterráneas probadas en este trabajo. 20. Cueva de Villaciervos (Punto de inyecciones con trazadores en Enero 2013). 21. Punto de muestreo con fluocaptore en la prueba de trazador. 22. Estaciones de aforo. 23. Corte hidrogeológico I-I' de la figura

Figura 4.2. Modelo conceptual tridimensional mostrado el flujo de agua en los tres acuíferos y el detalle de la situación del río subterránea de la Cueva de la Majada del Cura.

Hay que separar por el lado norte un sector reducido de no más de 3 km² en el flanco norte correspondiente a un pequeño anticlinal que se constituye un acuífero que drena al manantial del Ocino, también de reducido caudal. Este acuífero se considera independiente del que se está estudiando. Allí donde las margas impermeables se sitúan a menor cota es donde surgen los manantiales de Fuentetoba (1.140 m) y su trop-plein (1.147 m), y el del nacimiento del Río Mazos (1.150 m), que también tiene un trop-plein unos 50 m más arriba (1.200 m), en el plano de la Falla de Ocenilla.

Este límite abierto al Oeste está relativamente bien definido mediante geometría estructural ayudada por geofísica, y en la figura 4.1 se observa que existe a modo de una barrera central subterránea, donde la base impermeable del acuífero se eleva por efecto de una falla paralela a la falla de Ocenilla pero de menor importancia y salto, que forma una divisoria subterránea física con el acuífero conectado lateralmente. Sin embargo, se quiso comprobar de manera fehaciente que esta divisoria también ejercía de divisoria hidráulica la mayor parte del tiempo, utilizando dos pruebas con trazadores en puntos cercanos a uno y otro lado de la misma (Figura 4.3 y Tabla 4.1) y en la que se ha podido confirmar que esta divisoria es tal como se preveía. Una de las pruebas fue un

derrame accidental de gasolina del motor de la máquina de sondeos de prospección de hidrocarburos que se detectó en la Fuentona de Muriel, situado a 12 km al cabo de una semana, obteniéndose una velocidad media de unos 1.700 m/día. La otra prueba, realizada por nosotros, consistió en la introducción de uranina, colorante clásico en las pruebas del karst (Käss, 1998) en un lago colgado de la Cueva de Villaciervos, cerca de la divisoria, a 8 km de distancia de Fuentetoba, en el sinclinal más alejado, cerca de la divisora subterránea occidental (Fotografía 4.1).

Punto de inyección	1	2
Fecha y hora	04/08 de 1971	25/01 de 2013, 18:00 h
Localización	Sondeo petrolífero ALDEHUELA – 1	Cueva de Villaciervos
Distancia a :		
Fuentetoba (km)	13	8
Nacimiento río Mazos (km)	12	7
Fuente Romana (km)	11.5	6.5
Fuentona de Muriel (km)	12	-
Cantidad de trazador (gr)	Sin determinar, derrame de gasolina	50
Caudal (l/s)	Filtración en sondeo	Filtración en lago
Fin del muestreo	-	11 de mayo
Número de muestras	-	14
Tiempo de primera detección (días)	7 días	82 días
Tiempo hasta concentración máxima (días)	-	86 días
Caudal medio de los manantiales		
Fuentetoba (l/s)	-	1500
Nacimiento río Mazos (l/s)	-	150
Fuente Romana (l/s)	-	25
Fuentona (l/s)	-	-

Tabla 4.1. Datos de las pruebas de trazadores realizadas en el sistema kárstico de Pico Frentes

Fotografía 4.1. Inyección con fluoresceína en el Lago de la Cueva de Villaciervos (C. Morón, 2013)

Figura 4.3. Mapa de contornos estructurales de la base del acuífero kárstico

El monitoreo se llevó a cabo mediante fluocaptos en los manantiales de Fuentetoba, nacimiento del río Mazos, y en el manantial efímero de la Fuente Romana, pero el muestreo se hizo de manera muy irregular y al cabo de más de dos meses. La fluoresceína captada por el carbón activo de los fluocaptos se analizó con el fluorímetro después de disolverlo en solución alcohólica de potasa según las técnicas convencionales (Antigüedad et al, 1990). Con el fin de determinar la concentración de uranina verdadera de cada prueba, todas las muestras se analizaron y se compararon con el patrón inicial de concentración “cero” de las aguas de los manantiales tomadas con anterioridad al muestreo. El trazador fue detectado en Fuentetoba y en la Fuente Romana, pero en realidad no se pudo saber cuándo salió de manera precisa porque se empezaron a sacar los fluocaptos pasados los dos meses, ya demasiado tarde. Efectivamente, para cada uno de estos dos manantiales, el primer fluocaptor tenía sensiblemente la misma concentración que todos los demás que se sacaron después. En todos los casos la concentración fue muy baja, por debajo de 16.000 ppb, aunque el manantial de Fuentetoba tenía el doble de concentración que Fuente Romana. El valor de esta prueba es muy relativo ya que solo se pudo confirmar la conexión de esta cueva con los demás puntos de agua.

Dada la gran variabilidad hidrológica y la alta fluctuación vertical del nivel freático que caracterizan a los sistemas kársticos en general (Ravbar & Goldscheider, 2007; Göppert & Goldscheider, 2008), quizá pudiera haber fluctuaciones (variaciones) laterales en esta divisoria de agua subterránea cuando el nivel freático superase hipotéticamente la barrera subterránea en situaciones de aguas altas. Esto es una posibilidad que se ha comprobado, ya que la surgencia efímera de Villaciervos se sitúa precisamente en este borde, y parece que constituye la descarga visible del sistema por

este lado (Fotografía 4.2). A efectos del balance hidráulico se ha podido cuantificar, ya que esto ocurre cuando el manantial de Fuentetoba se encuentra con un caudal aproximado de 1.500 l/s. De todas maneras, la divisoria trazada en la figura 4.1 se debe considerar suficientemente precisa pero no exacta, y podría variar a uno u otro lado, de tal manera que la superficie total del acuífero podría oscilar entre 2 o 4 km², más o menos; se opta por considerar una superficie de 26 km².

Fotografía 4.2. Manantial de Las Fuentes (Villaciervos) durante periodos de aguas altas (E. Sanz)

Por otro lado, este acuífero sólo tiene un sondeo, una cueva con una corriente subterránea, y una galería inundada, tres datos de situación del nivel freático claramente insuficientes para dibujar un mapa de isopiezas y conocer el flujo subterráneo. Hay un único sondeo que sirve de abastecimiento a la pequeña localidad de Villaciervos, de 103 habitantes y en el que se bombea un caudal equivalente continuo de 0,30 l/s. El nivel estático de este pozo de Villaciervos se suele situar hacia los 20 m de profundidad, pero en épocas de precipitaciones intensas y prolongadas puede llegar a aflorar, originando en las proximidades del sondeo una surgencia temporal (la surgencia de Villaciervos antes citada) de hasta 500 l/s de caudal máximo (observaciones directas de 30 años de observación; comunicación oral Ayuntamiento de Villaciervos) dando lugar a una corriente superficial de unos 2 km de longitud (Fotografía 4.2). Este arroyo circula

por una suave vaguada labrada en la paramera calcárea, y se pierde en un sumidero puntual al final de un valle ciego: "El Son del Agua", situado en el área de recarga del vecino acuífero de la Fuentona de Muriel. Por otra parte, se han tenido en cuenta la profundidad y localización de las simas sin agua, que no llegan a la zona saturada, para situar de manera aproximada el nivel freático en el corte hidrogeológico de la figura 4.4 y la zona saturada en el mapa de la figura 4.3.

La estructura del acuífero al Oeste en forma de sinclinal (sinclinal de Villaciervos) con el eje con inmersión al Este, condiciona la convergencia del flujo y la acumulación del agua en su núcleo, dirigiendo la circulación del agua subterránea hacia el este. Una parte apreciable de los flancos de este sinclinal están fuera de la zona saturada (Figura 4.3), pero reconducen el agua infiltrada en épocas de recarga de manera eficaz hacia el interior de la estructura. Parte del agua subterránea se almacena en el sinclinal del Alto de Peña Cruz, tal como se ha comprobado con la pruebas de trazadores, recogiendo también este sinclinal el agua que se infiltra en su propia cuenca. Pero la mayor parte del flujo se dirige al sinclinal de Pico Frentes una vez

Figura 4.4. Corte hidrogeológico del sinclinal de Pico Frentes

pasado la Falla de Ocenilla, utilizando para ello, y entre otras cuevas seguramente, la galería de la Cueva de la Majada del Cura, la cual se desarrolla en el contacto calizas-margas en dirección al manantial de Fuentetoba (Figura 3.1). También el agua almacenada en el sinclinal del Alto de Peña Cruz se dirige hacia Fuentetoba salvando el umbral del eje anticlinal que separa ambos pliegues; solo la parte meridional de este sinclinal debe alimentar el manantial de Cueva Pachón.

En resumen, y tal como se ve en la figura 4.3, en este acuífero hay tres sinclinales hidráulicamente conectados, que constituyen reservorios de agua subterránea: uno al Oeste de mayor dimensión, mas área de recarga, pero con una relativa menor capacidad de almacenamiento. Al estar alejado de los puntos de descarga su nivel es de suponer que es más fluctuante. Y otros dos sinclinales más pequeños al Este con mayor espesor de zona saturada y nivel menos variable, al estar situados cerca de las salidas del sistema.

4.2.- Cuevas, conductos sumergidos y ríos subterráneos

El sistema kárstico tiene varias cavidades menores reconocidas, tanto simas como cuevas, pero hay dos importantes que nos van a informar de la zona epifreática y freática del karst. Una de las cuevas tiene dirección Este – Oeste, es relativamente larga, de 3 km de desarrollo (Cueva de la Majada del Cura), y sus galerías inferiores están activas. La circulación vadosa actual viene representada por una corriente de agua que sigue claramente la dirección hacia su emergencia en Fuentetoba por una sucesión de cascadas y rápidos enlazados por tramos más o menos largos en circulación libre en su mayor parte, aunque con sifones locales; se han contado siete en situación de aguas

bajas en las galerías reconocidas, pero quizá haya otros tramos que también se sifonan en aguas altas (figura 4.5 y figura 4.6). Representa el colector principal de otros afluentes subterráneos del macizo kárstico, estableciendo su circulación por la galería instalada en el contacto de las capas de caliza con las margocalizas, muy inclinadas, del extremo sur del flanco del sinclinal de Pico Frentes (figura 4.2). Esta galería se encuentra en la vecindad de la parte superior de la zona saturada, en su nivel freático, donde la excavación es máxima, y su existencia hace de dren natural del mismo e impide que éste ascienda tras recargas importantes.

La otra es una cueva sumergida, conducto a presión asociado al conducto de drenaje o salida del caudal del manantial de Fuentetoba. Tiene dirección N-S, 350 m de longitud y baja por la zona saturada del sinclinal acuífero hasta -45 m de profundidad respecto de la cota de este manantial (figura 4.7). Se ve que es una característica de los grandes manantiales de los acuíferos de calizas del Cretácico Superior de la zona la presencia de conductos freáticos asociados a los mismos: el manantial de la Fuentona de Muriel surge de un conducto de más de 110 m de profundidad y 400 m de longitud (Sanz y Medina, 1987), el manantial de La Galiana sale de un conducto de unos 400 m de longitud explorada (Segovia et al, 2011), y en la Fuente Azul de San Pedro de Arlanza en Burgos, brota de un conducto freático vertical de más de 100 m de profundidad.

Figura 4.5. Planta, secciones de la Cueva de Majada del Cura y situación del reportaje fotográfico 4.3 (modificado de Deportes Espeleo y Terrasub).

Figura 4.6. A. Corte hidrogeológico esquemático Este-Oeste. B. Red de conductos explorada y supuesta del río subterráneo del manantial de Fuentetoba. 1. Nivel freático máximo. 2. Nivel freático mínimo. 3. Zona epifreática. 4. Empuje de presión en aguas altas. 5. Reservas permanentes. 6. Recarga natural. 7. Sifones buceados. 8. Red de conductos explorada. 9. Red de conductos esquemática y supuesta. 10. Dirección del flujo del río subterráneo. 11. Filtraciones del río subterráneo.

Figura 4.7.: Conducto del manantial de Fuentetoba y columna hidroestratigráfica en el acuífero de sinclinal de Fuentetoba.

1. Calizas en bancos. 2. Calizas. 3. Margas. 4. Tobas. 5. Bloques. 6. Conducto. 7. Sección del conducto. 8. Ondas de presión. 9. Manantial. 10. Trop plein inferior. 11. Distribución granulométrica. 12. Trop

(a). Uno de lagos que aparecen interconectados por el río hipogeo (Terrasub – D. Espeleo)

(b). Las crecidas, el nivel del río llega hasta la plataforma por la que gatea el espeleólogo (Terrasub – D. Espeleo)

(c). Río hipogeo encajado en una sección cuadrada labrada en roca viva. El caudal no llega a secarse en la época de estiaje (Terrasub – D. Espeleo)

(d). Río hipogeo donde se muestra el poder erosivo de sus aguas, que corroen y horadan las calizas (Terrasub – D. Espeleo)

(e). Observese como las paredes de la cueva por encima del río subterráneo están tapizadas de óxido de hierro (Terrasub – D. Espeleo)

(e). Rápidos del río hipogeo (Terrasub-D. Espeleo)

Fotografía 4.3. Reportaje fotográfico del río hipogeo de la Cueva de la Majada del Cura y galerías superiores.

(g). En una sucesión de lagos, cascadas y sifones (Terrasub-D. Espeleo)

(f). Sifón aguas debajo de la Cueva en dirección hacia el manantial de Fuentetoba (Terrasub-D. Espeleo)

(i). Entrada de un sifón aguas abajo de la Cueva en dirección hacia el manantial de Fuentetoba (Terrasub-D. Espeleo)

(j). Lago colgado en zona la epifreática (Terrasub-D. Espeleo)

(k). Salida de un sifón aguas arriba de la cueva en dirección a la Falla de Ocenilla (Terrasub-D. Espeleo)

Fotografía 4.3. Reportaje fotográfico del río hipogeo de la Cueva de la Majada del Cura y galerías superiores.

(l). Galería superior formada en la dirección de buzamiento de los estratos calizos formando un paralelogramo (Terrasub-D. Espeleo)

(m). Detalle de ondas de presión en los techos debido a la erosión ocasionada por un gran flujo de agua (Suso Llamas)

(n). Formaciones de barro y calcita que recubren las arcillas de las galerías superiores (Suso Llamas)

(ñ). Detalle de gour donde se observa la estratificación y moldeados por la corrosión (Suso Llamas)

(o). Marmitas de gigantes formación por la corrosión donde se siguen conservando guajarros en su interior (Terrasub – D. Espeleo)

Fotografía 4.3. Reportaje fotográfico del río hipogeo de la Cueva de la Majada del Cura y galerías superiores.

5.- HIDRODINÁMICA DEL SISTEMA KÁRSTICO

5.1.- Procesos de recarga y descarga

La paramera de La Llana, meseta de acusada aridez cubierta parcialmente de sabinars, constituye el área de recarga del escaso número de emergencias permanentes que hay en el borde del acuífero: Fuentetoba y nacimiento del Mazos (manantial de Cueva Pachón). En periodos muy lluviosos pueden aparecer en el área de recarga varias surgencias colgadas esporádicas que duran pocos días u horas, y que vuelven a perderse en sumideros (Figura 4.1).

Favorece la alta capacidad de infiltración no sólo la naturaleza calcárea del terreno y el relieve llano, sino también la presencia de campos de lapiares y de pequeñas dolinas, que son muy frecuentes en la mesa de La Llana hasta el Alto de Peña Cruz (Figura 4.1). También las vaguadas secas que surcan la rampa de Pico Frentes siguiendo la línea de máxima pendiente, constituyen vías preferenciales de infiltración donde ocasionalmente se instalan las bocas de simas de cierto desarrollo (La Sima, de 50 m, por ejemplo, Figura 5.1).

Figura 5.1. Perfil de la Sima de Pico Frentes (Deportes Espeleo-Terrasub, 2009)

Todo el acuífero se recarga de manera autógena, de la infiltración difusa del agua de la lluvia y de fusión nival. La recarga es principalmente autógena y esta favorecida por la existencia de una meseta sin redes importantes de drenaje superficial. A lo largo de medio siglo de observaciones de campo, se ha visto que en precipitaciones fuertes y tormentas se originan corrientes de agua efímeras que pueden alcanzar puntualmente hasta 300-500 l/s, pero que rápidamente se pierden de manera difusa en el fondo de las vaguadas, sin que casi nunca lleguen a sobrepasar los límites impermeables del contorno del acuífero. Es decir, a efectos de balance, se puede concluir que no hay escorrentía superficial.

En una cueva poco profunda (cueva de Villaciervos), y a efectos de conocer el mecanismo de infiltración de la nieve en la zona del epikarst, se hicieron unas medidas de goteo de unas estalactitas (Sanz & López, 2000). Aquí el agua infiltrada se retiene en un lago subterráneo que permanece con agua estacionalmente, y se infiltra lentamente después atravesando su fondo arcilloso. Es una muestra de cómo pueden ser las particulares propiedades hidráulicas del epikarst, y que puede jugar un papel relevante en la capacidad de almacenamiento del sistema kárstico (Bakalowicz, 1995, 2005). La nieve constituye en esta zona un tipo de precipitación secundaria pero relativamente importante en invierno. En el deshielo de la nieve influye principalmente la temperatura del aire, pero también interviene el bosque de sabinas, que contribuye a conservarla en el suelo. En primer lugar porque la nieve cae de las ramas al suelo, y la sombra del arbolado retrasa y suaviza el deshielo.

Las descargas del acuífero se realizan por los manantiales de Fuentetoba y Cueva Pachón. El manantial de Fuentetoba tiene un caudal medio de 210 l/s (media de una serie de entre 1991-92 y 2011-12). El manantial de Cueva Pachón es bastante menos

caudaloso que el de Fuentetoba (caudal medio de 50 l/s) y su caudal no es tan irregular como el de Fuentetoba, aunque se llega a secar (Fotografía 5.1).

*Fotografía 5.1. Nacimiento del río Mazos. Izda: Tobazo y surgencias.
Dcha: Detalle de trop-plein de arriba (E. Sanz, Enero 1996)*

5.2.- Observaciones hidrológicas desde las exploraciones espeleológicas

5.2.1.- Hidrología de la cueva de la Majada del Cura

Durante cuatro años de exploraciones (2011-2015), se han hecho diversas observaciones de interés hidrológico:

En periodos muy lluviosos, algunos sifones habitualmente secos de las galerías intermedias quedan temporalmente inundados, impidiendo entonces el acceso a las galerías secas más profundas que conducen al río subterráneo (Fotografía 4.3). El agua se filtra poco a poco por el fondo de estas salas anegadas de agua, quedando secas en cuestión de pocas semanas, volviendo entonces a abrirse el paso al resto de la red de cuevas

La corriente subterránea que circula por la cueva tiene un carácter torrencial típico, con rápidos, cascadas, sifones y lagos intermedios, salvando un desnivel de 70

m en 700 m de recorrido, llegando en la zona más baja del Este a estar solo a unos 5 o 10 m por encima de la cota del manantial de Fuentetoba, situado todavía a 3 km de distancia recta.

La corriente subterránea que circula por ella ha sido aforada de manera puntual en diversas situaciones, y su caudal viene a oscilar entre pocos litros por segundo hasta 500 l/s, aunque las crecidas importantes no se han llegado a ver. La percepción general de todos estos años es que el caudal que circula por esta cueva supone una parte muy apreciable de la que sale por el manantial de Fuentetoba, aunque no se descarta que existan otros conductos de alimentación de orden secundario. Sin embargo, en situaciones de aguas bajas, cuando se hizo una inyección con trazador dentro de la cueva, y en alguna otra ocasión, se ha observado que el caudal que circulaba por la cueva (menos de 10 l/s) era superior a la que salía por el manantial, y esto se interpreta a que el agua en esta ocasión se estaba embalsando o almacenando antes de llegar a la fuente.

En periodos de aguas medias y altas se observa que el nivel sube hasta el techo de las galerías y varios sifones quedan inundados, impidiendo el progreso de las exploraciones convencionales. También se inundan algunos sifones intermedios y altos.

Es frecuente la presencia de paredes lisas con olas de erosión típicas de conductos forzados. En los tramos intermedios de la galería hay marcas en las paredes de algunas salas que indican hasta dónde puede llegar el nivel de algunos lagos (paleoacuífero), hasta 3 m por encima del cauce en ciertos lugares. Un metro por encima del cauce actual del río subterráneo aparecen puntualmente terrazas recientes de

guijarros redondeados de 2 cm, siendo en otros sitios acumulaciones planas constituidas por arenas con ripples de corriente encima de guijarros y que hemos visto en ocasiones medio metro por debajo de las aguas. En algunas barreras semifuncionales de gours aparecen así mismo marmitas de gigante (Fotografía 4.3.o) subactuales rellenas de los mismos guijarros que las terrazas. Se hallan suspendidas unos 2,5 m por encima del cauce actual y se han generado por ondas de crecidas cuya acción mecánica erosiva turbillonar (corrosión.) ha quedado fosilizada en las rupturas de pendiente del cauce en estas concreciones calcíticas (paleogours) por su mayor blandura. Estas formaciones geológicas se conservan inalterables a las crecidas ordinarias de estos años de exploraciones y se ve que testimonian crecidas violentas extraordinarias antiguas pero todavía posibles y que, según las secciones y pendientes del río, podrían haber superado claramente los 3.000 l/s.

Tras cesar las lluvias, el caudal de este disminuye muy rápidamente. El nivel de lagos y sifones sufren un descenso muy rápido. Es muy notorio en las exploraciones espeleológicas como, de un día para otro, el nivel baja varios cm e incluso decímetros, aunque casi nunca deja de haber agua en circulación. Se ve que el río se queda colgado respecto del nivel freático y se produce una filtración tanto más importante a medida que la galería esta a cota más alta.

Como se ve en la figura 4.6, la galería del río subterráneo en el tramo que se ha podido explorar más cercano al manantial de Fuentetoba se sitúa en línea recta a 2,5 km del mismo. Sus galerías son una sucesión de sifones en forma de U más o menos abierta, que van aumentando en número a lo largo del sentido de la corriente e impiden su exploración convencional (Fotografía 5.2). Y así parece que va a ser la tónica general hasta llegar a la surgencia, lo cual no es de extrañar, ya que este manantial tiene otro

gran conducto sumergido reconocido como ya se ha citado, que con toda seguridad representa el tramo final del río hipogeo. Las observaciones en periodo de estiaje, nos indica que en los sifones más cercanos al manantial de Fuentetoba el agua está prácticamente estancada y el nivel freático apenas está entre 5 a 10 m metros por encima de la cota de este manantial, a pesar de estar todavía tan alejados, estimándose un gradiente hidráulico del 0,1-0,3 %. , incapaz de mover con rapidez el agua subterránea.

Fotografía 5.2 Espeleobuzador salvando uno de los sifones de la Cueva de Majada del Cura (Terrasub y Deportes Espeleo, 2015)

5.2.2.- Las galerías singenéticas: el conducto del manantial de Fuentetoba:

El caudal del manantial de Fuentetoba (1.142 m) surge por una galería natural inundada por la que circula un flujo subterráneo cuyo curso ha podido ser explorado. Las exploraciones de espeleobuceo (Fotografía 5.3) se han realizado en los largos periodos estivales de aguas bajas, cuando la corriente ascendente de la galería era prácticamente imperceptible. En esta situación, el nivel de la parte de arriba se mantenía constante a unos 2 m por encima de la surgencia exterior. Pero en crecidas del manantial este conducto se hace entonces inaccesible en su parte superior a la exploración espeleológica convencional.

Fotografía 5.3. Explorando los conductos sumergidos del manantial de Fuentetoba. Izda: Observar las marcas de las ondas de presión (Terrasub y Deportes Espeleo, 2009)

Se ha reconocido este conducto de salida del caudal del manantial en una distancia de unos 350 metros, con un desnivel máximo en su fondo de -45m respecto de la cota del manantial, es decir hasta la cota 1.095 m. A los 350 metros asciende casi verticalmente hasta la cota del nivel freático (Figura 4.7). Se trata de un conducto de emergencia ascendente en forma de tubo, muy característico de la circulación profunda forzada dentro de la zona saturada de los acuíferos kársticos típicos. Es un único conducto cuasicilíndrico de sección elipsoidal horizontal extraordinariamente constante, de 2 m de eje mayor long-axis, y 20° de inclinación media hacia el N. Este conducto es bastante penetrante y llega hasta la mitad de profundidad de la zona saturada, en el núcleo de este pequeño sinclinal, permitiendo así el drenaje eficaz de esta parte del acuífero. En las figuras 4.5 y 4.8 se representa el perfil de este conducto dentro del sinclinal de Fuentetoba.

Esta cavidad se ha generado a partir de la estratificación, en un principio se habría establecido en un banco determinado de caliza homogénea y potente que se localiza por encima de las primeras intercalaciones margosas que forman la base impermeable del acuífero, y siguiendo la dirección de buzamiento de las capas, aunque

su inclinación es menor que el buzamiento de la estratificación. El conducto se ha desarrollado por el interior de este banco calcáreo casi invariablemente hasta el centro del sinclinal en una longitud de 350 m. En su parte final, la galería sigue siendo un único tubo que termina verticalmente hasta el nivel del agua, donde se abre una amplia cámara.

Por la parte de arriba del conducto, en su salida al exterior (Figura 5.2), y en situación de estiaje, cuando el manantial de Fuentetoba está entre 10 y 50 l/s aproximadamente, el nivel del agua se sitúa a 2 m por encima del manantial, ya que el agua se escapa lateralmente por una grieta, va a desembocar a una cámara subterránea y sale por entre los bloques y derrubios de la ladera de la Sierra de Pico Frentes (Figura 5.2). Pero el conducto seco se prolonga unos metros hasta salir por la ladera. Esta última salida situada 5 m por encima del manantial y 2 m del nivel de estiaje en el conducto, se utiliza cuando hay crecidas muy grandes (entre 1.500 y 2.000 l/s), actuando de trop-plein y saliendo un caudal de hasta 100 l/s. En estas situaciones de crecida fuertes funciona también otra salida más baja que el trop-plein (Fotografía 5.2). Y que se haya comunicada con la cámara citada. Tiene forma de embudo por la que sale el agua a presión en forma de borbotones. Esta surgencia presenta en su fondo unos sedimentos exclusivamente de gravas de caliza, formados por cantos de entre 1 a 35 cm de diámetro (Figura 5.2), extraordinariamente redondeados y pulidos, y que delatan un transporte por conductos en régimen turbulento y turbillónar. A medida que el manantial disminuye de caudal, el nivel del conducto y de esta última salida va descendiendo rápidamente, varios dm al día, acorde con el régimen de vaciado tan rápido que tiene esta surgencia.

Figura 5.2. Conducto del manantial de Fuentetoba en el acuífero de sinclinal de Fuentetoba. 1. Calizas en bancos. 2. Calizas. 3. Margas. 4. Tobas. 5. Bloques. 6. Conducto. 7. Sección del conducto. 8. Ondas de presión. 9. Manantial. 10. Trop plein inferior. 11. Distribución granulométrica. 12. Trop plein superior.

El conducto principal se halla desprovisto de todo relleno, salvo en su parte inferior, donde hay algunos guijarros redondeados. Las paredes del tubo han sido sometidas a corrosión y están por ello enteramente entalladas con olas de presión coalescentes de tamaño centimétrico y decimétrico, (siendo 20 cm el tamaño medio) dando lugar a unas superficies lisas, pero de micromorfología ondulada (Fotografía 5.3. Izda). El estar la galería desprovista de relleno indica una circulación activa y de gran velocidad que impide la sedimentación de arena y arcillas, y el predominio de la corrosión.

5.3.- Análisis del Hidrograma del Manantial de Fuentetoba

En nuestro caso de estudio, se asume que todo el drenaje del sistema kárstico ha sido controlado o monitoreado durante dos años hidrológicos (2010-11 y 2011-12), aunque pudiera haber algunas salidas subterráneas difusas no controladas muy pequeñas que a través de fracturas, atravesando las margas de la base del acuífero, pudieran transferirse hacia las arenas de la Facies Utrillas, o pequeñas filtraciones a través de las tobas de los manantiales.

Durante el periodo de tiempo de dos años estudiado ha habido situaciones hidrológicas muy variadas, con sequías prolongadas y precipitaciones intensas, lo que ha permitido analizar diversas características del drenaje de este manantial.

Durante el año hidrológico 2010-11 este manantial ha presentado un caudal medio de unos 200 l/s, llegando a tener 8 l/s durante estiaje, y con crecidas de hasta 3.400 l/s. Este manantial es por tanto muy irregular, muy sensible a los estiajes y con respuestas relativamente rápidas (1 ó 2 días) a las recargas de lluvias y de fusión de nieve (Figura 5.3). Estos picos tan acusados del hidrograma también indican un gran desarrollo de los conductos kársticos y donde la permeabilidad por conductos puede ser la predominante (Bonacci & Zivaljevic, 1993; Bonacci, 1993; Worthigton, 1999).

Después de estiajes más o menos largos, se ha observado que este manantial tarda de uno a dos días en reaccionar a los periodos lluviosos normales, lo cual se interpreta con el tiempo que tarda en llegar el grueso de la onda cinemática por la zona vadosa proveniente de los dos sinclinales de Villaciervos y Alto de la Cruz (figura 5.4).

A penas son perceptibles en la rama ascendente de los picos del hidrograma los pulsos rápidos de presión en la zona saturada a través de conductos kársticos.

Figura 5.3. Hidrograma del Manantial de Fuentetoba

El hidrograma del manantial manifiesta dos formas de vaciado en régimen no influenciado: La inmensa mayoría del agua subterránea del acuífero se vacía de manera muy rápida en régimen predominantemente turbulento, ya que las ramas descendentes del hidrograma en papel semilogarítmico tienen una pendiente de $\alpha_1 = 0.18 \text{ días}^{-1}$. El caudal medio al comienzo de las curvas de agotamiento ha resultado ser de 800 l/s ($69.120 \text{ m}^3/\text{día}$), y la fecha inicial media de dichas curvas se sitúa el 9 del mes de octubre. La otra es una curva que se presenta con caudales muy bajos, normalmente por debajo de 25 l/s. Representa el vaciado tanto de conductos grandes como pequeños, tal como se ha podido observar en las exploraciones de espeleobuceo en estos últimos, donde el flujo en estiaje en los conductos era muy lento. Su pendiente es muy baja ($\alpha_2 = 0.008 \text{ días}^{-1}$) e impide que el manantial se llegue a secar. El caudal medio al comienzo de las curvas de agotamiento con α_2 ha resultado ser de 23 l/s ($1.987 \text{ m}^3/\text{día}$), y la fecha inicial media de dichas curvas se sitúa el 23 del mes de junio.

Figura 5.4. Hidrograma de manantial de Cueva Pachón

Por lo tanto, la expresión que se obtienen para la curva de agotamiento, expresando los caudales en $\text{m}^3/\text{día}$ y el tiempo en días, contado a partir de las fechas de inicio será:

$$Q_t = Q_{01} \cdot e^{-\alpha_1 t} + Q_{02} \cdot e^{-\alpha_2 t} = 69.120 e^{-0,18 \cdot t} + 1.987 \cdot e^{-0.008 \cdot t}$$

De acuerdo con ella, se obtiene el siguiente valor para el volumen hidrodinámico en la fecha de inicio:

$$V_1 = Q_{01} / \alpha_1 = 69.120 / 0.18 = 384.000 \text{ m}^3$$

$$V_2 = Q_{02} / \alpha_2 = 1.987 / 0.008 = 243.000 \text{ m}^3.$$

$$V = V_1 + V_2 = 627.000 \text{ m}^3$$

Este volumen podría llegar en otras ocasiones a 650.000 m^3 , pero en todo caso es muy pequeño si lo comparamos con las reservas permanentes que tiene este acuífero (entre 5 y 7 hm^3), pues a penas representa el 10%. Indica que este acuífero no tiene inercia, se vacía muy rápidamente, y es incapaz de mantener un volumen hidrodinámico importante durante mucho tiempo. Influye en ello el pequeño tamaño del acuífero, y también porque presenta un gran desarrollo karstico.

Análisis de las curvas de Agotamiento

Aunque la forma del hidrograma resulta bastante expresiva, se ha llevado a cabo el estudio de las curvas de recesión siguiendo la metodología propuesta por Mangin (1970 y 1975), aunque solo se contaba con datos diarios de dos años hidrológicos. Así pues, a partir de la serie de datos diarios de la descarga del manantial medidos durante los años hidrológicos 2010-11 y 2011-12 en la estación de aforos, se ha elaborado la tabla 8.1 donde se recogen los datos relativos a las curvas seleccionadas y los resultados obtenidos de su análisis.

Año hidrológico	D_d (días)	η (días ⁻¹)	ε (días ⁻¹)	i	D_a (días)	α (días ⁻¹)	V_d (hm ³)	k
2010/2011	4	0.25	0.50	0.25	142	0.008	0.27	0.04
2011/2012	3	0.33	0.33	0.20	147	0.007	0.34	0.10
Media	3.5	0.29	0.29	0.23	145	0.008	0.31	0.07

Tabla 5.1. Resultados obtenidos a partir del análisis de las curvas de recesión correspondientes a la serie diaria de datos del manantial de Fuentetoba (años hidrológicos 2010-11 y 2011-12). Leyenda: D_a duración del agotamiento, α coeficiente de agotamiento, V_d volumen dinámico, i y k parámetros de Mangin (1970,1975), D_d duración de la decrecida, η coeficiente de velocidad de infiltración, y ε coeficiente de heterogeneidad.

Los parámetros medios de los dos años hidrológicos aforados han resultado un parámetro de caracterización de la forma de decrecida de $i=0,23$ que corresponde a acuíferos con una red de drenaje muy desarrollada. Respecto a la capacidad de regulación, el coeficiente $k=0,06$, al ser $k<0,5$ el sistema es de tipo kárstico, y si $k<0,1$ indica que el poder regulador del manantial es escaso. Según estos índices, este karst se sitúa en el dominio I (Figura 5.5) que corresponde a acuíferos muy karstificados, sobre todo en la zona saturada, con una red espeleológica muy desarrollada, lo cual concuerda perfectamente con la realidad de las exploraciones espeleológicas efectuadas.

Figura 5.5. Clasificación según Mangin

5.4.- Probabilidades en el caudal de los manantiales

Obtenida una serie relativamente larga de caudales de los manantiales, es posible estudiar mejor la frecuencia de los mismos. En este sentido, y analizando el manantial principal de Fuentetoba, en la figura 5.6 se representan varios tipos de curvas características sobre la probabilidad de caudales. En todas las figuras se refleja la gran irregularidad de los valores de los caudales y la poca regularidad natural del manantial y su pequeña garantía para abastecimiento. En la figura 5.6b de caudales clasificados a escala probabilística observamos que se trata de una curva en la que se puede ajustar muy bien tres tramos rectos, el primero que engloba a caudales inferiores a 40 l/s que suman el 40 % de los caudales diarios y corresponde la franja donde encontramos los caudales mínimos (figura 5.6c), el tramo intermedio tiene un pendiente más tendido correspondiendo las recargas entre 40 l/s y 800 l/s. La recta de pendiente muy baja corresponde a caudales altos de crecida (por encima de 800 l/s) y parece indicar: la agudeza de los picos del hidrograma y su corta duración, la capacidad ilimitada del

sistema de evacuar el agua recargada y que ha sido comprobado con la exploración de los sifones asociados al manantial, que el efecto de trop-pleins lejanos es inapreciable. También se han estudiado la relación de caudales máximos (figura 5.6d) y mínimos (figura 5.6c) anuales (Jiménez Gavilán, 2010), obteniéndose un cociente ($Q_{\max}/Q_{\min}$) de 381. Esa relación anual presenta una gran variabilidad, entre 100 y 900, debido a que las diferencias de caudales máximos anuales tienen un intervalo muy extenso (1.500 l/s – 16.000 l/s), y a los que caudales mínimos se presentan en una franja mucho más reducida, característicos de una rápida respuesta de la recarga a las precipitaciones producidas.

Figura 5.6. Curvas características de probabilidad de caudales
a.- Curva de caudales clasificados
b.- Curva de caudales clasificados con escala probabilística
c.- Series de tiempo de descargas mínimas anuales
d.- Series de tiempo de descargas máximas anuales

5.5 El sifonamiento del Manantial de Fuentetoba

5.5.1. Evidencias de un comportamiento hidrológico singular

En la figura 5.7 se presenta el hidrograma aforado y simulado del manantial de Fuentetoba durante los años hidrológicos 2010-11 y 2011-12, habiendo utilizado para ello el modelo matemático unicelular CREC (Guilbot, 1975). Se observa que cuando las precipitaciones y la recarga natural son pequeñas, las salidas aforadas en el manantial son menores a las simuladas y, además, son proporcionalmente menores que cuando las precipitaciones son mayores. Son diferencias relativamente pequeñas, pero se nota claramente. Véase los periodos señalados en (-) en la Figura 5.7.

Se ha observado también que en épocas de precipitaciones y recargas intensas e importantes, el volumen de agua que sale por el manantial en ese periodo de tiempo es superior a la aportación pluviométrica y a la descarga del hidrograma generado por el modelo. Véase los periodos señalados en (+) en la Figura 13.1.

Así, por ejemplo, entre el 25 de marzo y el 18 de abril de 2011 por el manantial salieron $0,33 \text{ hm}^3$ más de lo reproducido por el modelo; entre el 9 y el 20 de mayo de 2011 se llegaron a descargar $0,68 \text{ hm}^3$ más, y entre el 30 de mayo y el 7 de junio la cantidad excedida fue de $0,36 \text{ hm}^3$. Estos periodos de descarga anómalos duran poco tiempo, entre una o dos semanas como máximo, y se han repetido en este año de 2011 tres veces.

Dado el gran desarrollo kárstico que tiene el acuífero y su escasa inercia, lo lógico es que el mismo volumen de agua que recibiera la expulsara al poco tiempo, pero ni más ni menos.

Figura 5.7. Hidrograma real y simulado del manantial de Fuentetoba durante los años 2012-2013. Se indican los periodos de almacenamiento y déficit de agua, que se interpretan con debidos a empujes de presión y sifonamiento.

Una cuestión relativamente importante en la aplicación del modelo matemático anterior es que ha sido imposible simular de manera detallada algunos picos en aguas altas y bajas que pensamos deben atribuirse a estos efectos anómalos que se explican. A efectos de balance hidráulico esta circunstancia no tiene demasiada importancia, pero si creemos que se trata de una singularidad hidrogeológica kárstica, y que el modelo utilizado no ha podido simular, ya que está pensado para comportamientos de acuíferos kársticos normales.

Esta circunstancia podría plantear la duda de si el acuífero tiene una cuenca de alimentación mayor de la que se supone, pero no es el caso ya que su área de recarga está muy bien definida. Tampoco se justifica totalmente por el efecto acumulativo de la nieve que pueda derretirse de manera desfasada en el tiempo, ya que las precipitaciones en este estado no son tan importantes, y el fenómeno se repite de manera continuada haya o no nieve en el campo. Efectivamente, y según el modelo matemático, gran parte de las reservas ($0,81 \text{ hm}^3$ aproximadamente) se producen entre diciembre de 2009 y marzo de 2010 coincidente con algunas nevadas, pero en las otras dos ocasiones no hubo nevadas.

La explicación general de ambos fenómenos a la vez se podrían resumir en como si parte del agua procedente de la lluvia se almacenara en el acuífero cuando estamos en periodos secos, y esa misma agua saliera en periodos húmedos. Así parecen sugerir algunas de las observaciones directamente obtenidas dentro de las cuevas (véase apartados anteriores), donde hay galerías en la zona no saturada que retienen temporalmente el agua con lagos colgados, y la presencia de un reservorio de agua subterránea cuasiestancada en estiaje en el sinclinal final de Fuentetoba. Por otra parte se ha podido comprobar una consecución de sifones con cámaras de aire y lagos asociados aguas arriba del manantial, que pueden servir de reservorios susceptibles de sifonarse.

Se ha observado que este almacén de agua subterránea en el sinclinal de Fuentetoba se reactiva rápidamente en aguas altas por entrada del río subterráneo procedente de la Cueva de la Majada del Cura y otras desconocidas, que provocan una

sobreelevación del nivel freático, aumentando el potencial hidráulico en las galerías sumergidas, y la consiguiente velocidad del agua y el caudal del manantial. También se ha podido comprobar con las pruebas de trazadores.

5.5.2. Las pruebas con trazadores en las proximidades del manantial y el sifonamiento

Se hicieron tres pruebas con trazadores químicos durante los años 2012 y 2013 (Tabla 14.1) Con la intención inicial de verificar la conexión de los puntos de vertido y los manantiales existentes, así como velocidad del agua subterránea. El trazador que se utilizó fue la uranina, clásico en las pruebas en el karst (Käss, 1998), y puntualmente el ClNa. La cantidad de trazador utilizado fue de 35 g de uranina y 20 kg de ClNa. Dado que en superficie no hay corrientes permanentes y rara vez efímeras, se aprovechó el río subterráneo de la Cueva de la Majada del Cura como puntos de inyección (Fotografía 2.2.a).

Nº de Inyección	Fecha y Hora	Situaciónn	Distancia a Fuentetoba (m)	Cantidad de Trazador	Caudal (l/s)
1	14 de Julio de 2012; 14:00	Cueva Majada del Cura	2,500	35g de fluoresceína y 20 kg deNaCl	3 l/s
2	16 de Octubre de 2012; 19:00	Cueva Majada del Cura	2,500	35g de fluoresceína	5 l/s
3	17 de Abril de 2013; 18:00	Cueva Majada del Cura	2,500	100g de fluoresceína	4 l/s

Tabla 5.2. Ensayos de los trazadores desde la cueva Majada del Cura

El monitoreo se llevo a cabo en el manantial de Fuentetoba tomando dos muestras al día. Las muestras de agua se guardaban en botes de plástico de 100 mml y se almacenaron refrigeradas y en oscuridad para reducir al mínimo la fotodegradación microbiana. En todo caso, los análisis con un espectrómetro de fluorescencia se hacían

muy poco después del muestreo. Con el fin de determinar la concentración de uranina verdadera de cada prueba, todas las muestras se analizaron y se compararon con el patrón inicial de concentración “cero” de las aguas de manantial tomada con anterioridad al muestreo, y se tuvo cuidado también que los diferentes test estuviesen suficientemente distanciados en el tiempo a fin de evitar los efectos de restos de pruebas anteriores.

Tres pruebas se hicieron en el río subterráneo de la Cueva de la Majada del Cura durante épocas de estiaje, aunque después hubiese cambios repentinos por lluvias. El haberse repetido estas pruebas varias veces se debe a que el periodo de monitoreo fue demasiado corto, y no se llegaba a detectar el trazador que salía después, ya que no se sospechaba su comportamiento sifonante. Se esperaba que el trazador surgiera rápidamente, como correspondería a una velocidad de río subterráneo en régimen turbulento, y en todo caso con la misma velocidad que este mismo tipo de acuífero tiene en la Fuentona de Muriel, con velocidades de 500 m/día en aguas bajas y 3000 m/día en aguas altas (Pérez y Sanz, 2010), pero no fue así.

En lo que respecta a las tres pruebas realizadas en la Cueva de la Majada del Cura, a 2.500 m del manantial de Fuentetoba se hace la siguiente interpretación:

La primera prueba, con el río subterráneo con muy poco caudal por ser estiaje, el agua trazada se estanco en las galerías del sinclinal o viajó muy lentamente, saliendo seguramente después en un periodo lluvioso.

La segunda prueba el trazador se estanco nuevamente y se removilizó con la entrada en el sistema de una nueva crecida varios días después. La tercera prueba ocurre lo mismo, el trazador se manifiesta porque empieza un periodo lluvioso y de recarga que arrastraron el sobrante diluido por el río hipogeo que se supone se quedo en zonas estancadas (Figura 5.8).

No hay salidas entre el punto de inyección en el río subterráneo y el manantial de Fuentetoba. La recuperación del trazador fue alta (85%) pero incompleto, esto sin duda es debido a errores de medición o como resultado de pequeñas filtraciones sin control y no cuantificables en las proximidades del punto de salida de Fuentetoba.

Figura 5.8. Curvas de concentración-tiempo para las pruebas de trazadores realizadas en el sinclinal de Fuentetoba, entre el río subterráneo y el manantial.

En resumen, las pruebas con trazadores han servido para comprobar que en el último sinclinal antes de salir por Fuentetoba, parte del agua subterránea se estanca en sifones y lagos en aguas bajas, y sale después cuando hay impulsos importantes de recarga. Las pruebas con trazadores han servido para que acotar este fenómeno entre los 3000 m que hay entre el final de la parte explorada de la cueva y el manantial, es decir, en todo el pequeño y alargado sinclinal de Fuentetoba. Aunque no se descarta que pudiera haber otros fenómenos de sifonamiento aguas arriba de la cueva según se ha dicho. Al menos en este sector del acuífero no tiene sentido hablar de velocidad del agua subterránea, ya que esta velocidad es variable dependiendo cuando se producen los eventos de recarga, hecho que ha sido observado también en otros acuíferos kársticos (Field y Pinsky, 2000; Goldscheider N., 2005 y Goldscheider N., 2008).

5.5.3.- Posibles explicaciones del drenaje del sistema en aguas altas

Las largas respuestas a la recarga del sistema kárstico de Fuentetoba en el hidrograma del manantial están controladas por efectos regionales y han podido ser simuladas de manera bastante satisfactoria. Las pruebas de trazadores realizadas en el sinclinal de Villaciervos, y que demuestran la conexión con el manantial de Fuentetoba, han dado la mejor representación general del drenaje de este sistema.

Sin embargo, algunas respuestas muy retrasadas en el tiempo que se manifiestan en aguas altas, y que han sido observadas cualitativamente en el hidrograma, no han podido ser cuantificadas mediante modelado numérico. Para explicar esto, algún tipo de mecanismo o mecanismos mediante un modelo físico no darciano en flujo turbulento deben gobernar la respuesta en periodos lluviosos en este sistema kárstico en la parte

final del recorrido, es decir, en el sinclinal de Fuentetoba. Es en esta parte final porque ha sido acotada mediante los resultados de las pruebas de trazadores de corta distancia realizadas en los conductos del río subterráneo del extremo occidental del mencionado sinclinal. Pero no solo porque se ha verificado mediante las pruebas de trazadores, si no porque si estos fenómenos flujo-reflujo se produjeran alejados, se amortiguarían hasta llegar al manantial.

Las características del sistema a través de conductos se han hecho evidentes en la forma de transporte del trazador: estancado durante días, semanas y meses, y salida rápida en periodos de crecida. Sin embargo, el manantial seguía manando un pequeño caudal menor en fase de agotamiento que hay que pensar es debido al flujo matriz de este sinclinal con gradientes hidráulicos distintos al de los conductos.

En la figura 5.9 se explica el modelo propuesto del drenaje de este sistema kárstico. Se trata de un modelo sucesivo de tres reservorios reales en forma de sinclinales hidráulicamente conectados mediante un río subterráneo, y en el cual hay que suponer los diferentes tipos de flujo (matriz, fracturación y conductos), como si hubiera otros reservorios virtuales de alta y baja permeabilidad. La realidad es seguramente más compleja, tal como se ha observado en las exploraciones espeleológicas, donde en los conductos de la zona no saturada por ejemplo, se evidencia que hay almacenamiento de agua en depósitos pequeños colgados de carácter estacional que se vacían más o menos lentamente. Es lo que ocurre en el lago temporal de la Cueva de Villaciervos en la zona epikarstica donde el fondo es arcilloso, tal como se señala en Sanz y López (2000).

Figura 5.9. Modelo esquemático simplificado en el que se muestran los tres embalses del sistema kárstico del manantial de Fuentetoba. En cada uno, se supone que el flujo es distribuido en dos depósitos de alta y baja permeabilidad. En el último depósito (sinclinal de Fuentetoba) hay tres hipótesis posibles de la corriente de retardo: sifón, taponamiento de sedimentos y constreñimientos, o combinaciones de los tres. Qh: Caudal de Salida del depósito de alta permeabilidad, Ql: salida desde el depósito de baja permeabilidad. El ensayo del trazador se realizó en el río subterráneo.

El trazado general de esta red indica que esta galería activa pone en comunicación hidráulica las diferentes partes del acuífero, comportándose en aguas altas y medias como el desagüe de los sinclinales de Villaciervos y del Alto de la Cruz, con el de Fuentetoba. En detalle, se aprecia como las vías preferentes de circulación hipogea han quedado fijadas a lo largo de una capa concreta de calizas adosada a la aguda cresta del anticlinal de Fuentetoba. Las capas, de dirección Este-Oeste y buzando entre 45° y 65° en su flanco norte, condicionan una red kárstica muy rectilínea, siguiendo la dirección de los estratos. El banco de calizas es exactamente el mismo en el que surge el manantial de Fuentetoba. Es muy probable que la red de galerías explorada continúe en línea recta hacia el Este hasta esta surgencia, destino final probable del río hipogeo, mediante la sucesión, seguramente, de numerosos.

Figura 5.10. Corte hidrogeológico esquemático Este-Oeste.

1. Nivel freático máximo. 2. Nivel freático mínimo. 3. Zona epifreática. 4. Empuje de presión en aguas altas. 5. Reservas permanentes. 6. Recarga natural. 7. Red de conductos explorada. 8. Red de conductos esquemática y supuesta.

En la figura 5.10 se explica cómo se podría producir este fenómeno. Se observa como aunque la recarga de periodos apreciablemente lluviosos se reparta de manera uniforme, es en el sinclinal más alejado de Villaciervos donde se concentra el 50% de la superficie de recarga de todo el acuífero. En este sector se produce una sobreelevación del nivel freático por concentración del agua recargada procedente de los flancos del pliegue por encima de la zona no saturada. En periodos de aguas muy altas el nivel freático supera la topografía de una vaguada y origina el manantial efímero de Las Fuentes (manantial de Villaciervos en Figura 5.10 y la fotografía 5.2), pequeña válvula de escape del acuífero. Sin embargo, el nivel en el sinclinal de Fuentetoba no varía tanto debido a su cercanía a la salida, y la falta de importantes debe hacer que la velocidad del flujo en este sector del acuífero no sea tan importante y, en estiaje, podría ser prácticamente nula.

No se observa todavía una respuesta por propagación de presión desde esta onda de recarga localizada, ya que la conexión hidráulica entre los sinclinales no es muy grande como se ve en la figura 3.1, ya que se ve dificultada por el salto en la falla de

Ocenilla. La existencia del río subterráneo de la cueva indica que el régimen es básicamente libre y fluvial hasta el comienzo del sinclinal de Fuentetoba.

Se ha observado que esta corriente crece de manera rápida uno o dos días después de lluvias importantes, es decir, esta red hipogea se comporta de manera semejante a la red dendrítica de un río de superficie de carácter torrencial, recogiendo las aguas recargadas de las cuencas de recepción de los sinclinales de aguas arriba. La onda de crecida proveniente del sinclinal más alejado de Villaciervos pasa por la Falla de Ocenilla, y se reconduce por esta cueva.

En periodo de agotamiento, y según se ha observado en diversas ocasiones, el agua que circula por el río subterráneo es de 4 l/s que la que sale por el manantial de Fuentetoba, y esto se interpreta a que el agua en estas ocasiones se está embalsando o almacenando antes de llegar a la fuente.

Desde la terminación explorada de este río subterráneo se extiende una cubeta sinclinal de unos 3 km hasta Fuentetoba donde el agua subterránea embalsada está calculada entre 2,76-3,68 hm³, está prácticamente sin gradiente y estancada, donde debe haber numerosos conductos sumergidos y sifones donde el movimiento y la respuesta ante crecidas debe actuar en gran medida mediante propagación de presión. Así pues, cuando el grueso de la crecida cinemática del torrente subterráneo penetra en esta zona todavía inexplorada, se debe producir una elevación del nivel en los sifones y lagos intermedios, que se inundaran, sobre todo en los pasos estrechos.

A partir de aquí, existen varias posibilidades para explicar el comportamiento anómalo del drenaje del sistema, y que en realidad no se contradicen unas a otras e incluso podría ser una combinación de las mismas:

Tapones de sedimentos

Se ha observado que el tramo final del conducto de salida del manantial no tiene tapones de sedimentos, ni siquiera hay sedimentos en el suelo. Tampoco se conoce que este manantial expulse arrastres y sedimentos, siendo sus aguas muy claras casi siempre, al menos durante estos cuatro años de observaciones con periodos de flujo-reflujo. En el exterior tampoco hay terrazas ni depósitos expulsados por el manantial, solo tobas calcáreas.

El arrastre de sedimentos del río subterráneo en condiciones de crecidas ordinarias debe ser muy pequeño, tal como se ha observado durante las exploraciones espeleológicas, ya que la corriente no tiene turbidez ni arrastres arenosos importantes. Hay que tener en cuenta que la cuenca del río subterráneo es autógena, y no hay fuente exterior de sedimentos. Sin embargo, hay algunos bancos puntuales de arenas y guijarros redondeados colgados depositados en crecidas extraordinarias, que testifican que si ha habido arrastres, y que estos han tenido que depositarse en las partes bajas de los conductos del sinclinal más bajo de Fuentetoba. Tampoco se han observado directamente variaciones de nivel en el tramo final del torrente subterráneo, ni marcas o terrazas de sedimentos que delatasen una subida producida por un tapón aguas abajo. Pero como se desconocen la red de galerías que debe haber en los casi 3 km que hay entre el manantial y la cueva explorada con río subterráneo, no se descarta la posibilidad

que en el fondo de otros sifones no explorados, haya tapones de gravas y arenas que no logran salir por el manantial, y que se ponen en suspensión y vuelven a asentarse.

Estrechamientos

Otra posibilidad podría explicarse por la existencia de estrechamientos en los conductos, tal como realmente ocurre en varios sifones del torrente subterráneo, donde las variaciones de nivel pueden subir en los reservorios de detrás asociados hasta 2 o 3 m en periodos de aguas altas. Si esto pasa en este conducto, podría también ocurrir mas aguas abajo Sin embargo, no hay evidencias físicas de que esto sea así, ni hemos visto oscilaciones grandes de nivel en el tramo final del torrente subterráneo, cuando ya está casi a cota del manantial. Tampoco hemos encontrado sedimentos por disminución del flujo aguas arriba de los hipotéticos constreñimientos. Sin embargo, sería necesario conocer mejor la red de galerías inexplorada para desechar esta hipótesis.

Sifonamiento

Si en el tramo explorado de unos 700 m del rio subterráneo ya aparecen 7 pequeños sifones, y en el conducto sumergido de salida del manantial se perfila en la zona explorada el comienzo de un gran sifón, todo parece sugerir que en el tramo intermedio la red de conductos se enlacen mediante una sucesión de sifones.

Si en el tramo desconocido hubiera sifones inversos, el caudal aportado por el torrente en crecidas podría cegarlos, produciéndose una succión del agua de los lagos y galerías inundadas, y vaciando un gran volumen de agua estancada en poco tiempo,

haciendo que el caudal drenado sea superior al aportado por la crecida de la recarga. Esta podría ser el mecanismo quizá predominante, sin descartar los anteriores.

Por otra parte, dada la dimensión de la salida en el manantial de Fuentetoba, la salida deberá ser muy sensible a las variaciones de presión, y un exceso de presión de unos pocos centímetros en su base sería suficiente para provocar un flujo ascendente en forma de trop-plein. El tubo es de unos 350 m de largo, 42 m de profundidad y con un diámetro hidráulico promedio de 1.6 m, que permite la descarga de 50 l/s fluya tranquilamente. Con mayor descargas el flujo se vuelve más fuerte y un ligero exceso de presión (centimétrico) en la parte inferior provocaría un flujo ascendente de agua hasta el rebosadero, situado a unos 5 m por encima del manantial.

Los aumentos del nivel del agua debido a la recarga debido a la lluvia intensa o del deshielo, significa que hay un aumento de la carga hidráulica entre los extremos superiores e inferiores del tubo. Esto aumenta el caudal y su velocidad. El sistema presenta grandes variaciones de flujo y presión, pasando rápidamente de un régimen laminar a un régimen de flujo turbulento y las pequeñas diferencias de presión causadas por la transmisión de las ondas de presión debido a la recarga en el sinclinal son suficientes para movilizar el agua vieja, estancada en los conductos de salida del manantial.

Según la longitud de los escalones y el diámetro hidráulico del conducto de salida del manantial de Fuentetoba, se puede calcular según Curl (1966) una paleovelocity media de unos 10-15 cm/seg, que está por encima de la velocidad crítica del régimen laminar para un conducto cilíndrico de 1,5 m de diámetro y 15° de

inclinación. Es decir, el paleoregimen de este conducto ha sido turbulento, y esa velocidad equivaldría aproximadamente a un caudal de entre 800 y 900 l/s.

Este empuje a presión de agua vieja estancada cerca del manantial de salida se ha visto en muchos sistemas kársticos (Yevjevich, 1981), pero el fenómeno de sifonamiento, es decir, la evacuación regular a través de un dispositivo sifonante en U inversa solo se da en casos muy singulares, como en el nacimiento del río Mundo en España, por ejemplo (Rodríguez-Estrella et al., 2002). Esto explicaría los caudales excedentarios y la removilización de un agua semiestancada y teñida en nuestro caso por fluoresceína durante las pruebas de trazadores. Estos sifones vaciados durante el fenómeno se irían llenando después con las lluvias no torrenciales para volverse a cargar. Un simple cálculo de vaciamiento de una supuesta galería de 10 m² de sección por 3000 m de longitud, continuación de la Cueva de la Majada del Cura supondría, 30.000 m³. Solo el sifón de Fuentetoba cubicaría unos 1.500 m³. Es fácil imaginar una red de conductos en todo este sinclinal que justifique los volúmenes procedentes de los sifonamientos de entre 0,33 y 0,68 hm³ que se han estimado en 2011.

**6.- SIMULACIÓN DE LOS MANANTIALES DURANTE EL
PERIODO 1991-2013 PARA COMPLETAR EL BALANCE
HIDRÁULICO DEL AÑO MEDIO**

Como se ha dicho, el sistema kárstico ha sido controlado o monitoreado durante dos años hidrológicos (2010-11 y 2011-12). Pero dos años de medidas directas del caudal de los manantiales es insuficiente para conocer el balance hidráulico medio. Y con ese objeto se ha simulado el hidrograma de estos dos años, y se ha completado la serie 1991-2013 sin registro foronómico (Figura 6.1). Los resultados de esta simulación nos van a permitir realizar también un análisis más completo sobre la probabilidad de caudales de los manantiales.

Entre los diferentes modelos matemáticos que se emplean para la simulación del caudal de los manantiales kársticos (Padilla *et al.*, 1996) se ha aplicado el modelo unicelular CREC (Guilbot, 1975). Este modelo, además de su sencillez, incorpora un tratamiento previo de datos meteorológicos, incluso de nieve, para obtener los flujos temporales de agua útil que se recargan en el acuífero y que corresponden con la denominada fase de producción.

Se trata pues de simular el funcionamiento de dicho acuífero relacionando las entradas con las salidas, más o menos la variación de existencias en los almacenes subterráneos. Puesto que se disponían de datos diarios, tanto para las variables de entrada como para las de salida, se ha tomado el día como unidad de tiempo. Aparte de los aforos diarios de los manantiales de Fuentetoba y Cueva Pachón, se ha dispuesto de la pluviometría y las temperaturas medias diarias de la estación meteorológica de Soria (estación completa nº 2030 de la AEMET), situada dentro de la zona, a 6 km al Este de Fuentetoba. Hubo que estimar la serie pluviométrica del área de recarga del acuífero (altitud media de 1.275 m) en base a estación de Soria (altitud 1.080 m) admitiendo un

gradiente pluviométrico de 50 mm por cada 100 m de altitud, gradiente que ha sido calculado en otras zonas próximas a la Cordillera Ibérica y que aquí se ha confirmado considerando otras estaciones pluviométricas situadas a mayor altitud, como la de Calatañazor. Con las temperaturas medias de Soria (altitud 1.080 m) y un gradiente de 0,5° C por cada 100 m de altitud, se han estimado las del área de recarga del acuífero. Estas estimaciones han podido producir algunas desviaciones de la realidad, pero se cree que mantienen la evolución general de lo que ha podido ocurrir en la cuenca de alimentación y, en este sentido habrán de tomarse los resultados, aunque en ellos se observen algunas desviaciones esporádicas.

En este modelo se simula la circulación del agua por medio de la transferencia de tres depósitos: S, H y G: el depósito S corresponde al suelo, a nivel más superficial de los tres. Este reservorio corresponde la parte de producción debida a la precipitación en forma de nieve y descontándose la evapotranspiración y la escorrentía superficial para así llegar a la lluvia eficaz; el depósito H corresponde al nivel no saturado del acuífero, que es el responsable del vaciado no lineal del acuífero y en la transferencia a la zona saturada y por último; el depósito G representa el nivel saturado del acuífero y es el responsable del vaciado en forma lineal del mismo.

El funcionamiento de este modelo podríamos sintetizarlo de la manera siguiente:

La producción del modelo, por la cual se consigue la lluvia eficaz que llega al acuífero, descontando la escorrentía superficial y la evapotranspiración, teniendo en cuenta la precipitación en forma de nieve.

Las transferencias que se llevan en el modelo entre los diferentes depósito y los caudales de escorrentía hipodérmica, turbulenta y laminar.

La producción del modelo

En cuanto a la fase de producción del modelo, (cálculo del agua útil) hay que tener en cuenta que la cuenca de alimentación del manantial de Fuentetoba es suficientemente alta como para que se considere la precipitación en forma de nieve, la cual constituye una reserva de agua hasta su fusión.

Así, llamando j al día, P_j a la precipitación total; P_a^j , precipitación líquida; P_n^j , precipitación en forma de nieve, f_j , a la fusión de nieve; N_j , nieve acumulada en el suelo (todo en mm equivalentes de agua) y T_j a la temperatura en grados centígrados, el proceso se ha concretado de la siguiente manera:

Forma de precipitación

Como se ha dicho, en la precipitación (P_j) hay que distinguir la que está en forma de nieve (P_n^j) y en forma líquida (P_a^j). Para ello dependemos de la temperatura, si la temperatura está por debajo de 0°C , toda la precipitación es nieve, mientras que si es superior a 1°C , la precipitación es líquida, y entre el intervalo $0^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C}$ caerá agua y nieve.

P_n^j = precipitación en nieve. Si $T_j < 0 \Rightarrow P_j = P_n^j$

P_a^j = precipitación líquida. Si $T_j > 0 \Rightarrow P_j = P_a^j$

$P_n^j(0-1)$ = Precipitación nieve entre $0^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C}$. Si $0 < T_j < 1 \Rightarrow P_n^j = P_j \times (1 - T_j)$

$$P_a^j(0-1) = \text{Precipitación nieve entre } 0^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C. Si } 0 < T_j < 1 \Rightarrow P_a^j = P_j \times T_j$$

Fusión de la nieve

Si hay nieve en el suelo y llamamos N_{j-1} al almacén de nieve al final del día anterior, la precipitación en forma de nieve se va convirtiendo en líquida, para ello se supone que por debajo de 1°C no existe deshielo y superior a esta temperatura se va fundiendo (f_j) proporcionalmente a la temperatura existente:

$$f_j = \text{fusión de nieve. Si } T_j < 1 \Rightarrow f_j = 0. \text{ Si } T_j > 1 \Rightarrow f_j = 0,1 \times T_{j-1} \times N_{j-1}.$$

$$N_j = \text{almacén de nieve. } N_j = N_{j-1} + P_n^j - f_j.$$

$$\text{De aquí se obtiene el agua disponible } (A_j) = P_a^j + f_j.$$

Esorrentía superficial

Si consideramos el grado de humedad S_i , que representa la capacidad de almacenaje de agua del depósito S , podemos determinar la velocidad de infiltración potencial como:

$$v_j = x_1 - x_2 \cdot \sqrt{S_j} \text{ en mm}/\Delta t$$

Con lo que, si el Agua disponible (A_j), es superior a la infiltración potencial del acuífero, entonces produciría una esorrentía igual a $A_j - v_j$. En el caso que, A_j sea menor que v_j , implica que se infiltrará toda el agua disponible. En el acuífero de Pico Frentes se pueden fijar que sólo una lluvia que supere un cierto límite (100 mm/día), origine esorrentía superficial.

Recarga de humedad del depósito S

La lluvia útil filtrada (E_j), como el agua resultado de la precipitación en forma de agua, la fusión y la escorrentía superficial, tiene por objeto: la evapotranspiración del suelo (ETR_j), la variación del grado de humedad de este depósito (ΔS_j) y la transferencia al nivel H (ΔH_j) del reservorio, cumpliéndose entonces:

$$E_j = ETR_j + \Delta S_j + \Delta H_j$$

La evapotranspiración real (ETR_j), hará incrementar el déficit de humedad del suelo, podemos definirla mediante la evapotranspiración potencial (ETP) y el nivel de humedad del suelo (S_j), siendo:

$$ETR_j = ETP_j \cdot (1 - e^{-\frac{S_j}{x_3}})$$

Podremos definir la capacidad de absorción de humedad del suelo (ΔS_j^x), como la cantidad máxima de agua que puede contener dicho depósito S, con lo que, el exceso será transferido al depósito H. La función adoptada, de forma empírica, para esta expresión sería:

$$\Delta S_j^x = E_t \cdot (x_4 \cdot e^{x_5 \cdot S_j - 1})^{-1}$$

Las transferencias subterráneas

Las salidas del manantial son debidas a tres factores: la escorrentía superficial, que en nuestro caso es nula; la circulación hipodérmica, es el debido a una rápida descarga de la zona no saturada (depósito H) del acuífero mediante ríos hipogeos y pequeños cursos de agua; y la circulación subterránea, debida a la descarga laminar de la zona saturada del reservorio.

El exceso de agua por encima de capacidad de absorción del suelo (ΔS_j^x), es transferido al depósito H que tiene un doble propósito:

La descarga no lineal del acuífero:

$$Q_j^H = (x_6 \cdot H_j^x)^2$$

La transferencia a su vez al depósito G:

$$\Delta G_j^x = \frac{(H_j^x - x_7)}{x_8}$$

Esta transferencia al depósito G, tiene a su vez dos finalidades: la circulación subterránea, realizando una descarga lineal por el manantial y un aumento de depósito

G. El caudal laminar lo podemos expresar como:

$$Q_j^G = x_9 \cdot Q_{j-1}^G + (1 - x_9) \cdot \Delta G_j^x$$

En resumen podemos esquematizar el modelo en la siguiente sistema de flujos:

Después de varios tanteos para el ajuste del modelo con los datos aforados, se han adoptado los siguientes valores para los datos iniciales y parámetros:

$$QL_0 = 0,06 \text{ mm}; H_0 = 0,085 \text{ mm}; G_0 = 0,27 \text{ mm}; x_1 = 100; x_2 = 1; x_3 = 3;$$

$$x_4 = 0,1; x_5 = 0,08; x_6 = 0,15; x_7 = 0,2; x_8 = 4; x_9 = 0,8$$

Tanto el parámetro k y la infiltración gravífica se han calibrado para los años que tenemos datos reales medidos in situ. Para su extrapolación al histórico se hicieron dos hipótesis:

- Que permanece constante de un año a otro.
- Que varía por medio de la precipitación y temperatura.

Figura 6.1. Hidrograma modelo CREC y aforado

La observación de la gráficas de las comparaciones del modelo simulado con el hidrograma de los años 2011 y 2012 (Figura 6.1) pone de manifiesto que el caudal simulado refleja con bastante aproximación todas las variaciones diarias de caudal aforado; quizá pueda apreciarse que el método de simulación es algo más lento en reaccionar, tanto a las crecidas como a los descensos del manantial, pero creemos que estas diferencias pueden tener su origen en las estimaciones de los datos de entrada (pluviometría y temperatura) en base a las estaciones meteorológicas que están fuera del área de recarga. El procedimiento y resultados de esta simulación guardan una similitud manifiesta con los obtenidos en sistemas kársticos semejantes de la zona, como el del manantial de La Galiana en el Cañón del río Lobos (Sanz, 1996a) y el del nacimiento del río Arlanza (Sanz, 1996b), aunque existan diferencias sustanciales de funcionamiento hidrológico: en el Cañón del Lobos, la recarga alógena es muy importante, y en Arlanza, la influencia de la recarga de nieve es notable, dos circunstancias que no son significativas en Fuentetoba.

La aportación hídrica del rebosadero de Las Fuentes de Villaciervos no ha sido controlada por las estaciones de aforo, y se ha estimado de manera aproximada suponiendo un caudal medio de 100 l/s los días que funciona según aforos puntuales realizados. Y los días que funciona han sido estimados también de manera aproximada sumando los días que el manantial de Fuentetoba está a más de 1.500 l/s, que es cuando se ha observado en repetidas ocasiones surgen los manantiales de Las Fuentes de Villaciervos. La Fuente Romana y otras menores no han sido tampoco controladas por las estaciones de aforo. Su aportación hídrica se ha estimado de manera aproximada suponiendo un caudal medio de 5 l/s los días que funciona según aforos puntuales realizados. Y los días que funciona han sido estimados también de manera aproximada

sumando los días que el manantial de Fuentetoba está a más de 1.500 l/s, que es cuando se ha observado en repetidas ocasiones que surge este manantial. . En la figura 10.1 se presenta la curva de caudales clasificados del manantial de Fuentetoba indicando los caudales por encima de los cuales se ponen en funcionamiento estos dos rebosaderos.

Durante este periodo de tiempo (1991-2013), y como se ha dicho, el manantial de Fuentetoba ha tenido un caudal medio de 210 l/s. El manantial de Fuentetoba presenta un régimen hídrico muy irregular (entre 10 l/s y más de 5.000 l/s), muy sensible a los estiajes y con respuestas relativamente rápidas (1 ó 2 días) a las recargas de lluvias y de fusión de nieve. Como se ha dicho, el manantial de Cueva Pachón tiene un caudal medio de 50 l/s y su caudal no es tan irregular como el de Fuentetoba.

7.- BALANCE HÍDRICO DEL ACUÍFERO Y ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS.

7.1. Estimación de las reservas permanentes, tiempo de renovación y capacidad reguladora del acuífero

Para estimar las reservas permanentes (PR) de agua, habrá que cubicar el volumen de acuífero saturado (V_s) por debajo de la cota del manantial más bajo, que es Fuentetoba (1.140 msnm), desde la base de la zona de reservas dinámicas hasta la base de karstificación, y multiplicarlo por la porosidad eficaz media (m_e). Se toma como porosidad media las obtenidas en el sistema kárstico de la Fuentona de Muriel que variaban entre $m_e=0.012$ a $m_e=0.016$ (Pérez & Sanz, 2010), ya que se trata de un acuífero muy semejante y con un grado de karstificación, espesor saturado e historia hidrogeología muy parecida. Es posible que la zona superior sea más porosa, al ser la parte más hidrodinámicamente activa del acuífero, pero la zona saturada del acuífero es sin embargo poco profunda y no supera como máximo los 140 m en el sinclinal de Fuentetoba, los 75 m en el sinclinal del Alto de Peña Cruz y los 80 m en el sinclinal de Villaciervos. Además hay sifones y cuevas sumergidas que al menos llegan a 45 m de profundidad, lo cual parece indicar que la karstificación afecta seguramente hasta las partes más profundas del acuífero, y que el valor de porosidad tomada es una media representativa de todo el volumen saturado del acuífero. En el caso de este acuífero, el concepto de reservas permanentes es relativo y no significa que no estén en movimiento, si no que hay una zona activa de circulación dentro de ella. Más profunda si el nivel freático está más alto (Ford & Willians, 1989).

Para cubicar el volumen del acuífero por debajo de la cota del manantial de Fuentetoba (1.140 m), se ha dibujado el mapa de líneas de nivel o de contornos estructurales de la base del acuífero (Figura 4.4). El trazado de estas líneas horizontales

se ha obtenido mediante la geología de superficie cartografiada a escala 1:25.000; ésta ha sido la base principal, aunque también se han utilizado las columnas litológicas de los escasos sondeos totalmente penetrantes que hay en la zona, las columnas estratigráficas levantadas en la zona, y la información proporcionada por los datos de prospecciones geofísicas.

Finalmente, por planimetría y cotas, se ha calculado el volumen entre dos líneas de nivel:

$$V_i = A_i \times h_i$$

donde A_i es el área horizontal entre dos líneas continuas y h_i la cota promedio de ambas.

Así se tendría:

$$V = \sum_i V_i = \sum_i (A_i \times h_i)$$

Las reservas permanentes (PR) de agua, considerando una porosidad eficaz de $m_e=0,012$ y de $m_e=0,016$ serán:

$$PR = V \times m_e$$

Las reservas hidrodinámicas medias obtenidas en la fecha media del comienzo de la curva de agotamiento para el periodo simulado del hidrograma de 1991-2013 son muy pequeñas, ya que suponen $0,62 \text{ hm}^3$. El total de reservas, tanto dinámicas como permanentes, serían entre $5,70$ y $7,40 \text{ hm}^3$ según fuese la porosidad (tabla 7.1). Las

reservas hidrodinámicas representan menos del 10% de las totales, y nos indica la poca inercia que tiene este acuífero y la gran capacidad de evacuar el agua que se recarga.

SINCLINAL	$m_e=0,0012$	$m_e=0,0016$
Pico Frentes	2,76 hm ³	3,68 hm ³
Alto de Peña Cruz	1,12 hm ³	1,5 hm ³
Villaciervos	1,2 hm ³	1,6 hm ³
TOTAL ACUIFERO	5,08 hm ³	6,78 hm ³

Tabla 7.1. Reservas permanentes en las diferentes cubetas sinclinales del sistema kárstico.

La capacidad reguladora de un acuífero se puede calibrar con la proporción entre la recarga (R) y las reservas permanentes (PR). Así, podemos definir la tasa de renovación (TR) como:

$$TR = PR / R$$

Y también su inversa, el llamado “Período de Tiempo de Renovación” (TIR). Que en este acuífero sería:

$$TIR = [(5,08+6,78)/2] / 8,35 = 0,71 \text{ años}$$

Es decir, este acuífero tiene muy poca capacidad de regulación natural, ya que el agua subterránea se renovaría totalmente y en teoría cada 8,5 meses.

7.2. Balance hidráulico

Para calcular la recarga según el balance hidráulico, se debe establecer la siguiente igualdad:

$$E = S \pm \Delta A$$

donde E son las entradas al sistemas, S son las salidas y ΔA es la variación del almacenamiento.

Las entradas E, en el caso que nos ocupa, sólo es la recarga natural procedente de las precipitaciones, ya que no hay entradas de ríos alójenos ni transferencias laterales de otros acuíferos; tampoco hay retornos de agua de riego ni recarga artificial.

Las salidas (S) serían:

Descargas a través de los manantiales de Fuentetoba, Cueva Pachón.y descarga por el arroyo de la surgencia efímera de Villaciervos en aguas muy altas.

Extracciones de agua subterránea para el abastecimiento al pueblo de Villaciervos (103 hab) (B) $B=0,00939 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

No hay transferencias subterráneas a otros acuíferos ni escorrentía superficial que salga del sistema, como ya se ha comentado.

El balance hidráulico del año medio para la serie simulada en el apartado anterior correspondiente al periodo de tiempo 1991-2013 se establece en la Tabla 7.2.

	Volumen [hm^3]	(%)
Aportación pluviométrica (AP)	16,86 hm^3	100,00%
Recarga natural (R)	8,35 hm^3	49,53%
Escorrentía superficial (ES)	0,00 hm^3	0,00%
Evapotranspiración (EVT)	8,50 hm^3	50,41%
Bombeo de agua subterránea (B)	0,01 hm^3	0,06%
Descarga por Fuentetoba y su trop-plein	6,66 hm^3	39,50%
Descarga por Nacimiento rio Mazos y su trop-plein	1,57 hm^3	9,32%
Descarga por Rebosadero de Villaciervos	0,08 hm^3	0,47%
Descarga por Fuente Romana y otras	0,02 hm^3	0,12%
Incremento del reservorio	0,02 hm^3	0,12%

Tabla 7.2. Balance hidráulico del año medio para la serie simulada 1991-2013

7.3.- Variación del balance hidráulico y de la recarga con el cambio de la precipitación y de la temperatura

En la figura 7.1 representa la relación precipitación-temperatura recarga obtenida al variar las temperaturas en el modelo de precipitación -escorrentía para la serie simulada (1991-2012) desde -4°C , hasta $+4^{\circ}\text{C}$, y también el porcentaje de precipitación: de entre 100% a 120% respecto de la precipitación media. Se observa primeramente que esta relación es lineal, ya que se han cogido valores medios anuales, aunque la recarga en realidad puede variar mucho estacionalmente. E incluso en regiones áridas y semiáridas, se ha visto que en periodos secos la recarga es mucho menor a la media, y en periodos húmedos sin embargo es bastante mayor.

Se observa en la gráfica que la recarga no varía lo mismo si aumenta o disminuye la temperatura ya que las rectas no están distanciadas lo mismo: la recarga aumenta en valores absolutos el doble al disminuir un grado la temperatura, a que si aumenta un grado. Una disminución de la temperatura de -1°C supone que el caudal de manantial de Fuentetoba (264 l/s de media) aumente aproximadamente unos 7.6 l/s de caudal, aproximadamente, y disminuye 6.8 l/s si aumenta $+1^{\circ}\text{C}$, por ejemplo. Con -4°C aumenta 38.8 l/s, y con $+4^{\circ}\text{C}$ disminuye 18.9 l/s. La precipitación influye más que la temperatura, de tal manera que si aumenta el 120%, el manantial aumenta a 346.9 l/s.

Por ejemplo, si en la última glaciación supusiéramos un descenso de la temperatura media de -4°C y un aumento de la precipitación del 20 %, el caudal del manantial de Fuentetoba aumentaría hasta 391 l/s según el modelo matemático realizado de precipitación-escorrentía. Pero sobre todo aumentarían los eventos de recarga por

deshielo y los caudales máximos, según se observa en la curva de frecuencias (Figura 7.1), aumentando en un 59% los caudales superiores a 1000 l/s en el manantial de Fuentetoba, y en un 97 % los días del funcionamiento del trop-plein de este manantial, con puntas de hasta 14.000 l/s. El rebosadero de Villaciervos aumentaría su funcionamiento en un 77 %.

Figura 7.1. Relación entre la recarga y la precipitación variando la temperatura $\pm 4^{\circ}\text{C}$.

En la figura 7.2 se representa las curvas de caudales clasificados para las diferentes escalas con situaciones diferentes de precipitación y temperatura, donde podemos ver que son sustancialmente paralelas, lo cual indica que el acuífero se comportaba básicamente como en la actualidad.

Figura 7.2. Curva de caudales clasificados para diferentes situaciones de precipitación y temperatura

8.- PLANEAMIENTO A LA REGULACIÓN DEL MANANTIAL DE FUENTETOBA PARA EL POSIBLE ABASTECIMIENTO A SORIA

En el estudio que nos ocupa se va a incidir también en la posibilidad de tener un abastecimiento alternativo a la ciudad de Soria, teniendo como aportación exclusivamente el manantial de Fuentetoba, siguiendo así el proyecto iniciado por Clemente Sáenz en 1936.

Este proyecto ha vuelto a resurgir debido a los recientes trabajos de investigación realizados, que nos permiten conocer nuevos datos (aforos, sistema de drenaje, delimitación del acuífero) y por otra parte a la preocupación señalada en el último Plan Hidrológico de la Confederación Hidrográfica del Duero referente a la eutrofización de los embalses que abastecen a la citada ciudad.

En el Plan Hidrológico de la Confederación Hidrográfica del Duero del 2015 – 2021 indica que la problemática fundamental en los grandes abastecimientos se debe principalmente a cuestiones cualitativas más que cuantitativas, debido a la eutrofización en los embalse de los que se abastecen los grandes núcleos urbanos y, en especial, la ciudad de Soria, que se toma del Duero, que se haya regulado por el embalse de la Cuerda del Pozo.

En este capítulo se aborda de manera inicial un estudio sobre de la posibilidad del abastecimiento de la ciudad de Soria a partir del acuífero de Pico Frentes como único suministrador para el consumo del núcleo poblacional, en caso de un empeoramiento de la calidad del agua y su imposibilidad de abastecimiento por parte del embalse desde el que se hace actualmente.

En una primera aproximación, se va a considerar una capacidad de bombeo suficiente para extraer el caudal demandado en cada momento. Aunque lo ideal sería proponer una optimización de las bombas con depósitos auxiliares y otras obras que se signifiquen una mejor gestión de los recursos.

Para el cálculo de las necesidades de abastecimiento se sigue la metodología descrita en el anejo 5.- Demandas de agua, en el apéndice I.- Metodología de usos del abastecimiento del Plan Hidrológico del Duero 2015 - 2021.

Para aplicar la citada metodología llevaremos a cabo los siguientes pasos:

1.-Se realiza una estimación de la población permanente y estacional. Consultando las bases de datos del INE podemos hacer una proyección de una población en el año 2033 de 48.358 habitantes (utilizando los datos de padrón de los años 2000 – 2014), y una población estacional de 60.680 habitantes (utilizando los datos obtenidos de la “Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales” para los periodos: 2000, 2005, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 y 2013), considerando como temporada estacional la comprendida entre el 15 de Junio y el 15 de Septiembre.

2.-Se estima una dotación de 250 l/hab/día. Y de ahí se derivan unas necesidades de: 140 l/s para la población permanente y de 175,6 l/s para la temporada estacional.

A los valores anteriores habría que añadir el caudal que actualmente se suministra desde el acuífero a núcleo poblacional de Fuentetoba. Dicho caudal es de 8.5 l/s.

De todo ello resulta que del acuífero se van a extraer unos caudales de: 148,5 l/s de forma permanentes y de 184,1 l/s en la temporada estacional.

3.- Calculamos el volumen necesario y existente en el acuífero para cumplir los condicionantes que más abajo se exponen:

Siendo Q_i = Caudal del acuífero obtenido según el hidrograma

$Q_{i,min}$ = Caudal necesario para el abastecimiento en función de la dotación supuesta.

$Q_{i,mod}$ = Es el caudal que se descarga suministrado directamente del hidrograma.

$Q_{i,bombeo}$ = Es el caudal de bombeo necesario para el abastecimiento.

$Q_{i,aportable}$ = Es el caudal excendente entre el necesario para el abastecimiento y el hidrograma.

$Q_{i,aportado}$ = Es el caudal que se almacena cuando la capacidad del acuífero lo permita.

$Q_{i, vaciado}$ = caudal neto extraído del acuífero desde el instante inicial hasta el instante i. Entendiendo por caudal neto la diferencia entre el caudal extraído menos el caudal entrante en el acuífero.

Si $Q_i < Q_{i,min}$:

$$Q_{i,mod} = Q_{i,min}$$

$$Q_{i,bombeo} = Q_i - Q_{i,min}$$

$$Q_{i,vaciado} = \sum_{i=0}^i (Q_{i,bombeo} - Q_{i,aportado})$$

Si $Q_i > Q_{i,min}$:

$$Q_{i,aportable} = Q_i - Q_{i,min}$$

$$Q_{i,aportado} = \min(Q_{i-1,vaciado}, Q_{i,aportable})$$

$$Q_{i,mod} = Q_i - Q_{i,aportado}$$

De los valores obtenidos en las anteriores expresiones, se obtienen los datos necesarios para dimensionar el sistema de almacenamiento y su gestión en cuanto a la salida de caudales, que son los siguientes:

$$Volumen\ depósito\ (V_{depósito}) = \min_i(Q_{i,vaciado})$$

De la modelización se constata una gran irregularidad de las descargas, que lleva a que la captación directa del manantial sea insuficiente para abastecer el consumo del núcleo poblacional en estudio. El nivel de garantía es del 20 % considerando sólo el caudal diario. Por ello, se propone la abducción en el acuífero mediante bombeo, utilizando así las reservas permanentes que tiene el reservorio. Bombeando en los casos en que los necesitemos y rellenándolo cuando los caudales naturales superen a los caudales necesarios.

Para una garantía de suministro del 100 %, necesitaríamos un volumen de depósito de 2,96 hm³. La capacidad obtenida por cubicación mediante planos acotados de la reserva permanente es de 3 hm³ y además la ciudad de Soria cuenta con un depósito, sin uso actualmente, que podría utilizarse como almacenamiento secundario, con lo que sería posible realizar el abastecimiento desde el manantial de Fuentetoba para la dicha ciudad de Soria.

En resumen, llegamos a que el volumen medio anual de bombeo se sitúa en 2,34 hm³ y el máximo caudal a bombear es de 175,6 l/s. Si se pudieran explotar todas las reservas del acuífero tendríamos un nivel de garantía del 100%.

Si bien lo anterior sería teóricamente posible parece conveniente no agotar el acuífero más allá de unos ciertos límites con el fin de no alterar sus características hidrológicas. Habrá que considerar un nivel de garantía de suministro aceptable proporcionado sólo a partir de las extracciones del acuífero y complementar este nivel de garantía teniendo en cuenta la ayuda que pueda proporcionar el depósito actualmente no utilizado de la ciudad de Soria.

En este caso se considera un bombeo con una profundidad de 45 m que corresponde con el fondo de la galería del sifón del Fuentetoba. La cubicación hasta esa cota es de 2 hm³, a la que habría que añadir la capacidad del depósito de la ciudad de Soria y la explotación de los otros sinclinales del acuífero si fuera necesario.

Si realizamos una gráfica con el nivel de garantía dependiendo del volumen de acuífero obtenemos la figura 8.1 y en la tabla 8.1.

Figura 8.1. Relación del volumen de reserva y el nivel de garantía

Nivel de garantía (%)	Volumen (hm ³)
32,76	0,00
40,78%	0,25
52,59%	0,50
61,21%	0,75
71,44%	1,00
79,05%	1,25
88,94%	1,50
92,98%	1,75
95,69%	2,00
97,17%	2,25
98,39%	2,50
99,52%	2,75
100,00%	3,00

Tabla 8.1. Relación del volumen y el nivel de garantía

Para un bombeo de 45 m de profundidad tenemos un nivel de garantía del 95% del periodo estudiado (1 de octubre de 1991 – 26 de mayo de 2013).

Según el Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica (IPH). En el epígrafe 3.1.2.2.4 señala los niveles de garantía para los abastecimientos de población indicando que deberá cumplirse:

1.- “Un déficit en un mes no sea superior al 10 % de la correspondiente demanda”.

2.- “En diez años consecutivos, la suma de déficit no sea superior al 8% de la demanda anual.”

La primera condición se estudia en la tabla 8.2. En ella, se indica el mayor déficit mensual considerando únicamente las posibilidades de reserva del acuífero. Se observa que la primera condición sólo se cumple para niveles de almacenamiento mayores de 2,75 hm³.

Año hidrológico	Volumen (hm ³)												
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3
1991/92	86%	75%	69%	59%	45%	32%	22%	18%	13%	9%	4%	0%	0%
1992/93	96%	89%	84%	79%	70%	52%	34%	24%	8%	5%	4%	0%	0%
1993/94	78%	57%	30%	21%	16%	10%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1994/95	91%	62%	40%	31%	19%	9%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
1995/96	75%	51%	46%	42%	36%	24%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1996/97	70%	38%	26%	20%	19%	15%	12%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
1997/98	67%	36%	17%	8%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1998/99	100%	92%	43%	12%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
1999/00	81%	50%	39%	25%	12%	8%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2000/01	64%	52%	43%	37%	29%	24%	14%	4%	0%	0%	0%	0%	0%
2001/02	100%	100%	100%	92%	69%	50%	7%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
2002/03	52%	37%	27%	17%	10%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2003/04	61%	31%	23%	16%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2004/05	97%	87%	80%	75%	41%	32%	22%	18%	13%	8%	4%	0%	0%
2005/06	84%	40%	27%	22%	10%	8%	7%	7%	6%	5%	4%	1%	0%
2006/07	65%	38%	26%	18%	8%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2007/08	84%	76%	72%	64%	42%	29%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2008/09	80%	55%	40%	33%	27%	21%	10%	5%	0%	0%	0%	0%	0%
2009/10	58%	43%	38%	33%	28%	20%	7%	5%	4%	0%	0%	0%	0%
2010/11	68%	43%	31%	24%	15%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2011/12	100%	100%	100%	100%	100%	99%	78%	57%	43%	29%	14%	5%	0%
IPH	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	Ok	Ok

Tabla 8.2. Nivel de garantía para que el déficit en un mes no sea superior al 10 %.

La segunda condición se estudia en la tabla 8.3. En ella, se indica el déficit de cada uno de los años hidrológicos considerando únicamente las posibilidades de reserva del acuífero. Se observa que la esta restricción sólo se cumple para niveles de almacenamiento mayores de 2,75 hm³.

Año hidrológico	Volumen (hm ³)												
	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3
1991/92	66.25%	59.02%	54.05%	47.86%	37.95%	28.07%	22.82%	17.79%	13.04%	7.94%	2.80%	0.00%	0.00%
1992/93	55.94%	50.94%	45.92%	40.86%	34.83%	24.73%	13.79%	7.15%	1.88%	1.14%	1.14%	0.00%	0.00%
1993/94	52.30%	41.39%	25.54%	19.27%	14.39%	9.45%	4.29%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1994/95	51.81%	40.23%	27.85%	21.21%	13.27%	6.30%	1.73%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1995/96	45.91%	37.41%	32.43%	27.27%	22.28%	13.96%	4.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1996/97	36.83%	18.91%	9.54%	5.45%	5.45%	5.42%	5.42%	0.49%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1997/98	43.02%	27.74%	13.92%	7.85%	2.70%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1998/99	45.55%	44.38%	25.16%	8.28%	0.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1999/00	52.87%	38.92%	28.98%	20.72%	12.12%	6.99%	2.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2000/01	44.89%	37.71%	32.43%	27.62%	21.69%	16.63%	10.69%	2.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2001/02	50.56%	50.56%	50.56%	47.39%	35.11%	23.23%	3.60%	3.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2002/03	36.69%	29.04%	23.41%	15.38%	9.91%	4.76%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2003/04	35.90%	21.89%	16.25%	10.94%	5.76%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2004/05	66.09%	61.10%	56.05%	51.20%	38.62%	31.82%	23.49%	18.42%	13.61%	8.45%	3.38%	0.00%	0.00%
2005/06	42.75%	23.54%	14.30%	9.17%	3.70%	2.91%	2.91%	2.91%	2.91%	2.91%	2.91%	1.22%	0.00%
2006/07	44.38%	30.93%	20.80%	14.48%	6.92%	1.83%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2007/08	45.85%	40.69%	35.64%	30.74%	19.48%	11.80%	1.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2008/09	53.99%	40.19%	32.12%	26.66%	21.64%	16.30%	9.07%	4.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2009/10	33.15%	26.51%	21.69%	16.54%	11.67%	8.85%	4.59%	4.59%	3.63%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2010/11	40.61%	29.57%	23.30%	18.36%	12.60%	5.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2011/12	67.88%	67.88%	67.88%	67.88%	67.88%	67.88%	58.36%	43.26%	32.77%	22.79%	12.85%	4.41%	0.00%
IPH	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	Ok	Ok

Tabla 8.3. Nivel de garantía para que el déficit en 10 años consecutivos no sea superior al 8%.

En conclusión de este estudio preliminar se deduce lo siguiente:

Que con una capacidad explotable del acuífero del sinclinal de Fuentetoba de 2 hm³ y de 0,25 hm³ del depósito de Soria, nos encontraríamos un nivel de garantía por encima del 97 %.

Para cumplir con los requisitos que se establecen en el citado Plan Hidrológico se podría explotar conjuntamente el sinclinal de Alto de la Cruz que una capacidad de almacenaje superior a 1 hm³, con lo que, sumaríamos más de 3 hm³.

Según el Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, se establece que, para poder garantizar el suministro a la ciudad de Soria deberíamos tener una capacidad de almacenaje de 2,75 hm³.

Con lo que, el volumen extraíble en condiciones hidrológicas admisibles del acuífero es suficiente para cubrir la garantía que establece en el Real Decreto. A priori, puede ser de gran utilidad como depósito de emergencia, en caso de que hubiese algún motivo que pudiese dar lugar a un cierre temporal del abastecimiento mediante aguas superficiales que es la única forma de suministro actual.

Planeamiento de la integración de la regulación del manantial en el modelo CREC

A continuación se realiza un planeamiento de la gestión de la regulación del manantial integrándose dentro del modelo CREC. Para ello, suponemos que los depósitos del acuífero H y G son explotables para la regulación del manantial. Con lo que este planeamiento se desarrolla a partir de la transferencia de agua del depósito S al H.

Debido a su posible bombeo (B_j) en épocas de estiaje como consecuencia del consumo de agua (C_j) de la población de Soria, el depósito de estos dos reservorios puede ser negativo hasta alcanzar la capacidad de almacenamiento del acuífero (x_{12}), cumpliendo:

$$G_j + H_j > -x_{12}$$

Cuando la suma de los depósitos es negativa quiere decir que el nivel del acuífero está por debajo de la cota del manantial de Fuentetoba, con lo que, la extracción de agua, en este caso, será por medio del bombeo.

Cuando algunos de los depósitos sean negativos, la percolación de S en H se encargará primeramente de volver en positivo dichos reservorios. También se considera que la extracción del bombeo (B_j) será proporcional en cada uno de los depósitos:

$$G_j^f = G_j - x_{10} \cdot B_j$$

$$H_j^f = H_j - x_{11} \cdot B_j$$

siendo:

$$x_{10} + x_{11} = 1$$

El procedimiento seguido se ha basado en un sistema de flujos consistente en:

1. Si el nivel de los dos reservorios son positivos se procederá como en el modelo CREC. Si el caudal de descarga es menor que el consumo de agua (C_j), entonces se bombeará la diferencia y se vaciarán los depósitos en la misma proporción.
2. Si el depósito H es positivo y el G es negativo, entonces la percolación de S a H servirá para rellenar el reservorio G:
 - a. Si deja en positivo el nivel G, la diferencia será la nueva percolación de S a H y se procederá como en el modelo CREC. Si el caudal de descarga es menor que el consumo de agua (C_j), entonces se bombeará la diferencia y se vaciarán los depósitos en la misma proporción.
 - b. Si deja en negativo el nivel G, entonces la percolación de S a H servirá para rellenar el nivel G y se bombeará (B_j) todo el caudal necesario para el consumo de agua (C_j).

3. Si el depósito H es negativo, entonces la percolación de S a H servirá para alimentar el reservorio H:
 - a. Si deja en positivo el nivel H, la diferencia será la nueva percolación de S a H y se procederá como en el punto 2, considerando como la percolación de S a H la diferencia entre el nivel H y la transferencia de S a H.
 - b. Si deja en negativo el nivel H, entonces la percolación de S a H servirá para rellenar el nivel H y se bombeará (B_j) todo el caudal necesario para el consumo de agua (C_j).

En resumen podemos esquematizar el modelo en el siguiente sistema de flujos:

Posibles alternativas para la captación para el abastecimiento urbano a partir del Manantial de Fuentetoba

La captación del acuífero kárstico de Pico Frentes es una opción real para los abastecimientos urbanos que actualmente están en pleno crecimiento en el oeste de la ciudad de Soria a pocos kilómetros del manantial. Además con una regulación del manantial y derivandolo por la cascada podríamos obtener un doble beneficio:

- Solucionar la presión hídrica a la que se está sometiendo la región
- Regulación de la cascada, haciendo que nunca llegue a secarse, aumentando así el número de turistas a la zona.

Cabría recordar que para la realización de este proyecto habría que realizar ensayos geofísicos, de bombeo, trabajos topográficos, la instalación de aforos continuos durante un tiempo prolongado...

Para preliminar estudio de las posibles alternativas a plantear para la captación del abastecimiento de Fuentetoba podríamos enunciar:

Alternativa 1:

Aprovechándose del alto grado de karstificación del acuífero proceder a guiar una tubería por el sifón hasta su cota más baja (Figura 8.2.1). Las ventajas de esta solución es el abaratamiento por construcción y el menor impacto visual y medioambiental. No obstante, habría que estudiar los costes derivados de los buceoespeleólogos y la

instalación de una bomba en esas condiciones y hay que tener en cuenta que gestionamos un menor volumen de bombeo al estar limitados con la cota del sifón.

Alternativa 2:

Consistiría en la construcción de un túnel desde la casacada del Manantial de Fuentetoba hasta la vertical donde queramos realizar el bombeo (Figura 8.2.1). Las ventajas de esta alternativa es la mayor capacidad de volumen de bombeo, la mejor y un coste del bombeo inferior a la alternativa 3. Como aspectos desfavorable, habría evaluar el coste de la construcción del túnel.

Alternativa 3:

Realizar un sondeo desde la paramera del sinclinal y de allí derivarlo a la cascada (Figura 8.2.1). Como ventaja tiene una mayor capacidad de volumen de bombeo. Como desventaja tiene una peor accesibilidad, el mayor costo del bombeo y un mayor costo en conducciones. También cabría la posibilidad de generar energía eléctrica, instalando una turbina eléctrica debido a que la diferencia de cotas entre la paramera y la cascada es mayor de 100 m.

Figura 8.2.1.a. Esquema tridimensional con las alternativas para la captación

Figura 8.2.1.b. Planta con las alternativas para la captación

Figura 8.2.1.c. Perfil con las alternativas para la captación

Figura 8.2.1. Posibles alternativas para la captación del manantial de Fuentetoba

9.- CONCLUSIONES

Se describe el modelo conceptual hidrogeológico general del sistema kárstico de Pico Frentes, el cual trata de un acuífero de carácter libre formado por calizas y dolomías del Cretácico Superior apoyado sobre margas poco permeables. El karst externo no presenta formas espectaculares y está formada por campos de lapiazes, dolinas y valles secos, principalmente, que se han instalado en una superficie de erosión terciaria. La recarga es autógena y difusa, favorecida por la presencia de esta red de vaguadas secas, que impiden que exista escorrentía superficial saliente en este altiplano calcáreo.

Para comprender mejor el drenaje del sistema kárstico del manantial de Fuentoba, su estudio se ha abordado desde el exterior mediante el control de su caudal, y en el interior por medio de observaciones directas de una parte importante y representativa de conductos accesibles de la red kárstica mediante espeleología y espeleobuceo, además de la pruebas de trazadores.

El flujo va dirigido a gran escala por el fondo de tres sinclinales hidráulicamente conectados hacia los manantiales de Fuentetoba, principalmente, y al nacimiento del río Mazos, secundariamente, surgiendo en aguas altas otras descargas menores. La geometría de estos sinclinales ha podido ser definida de manera precisa, pudiéndose ubicar entre 5 y 7 hm³ las reservas de agua subterránea. De manera local, el flujo se haya controlado por la estratigrafía en las proximidades de la surgencia principal de Fuentetoba, o por la falla de Ocenilla en el caso del nacimiento del río Mazos. La presencia de un sistema heredado de karstificación interno muy desarrollado y completo le hace ser un sistema de drenaje muy eficaz. Sin embargo, algunas respuestas muy

retrasadas en el tiempo que se manifiestan en aguas altas le confieren un comportamiento hidrológico relativamente raro.

La circulación en la zona vadosa se caracteriza por la presencia de un río subterráneo de carácter torrencial de sucesivos rápidos, cascadas y lagos de circulación libre, enlazados por tramos de conducción forzada, mas importantes en la zona epifreática. En la zona freática parece predominar la conducción profunda forzada mediante grandes conductos.

El análisis de la respuesta del manantial de Fuentetoba mediante el estudio del hidrograma, sus curvas de agotamiento y de caudales clasificados, ha permitido determinar de manera cualitativa y cuantitativa la dinámica del sistema. Los manantiales de Fuentetoba (210 l/s) y nacimiento del río Mazos (50 l/s) son de régimen muy variable y poco poder de regulación natural, característico de un acuífero típicamente kárstico, con gran capacidad de renovación y poco tiempo de residencia.

El acuífero manifiesta dos formas de vaciado en régimen no influenciado, donde el caudal de salida del manantial se realiza por un conducto de gran diámetro y alta capacidad de evacuación, que pasa de régimen laminar a turbulento de manera rápida y muy sensible a los cambios de presión del agua subterránea motivados por eventos de crecida. Las marcas de erosión de este tubo de salida, y sus depósitos de gravas asociados, nos indican velocidades y caudales de evacuación por encima de los 1.000 l/s. La otra es una curva que se presenta con caudales muy bajos, y representa el vaciado tanto de conductos grandes como pequeños.

Según el análisis de las curvas de agotamiento propuesto por Mangin (1970, 1975) este karst se sitúa en el dominio I que corresponde a acuíferos muy karstificados, sobre todo en la zona saturada, con una red espeleológica muy desarrollada, lo cual concuerda perfectamente con la realidad de las exploraciones espeleológicas efectuadas durante estos últimos años. La curva de caudales clasificados indica una gran variabilidad de caudales, y parece también sugerir que el acuífero no presenta límites de evacuación de los mismos por su exutorio principal.

Con un conocimiento aceptable del área de recarga, se ha podido cuantificar el caudal de los manantiales y el balance hidráulico del acuífero para la serie 1991-2012 aplicando un modelo matemático de precipitación –escorrentía que ha simulado los hidrogramas de los principales manantiales: aportación pluviométrica $16,86 \text{ hm}^3$ (100 %), recarga natural $8,35 \text{ hm}^3$ (49,53%), EVT $8,50 \text{ hm}^3$ (50,41%), bombeo de agua subterránea $0,01 \text{ hm}^3$ (0,06%), escorrentía superficial 0 hm^3 , transferencias subterráneas a otros acuíferos 0 hm^3 . Con este modelo también se ha podido estudiar la probabilidad en los caudales del manantial de Fuentetoba, donde se observa la gran variabilidad del mismo y su alta dependencia con la distribución pluviométrica.

Según el análisis del hidrograma y las pruebas con trazadores, se ha observado que parte del agua procedente de la recarga en periodos secos se almacena en periodos secos en el último sinclinal, que es donde el agua del torrente subterráneo se estanca. Esta agua sale después en periodos húmedos. Las respuestas a estos eventos de recarga tras estiaje podría estar gobernadas en la última parte del recorrido del flujo por mecanismos de empuje a presión y/o sifonamiento de las ondas de crecida, ya que es de suponer que la geometría en sifones continúe en la zona inexplorada, aunque no se

descartan otros posibles mecanismos, como los constreñimientos y tapones de sedimentos en los conductos.

De acuerdo con el análisis sencillo que previamente se ha analizado, el acuífero presenta posibilidades de regulación para su uso como abastecimiento de agua de buena calidad para Soria.

10.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Siempre se ha dicho que una tesis doctoral nunca termina, si no que se acaba de manera voluntaria para leerla dentro de un periodo razonable de tiempo. Este es el caso nuestro, donde observamos que el sistema kárstico de Fuentetoba ofrece grandes posibilidades de continuación en la investigación karstológica. Dejando aparte el aspecto deportivo, como es la prolongación de las exploraciones espeleológicas que servirán para la clarificación de otros muchos otros aspectos geológicos e hidrogeológicos, identificamos dos líneas de investigación importantes. Una tiene un enfoque claramente científico y se refiere a la evolución hidrogeológica que ha tenido el acuífero a lo largo del Terciario y Cuaternario. La otra se refiere al estudio de regulación del manantial y que fue iniciado por Clemente Sáenz. En ambas se ha comenzado a estudiar, sobre todo en la primera, donde hay ya bastante avanzado.

Evolución paleohidrogeologica y paleoclimatica del sistema kárstico durante el Terciario y Cuaternario

Como dice Sanz (2016), podría decirse que la necesidad de tener en cuenta la evolución hidrogeomorfológica para comprender el comportamiento de un sistema kárstico actual es quizá la particularidad que da un carácter específico al karst respecto a otros campos de la hidrogeología. Además una caverna tiene un valor muy limitado si no se la relaciona con la circulación kárstica de una zona concreta. Hidrogeología y Espeleología son dos materias que van indisolublemente unidas y no se pueden entender una sin la otra. Así pues, el estudio de la espeleogenesis (speleogenesis) y desarrollo de los sistemas de cuevas (cave systems) regionales pueden contribuir a conocer mejor la evolución de los acuíferos kársticos.

Este sistema presenta unos elementos preciosos para abordar su espeleogenesis; red de galerías a distintas alturas, tobas, espeleotemas, etc. Así pues, en base a la relación de la geomorfología externa regional con las disposición altitudinal de cuevas y manantiales, dataciones de tobas y rellenos espeleológicos, se determinaran las principales características de evolución paleohidrogeológica del acuífero durante el Terciario reciente y Cuaternario, donde se hará ver la relación que ha tenido y tiene esta evolución en la hidrodinámica actual y pasada del acuífero kárstico.

La génesis de los edificios travertínicos asociados en el exterior a los manantiales, y los paleogours del interior de la cueva, necesitan un medio climático favorable al desarrollo de la biocenosis vegetal (en el caso de las tobas), donde las condiciones de humedad y de temperatura, al menos en Europa, suelen estar asociadas a las fases interglaciares o interestadiales, que son las cálidas. Las tobas calizas y los paleogours constituyen registros sedimentarios con potencial paleoclimático, ya que como se ha dicho, son en general indicadores de condiciones interglaciares cálidas durante el Cuaternario. Los periodos de formación de las tobas se relacionan en líneas generales con fases templadas y húmedas del Pleistoceno medio superior y Holoceno, asociadas básicamente con la disponibilidad hídrica durante periodos interglaciares. Como se ha dicho antes, ya se ha empezado esta investigación con la recogida y datación de muestras de tobas y espeleotemas tipo paleogours.

Estudio de regulación

El estudio completo de regulación del manantial de Fuentetoba necesitaría una financiación importante para la realización de sondeos, ensayos de bombeo, afecciones

observadas en la surgencia y respuesta del acuífero, etc que se sale de las posibilidades de esta Tesis Doctoral, que no ha contado con ningún tipo de apoyo económico. Se quiere en este sentido llamar la atención sobre el interés que podría suponer para Soria de disponer de una alternativa de abastecimiento de apoyo en sequía de agua de muy buena calidad.

Como requerimientos generales para el estudio de la regulación habría que tener en cuenta:

- que sea físicamente posible; habrá que estudiar la capacidad de almacenamiento y el hidrograma y comprobar que en épocas de estiaje el déficit de agua pueden ser solicitados.
- que la gestión sea sostenible, el objetivo principal de la regulación sería asegurar la cantidad de agua necesaria para el abastecimiento durante los periodos que existan un mayor demanda, pero habrá que evitar la sobreexplotación del mismo, para evitar: el descenso del nivel freático, la compartimentación del acuífero, aumento de los gastos de explotación... para ello habría que establecer un nivel piezométrico mínimo de protección.
- que sea económicamente rentable, en proyectos pequeños, la perforación de sondeos para el bombeo ocasional de la cantidad de agua necesaria no implica un gran coste, pero hay que tener en cuenta el control y monitoreo constante de las aguas subterráneas. Una extracción incontrolada, puede suponer, a largo plazo un agotamiento del nivel freático.

Debido a la extensión y morfología del acuífero, parece razonable estudiar como posible alternativa para la explotación del acuífero la ejecución de sondeos. Habría que tener en cuenta el radio de acción de los sondeos para no realizar un impacto negativo en el nivel freático. Para ello, se podría estudiar la posibilidad de la implantación de cuatro bombeos: un bombeo desde el sifón de Fuentetoba para gestionar la capacidad de almacenamiento del sinclinal de Fuentetoba; un sondeo en el sinclinal de Alto de la Cruz y, debido a su extensión, dos sondeos en el sinclinal de Villaciervos.

BIBLIOGRAFÍA

Antigüedad, I., 1989. Funcionamiento de los acuíferos kársticos estatales (revisión de las metodologías basadas en las respuestas naturales). El karst en España. Monografía, 4: 309-319. Sociedad Española de Geomorfología. J.J.Durán y J.Lopez-Martinez (editores).

Antigüedad, I.; Ibarra, V. & Morales, T., 1990. Los trazadores en la hidrogeología kárstica: Metodología de su uso e interpretación de los ensayos de trazado. Munibe-Ciencias Naturales (España), 41, 31-45.

Anuario de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos. Curso 1933-34.

Atkinson, T.C., 1977. Diffuse flow and conduit flow in limestone terrain in the Mendip Hills, Somerset (Great Britain). J Hydrol., v. 35, p. 93-110.

Bakalowicz, M., 1995. La zone d'infiltration des aquifères karstiques. Méthodes d'étude. Structure et fonctionnement. Hydrogéologie, 4: 3-21.

Bakalowicz, M, 2005. Karst groundwater: a challenge for new resources. Hydrogeology Journal., 13: 148-160. doi: 10.1007/s10040-004-0402-9.

Bayo, A., 1982. La exploración hidrogeológica de acuíferos en rocas carbonatadas desde la óptica de la explotación de recursos y utilización del almacenamiento. Reunión Monográfica sobre el Karst Larra-82. Diputación foral de Navarra. Pamplona.

Benischke, R.; Goldscheider, N. & Smart, C., 2007. Tracer techniques. In: : Goldscheider, N., Drew, D. (Eds.) Methods in karst hydrogeology. International Contributions to Hydrogeology, 26, International Association of Hydrogeologist, Taylor and Francis, London, 264 pp.

Bonacci, O. & Zivaljevic, R., 1993. Hydrological explanation of the flow in karst: example of the Crnojevica spring. Journal of Hydrology, 146: 405-419. doi: 10.1016/0022-1694(93)90287-J.

Bonacci, O., 1993. Karst spring hydrographs as indicators of karst aquifers. *Hydrological Sciences Journal*, 38: 51-62. doi: 10.1080/02626669309492639.

Curl, R.L., 1966, Scallops and flutes. *Transactions of the cave Research Group of Great Britain*, v. 7, no. 2, p. 121-60.

Field, M.S. & Pinsky, P.F., 2000, A two-region non-equilibrium model for solute transport in solution conduits in karstic aquifers. *J. Contam. Hydrol.*, v. 44, no. 3-4, p. 329-351.

Ford, D.C. & Williams, P., 1989. *Karst geomorphology and hydrology*. Academic Division of Unwin Hyman Ltd, London, 601 pp

Ford, D.C. & Williams, P., 2007. *Karst hydrogeology and geomorphology*. Wiley, Chichester, UK, 562 pp.

Geyer T.; Birk S.; Licha T.; Liedl R. & Sauter M., 2007. Multitracer test approach to characterize reactive transport in karst aquifers. *Ground Water*, 45(1): 36–45 doi: 10.1111/j.1745-6584.2006.00261.x.

Geyer, T., Birk, S., Liedl, R. & Sauter, M., 2008, Quantification of temporal distribution of recharge in karst systems from spring hydrographs, *Journal of Hydrology* 348(3-4): 452-463. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.10.015>

Goldscheider N.; Meiman J.; Pronk M. & Smart C., 2008. Tracer test in karst hydrogeology and speleology. *International Journal Speleology*, 37(1): 27–40.

Goldscheider, N. & Andreo, B., 2007. The geological and geomorphological framework. In: Goldscheider, N., Drew, D. (Eds.) *Methods in karst hydrogeology*. *International Contributions to Hydrogeology*, 26, International Association of Hydrogeologist, Taylor and Francis, London, 264 pp.

Goldscheider, N., 2005, Fold structure and underground drainage pattern in the alpine karst system Hochifen-Gottesacker. *Eclogae Geol. Helv.*, v. 98, no. 1, p. 1-17.

Goldscheider, N., 2008, A new quantitative interpretation of the long-tail and plateaulike breakthrough curves from tracer test in the artesian karst aquifer of Stuttgart, Germany. *Hydrogeology Journal*, v. 16, no.7, p. 1311-1317. doi: 10.1007/s10040-008-0307-0

Goldscheider, N., Meiman, J., Pronk, M. & Smart, C., 2008, Tracer test in karst hydrogeology and speleology. *International Journal Speleology*, v. 37, no. 1, p. 27– 40. doi: 10.5038/1827-806X.37.1.3.

Göppert N. & Goldscheider, N., 2008. Solute and colloid transport in karst conduits under low and high flow conditions. *Ground Water*, 46(1): 61–68

Gremaud, V.; Goldscheider, N.; Savoy, L.; Favre, G. & Masso, H., 2009. Geological structure, recharge processes and underground drainage of a glacierised karst aquifer system, Tsanfleuronn-Sanetsch, Swiss Alps. *Hydrogeology Journal*, 17: 1833-1848.

Guilbot, A., 1975. Modélisation des écoulements d'un aquifère karstique (liaisons pluie-débit). Application aux bassins de Saugras et du Lez. Thèse d'Université, USTL, Montpellier, France.

Halihan, T., Wicks, C.M. & Engeln, J.F., 1998. Physical response of a karst drainage basin to flood pulses; example of the Devil's Icebox cave system (Missouri, USA), *Journal of Hydrology* 204(1-4): 24-36. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00104-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00104-2)

Halihan, T. & Wicks, C.M., 1998. Modeling of storm responses in conduit flow aquifers with reservoirs, *Journal of Hydrology* 208(1-2): 82-91. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00149-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00149-8)

Healy, R.W.; Winter, T.C.; LaBaugh, J.W. & Franke, O.L., 2007. Water budget: Foundations for effective water-resources and environmental management. U.S. Geological Survey Circular 1308, Reston, VA.

Instituto Geológico y Minero de España, 1982. Mapa Geológico de España 1: 50.000. Hoja 349. Cabrejas del Pinar.

Instituto Geológico y Minero de España., 1980. Mapa Geológico de España 1: 200.000. Hoja 31. Soria.

Jevtic,G., Dimkic, D., Dimkic, M. & Josipovic, J., 2005. Regulation of the Krupac spring outflow regime. In: Tevanovic,Z., Milanovic, P. (es.), Water Resources and Environmental Problems in Karst-CVIJIC 2005, Special edition, FMG, Belgrade, Serbia, pp. 321-326.

Karimi, H. & Ashjari, J., 2009, Periodic breacth rough curve of tracer dye in the Gelodarech Spring, Zagros, Iran. Cave and karst Science, v. 36. no 1., p. 5-10.

Käss W., 1998. Tracing technique in geohydrology. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

Kresic, N. & Stevanovic, Z., 2010. Groundwater hydrology of spring. Engineering, theory, management and sustainability. Elsevier, 573 pp.

Kresic, N., 2009. Groundwater Resources: sustainability, Management and Restoration. McGraw-Hill, New York.

Kresic, N., 2010. Types and classifications of springs. Groundwater Hydrology of Springs: Engineering, Theory, Management, and Sustainability., 31-86.

Mangin, A, 1975: Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques (I). Tesis doctoral, Universidad de Dijon (Francia). En: *Annales Spéléologie*, 29(3): 283-332; 29(4): 495-601; 30(1): 21-124.

Mangin, A., 1970: Contribution à l'étude des aquifères karstiques à partir de l'analyse des courbes de décrue et tarissement. *Annales Spéléologie*, 25(3): 581-610.

Milanovic, S., 2007, Hydrogeological characteristics of some deep siphonal springs in Serbia and Montenegro karst. *Environ Geol.*, v. 51: p. 755-759. doi: 10.1007/s00254-006-0391-1.

Navarro Vázquez, D., 1991. Soria 359 (14-23). Mapa Geológico de España. E=1/50.000. I.G.M.E. 70 páginas. Madrid.

Padilla, A., 1990. Métodos matemáticos aplicados al estudio de acuíferos kársticos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada (España), 267 pp.

Padilla, A.; Pulido- Bosch, A.; Calvache, M.L. & Vallejo, A., 1996. The ARMA models applied to the flow of karstic springs. *Water Resources Research*, 32(5): 917-928.

Panno, S.V., 2006. Karst aquifers: can they be protect? *Ground Water*, 44(4): 494-499.
Pérez, J. & Sanz, E. (2010). Hydrodynamic characteristics and sustainable use of karst aquifer of high environmental value in the Cabrejas range (Soria, Spain). *Environmental Earth Sciences*, 1: 20-30. doi: 10.1007/s12665-010-0540-4.

Perrin, J. & Luetscher, M., 2008. Inference of the structure of karst conduits using quantitative tracer tests and geological information: example of the Swiss Jura. *Hydrogeological Journal*, 16(5): 951–967. doi: 10.1007/s10040-008-0281-6.

Portier, L., Ricour, J., Tardieu, B., 2005. Port-Miou and Bestouan freshwater submarine spring (Cassis-France) investigations and works (1964-1978), In: Tevanovic, Z.,

Milanovic, P. (es.), Water Resources and Environmental Problems in Karst-CVIJIC 2005, Spec.ed., FMG, Belgrade, Serbia, 267-274.

Pulido, A., 2014. Principios de hidrogeología kárstica. Editorial Universidad de Alicante.

Ravbar, N. & Goldscheider, N., 2007. Proposed methodology of vulnerability and contamination risk mapping for the protection of karst aquifers in Slovenia. Acta Carsologica, 36 (3), 397-411.

Rodríguez-Estrella, T., Ballesta, J.M., Melero, J.M. and Martinez, J.A., 2002. Contribución de las medidas de conductividad y pH, en las aguas de la Cueva los Chorros del rio Mundo (Albacete), a la génesis del enigmático “reventón”. In: Carrasco, F., Duran, J.J. y Andreo, B.(Eds.) Karst and Environment, p. 199-209.

Rodríguez-López, J.P.; Meléndez, N.; de Boer, P.L. & Soria, A.R., 2010: The action of wind and water in a mid-Cretaceous subtropical erg-margin system, Spain. Sedimentology, doi: 10.1111/j.1365-3091.2010.01147.x: 1-42.

Rosas, P.; Sanz, E. & Menéndez-Pidal, I., 2015. Hidrogeología del Karst de Pico Frentes (Cordillera Ibérica, España), Revista de Estudios Geológicos (en prensa).

Sáenz, C., 1935. La Fuente de La Toba y la Hidrología local. Proyecto de Conducción de Aguas Potables de La Toba a Soria. 59 páginas. Mapas y anejos. Ayuntamiento de Soria.

Sáenz, C., 1955. Pico Frentes (Partes I a V). Celtiberia, año IV y V, 8 y 9, 229-254 y 245-274.

Sanz, E. & Lopez, J.J., 2000. Infiltration Measured by the Drip of stalactites. Ground Water, 38(2): 247-253. doi: 10.1111/j.1745-6584.2000.tb00336.x.

Sanz, E., 1996a. Le karst du canyon du Lobos et son fonctionnement hydrogéologique. *Karstologia*, 28 : 45-5.

Sanz, E., 1996b. Les systemes karstiques des Sierras de Urbion et de Neila, Burgos, Espagne. *Hydrological Sciences Journal*. Vol 41 (3); 385-398. ISSN: 0262-6667.

Sanz, E. and Medina, J., 1987, Le siphon de La Fuentona de Muriel (Soria - Espagne). *Karstología*, v. 9, p. 27-30.

Sanz, E., 1999. Las Aguas Subterráneas de Soria. Ed. Diputación Provincial de Soria, 1999. Colección: Temas sorianos nº 39. 367 p.

Sanz, E., Pérez, J., Menéndez-Pidal, I., Meneses, J.M. and Molina, C., 2012. Guía Geológica de la Sierra de Cabrejas y del Monumento Natural de la Fuentona. Exma. Diputación Provincial de Soria. 150 p.

Sanz, E., Rosas, P., Menéndez-Pidal, I., 2016. Drainage and Siphoning of a Karstic Spring: A Case Study, *Journal of Cave and Karst Studies* (en prensa).

Sara, M.N., 1977, Hydrology of Redwood Canyon, Tulare County, California [M.S. Thesis]: University of Southern California, California, 129 p.

Segovia, R.; Sanz, E. & Menéndez-Pidal, I., 2011. Contribution of Tracers for Understanding the Hydrodynamics of Karstic Aquifers Crossed by Allogenic Rivers, Spain. *Hydraulic Conductivity*. Ed. L. Elango. *Intechweb.org*, 246-266.

Shevenell, L., 1996, Analysis of well hydrographs in a karst aquifer: Estimates of specific yields and continuum transmissivities, *Journal of Hydrology* 174(3-4): 331-355. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(95\)02761-0](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(95)02761-0)

Shuster, E.T. and White, W.B., 1971, Seasonal fluctuations in the chemistry of limestone springs: a possible means for characterizing carbonate aquifers. *J Hydrol.* v. 14: p. 93-128.

Urzendowski, L., 1993. Spectral Analysis of the Flow Behavior of Big Spring, Kings Canyon National Park, California. [M.S. thesis]: University of Nevada, Las Vegas, 122 p.

White, W.B., 2002. Karst hydrology: recent developments and open questions. *Engineering Geology*, 6(2-3): 85-105. doi: 10.1016/S0013-7952(01)00116-8

White, W.B., 2003. Conceptual models for karstic aquifers: Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers, v.1. n° 1. 16 p. re-published from: Palmer, A.N.; Palmer, M.V. and Sasowsky, I.D. ed. 1999. *Karst Modelling*, Karst Water Institute Special Publications, 11-16.

Worthington, S.R.H. and Ford, D., 2009. Self-organized permeability in carbonate aquifers.- *Ground Water*, v. 47, p. 326-336. doi: 10.1111/j.1745-6584.2009.00551.x

Worthington, S.R.H., 2009. Diagnostic hydrogeologic characteristics of a karst aquifer (Kentucky, USA) *Hydrogeology Journal*, v. 17, p. 1665-1678.

Worthington, S.R.H., 1999. A comprehensive strategy for understanding flow in carbonate aquifers. In: Palmer AN, Palmer MV, Sasowsky ID (eds) *Karst modeling*. Special Publication No. 5 Karst Waters Institute, Charles Town, WVA, 30-37.

Yevjevich, V.M., 1981. *Karst Water Research Needs*. Water Resources Publications, Littleton, CO.

Zwahlen, F. (Eds.), 2004. Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers, final report (COST action 620). European Commission, Directorate-General XII Science, Research and Development, Brussels.

**ANEJO N°1: INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA Y
RELACIÓN DE CAVIDADES**

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO N°	A1
TOPONIMIA: Manantial de la Toba					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)		N°:		349	
		Hoja:		CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:		Longitud:		41°47'8" N	
		Latitud:		2°34'30" O	
		Altitud:		1.120 m	
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
ACCESO:		Existe un carretera hasta unos 100 m del manantial donde hay que ir por un sendero que llega justo hasta su nacimiento			
MEDICIÓN:		Aforos directos en un marco situado justo en la intersección de la carretera con el río Golmayo.			
TOMA DE MUESTRAS: En el mismo manantial fluocaptore y fluoresceína					
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:				FOTOGRAFÍAS DEL PUNTO DE AGUA

OBSERVACIONES					
<p>Captado para el abastecimiento a Fuentetoba</p> <p>Tiene un caudal muy variable, desde 5 l/s hasta 2.000-5.000 l/s. De media podría ser unos 200 l/s.</p> <p>Tiene depósitos tobáceos.</p> <p>Es donde se descarga el acuífero de Pico Frentes tiene una cascada de unos 20 m.</p>					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	OCENILLA	PUNTO N°	A2
TOPONIMIA:	El Ocino				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°47'39.5" N		
	Latitud:		2°37'11" O		
	Altitud:		1.200 m		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:	Manantial				
ACCESO:	Mediante sendero a pie se puede acercar un poco con el coche				
MEDICIÓN:	Visual				
TOMA DE MUESTRAS:					
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:					FOTOGRAFÍAS DEL PUNTO DE AGUA
OBSERVACIONES					
<p>Actualmente sirve de abastecimiento a Ocenilla.</p> <p>Puede llevar hasta 50 l/s.</p> <p>Su cuenca es de alrededor de 3 km²</p>					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO N°	A3
TOPONIMIA:	Manantial de Cueva Pachón				
FECHA:	2009-15				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°46'3" N			
	Latitud:	2°35'36" O			
	Altitud:	1.180			
NATURALEZA					
PUNTO AGUA:	Manantial				
ACCESO:	Por la carretera N-122 y luego un camino de tierra donde se puede ir en coche				
MEDICIÓN:	Aforos				
TOMA DE MUESTRAS:	Fluocaptadores y fluoresceína				
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:				FOTOGRAFÍAS DEL PUNTO DE AGUA
OBSERVACIONES					
<p>Es un caudal más o menos regular que llega un caudal medio de 50 l/s.</p> <p>Llega a secarse en época de estiaje.</p>					

PROVINCIA:	TERMINO MUNICIPAL		PUNTO N°
SORIA	VILLACIERVOS		A4
TOPONIMIA: Manantial de la Fuente Vieja			
FECHA: Enero 2013			
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:	349	
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°46'36" N	
	Latitud:	2°37'3" O	
	Altitud:	1.210 m	
NATURALEZA PUNTO			
AGUA: Trop plein			
ACCESO: Por caminos de tierra desde Villaciervos			
MEDICIÓN: Observaciones visuales			
TOMA DE MUESTRAS:			
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:			FOTOGRAFÍAS DEL PUNTO DE AGUA

OBSERVACIONES			
<p>Son varios tropes pleins muy próximos. Sólo llevan agua en épocas de grandes lluvias. Pueden llegar a los 300-500 l/s hasta secarse durante largos periodos. Cuando lleva agua recorre superficilmente unos 3 km hasta el Son de Aguas donde se infiltra otra vez en el terreno.</p>			

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTONA	PUNTO N°	A5
TOPONIMIA:	Manantial de la Fuentona				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:		348		
	Hoja:		MURIEL DE LA FUENTE		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°44'8''		
	Latitud:		2°51'47''		
	Altitud:		1.010 m		
NATURALEZA PUNTO AGUA:	Manantial				
ACCESO:	Acceso de camino de tierra hasta la Fuentona desde Muriel de la Fuente				
MEDICIÓN:	Observaciones visuales				
TOMA DE MUESTRAS:					
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:			FOTOGRAFÍAS DEL PUNTO DE AGUA
OBSERVACIONES					
<p>El manantial de La Fuentona es catalogado como Monumento Natural, tiene una red de conductos de mayor tamaño que Fuentetoba. tiene un caudal variable entre 500 – 20.000 l/s pero no se seca.</p>					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO N°	A6
TOPONIMIA:	Fuente Romana				
FECHA:	2008-15				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°46'11" N		
	Latitud:		2°34'19" O		
	Altitud:		1.100 m		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:	Trop plein				
ACCESO:	Por sendero a pie				
MEDICIÓN:	Observaciones visuales de caudal				
TOMA DE MUESTRAS:					
Fluocaptoreos					
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:					FOTOGRAFÍAS DEL PUNTO DE AGUA
OBSERVACIONES					
<p>Trop plein</p> <p>Hay agua cuando por el manantial de Fuentetoba hay una gran descarga.</p> <p>Caudal 10 l/s.</p>					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO N°	A7	
TOPONIMIA: Riachuelo Fuentetoba pueblo						
FECHA: 2011						
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			N°:	349		
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°46'11" N		
			Latitud:	2°34'19" O		
			Altitud:			
NATURALEZA						
PUNTO AGUA:						
ACCESO: Carretera que une Fuentetoba con la N-122						
MEDICIÓN: Aforos						
TOMA DE MUESTRAS:						
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:					FOTOGRAFÍAS DEL PUNTO DE AGUA

OBSERVACIONES						
Poco caudal y poco variables entre 1 – 3 l/s						

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO N°	A8
TOPONIMIA:	Río subterráneo de la Cueva Majada del Cura				
FECHA:	2008-15				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°47'20" N		
	Latitud:		2°35'25" O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Río hipogeo					
ACCESO: Cueva Majada del Cura					
MEDICIÓN: Aforos, fluoresceína, observaciones visuales, medición Fe					
TOMA DE MUESTRAS: medición Fe					
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:			FOTOGRAFÍAS DEL PUNTO DE AGUA
OBSERVACIONES <p>La corriente subterránea que circula por la cueva tiene un carácter torrencial típico, con rápidos, cascadas, sifones y lagos intermedios, salvando un desnivel de 70 m en 700 m de recorrido, llegando en la zona más baja del Este a estar solo a unos 5 o 10 m por encima de la cota del manantial de Fuentetoba, situado todavía a 3 km de distancia recta.</p> <p>La corriente subterránea que circula por ella ha sido aforada de manera puntual en diversas situaciones, y su caudal viene a oscilar entre pocos litros por segundo hasta 500 l/s, aunque las crecidas importantes no se han llegado a ver.</p> <p>La corriente subterránea que circula por la cueva tiene un carácter torrencial típico, con rápidos, cascadas, sifones y lagos intermedios, salvando un desnivel de 70 m en 700 m</p>					

de recorrido, llegando en la zona más baja del Este a estar solo a unos 5 o 10 m por encima de la cota del manantial de Fuentetoba, situado todavía a 3 km de distancia recta.

La corriente subterránea que circula por ella ha sido aforada de manera puntual en diversas situaciones, y su caudal viene a oscilar entre pocos litros por segundo hasta 500 l/s, aunque las crecidas importantes no se han llegado a ver.

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO N°	A9					
TOPONIMIA:	Sifón de Fuentetoba									
FECHA:	2008-2015									
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:		349							
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR							
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°47'10" N							
	Latitud:		2°34'30" O							
	Altitud:									
NATURALEZA PUNTO										
AGUA:	Sifón									
ACCESO:	Camino de tierra desde el manantial									
MEDICIÓN:	Topografía									
TOMA DE MUESTRAS:										
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:				FOTOGRAFÍAS DEL PUNTO DE AGUA

OBSERVACIONES										
Descubierto un desarrollo de más de 400 m y 42 m de profundidad.										

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO N°	S1
TOPONIMIA:	La Sima				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°47'20" N		
	Latitud:		2°34'27" O		
	Altitud:		1.274 m		
NATURALEZA PUNTO:	Cavidad				
ACCESO:	El acceso hay que hacerlo a través de senderos desde el manantial de Fuentetoba				
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:				FOTOGRAFÍAS	
OBSERVACIONES					
<p>La sima es una cavidad cuya entrada se encuentra paralela al suelo de forma plana a una altitud de de 1.274 msnm, en la que se estrecha en varias ocasiones alcanzándose una profundidad de cincuenta (50) metros. Su desarrollo total es aproximadamente de sesenta (60) metros, en el que su mayor dimensiones se encuentra en el eje noroeste – sureste.</p> <p>En la mitad de recorrido se encuentra el lecho con gravas con cierta angulosidad y bolos de un mayor tamaño por todo el recorrido lo que se deduce que es debido a derrumbamientos ocasionados por las precipitaciones. En su conjunto está ubicada en la zona de calizas los techos se y suelos son paralelos siendo el grado de estratificación del sinclinal.</p>					

PROVINCIA: SORIA		TERMINO MUNICIPAL : FUENTETOBA		PUNTO N° S2	
TOPONIMIA: Cueva de Palos					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			N°: 349		
			Hoja: CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud: 41°47'12" N		
			Latitud: 2°34'35" O		
			Altitud: 1.147 m		
NATURALEZA PUNTO: Cavidad					
ACCESO: El acceso hay que hacerlo a través de senderos desde el manantial de Fuentetoba					
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:

FOTOGRAFÍA			
OBSERVACIONES La cueva de los palos fue nombrada así ya que en su descubrimiento se restos de madera a modo de pasarela. En realidad esta cavidad es un sifón que corresponden al sifón donde se descarga el manantial de Fuentetoba. Por este motivo la exploración, en su mayor parte, se ha realizado por espeleobuceo lográndose unas profundidades de cuarenta y cinco (45) metros y un desarrollo de la zona inundada de más de 300m. La cueva de los palos fue nombrada así ya que en su descubrimiento se restos de madera a modo de pasarela. En realidad esta cavidad es un sifón que corresponden al sifón donde se descarga el manantial de Fuentetoba. Por este motivo la exploración, en su mayor parte, se ha realizado por espeleobuceo lográndose unas profundidades de cuarenta y cinco (45) metros y se ha descubierto un desarrollo de la zona inundada de más de cuatrocientos (400) m. Su entrada en subvertical de poco más de un cuerpo de diámetro se encuentra a 1.147 msnm, que en ocasiones de gran precipitación suele funcionar a modo de trop plain, pero en la mayor parte del tiempo se encuentra seco y visitable. Inicialmente, la cavidad se encuentra en un plano horizontal hasta llegar a la zona saturada en la que lleva una inclinación de unos 15 ° de media aunque realmente tiene una mayor inclinación ya que cada 3 metros nos encontramos con escalones verticales y posiblemente hagan siga al estratificación del terreno. En su parte horizontal se encuentra una cámara de mayor altura de unos treinta (30) metros de desarrollo, presenta bolos de gran tamaño y su suelo está compuesto por arena caliza. El desarrollo del sifón se encuentra orientado según un eje norte - sur, posiblemente hasta el centro del macizo lo que le confiere una función de dren de todo el macizo hacia el manantial. El sifón tiene una sección ovoidal con su dimensión mayor la horizontal y una dimensión de unos 2 m, lo que se deduce que en épocas puntas de precipitaciones puede llegar a caudales de 3.500 l/s, pudiéndose ser muy superiores en épocas					

interglaciares. Actualmente, las velocidades que se desarrollan justo en la parte superior suelen oscilar entre 1 - 2 m/s. Justo antes del tramo horizontal el agua se infiltra en el terreno hasta llegar al manantial. En el lecho encontramos gravas que ha sido causadas del arrastre y las paredes presentar formas de ondas de presión originadas por la presión que llegó a tener y la erosión originada por los materiales de arrastre que actualmente están en el sedimento.

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO N°	S3
TOPONIMIA: PF4-SEAD					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			N°:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°46'38.70" N	
			Latitud:	2°35'23.80" O	
			Altitud:	1.252 m	
NATURALEZA PUNTO: Cavidad					
ACCESO:			El acceso hay que hacerlo a través de senderos desde el sinclinal de Alto de la Cruz		
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:		FOTOGRAFÍAS

OBSERVACIONES					
<p>Se encuentra en sinclinal sur donde se encuentra el manantial del río Mazos pero en la ladera opuesta. Su boca de entrada se encuentra a una cota de 1.252 msnm, se encuentra horizontal y existe un gran salto en los primeros metros de unos diez (10) metros del total de treinta y cinco (35) metros a lo que alcanza esta sima. La dirección del eje de la cueva es este oeste encontrándose su entrada en la mitad y dividiéndose en dos (2) cavidades (sector oeste y sector este), con un desarrollo total de unos cuarenta (40) metros en planta. En la zona central justo en la entrada se encuentran zonas con bolos de dimensiones apreciables y sendos sectores nos encontramos en su mayor parte un suelo rocoso a excepción de zonas localizadas de arenas siendo zonas de sedimentación y deberá coincidir con zonas de menor velocidad del agua en tiempos anteriores.</p>					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO N°	S4
TOPONIMIA:	Cueva del Pico o Cueva de Clemente Sáenz				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°47'32.91" N		
	Latitud:		2°33'49.51" O		
	Altitud:		1.377 m		
NATURALEZA PUNTO:	Cavidad				
ACCESO:	El acceso hay que hacerlo a través de senderos desde el sinclinal de Fuentetoba				
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:				FOTOGRAFÍAS Boca de entrada Foto Ternsub-Deportes Espeleo	
OBSERVACIONES <p>Se le ha dado el nombre de Clemente Sáenz en referencia al descubridor de la mitad hace ya más de medio siglo. Se ubica en la ladera norte del sinclinal de Pico Frentes a una cota de 1.377 msnm. Se ubica cerca del extremo noreste encima del acuífero.</p> <p>El paramento de la entrada principal es vertical de roca caliza sin fisuras con una abertura inicial de unos ciento ochenta (180) centímetros que va disminuyendo hasta alcanzar los cien (100) centímetros de altura por medio de orificios concéntricos cuya magnitud principal es vertical. Presente otra boca de entrada que no se hace practicable debido a bloques empotrados. La sección principal es triangular de aproximadamente ciento veinte (120) centímetros. El eje principal de desarrollo de la sima es Noroeste – Sureste. Tanto el techo como las paredes están formadas de roca caliza, mientras que el suelo está compuesta por arenas y algunas gravas. La longitud total de desarrollo está en alrededor de unos treinta y cinco (35) metros y su profundidad alcanza los trece (13) metros. En la zona más profunda de la cueva que han encontrado espeleotemas en forma de estalactitas y estalagmitas resultado de las filtraciones del terreno.</p>					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO N°	S5
TOPONIMIA:	Cueva de Majada del Cura				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°47'20.20" N		
	Latitud:		2°35'25.33" O		
	Altitud:		1.238 m		
NATURALEZA PUNTO:	Cavidad				
ACCESO:	El acceso hay que hacerlo a través de senderos desde el manantial de Fuentetoba.				
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:				FOTOGRAFÍAS

OBSERVACIONES					
<p>Esta cueva sita a tres (3) kilómetros al oeste del manantial de Fuentetoba. Es la cueva más extensa que se ha encontrado hasta el momento y sigue actualmente en exploración. La entrada se encuentra en la altiplanicie en la zona oeste del sinclinal en el lado sur del eje del mismo. La boca de la entrada sigue los planos de estratificación con una suave rampa y una abertura de unos ciento cincuenta (150) centímetros que luego se amplia en toda la cueva excepto en algunos pasos en los que hay escasos cincuenta (50) centímetros. El primer tramo se presenta horizontal con paredes y techo de roca caliza un suelo compuesto por granos y arenas que en ocasiones nos encontramos con bolos de dimensiones todos ellos de la misma composición caliza. Posteriormente, encontramos un pozo de unos cinco (5) metros de profundidad que termina en una rampa cuyo suelo tiene una inclinación de unos 45° y el suelo está recubierto de elementos óseos de animales. Seguidamente a un paso de unos cincuenta (50) centímetros de ancho y unos tres (3) metros de longitud para llegar a la primera cámara de unos veinte (20) metros de largo, cinco (5) metros de ancho y otros cinco (5) metros de alto de donde encontramos grandes bolos calcíticos y se empiezan a vislumbrar los primeros espeleotemas en forma de estalactitas que finaliza en una gatera muy estrecha formada por arenas. Hasta aquí se constituiría el primer nivel de la cueva, consiste en la parte más superficial de la cueva y la única entrada a la cueva encontrada hasta el momento, esta parte de la cueva aunque tiene una dirección este – oeste como eje principal, este no es tan predominante como en los niveles inferiores donde se puede observar que sigue la estratigrafía del sinclinal. El segundo nivel,</p>					

consiste en un nivel colgado que empieza a una profundidad de unos dos (2) metros y medio desde la gatera anteriormente mencionada, nos encontramos con una galería con sección trapezoidal de unos cinco (5) metros de alto las paredes son de roca caliza y el suelo sigue habiendo arena. La dirección principal de esta cámara es perpendicular a la dirección de la cueva, es decir, sigue un eje norte – sur. Seguidamente está la galería principal de este nivel, que tiene un desnivel apreciable en el cual nos encontramos estalactitas, estalagminas y también otras arenas, arcillas a sendos lados de la galería. La presencia de grandes bolos está presente durante todo el recorrido. Se pueden observar que esta galería estuvo en carga debido a las ondas de presión que se han evidenciado en los techos de la galería, con lo anteriormente debido de llevar gran cantidad de agua. Actualmente, sólo se encuentran después de algunas precipitaciones pequeños charcos en los gours debido a la infiltración del agua en el terreno. A mitad de esta galería, esta se bifurca en dos; una siguiente la misma pendiente y dirección hacia la falla y otra que empieza con una gran inclinación y cambia al sentido opuesto dirigiéndose hacia el manantial de Fuentetoba. La segunda, sería lo que hemos pasado a llamar el tercer nivel. Siguiendo la galería nos encontramos con dos zonas muy representativas de gours, una en la que encontramos marmitas, bloques de barro y otra que por medio de la infiltración se encuentra anegada con una profundidad de unos cincuenta (50) centímetros. Más adelante, encontramos más espeleotemas y al final del terreno explorado se pueden observar pequeñas ondas de arenas realizadas por una suave corriente de agua. En el tercer nivel, es donde encontramos río hipogeo activo en el que está por entero en roca caliza y a sendos lados de río entramos sedimentos ferrosos de color negruzco. Al principio la sección del río es pequeña y está en un canal de unos veinticinco (25) centímetros de ancho y unos diez (10) centímetros de calado. Posteriormente, aparecen ensanches del río y remansos hasta llegar a una serie de sifones consecutivos que se han explorado mediante técnicas de espeleobuceo.

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO N°	S6
TOPONIMIA:	Cueva de la Toba				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°47'8" N			
	Latitud:	2°34'30" O			
	Altitud:	1.120 m			
NATURALEZA PUNTO:	Cavidad				
ACCESO:	Está en el manantial de Fuentetoba.				
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:				FOTOGRAFÍAS
OBSERVACIONES <p>En 1936, ya diseñó D. Clemente Sáenz la primera regulación de un acuífero con fines de abastecimiento de una ciudad, la capital soriana, se construyó la válvula que se aloja a los pies del manantial pero finalmente el proyecto se desechó por el aumento demográfico que sufrió la ciudad.</p>					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO N°	S7
TOPONIMIA:	Cueva de Villaciervos				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	N°:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°46'43N		
	Latitud:		2°36'59" O		
	Altitud:		1.260 m		
NATURALEZA					
PUNTO:	Cavidad				
ACCESO:	El acceso hay que hacerlo a través de senderos desde el manantial de las Fuentes				
CROQUIS ACOTADO O MAPA DETALLADO:			FOTOGRAFÍAS

OBSERVACIONES					
Es una cueva que tiene un pequeño lago en su interior.					

OTROS PUNTOS DE INTERÉS

1.- CARBONERA DE FRENTES

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	1
TOPONIMIA: Junto al sondeo de la J.E.N., surgente, de 1 m de altura					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º44'30" N	
			Latitud:	2º32'0" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:		Sondeo			
OBSERVACIONES					
Sondeo de abastecimiento en el Weald					
Caudal 0,2 -0,3 l/s					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	2
TOPONIMIA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º45'18" N	
			Latitud:	2º32'47" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:		Fuente - pozo			
OBSERVACIONES					
Se haya dentro de una construcción de piedra de sillería de arenisca, antigua 5 m de profundidad					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	3
TOPONIMIA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º45'16" N	
			Latitud:	2º32'49" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:		Fuente-pozo			
OBSERVACIONES					
no se usa. El color del agua es grisáceo y el agua no es potable					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTES	PUNTO Nº	4
TOPONIMIA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º45'19" N	
			Latitud:	2º32'44" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:		Pozos			
OBSERVACIONES					
Pozos de gran diámetro y poca profundidad en las huertas, cerca de las mencionadas fuentes, que capatan el agua freática de los fondos aluviales.					
Sirven para el riego de estos huertos					
El brocal es muchas veces de piedra					
Hay unos 8-10 pozos aunque sólo se utilizan 3 ó 4					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTES	PUNTO Nº	5
TOPONIMIA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º45'19"N	
			Latitud:	2º32'52" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:	Sondeo				
OBSERVACIONES					
60 m de profundidad hace 23 años no se lleo a utilizar caudal de unos 10-15 l/s bombeándose el agua durante 2-3 meses el agua era ferruginosa y no era potable					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	6
TOPONIMIA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º45'26" N	
			Latitud:	2º32'59" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:		Pozo			
OBSERVACIONES					
15 m de profundidad					
Antiguo abastecimiento del pueblo					
Agua era de calidad aunque caudal insuficiente					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	7
TOPONIMIA: Aguadero de la Isilla					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º44'0" N	
			Latitud:	2º32'2" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:		Aguadero			
OBSERVACIONES					
Poca importancia					
Zona húmeda, con juncos					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	9
TOPONIMIA: Las Cañadas					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º43'5" N	
			Latitud:	2º32'55" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:	Brote de agua				
OBSERVACIONES					
sólo aparece cuando llueve bastante					
Se sitúa en el contacto de calizas con arcillas del Terciario					

PROVINCIA: SORIA		TERMINO MUNICIPAL: CARBONERA DE FRENTE		PUNTO Nº 10	
TOPONIMIA: Sondeo cerca de la Fuente de los Berros					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº: 349		
			Hoja: CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud: 41º43'45" N		
			Latitud: 2º32'45" O		
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:		Sondeo			
OBSERVACIONES					
60 m de profundidad					
apenas salió caudal y se abandonó					
Tiene nivel de agua pero no se puedo medir con la sonda ya que no hay abertura suficiente en la tapa					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	11
TOPONIMIA: Fuente de Berros					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º43'42,5" N	
			Latitud:	2º32'48" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:	Fuente				
OBSERVACIONES					
Poco caudal					
Cerca a un convento antiguo					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	12
TOPONIMIA: Fuente de al granja de Leopoldo Ridruejo					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º43'52,5 N	
			Latitud:	2º33'20" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Caudal de unos 0,5 l/s					
Drena un nivel de calizas					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	13
TOPONIMIA:	Arroyo de la Rades				
FECHA:	Agosto 2000				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41º44'30" N			
	Latitud:	2º32'55" O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Seco					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	14
TOPONIMIA:	Arroyo de la Rades				
FECHA:	Agosto 2000				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41º44'30" N		
	Latitud:		2º32'30" O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Seco					
Puede haber alguna poza más húmeda					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	15
TOPONIMIA:	Arroyo de la Rades				
FECHA:	Agosto 2000				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41º44'25" N		
	Latitud:		2º32'45" O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Seco					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	16
TOPONIMIA: La Cañada					
FECHA: Agosto 2000					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º45'0" N	
			Latitud:	2º33'30" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Zona húmeda,en pozos, brotará 0,5 l/s pero está seca					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	17
TOPONIMIA					
:	Arroyo				
FECHA:	Agosto 2000				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º45'15" N	
			Latitud:	2º32'30" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Seco					

PROVINCIA: SORIA		TERMINO MUNICIPAL: CARBONERA DE FRENTE		PUNTO Nº 18	
TOPONIMIA: Arroyo					
FECHA: Agosto 2000					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº: 349		
			Hoja: CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud: 41º45'35" N		
			Latitud: 2º32'11" O		
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Seco					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CARBONERA DE FRENTE	PUNTO Nº	19
TOPONIMIA: Río Mazos, en puente de la carretera que va de Carbonera a Villabuena					
FECHA: Agosto 2000					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º44'10" N	
			Latitud:	2º34'50" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Circulaba unos 3 l/s					

2.- GOLMAYO

PROVINCIA: SORIA		TERMINO MUNICIPAL: GOLMAYO		PUNTO Nº 23	
TOPONIMIA: Arroyo afluente de Las Rades, porveniente de Carbonera					
FECHA: 30 de Julio de 1999					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº: 349		
			Hoja: CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud: 41º45'36" N		
			Latitud: 2º31'10" O		
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Arroyo					
OBSERVACIONES					
Bajaba seco					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	GOLMAYO	PUNTO Nº	24
TOPONIMIA:	Fuente pública de Golmayo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41º46'0" N		
	Latitud:		2º31'11" O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA:	Fuente				
OBSERVACIONES					
De Litros por minuto					
C aptacion antigua de piedra, subterránea, coincide con un estrato vertical de conglomerados					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	GOLMAYO	PUNTO Nº	25
TOPONIMIA: Río Golmayo en el punto A					
FECHA: 30 de Juli ode 1999					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º46'10" N	
			Latitud:	2º31'12" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Río					
OBSERVACIONES					

PROVINCIA: SORIA	TERMINO MUNICIPAL: GOLMAYO	PUNTO Nº 33
TOPONIMIA: Sondeo del Centro de Investigación de Valonsadero		
FECHA:		
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°45'8" N
	Latitud:	2°31'12" O
	Altitud:	
NATURALEZA PUNTO AGUA: Sondeo		
OBSERVACIONES		
La profundidad es desconocida Atraviesa materiales detrítico wealdenses El agua es ferruginosa		

3.- FUENTETOBA

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO Nº	54
TOPONIMIA:	Manantial de la Toba				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41º47'8" N			
	Latitud:	2º34'30" O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:	Manantial				
ACCESO:					
MEDICIÓN:					
TOMA DE MUESTRAS:					
OBSERVACIONES					
Captado en parte para el abastecimiento a Fuentetoba					
Tiene un caudal muy variable, desde 5 l/s hasta 500-1.000 l/s. De media podría ser unos 200 l/s					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	FUENTETOBA	PUNTO Nº	55
TOPONIMIA:	El Ocino				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41º46'30" N			
	Latitud:	2º34'35" O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:	Manantial				
ACCESO:					
MEDICIÓN:					
TOMA DE MUESTRAS:					
OBSERVACIONES					
Tiene 2 brotes, en el mismo contacto estratigráfico que el manantial de La toba					
En estiaje pueden tener un caudal de 1 l/s					
Dejan un depósito de toba					
Esta manantial puede marcar la situación del nivel freático, aunque tengo un flujo local importante					
sirve para el abastecimiento al pueblo					

4.- VILLABUENA

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	60
TOPONIMIA:	Manantial de Las Vargas				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41º43'40" N		
	Latitud:		2º35'0" O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Sólo emana en épocas muy lluviosas unos 5-7 l/s en el propio cauce del río Mazos					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	61
TOPONIMIA:	Perderos del río Mazos en La Hoz				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41º43'20" N	
			Latitud:	2º34'55" O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
Hay como 2-3 simas-perderos funcionan en estiaje					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	62
TOPONIMIA:	El Chorrón				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°43'6.00"N		
	Latitud:		2°35'58.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Es esporádico					
Tras fuertes lluvias puede llegar a unos 10 l/s					
Cerca está la ermita de Santa Eulalia, en un afloramiento calcáreo en el contacto con el teriario impermeable					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	63
TOPONIMIA:	Fuente del Ojo				
FECHA:	Agosto de 2000				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°43'40.00"N		
	Latitud:		2°38'27.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:	Manantial				
OBSERVACIONES					
Manantial en el cauce del Izana, que sirve de abastecimiento a Villabuena					
Tiene un caudal de 7 l/s					
Toma -captación y tres tubos el sobredero					
Cerca se ve una sima en grieta con nivel freático que sirve de trop-plain (Fuente La Cochina)					
También en el lecho del río se ve manar agua, aguas arriba de este manantial, como 50 m (fuente del Cura)					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	64
TOPONIMIA:	Sumidero del río Izana en Peña Redonda				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'18.00"N	
			Latitud:	2°38'39.94"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	65
TOPONIMIA:	Sumidero del río Izana agaus abajo de Peña Redonda				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'12.00"N	
			Latitud:	2°38'28.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
La corriente de agua no baja de aquí en estiaje nunca					
En lluvias fuertes, en invierno, crece el río y corre por toda la hoz, inundando incluso las fincas de la vega					
Parte estrecha de la hoz del Izana, como una calle, donde el ganado pasa mal. Si lleva agua el río no se puede cruzar					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	66
TOPONIMIA:	Sumidero del Arroyo de cabecinosa				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'16.50"N	
			Latitud:	2°38'60.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	68
TOPONIMIA:	Fuente de la Ermita del Santuario de Hinodejo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°41'51.00"N			
	Latitud:	2°40'55.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
En invierno llega a manar 2 l/s					
A veces se seca en verano					
más abajo está LaMarmosa					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	69
TOPONIMIA:	Fuente del Saz				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°40'58.00"N	
			Latitud:	2°43'1.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
Da litros por minuto					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	70
TOPONIMIA:	Sondeo				
FECHA:	1978				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°41'45.00"N		
	Latitud:		2°42'57.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Sondeo					
OBSERVACIONES					
La profundidad es de unos 30-40 m					
El nivel se sitúa shora a 5 m					
Se abandono porque contenía mucho hierro					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	71
TOPONIMIA:	Fuente Berros				
FECHA:	Agosto de 2000				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°41'12.17"N			
	Latitud:	2°44'6.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
Tiene 5 l/min					
En invierno puede manar 1 l/s					
Es intermitente, sin secarse, cambiando la parábola del chorro					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	72
TOPONIMIA:	Manantiales de La Carrera				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°41'51.00"N			
	Latitud:	2°42'50.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
De litros por minutos					
En invierno puede dar unos 3 l/s					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	73
TOPONIMIA:	Pozos poco profundos situados en las huertas del pueblo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°41'54.09"N			
	Latitud:	2°42'52.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	74
TOPONIMIA:					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°41'58.00"N	
			Latitud:	2°42'41.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Sima-sumidero					
OBSERVACIONES					
Puede llegar a infiltrar hasta 70-100 l/s.					
Se pierde el agua que recoge toda la cuenca de recepción del arroyo de Las Fraguas					
Sólo de manera excepcional puede llegar a saltar agua esta sumideo aunque vuelve otra vez a perderse en otro situado unos 200 m más abajo, que es definitivo, puest la corriente ya no pasa de ahí					
La vaguada tiene sedimentos de fondo también aguas abajo					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	75
TOPONIMIA:	Fuente Metirosa de L a Mallona				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°42'29.00"N			
	Latitud:	2°43'8.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
Puede tener un caudal de 40 l/s en días muy lluviosos					
Parece una resurgencia					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	76
TOPONIMIA:	Sondeo de abastecimiento de las Fraguas				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°41'55.00"N			
	Latitud:	2°43'8.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Sondeo					
OBSERVACIONES					
La profundidad es de 80-90 m					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	77
TOPONIMIA:	Fuente Vieja				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°41'56.50"N			
	Latitud:	2°42'43.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
Llega canalizada y junto a ella se contruyó un lavadero					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLABUENA	PUNTO Nº	78
TOPONIMIA:	Fuente del Arroyo				
FECHA:	Agosto de 2000				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°41'55.00"N			
	Latitud:	2°42'6.00"O			
	Altitud:				
OBSERVACIONES					
Tiene un caudal de 2 l/s en invierno					
Todos los demás arroyos del término de Las Fraguas bajaban secos					

5.- LA MALLONA

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA MALLONA	PUNTO Nº	80
TOPONIMIA:	Fuente del Arroyo de Caldería				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'16.00"N	
			Latitud:	2°43'50.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
Traen para la fuente pública del pueblo					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA MALLONA	PUNTO Nº	81
TOPONIMIA:	Fuente Mentirosa				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'29.00"N	
			Latitud:	2°43'8.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
Veáse también el término de Las Fraguas					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA MALLONA	PUNTO Nº	82
TOPONIMIA:					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'50.00"N	
			Latitud:	2°42'55.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Sondeo					
OBSERVACIONES					
La profundidad es de 28 m					
Estuvo en servicio poco tiempo pues el agua salía muy turbia y con barro					
Actualmente está abandonado					

PROVINCIA: SORIA		TERMINO MUNICIPAL: LA MALLONA		PUNTO Nº 83	
TOPONIMIA:					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº: 349		
			Hoja: CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud: 41°42'45.00"N		
			Latitud: 2°42'49.00"O		
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Sondeo					
OBSERVACIONES					
Para el abastecimiento para el pueblo					
La profundidad es de 128 m					
Tiene un caudal y calidad aceptables					
Perforado en calizas					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA MALLONA	PUNTO Nº	84
TOPONIMIA:	Manantial de la Sima El Plantío				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°42'46.00"N			
	Latitud:	2°42'51.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Mana mucha agua (unos 40 l/s) unos 4-5 meses en invierno, no en primavera					

6.- LA CUENCA

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	85
TOPONIMIA:	Manantial de Prado Lozano				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°44'33.00"N		
	Latitud:		2°46'39.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Poco caudal, aunque no se seca					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	86
TOPONIMIA:	Manantial el cubillo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°44'27.00"N		
	Latitud:		2°46'14.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Muy poco caudal					
Esta seco con frecuencia					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	87
TOPONIMIA:	Manantiales Peñas Del Sancho				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°44'4.00"N			
	Latitud:	2°45'15.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Nace en rocas calizas					
De pequeño caudal					
Se seca					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	88
TOPONIMIA:					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°44'19.00"N	
			Latitud:	2°45'32.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantiales, rezumes y juncales					
OBSERVACIONES					
poco caudal					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	89
TOPONIMIA: Las Fuentecillas					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº: 349				
	Hoja: CABREJAS DEL PINAR				
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud: 41°45'0.00"N				
	Latitud: 2°44'25.00"O				
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
Poco caudal					
Tiene abrevadero					
PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	90
TOPONIMIA: Sumidero en Los Lagunazos					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº: 349				
	Hoja: CABREJAS DEL PINAR				
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud: 41°45'46.00"N				
	Latitud: 2°44'27.00"O				
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
Sólo funciona cuando llueve y corre agua por la vaguada					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	92
TOPONIMIA:	Barranco de Herreros				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°45'14.00"N	
			Latitud:	2°44'13.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
Cuando llueve bastante puede ir con agua					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	93
TOPONIMIA:	Raidera				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°45'11.00"N			
	Latitud:	2°44'14.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
Brotes pequeños					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	94
TOPONIMIA:	Manantial de La Madriguera				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°45'33.00"N	
			Latitud:	2°43'14.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Poco caudal. Sin importancia					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	95
TOPONIMIA:	Manantial del Barranco de Valdehormos				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°44'58.00"N		
	Latitud:		2°43'25.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Son varios brotes de agua que manan del Barranco de Valdehormos y de la Laguna y su confluencia					
Debe haber como 3 ó 4 brotes grandes de agua que todos reunidos pueden dar un caudal de 500-1000 l/s					
Sólo manan unos pocos días en años muy lluviosos					
Dan lugar a un gran río que se junta al Milano					
Uno de los brotes, que es pequeño, da lugar a un surtidor de agua de 1 m de alto					
Cuando estos manantiales se están secando o ya no circulan por la superficie los arroyos, se oye el ruido del agua por debajo, que se mete hacia adentro					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	97
TOPONIMIA:	Manantial de Fuente Garañón				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°43'59.00"N			
	Latitud:	2°43'15.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
Pequeño caudal					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	98
TOPONIMIA:	Manantial de Fuente Pinilla				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°43'45.00"N	
			Latitud:	2°43'12.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Pozo					
OBSERVACIONES					

Poca importancia

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	99
TOPONIMIA:	Manantial de rioviejo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°43'17.00"N			
	Latitud:	2°44'36.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Poco caudal					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	100
TOPONIMIA:	Manantial de La Peña, en una hoz del Milanos				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°43'46.00"N			
	Latitud:	2°45'14.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
<p>Puede tener un caudal de unos 3 l/s (estiaje) y hasta 40 l/s en épocas lluviosas.</p> <p>Hay tres manantiales</p> <p>Con aguas de estas fuentes se movía un molino y se regaban once hecáreas</p> <p>Unas de estas fuentes se llamaba Las Haceruelas (peña de)</p>					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LA CUENCA	PUNTO Nº	102
TOPONIMIA:	La Covatilla				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°44'5.00"N		
	Latitud:		2°44'22.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
Nace al sur del pueblo y se lleva hasta él, junto al lavadero					

7.- ALDEHUELA DE CALATAÑAZOR

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	ALDEHELA DE CATALAÑAZOR	PUNTO Nº	103
TOPONIMIA:	Fuente Pública				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°42'36.00"N		
	Latitud:		2°46'52.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Nace bajo una peña de conglomerado en el Terciario					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	ALDEHELA DE CATALAÑAZOR	PUNTO Nº	104
TOPONIMIA:	Manantial de Troya				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°43'21.94"N	
			Latitud:	2°46'60.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Sirve de abastecimiento al pueblo, aunque tenga un caudal pequeño (l/min)					

PROVINCIA:		TERMINO MUNICIPAL:		PUNTO Nº	
SORIA		ALDEHELA DE CATALAÑAZOR		105	
TOPONIMIA: El Escobo					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº: 349		
			Hoja: CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud: 41°42'57.00"N		
			Latitud: 2°47'42.00"O		
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Poco caudal, no se seca					
Era el antiguo lavadero de La Aldehuela					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	ALDEHELA DE CATALAÑAZOR	PUNTO Nº	107
TOPONIMIA:					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'45.00"N	
			Latitud:	2°46'35.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
El río Milanos no se llega a secar nunca a la altura de la Aldehuela, aunque lleve poco caudal					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	ALDEHELA DE CATALAÑAZOR	PUNTO Nº	108
TOPONIMIA:					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'45.00"N	
			Latitud:	2°47'45.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	ALDEHELA DE CATALAÑAZOR	PUNTO Nº	110
TOPONIMIA:	Las Fuentezuelas				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'28.00"N	
			Latitud:	2°49'55.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
Encañada, no se seca					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	ALDEHELA DE CATALAÑAZOR	PUNTO Nº	111
TOPONIMIA:	El Ojo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°42'44.00"N		
	Latitud:		2°50'28.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:	Paular o tubera				
OBSERVACIONES					
Puede manar bastante agua					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	ALDEHELA DE CATALAÑAZOR	PUNTO Nº	112
TOPONIMIA:	El cubo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°43'21.94"N		
	Latitud:		2°49'58.00"O		
	Altitud:				
OBSERVACIONES					
Mana agua en épocas lluviosas					

8.- VILLACIERVOS

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	113
TOPONIMIA:	Manantial de Fuentemarco (Cueva Pachón)				
FECHA:	Agosto de 2000				
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°46'9.00"N		
	Latitud:		2°35'59.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Caudal de unos 5-6 l/s					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	114
TOPONIMIA:					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°46'20.00"N	
			Latitud:	2°36'1.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Trop-plein					
OBSERVACIONES					
Normalmente seco, aunque brota en épocas lluviosas					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	116
TOPONIMIA:	Fuente de La Zorra				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°46'15.00"N			
	Latitud:	2°37'1.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
Esporádica, sólo mana es periodos muy lluviosos un caudal de hasta 5-6 l/s					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	117
TOPONIMIA:	Manantial de la Fuente Vieja				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°46'10.00"N			
	Latitud:	2°37'3.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
Era un antiguo abastecimiento					
Tiene una galería de 25 m en roca					
Se conduce actualmente a la fuente de la carretera					
En periodos lluviosos puede dar hasta 5-6 l/s					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	118
TOPONIMIA:	La Mentirosa				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°45'14.00"N			
	Latitud:	2°39'1.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Manantial esporádico, que brotaba tras fuertes lluvias					
Se seca de repente.					
Antiguamente iban allí las mujeres a lavar					
Nace en calizas					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	119
TOPONIMIA:	El horntarroón y el cubillo, junto al cauce del arroyo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°45'30.00"N	
			Latitud:	2°38'29.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
De poco caudal pero no se secan					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	120
TOPONIMIA:	Manantial del arroyo del Robledillo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°45'10.00"N	
			Latitud:	2°36'35.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA:					
OBSERVACIONES					
Tiene agua ferruginosa					

PROVINCIA:		TERMINO MUNICIPAL:		VILLACIERVO S	PUNTO Nº	121
SORIA		Manantial de Los Pozos				
FECHA:						
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)				Nº:	349	
				Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:				Longitud:	41°46'30.00"N	
				Latitud:	2°38'12.00"O	
				Altitud:		
NATURALEZA PUNTO						
AGUA:		Manantial				
ACCESO:						
OBSERVACIONES						
No se seca nunca						
En periodos lluviosos sale un caudal de 10-20 l/s, en una cuevecilla que origina un arroyo que se pierde 1 km más abajo						
En estiaje se pierde unos pocos metros más abajo del manantial. A veces, si tiene mucho caudal						

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	124
TOPONIMIA:	Fuente Cerrajón				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°47'8.00"N			
	Latitud:	2°38'60.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
ACCESO:					
OBSERVACIONES					
Brota 2-3 l/s en épocas lluviosas					
Da lugar a un arroyo que se filtra 1 km más abajo					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	125
TOPONIMIA:	Manantial de La Viñuela				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°47'12.00"N			
	Latitud:	2°38'20.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
Sólo mana en lluvias					
Se filtra 1 km más abajo					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVOS	PUNTO Nº	129
TOPONIMIA:	Sondeo de abastecimiento a Villaciervos				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°46'17.00"N	
			Latitud:	2°39'12.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Sondeo					
OBSERVACIONES					

9.- VILLACIERVITOS

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVITOS	PUNTO Nº	130
TOPONIMIA:	Fuente Vieja				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°45'7.00"N	
			Latitud:	2°38'30.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
Da litros por minuto					
Con pilón y dos caños					
Se llega a secar					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVITOS	PUNTO Nº	131
TOPONIMIA:	Manantial de Bandelia				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°45'0.00"N	
			Latitud:	2°36'28.00"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
De caudal escaso					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVITOS	PUNTO Nº	132
TOPONIMIA:	Manantial Pradera del Saz				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°44'58.00"N			
	Latitud:	2°36'0.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
De caudal escaso					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	VILLACIERVITOS	PUNTO Nº	133
TOPONIMIA:	Manantial del El Cubillo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°45'1.52"N			
	Latitud:	2°39'11.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Manantial					
OBSERVACIONES					
No se seca					
Da litros por minuto					

10.- NÓDALO

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	NÓDALO	PUNTO Nº	141
TOPONIMIA:	Fuente del Cubo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°41'29.00"N			
	Latitud:	2°46'33.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
Es de agua algo salobre					
Da caudal pequeño (l/min), pero no se seca					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	NÓDALO	PUNTO Nº	142
TOPONIMIA:	Fuente del Cubo de San Lorenzo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°41'10.00"N			
	Latitud:	2°46'12.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
De caudal pequeño (l/min)9					
El brocal está formado por aros de un tronco de encina					

PROVINCIA:		SORIA		TERMINO MUNICIPAL:		NÓDALO		PUNTO Nº		143	
TOPONIMIA:											
FECHA:											
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)						Nº:		349			
						Hoja:		CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:						Longitud:		41°41'2.00"N			
						Latitud:		2°47'59.00"O			
						Altitud:					
NATURALEZA PUNTO AGUA:											
OBSERVACIONES											
En el río Sequillo parece que no hay sumideros a su paso por el Hocino en calizas del Cretácico Va casi siempre seco, aunque a veces puede correr aguas por todo su cauce si el invierno es lluvioso											

11.- CUEVAS DE SORIA

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LAS CUEVAS DE SORIA	PUNTO Nº	145
TOPONIMIA:	Sumidero del río Izana en Peña Redonda, a la entrada de al hoz de Las Cuevas				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°42'18.00"N	
			Latitud:	2°38'39.94"O	
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LAS CUEVAS DE SORIA	PUNTO Nº	146
TOPONIMIA:	Sumidero de Arroyo de Cabecinosa				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:		349		
	Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:		41°42'16.50"N		
	Latitud:		2°38'60.00"O		
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					

PROVINCIA:		TERMINO MUNICIPAL:		PUNTO	
SORIA		LAS CUEVAS DE SORIA		Nº 147	
TOPONIMIA: Sumidero de Izana					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)				Nº: 349	
				Hoja: CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:				Longitud: 41°42'12.00"N	
				Latitud: 2°37'60.00"O	
				Altitud:	
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
En estiaje parece que no pasa nunca de este sitio					

PROVINCIA:		SORIA		TERMINO MUNICIPAL:		LAS CUEVAS DE SORIA		PUNTO Nº		148	
TOPONIMIA:											
FECHA:											
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)						Nº:		349			
						Hoja:		CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:						Longitud:		41°41'47.00"N			
						Latitud:		2°38'4.00"O			
						Altitud:					
NATURALEZA PUNTO											
AGUA:											
OBSERVACIONES											
Zona muy estrecha, cauce seco.											
el ganado pasa con dificultad, cuando lleva aguas el rio Izana no puede pasar por aquí											

PROVINCIA:		TERMINO MUNICIPAL:		PUNTO Nº	
SORIA		LAS CUEVAS DE SORIA		149	
TOPONIMIA: Las Chorreras					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)				Nº: 349	
				Hoja: CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:				Longitud: 41°41'10.00"N	
				Latitud: 2°38'10.00"O	
				Altitud:	
NATURALEZA PUNTO					
AGUA:					
OBSERVACIONES					
En estiaje están secas					
Se trata de un manantial, en el margen derecha, que tras lluvias mana hasta 50-100 l/s; se sitúa 3 m por encima del cauce					

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	LAS CUEVAS DE SORIA	PUNTO Nº	150
TOPONIMIA: Las Reliquias, en el propio cauce					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº:	349	
			Hoja:	CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud:	41°41'9.00"N	
			Latitud:	2°38'7.50"O	
			Altitud:		
OBSERVACIONES					
Un caudal de 50-100 l/s, tras lluvias fuertes					

PROVINCIA:		TERMINO MUNICIPAL:		LAS CUEVAS DE SORIA		PUNTO Nº		151	
TOPONIMIA:		Los Chorrone y Los Cuchilos							
FECHA:									
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)					Nº:		349		
					Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:					Longitud:		41°41'6.00"N		
					Latitud:		2°38'5.00"O		
					Altitud:				
NATURALEZA PUNTO									
AGUA:		Manantiales							
OBSERVACIONES									
Manantiales permanentes									
Hay pozas de agua permanente a partir de aquí y un poco más arriba(afloramiento del nivel freático)									

PROVINCIA:		TERMINO MUNICIPAL:		LAS CUEVAS DE SORIA		PUNTO Nº		152	
TOPONIMIA:									
FECHA:									
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)					Nº:		349		
					Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:					Longitud:		41°40'45.00"N		
					Latitud:		2°38'40.00"O		
					Altitud:				
NATURALEZA PUNTO									
AGUA:		Manantial							
OBSERVACIONES									
Da unos 15 l/s, en lluvias fuertes, aunque normalmente está seco									

PROVINCIA:		TERMINO MUNICIPAL:		LAS CUEVAS DE SORIA		PUNTO Nº		153	
TOPONIMIA:		Fuentes del pueblo							
FECHA:									
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)					Nº:		349		
					Hoja:		CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:					Longitud:		41°40'32.00"N		
					Latitud:		2°37'50.00"O		
					Altitud:				
NATURALEZA PUNTO									
AGUA:		Fuente							
OBSERVACIONES									
Situadas una en la margen izquierda y otra en la derecha									
Da unos 5-6 l/s cada una.									
Se sitúa en al Terraza de tobas hasta Tardelcuende, de 3-4 m, de espesor									
El caudal de estos manantiales es constante									

12.- CAMPARAÑÓN

PROVINCIA:	SORIA	TERMINO MUNICIPAL:	CAMPARAÑÓN	PUNTO Nº	155
TOPONIMIA:	Fuente del pueblo				
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)	Nº:	349			
	Hoja:	CABREJAS DEL PINAR			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:	Longitud:	41°42'29.00"N			
	Latitud:	2°34'55.00"O			
	Altitud:				
NATURALEZA PUNTO AGUA: Fuente					
OBSERVACIONES					
Caudal muy pequeño pero no se seca					

PROVINCIA:		SORIA	TERMINO MUNICIPAL:		CAMPARAÑÓN	PUNTO Nº		157
TOPONIMIA:								
FECHA:								
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)					Nº:		349	
					Hoja:		CABREJAS DEL PINAR	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:					Longitud:		41°41'58.00"N	
					Latitud:		2°34'36.00"O	
					Altitud:			
NATURALEZA PUNTO AGUA:								
OBSERVACIONES								
El rio Mazos no gana ni pierde caudal por el términos de Camparañón								

PROVINCIA: SORIA		TERMINO MUNICIPAL: CAMPARAÑÓN		PUNTO Nº 158	
TOPONIMIA:					
FECHA:					
MAPA GEOLÓGICO (ATLAS 1:50.000)			Nº: 349		
			Hoja: CABREJAS DEL PINAR		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS APROXIMADAS:			Longitud: 41°42'16.00"N		
			Latitud: 2°35'0.00"O		
			Altitud:		
NATURALEZA PUNTO AGUA: Sondeo					
OBSERVACIONES					
La profundidad es de 175 m					
Se sitúa en el Terciario					
Está seco					

**ANEJO N°2: SERIE DE PRECIPITACIONES Y
TEMPERATURA: 1991 – 2013**

La estación pluviométrica de referencia para este estudio ha sido la estación pluviométrica de Soria:
 N° 2030
 Latitud: 41°46'30'' N
 Longitud: 2°28'59'' O
 Altitud (m): 1.082

mi	di	1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997	
		ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]
1	1	1.7	0.0	-0.3	0	0.7	0	4.4	0.2	3.7	0	7.5	0.1	-0.3	0
1	2	2.3	0.0	1	0	-0.1	0	6.2	0.5	2.2	0	5.1	0	1.1	4.4
1	3	4.5	0.0	1.3	0	-1.8	0	5.8	8	2.3	0	6.1	0	-1.1	0.1
1	4	2.1	0.0	0.6	0	0.1	0	2.6	0.2	0.4	0.3	6.6	0.9	-1.8	0.1
1	5	0.0	0.0	0	0	5.8	0	2.7	16.6	5	1	5.3	1.5	-4.5	6.4
1	6	5.3	0.2	0.6	0	5.4	0	1.3	6.6	2.2	2.1	5.7	16.5	-0.8	0
1	7	5.7	2.0	2	0.2	6.1	0	-0.2	0	1.6	0	5	1.7	-5.1	13.8
1	8	4.5	1.6	5.4	1.9	4.4	0	0.3	6.3	1.9	0	5.1	13.8	0	9.9
1	9	4.8	3.8	4.1	2.1	4	0	5.5	7.3	3.5	0	6.1	0	2.9	1.3
1	10	8.2	0.0	0.6	0	3.1	0	3.3	1	3.7	0	4.1	1.5	3.7	0
1	11	7.2	4.1	-1.5	0.2	2.2	0	2.4	0.3	4.2	0.4	4.1	9	8.3	0
1	12	2.2	0.3	1.1	0.2	4.5	0	6.8	0.3	2.7	0.1	3.1	0	7.8	0
1	13	0.9	0.0	1.6	0	6.5	0	7.2	0	1	0	2.5	0	5.1	0
1	14	0.4	0.0	2.1	0	6.5	0	5.1	0.2	4.6	0	4.1	0	4.3	0
1	15	-1.4	0.0	3	0	5.9	0	2.3	0.7	6	0	5.9	0	3.1	2.8
1	16	-3.0	0.0	2.2	0	4.2	0	1.4	0	3.7	0	6.9	0	4.7	5.7
1	17	1.4	1.2	1.1	0	3.9	0	-2.2	2.9	1.9	1.6	6.4	0	3.1	1.6
1	18	5.5	0.0	-1.2	0	3.5	0	-2	0	3.5	2	4.5	0	0.6	1.6
1	19	4.4	0.0	-0.5	0	3.8	0	-3.9	0	2.1	0	5	0.3	3.3	15.3
1	20	2.5	0.0	-0.7	0	3.9	0	-0.2	0	2.9	1.5	3.2	0	3.3	14.6
1	21	2.5	0.0	0.8	0	4.4	0	1.6	0	2.1	0	4	23.4	4.4	5.2
1	22	1.7	1.0	-2.6	0	4.2	0	2.4	0	4.4	0	3.5	1.1	3	11.1
1	23	1.2	0.0	-3.7	0	4.1	0	2	0	7.6	0.8	3.6	5	6.6	8.9
1	24	-0.6	0.0	1.2	0	5	0	3.6	0	9.3	3.9	2.9	1.1	7.1	0.1
1	25	1.3	0.0	2.2	0	3.3	0	3	0	8.3	0	3	0	6.1	0.6
1	26	2.2	0.0	1.7	0	5.3	0	4.5	0	6.5	0.3	2.8	0.8	6.1	0
1	27	-0.4	0.0	-1.1	0	3.5	0	4	0	4.2	0.6	4.2	1.3	5.8	0.4
1	28	2.6	0.0	-0.6	0	3.1	0	5.1	0	7	1.4	6.8	6.9	4.4	2.6
1	29	-0.8	0.0	-0.1	0	3	0	7.8	0	5	1.7	4.7	0	3.3	0
1	30	0.7	0.0	2.1	0	5	0	5.8	0	7.6	0	6.1	0	4.7	0
1	31	-1.0	0.0	3.9	0	4.8	0	5.7	0	5.6	0	4.4	1.6	5.6	0
2	1	0.4	2.4	2.6	0	3.1	0	4.4	0	5	0	1.7	5.4	6.4	0
2	2	0.3	5.8	2.5	0	3.8	0	2.3	4.7	5.2	0	4.9	2.2	5.5	0
2	3	2.7	0.0	4	0	2.6	0	2.2	7.6	5.1	0	5.1	0.2	4.1	0
2	4	3.6	0.0	6.1	0	0	3.8	-0.4	0	6.9	0	3.4	0	3.5	0
2	5	1.9	0.0	8.9	0	3.5	0	1.5	0	8.9	0	2.3	7.5	6.3	0
2	6	2.1	2.4	7	0	3.4	0	0.9	0.6	8.8	0	4.3	0.7	5.2	0

2	7	2.0	0.6	7	0	4.7	0	1.8	0.7	4.6	0	6	0.6	5.1	0
2	8	1.4	2.1	4.1	0	2.6	0	2.6	0	6	0.4	3	0	5.6	0
2	9	3.3	4.3	2.5	0	3.2	0	3.2	0	6	1.5	4.5	0	5.1	0
2	10	1.4	0.0	5.4	0	0.5	1.8	7.6	0	3.2	2.7	4.2	0	4.7	0
2	11	-0.5	0.0	7.7	0	4.1	3.2	6.2	0	2.1	0	3.4	0	8.2	0
2	12	-0.5	0.0	6.3	1.6	4.7	0	5.3	0	4.4	3.7	2.8	5.9	9.8	0
2	13	-0.6	0.7	3.6	0	2.6	0	5.4	0	8	2	7.1	1.3	8.2	2.7
2	14	-2.1	0.0	4.6	0	5	0	2.7	3.6	9.4	1.8	2	0	8.1	2
2	15	-0.9	0.0	7	0	5.3	0	2.8	0	10.2	0	1.1	0	5.8	0
2	16	1.8	0.1	3.4	0	5.9	0	2.6	0	9.5	0.2	2.9	0	4.5	0
2	17	0.6	11.8	4.2	0	6.8	0	3.7	2.3	9.5	6.7	7.1	0	4.9	0
2	18	-1.4	10.8	1.8	5.6	7.8	0	3.8	1	4.5	0	5.8	0	6.5	0
2	19	3.3	0.0	-1.5	5.2	6.2	0	3.4	1	5.2	0	2.7	0.5	7.4	0
2	20	4.4	0.0	-1	0	6.9	0	5.3	0.2	6.8	0	-2.3	0.5	8.9	0
2	21	2.8	1.4	-0.8	0	8.3	0.2	4.5	0.6	6.9	5.1	-3	0.2	9.1	0
2	22	3.8	0.0	1.4	0	1.3	0	5.1	6.3	3.7	0	-1.9	0	9.9	0.2
2	23	6.8	0.0	3.1	0	-0.4	0	6	0.6	3.6	0	1.6	0	9.4	0
2	24	8.2	0.0	3	0	-1	0	7.3	0	9.5	0	2.5	0	8.4	0
2	25	7.6	0.0	3.4	0	-1.7	0	7.6	0	6.6	3.4	4	2.2	9.9	0
2	26	7.7	2.9	4.5	0	2	1.8	10.1	0	1.9	0	1.1	2.8	8.6	0
2	27	5.5	0.5	3.5	0	0.6	0.3	6.9	1.9	1.3	0	3	0	7.6	0
2	28	1.5	15.0	4.9	0	-3	1.1	5.3	4.5	3.1	0	2.6	0	10	0
2	29			4.6	0							3.7	0		
3	1	4.2	0.0	6	0.9	-2.6	0	5.5	0	5.3	0	3.8	0	10.1	0
3	2	5.2	0.0	5	0	1.6	0	7	0	4.1	0	3.3	0	11.9	0
3	3	6.9	1.4	6.4	0	2.4	0	9.6	0	3.4	5.9	2	0	12	0
3	4	6.7	0.0	4.5	0	1.8	0	10.4	0	1.7	1	2.9	0	10.4	0
3	5	6.9	2.2	6.8	0	1.7	0	9.5	0	6.7	6.5	2.9	0	10.3	0
3	6	6.7	2.7	11	0	3	0	10.1	0	4.1	0	3.7	0	12.6	0
3	7	4.7	7.5	9.3	0	4.3	0	9.1	0	2.4	0.2	3.1	0	12.3	0
3	8	4.7	6.0	7.1	0	6	0	9.4	0	3.4	0	4.4	0	7.7	0
3	9	5.1	2.0	4.1	0	4.7	0	10.7	0	4.9	0	5.9	0	7.7	0
3	10	8.7	0.0	6.1	0	5.6	1.7	9.8	0	5.3	0.7	6.8	0	8.3	0
3	11	11.1	0.0	6.4	0	4.9	0.2	9.5	12.7	6.6	0	4.9	0	10.3	0
3	12	8.2	18.8	5.4	0	6.9	0.2	6	0	10.1	0	3.9	0	10	0
3	13	7.1	1.4	7.2	0	5.9	0.8	7.1	0	9	0	3	4.2	10.5	0
3	14	9.1	0.0	7	0	5.9	15.4	9	0	6.8	0	3.2	1.3	10.7	0
3	15	7.9	0.0	8.6	0	8.8	0.1	10.6	0	6.1	0	3.1	0.2	9.8	0
3	16	8.5	5.7	9.7	0	7.9	0	10.7	0	5	0	2.8	0	11.4	0
3	17	6.0	1.5	10.6	0	9.2	0	8.3	0	6.6	0	4.5	0	13.8	0
3	18	6.9	0.0	9.6	0	11.2	0	8.9	0	8.7	0	4.8	0	13.6	0
3	19	12.1	0.0	10.5	0	11.5	0	10	0	8.8	0	5.4	1.5	10.6	0
3	20	11.7	0.0	12.8	0	12.6	0	9.4	0	9.2	0	8.7	0	10.4	0
3	21	7.6	4.2	11.2	0	10.5	2.5	9.1	0	7.3	0	7.9	0	10.7	0
3	22	5.5	0.0	11.1	0	11	0	7.5	0	7.3	0	9.8	0	10	0

3	23	3.6	0.0	7.4	0.9	8.9	3.3	9.5	0	8	0	13.2	0	9.1	0
3	24	2.8	0.0	1.3	0	5.6	0.8	12.6	0	9.9	0	13.2	0.2	10.6	0
3	25	5.1	0.0	0.6	1	3.3	0	13.1	0	11.7	0	10.9	0.3	6.4	0
3	26	4.4	0.0	2.8	5.2	6.1	0	8.3	0	12.3	0	10.5	0.2	7.9	0
3	27	6.8	0.0	0.5	0.2	6.8	0	8.1	0	10.4	0	9.3	0.2	9.8	0
3	28	7.6	0.0	2.9	0	7.4	0	11.5	0	9.3	0	9	0.2	10.8	0
3	29	8.0	0.0	2.8	0.6	7.5	0	12.1	1.6	9.8	0	11.6	0.2	10.6	0
3	30	7.4	0.0	2	8	9.8	0	11.5	0.2	5.9	0	9	2.9	10.5	0
3	31	6.9	0.0	0.7	2.2	10	0.2	11	0	6.9	0	10	15.7	10.2	0
4	1	7.3	0.0	2.5	9.1	5.8	0.6	8.1	0	13.2	0	7.2	7.3	11.5	0
4	2	7.7	0.0	8.7	17.4	4.2	0	3.6	0.1	12.5	0	4	0	11	0
4	3	4.5	3.0	8.1	1	5.8	1.4	4.5	0	13	0	3.9	0	11.3	0
4	4	4.5	4.8	7.5	1.2	8.8	0	8.4	0	12.2	0	6.3	0	9.9	0
4	5	3.8	0.3	3.4	0	9.3	0	6	0	12.1	0	8.3	0	12.2	0
4	6	7.0	0.0	5.1	0.5	12.1	0	6.6	0	12.9	0	8.2	0	12.5	0
4	7	8.0	0.0	6.8	3.5	12.2	0	8.6	0	14.1	0	9.5	1.2	14.4	0.1
4	8	10.0	0.0	4.7	0	14.1	0	7.8	0	12.6	0	10.5	0	10.5	0.3
4	9	9.6	0.0	7.1	0	13.3	0	8	0.2	13.8	0	10.5	0	8.6	0
4	10	11.1	0.0	7.5	0	9.1	0.7	6.1	0	15	0	12	0	9.6	0
4	11	12.3	0.0	8.6	0	7	2.6	3.5	1.1	14.2	0	12.9	0	11.8	0
4	12	12.4	40.2	7.6	0	4.6	3.3	5.7	0	14.7	0	13.6	1.3	12.7	0
4	13	3.0	26.2	8.6	0	5.7	0.8	5.7	0	12.3	0	13.6	2.6	11.9	0
4	14	4.9	6.6	9.8	0	5.3	0.3	3.6	0	10.4	0	13.1	0	13.4	0
4	15	6.1	32.8	9.8	0	3.5	0	2.2	0	9.9	0	13	0	13.5	0.5
4	16	8.1	2.4	4.2	0	5.6	0	1.8	0	6.3	0	13.1	10.6	13.9	1
4	17	6.6	0.0	5.4	0	6.5	0	3.7	0	10.1	0	8.6	0	10.8	0.1
4	18	5.2	0.0	10.1	0	8.9	0	5.1	0	11.4	0	9.7	0	5.8	25
4	19	4.5	0.0	11.3	0	10.9	0	4.4	0.1	8.9	0	11.9	0	8.3	29.9
4	20	3.3	0.0	12.9	0	12	0	6.5	1.2	5.7	0	11.6	0	8.2	18
4	21	3.5	0.0	14.5	0	8.8	4.3	7	0	3.7	0	13.1	5.9	9.1	0
4	22	5.2	0.0	14.2	0	8.6	0	7.2	3.3	2	1.9	8.6	4.5	7.4	0
4	23	7.0	0.0	14.6	0	7.7	6.9	8.2	2	2.5	3.3	7.5	0	9.3	0
4	24	7.6	1.9	14	0	3.8	4.5	5.5	7.8	3.9	0	8.6	0	10.6	0
4	25	4.4	7.3	14.3	0	2.9	2.6	5.7	0	4.4	0	9	0	11	0
4	26	4.5	0.0	15.2	0	6.1	0.9	11.4	0	6	0	10.4	0	12.4	0
4	27	5.4	0.0	15.7	0	6.2	1.8	15	0	4.6	5.5	9.7	0.4	14.2	0.3
4	28	8.4	0.0	12.1	0	6.1	0.1	15.7	0	10	0	10.3	0	14.2	0
4	29	9.7	0.0	7.1	0	6.5	10.2	16.7	0	12.8	0	9.3	0.2	14.2	0
4	30	12.1	0.0	8.9	0	7.8	5.4	16.6	0	12.3	0	7.7	9.6	14	0
5	1	7.0	2.7	13.1	25.6	7.9	0	17.4	0	15.7	0	7.5	1.3	13.6	0
5	2	3.4	0.0	4.7	0	9.8	0	18.6	0.2	15.4	1.9	6	0.2	16.5	0
5	3	4.1	0.0	5.3	0	9.2	0	19.5	1.6	13.4	19.8	8	0	18.3	2.6
5	4	5.4	1.6	9.2	0	11.6	0	14.3	0	14.1	0	10.4	0	16.8	4.4
5	5	4.3	0.0	7.5	0	11.5	0	12	0	14.8	0.2	11.8	2.1	11.5	6
5	6	5.2	0.0	9.7	0	12	4.3	15.6	0	15.8	0	10.3	8.3	7.8	0.3

5	7	5.9	3.8	11.7	0	10.5	2.7	10.6	17.4	18.6	0	10.2	7	5	0.7
5	8	5.4	0.0	12.2	0	10.9	0.5	9.5	0	17	0	10.4	11	5.7	0
5	9	4.9	0.0	15.1	0	12.4	20.6	11.2	0	15.8	7.1	11.2	14.2	9.6	0
5	10	6.7	0.0	15.9	0	10.1	3.2	12.2	0	12.7	10.6	9.4	2.6	10.8	0
5	11	6.4	0.0	14.5	0	10.3	4	8.1	2.6	8.5	2	7.1	0	11.7	0
5	12	7.4	0.0	16	0	11.4	11.4	8.9	0	7.1	2.7	7.1	0	13.4	1.7
5	13	10.2	0.0	18.2	0	11.6	4.2	7.8	5.2	6.1	0	9.1	0	12.3	14.7
5	14	11.0	0.0	16.7	2.2	11.9	4.1	9.9	0	10.6	3.3	12.3	0	11.7	0
5	15	10.5	0.0	19	0	11.6	0	10.7	2.5	15.1	0.2	12.9	0	11.9	8.4
5	16	8.8	0.0	18.5	0	11.9	0	9.5	2.7	12	1.3	13.9	6.1	10.7	9.8
5	17	9.2	0.0	19.3	0.1	13.3	3.1	9.6	0.8	13.5	2.1	11.8	12.3	9.6	4.2
5	18	9.0	0.0	18.4	2.9	11.1	2.3	9.8	0	12.7	7.9	9.6	11.2	10.1	0.6
5	19	9.5	0.0	17.7	0.5	8.6	3.7	8.9	7.9	13.6	0	7.1	4.9	12.5	1
5	20	12.0	0.0	15.9	1.3	6.6	0	10.3	1.1	12.9	0	8.7	2.3	11.6	0
5	21	12.5	0.0	16.8	0.3	9.1	0	11.3	9	12.8	0	9.1	0	12.7	0.4
5	22	14.8	0.0	18.4	3.8	13.5	0	13.6	1.2	14.6	0	11.7	0	14.1	0
5	23	17.1	0.0	13.4	0.4	13.1	2.4	12.6	0.7	17.2	0	15.1	0	15.2	0.9
5	24	17.4	0.0	12.7	0	14.8	59.9	14.3	0	16.2	0	15.8	0	15.8	0
5	25	15.7	0.0	14.3	0	11.6	13.4	13.5	0	14.4	0	16.9	0	15.4	1
5	26	16.4	0.0	17	0	12.7	1.4	13.3	0	14.1	0	18	0	16.2	0.4
5	27	16.0	0.0	16.2	0	11.6	2.3	14.3	0	17.1	0	17	0	16.6	0
5	28	17.2	0.0	12.9	0.8	11.9	0	15.5	0	18.4	0	17.8	0	17.1	0
5	29	16.6	2.4	14.7	0.6	13.3	0	17	0	16.2	0	19.5	0	19.3	6.4
5	30	14.6	15.6	15.4	3.7	14.1	0	19.2	0	11	0	19.9	0	17.1	24
5	31	13.3	1.4	14.4	0	14	0	19.1	0	10.5	0	19.7	0	13.6	10.3
6	1	14.1	1.0	11.9	0.8	17	1.9	19.3	22.3	13.2	0	11.9	0.3	12.2	4.1
6	2	13.7	9.5	9.5	2.4	14.2	0	13.4	0	13.7	0	10.6	0	13.7	9.1
6	3	13.4	13.8	9.2	7.3	16.2	0	13.4	0	15	0	10.9	0	14.9	0
6	4	14.7	0.0	8.9	4.6	17.6	1	15.3	0	16.1	0	14.8	0	12	28.3
6	5	14.8	1.1	7	0	18.1	2	16.8	0	16.6	0	16.8	0	13.1	0
6	6	17.0	0.4	9.3	0.2	16.7	0.1	19.1	0	17	0	18.9	0	15.6	0
6	7	15.2	4.0	7.8	3.4	16.9	0.2	19.1	34.6	18.5	4.7	19.4	0.4	15.9	0
6	8	15.6	0.0	11.8	1	16.7	0	17.2	0.3	15.7	4.8	18.1	0.1	15	0
6	9	18.0	0.0	7.4	0.8	16.8	1	13	0	11.1	0	19.8	0	18.2	0
6	10	13.2	0.0	8.7	0	13.9	2.2	13.3	0	12.9	0	20.3	1	19	0.1
6	11	15.1	0.0	10.8	0	11.4	0	11	0	12.4	0	20.3	0	17.4	0
6	12	18.1	0.0	12.2	0	12.8	0	11.1	0	13	0	21.7	0	17.3	0
6	13	19.5	0.0	11.6	0.1	13.4	0	13.9	0	14.5	0	21.6	0	19.5	0
6	14	20.9	0.0	14.7	1.4	16	0	16.6	0	15.5	0	21.5	0	18.8	0
6	15	21.4	1.3	16	2.9	16.8	0	17.4	0	15.5	0	22.5	0	18.5	0
6	16	13.6	0.0	16.4	6.7	17.6	0	18.9	0	15.8	0	22.5	0	16.3	0
6	17	10.4	0.0	16.7	0	19.5	0	18.7	1.9	18.4	0	21.7	2	14.6	0
6	18	10.4	0.0	16.7	0	19.2	0	18.4	0	20.5	0	21.3	4	14.4	0
6	19	12.6	0.0	12.5	0	19.2	0	15.6	0	20.8	0	20	3.9	15.8	0
6	20	19.2	0.0	10.3	0	19.5	1.7	16.4	0	20.4	0.1	19.4	0	15.7	0

6	21	19.8	0.2	11.2	5.7	18.7	0	18.9	0	19.8	1.4	14.8	0.2	17.2	0
6	22	20.9	0.0	11.8	12.7	12.9	3.1	20	0	19.7	0	13.4	0	14.2	0
6	23	20.7	0.0	10.5	0.2	14.1	0	20.5	0	22	0	11.8	0	14.4	0
6	24	22.8	0.0	13.1	0	15.7	0	21.3	0	19.7	0	13.2	0	15.8	0
6	25	23.4	0.0	14.2	0	17	0	13.5	3.4	15.7	4	11	0	17.3	0
6	26	23.1	0.0	16.9	0	20.2	0	14.9	0	18.2	0.3	14.3	0	16	0
6	27	15.2	0.0	18.2	0	21.4	0	17.3	0	19.4	0	16.9	0	13	0.1
6	28	13.6	0.0	20.4	1.1	20	0	21.8	0	20.1	0	19.9	0	8.5	10.1
6	29	14.8	0.0	19.6	0	15.4	0	24.6	0	20.4	4.7	20.7	0	10	3.4
6	30	18.1	0.0	17.8	0.2	16.7	3.4	24.9	0	20.3	0.3	20.1	0	11.7	0
7	1	20.8	4.0	17.2	1	14.8	0	25	0	18.5	0	20.6	0	13.4	0.7
7	2	16.2	3.5	17.2	0	13.2	0	24.7	0	17.1	0	16.8	0	12.9	6.1
7	3	15.5	6.1	18.7	0	14.4	0	23.7	0	15.6	4.2	18.2	0	12.7	0
7	4	18.8	0.0	16.2	0	17.7	0	24.2	0	14.1	1.4	20.6	0.2	11.9	0
7	5	16.3	0.0	13	0	20	0	21.8	0	16	0	19.1	0	12.5	0
7	6	14.7	0.0	12.9	0	15.6	0	19.4	0	18.6	0	17.7	0.2	14.2	0
7	7	16.1	0.0	14.6	0	16.5	0	19.8	0	21.3	0	13	3.5	17	0
7	8	20.3	0.0	17.4	0	19.8	0	21.5	0	22.5	0	11.7	0	19.5	25.6
7	9	24.1	0.0	16.8	0	22.8	0	21.7	0	21.1	1	15.3	0	18.9	0.2
7	10	23.7	0.0	17.6	0.4	12.2	0	23.7	0	19.3	3.9	17.9	0	15	0.1
7	11	25.0	0.0	16.7	0	13.1	0	25.5	0	18.1	0	17.7	0	16.9	0
7	12	25.4	0.0	19	0	15.8	0	25.2	0	20.1	0	19.5	0	19.3	0
7	13	23.9	0.0	21.1	0	17.8	0	23.7	0	21.8	0.3	21.4	0	22	0
7	14	21.1	0.0	23.3	0	21.2	0	24.3	0	18.7	0	20.7	0	21.3	0
7	15	21.8	0.0	24.5	27.8	23.2	0.4	26.3	3.1	20.2	0	20.4	0	21.5	0
7	16	23.5	0.0	22.3	0	24.7	0	23.1	0.2	22.5	0	20.8	0	15.8	8.2
7	17	24.0	0.0	23.2	0	23.9	0	21.7	0	24.1	0	22.6	0	16.9	0
7	18	23.3	0.0	24	0	22.4	0	21.8	0	24.6	0	24	0.7	17.3	0
7	19	23.2	0.0	24.7	0	19.5	0	22	0	26.5	0	24.8	0	16.4	0
7	20	24.5	0.4	24.3	1	14.9	0	21.2	0	28.1	0	23.6	0	18.8	0
7	21	22.1	0.0	20	0	15.2	0	22.2	0	27.3	0	23.6	0	20.4	1.8
7	22	23.2	0.0	20.3	0	17.7	0	23.7	0	21.9	0	24.5	0	16.5	50.3
7	23	22.2	0.0	23.2	0	20.1	0	23.5	0	22.6	0	24.2	0	19.5	39.2
7	24	21.0	0.0	22.8	0	24.4	0	23.5	0	25.2	0	24.6	4.8	18.9	0
7	25	17.6	0.0	22.2	0.2	20.4	0	23	0	25.6	0	23.2	0.8	20.6	0
7	26	17.1	0.0	23.8	0	19.1	0	23.3	0	19.6	0	15.4	16.7	21.4	0
7	27	19.7	0.0	25.5	0.1	20.6	0	24.7	0.8	20.7	0	14.9	0.7	22.2	0
7	28	21.9	0.3	24.9	1.1	24.5	0	24.3	2.4	23.5	0	18.3	0	22.2	4.4
7	29	19.4	0.0	23.4	0.2	25.8	0.3	22.3	21.8	25.3	0	21.5	0	21.4	0
7	30	14.9	0.0	23.7	0	19.8	0	21.7	0	24	0	22.2	0	22.3	0.3
7	31	17.3	0.0	22.8	0.5	17.5	0	20.1	0	23.8	0	21.2	0	21.5	0
8	1	20.4	0.0	23.6	0	20.3	0.4	19.7	0	24.6	0.5	23	0	22.9	0
8	2	22.4	0.0	24.1	0	22.4	0	22.4	0	23.7	0	20.8	0	22.9	0.7
8	3	23.6	0.0	24.6	0.1	23.2	0	23.8	5.5	22.9	0	20.3	0	24	0.1
8	4	24.8	0.0	24.2	0	23.8	1.1	23.8	0	20.2	0	22.4	0	24.8	0

8	5	25.6	0.0	25.4	0	25.1	1.1	24	0	20	0	20.5	0	20.4	0
8	6	26.0	0.0	26.1	0	24.8	2.9	24.5	0	19.7	0	20.9	0	19.3	0
8	7	23.5	0.0	24.9	0.2	21.2	0	22.6	0	18.2	0	19.5	3.2	19	0
8	8	15.8	0.0	21.4	0	19.4	0	23.1	0	18.9	0	19.3	0	19.5	15.1
8	9	14.0	0.0	15.8	0	19.4	0	20.2	0	20.5	69.3	21.8	0	20.6	0
8	10	18.3	0.0	17.5	0	21	0	17.5	0.2	21	0	19.7	0	18.5	24.7
8	11	18.7	0.0	18.9	0	21.6	0	18.5	0	21.6	0	19.7	0	18.2	0
8	12	21.9	0.0	20.2	0	23.6	0.1	20.3	0	23.1	0	19	0	19.5	0
8	13	22.9	0.0	21.2	0	22	0	19.9	0	20.9	0	18.2	15.5	22.4	0
8	14	24.5	0.0	20	0	21.1	0	19.4	17.5	18.9	0	18.8	2.1	22.7	0
8	15	25.7	0.0	19.5	0	19.9	0	20.6	0	19.1	0	19.2	0	23.8	3
8	16	25.7	0.0	21.3	0	21.5	0	23.2	0	21.5	0	21.7	0	21.1	7.8
8	17	24.3	0.5	24.1	0	22.9	0	22.2	0	24.7	0	21.9	0	21.6	14.5
8	18	24.5	2.5	24.2	0.3	23.5	0	21.2	0	21.8	0	23.3	0.8	22.1	0
8	19	24.4	0.0	21.4	4.5	25.3	0	23	0	20.4	0	20	0	22.7	0
8	20	22.5	0.0	18.9	0	26.5	0	22.8	1.3	18.9	15.2	20.3	0	23	0
8	21	23.0	0.0	19.5	0	25.7	0	23.6	0	18.6	1.6	18.2	0	21.9	0
8	22	19.7	0.0	20.6	0	21.4	0	22.9	0	18.5	11.9	17.6	0	22.7	0.8
8	23	20.5	0.0	21.4	0	20.3	0	21.7	0	18.2	0	19.1	0	22.4	0
8	24	22.4	0.0	23.5	0	16.8	6	19	0	16.4	0	15.2	0	21	14.8
8	25	24.2	0.0	25.9	0.1	16.1	0	20.3	0	17.5	0	15.4	0	17.2	11.3
8	26	24.8	0.0	22.4	0	16.1	0	21.4	0	17.9	0	18.7	0.6	18.9	0
8	27	25.7	0.0	21.9	0	12.6	0	22.5	0	18.4	0	15.2	0.8	15.2	8.3
8	28	24.0	0.0	19.6	4.3	12.8	0	24.3	0	16	0	14	0	12.5	0
8	29	22.8	0.0	13.4	0	13.5	0	23	0	16.4	0	14.3	0	14.4	0
8	30	20.6	0.0	15.4	0.8	14.6	0	22.3	0	18.6	0	13.1	0	17.3	0
8	31	19.7	0.0	12.2	0.6	17.1	0	18.3	0	18.6	0	14.4	0	19.1	0
9	1	19.2	0.0	12.4	0	18.5	0	17.5	0	17.3	0	15.4	0	15.8	23.4
9	2	19.2	0.0	15.9	0	19.2	0	16.7	0	19.1	0	15.2	0	14.8	0
9	3	20.0	6.3	17.7	0	17.4	0.2	17.6	0	19.4	0	14.4	0	17	0
9	4	18.7	13.7	17	0	17.9	0	17.5	0	14.2	8.3	15.6	0	19	0
9	5	19.1	0.0	17.5	0	17.6	0	18.4	0	12.9	0.8	16.9	0	20.8	0
9	6	19.8	0.0	19.2	0	17.5	0	20.3	0	14.7	1.6	17.5	0	19.2	0
9	7	20.3	0.0	18.9	0	17.2	0	21.4	1.1	14.6	0.1	18.2	0	19.6	0
9	8	20.1	0.0	18	8.4	16.7	0	13.9	0	14.4	0	17.4	0	19.2	0
9	9	20.4	0.0	14	0	14.6	0	14.8	0	14.2	0	13.7	0	20	0
9	10	21.0	1.0	17	0	14	0	19.1	0	15.3	0.6	13	0	20.4	0
9	11	18.7	12.6	17.8	0	14.3	0	19.9	0	17.2	0	12.4	0	21	0
9	12	17.1	2.2	19.9	0	16.2	0.9	17.7	4	12.5	0	13.3	0	20.1	0
9	13	17.1	0.0	19.8	0	10.2	0	12.9	1	11.9	0	13.7	0	15.9	5.4
9	14	18.7	0.0	20	0	11.3	0.6	10.9	0.4	14.5	0	14.3	0	15.3	2.8
9	15	19.1	0.0	19.9	0	14.4	0	10.7	0	13.8	0	15.6	0	18	0
9	16	22.2	0.0	20.8	0	12.2	9	12.4	0.2	11.7	3.8	14.7	0	16.8	0
9	17	22.1	0.0	22.1	0	15.3	0	10.5	0	9.8	12.2	12.3	1.4	17.6	0
9	18	21.7	0.0	18.1	0	15	3	10.7	0	10.8	0	12.2	1	17.9	0

9	19	21.7	0.0	18.9	0	16.3	0	13.4	0	8.8	2.6	13	0.6	17.7	0
9	20	20.4	2.0	19.4	0	17.8	0	15	3.2	11.6	0	13.7	12.6	17.1	1.9
9	21	19.5	0.0	16.9	0	17	14.2	8.9	1.9	11.6	0	13.2	2.1	16.9	0
9	22	19.3	0.0	13	0	12	17.5	9	0.6	11	0	10.7	0	17.7	0
9	23	19.3	0.0	12.2	0	8.7	0	8.1	11.7	12	0	11.2	0	18.3	0
9	24	18.8	1.0	13.1	0	10.4	0	10.7	0	11.8	0	13.3	0	17.9	2.3
9	25	14.7	11.0	16.6	7.6	10.9	0	12.9	0	9.1	0	12.6	0	16.9	0
9	26	10.8	0.0	13	2.9	10.7	0	12.3	0	11.5	0	13.5	0	16.2	0.6
9	27	9.7	0.0	7.7	5.6	8.9	0	13.2	1.8	13.2	0	17.7	0	17.4	0
9	28	8.7	11.8	11.2	0	7.7	0	11.5	0.1	15.8	0	18.7	0	15.9	0
9	29	7.3	0.7	13	0	8.2	3.2	11.9	0.8	17.3	0	18.9	0	17.1	0
9	30	11.0	0.1	15.2	0	10.7	5	15.4	0.1	15.5	0	18.8	0	18	0
10	1	12.4	0.0	15.1	0	9	5.8	14.3	2.8	16.7	0	10.9	0	18	0
10	2	13.2	0.0	15.1	0	8.4	2.3	13.6	0	18.6	0	8.8	0	17.9	0
10	3	13.0	0.0	13.3	1.5	10.1	0	13.6	0	17.4	0.3	13.5	0	17.4	0
10	4	12.9	0.0	8.7	0.7	14.9	0	13.1	3.2	16.4	0.2	13.1	0	18.2	0
10	5	14.3	0.0	10.7	0	10.7	10.1	10.8	0	12.1	5.2	9.5	0.8	16.9	0
10	6	8.9	0.0	10.9	0.5	9	3.1	11.9	0	12.6	0	5.9	1.2	17.6	3.6
10	7	9.3	0.0	10.2	0	8.2	5.1	10.9	0	14.2	0	8	0	16.4	0
10	8	8.9	0.0	9.8	2.7	6.5	6.3	11.4	0	14.2	0	10	0	16.6	0
10	9	8.5	20.1	9	8.5	6.5	29.8	10.9	3.6	14.6	0	11.2	0	17.2	0
10	10	8.2	20.4	9	0.9	13.2	7.8	14.5	0	15.7	0	12.3	0	18.4	0
10	11	8.8	4.6	8.9	0	9.7	19.4	15.4	0	15.5	0	10.7	0	19.6	0
10	12	8.8	2.7	9.4	0	8.8	4	16.1	0	14.2	0	11.4	0	14	0
10	13	8.3	0.9	9.1	0	8.4	5.8	15	0	12.8	0	10.8	18.8	10	0
10	14	9.6	2.0	8.8	0	8.1	0	14.6	25.3	10.6	4.7	10.6	9.4	8.9	0
10	15	8.7	1.3	5.5	6.9	6.9	0.2	12.6	15.2	11.9	0	9.8	0	10.9	0
10	16	8.6	0.0	9.7	15.3	8.9	7	11.9	2	11.5	0	10.3	0	14	0
10	17	10.0	0.0	5.6	0.8	9.4	0.8	11.6	0	13.1	0	10.7	0	13.1	0
10	18	11.1	0.5	5.3	9.6	9.1	0	12.7	4.5	15.4	0	14.5	0	14.6	0
10	19	5.9	0.0	7.1	5.3	8.7	0	11.2	3.7	14.4	0	15.4	0	14.9	0
10	20	5.2	0.0	8.2	2	8.1	0	8.7	5.4	13.2	0	12.7	0	14.5	0.1
10	21	5.2	0.1	5.5	0	5.9	0	8.9	0.4	11.3	0	15.4	0	16.2	1.6
10	22	3.5	0.0	3.7	0.2	3.2	0	11.7	9.3	10.5	0	16.6	0	14.7	6.9
10	23	4.0	0.0	9.4	0.9	3	0	9.3	0.5	12	0	15.1	0	12.9	0
10	24	5.5	0.0	11	0	4.6	0	8.2	1.5	11.2	0	14.1	0	11.4	0
10	25	7.5	8.9	8.9	0	5	0.2	8.9	4.6	15.1	0	14.3	0	10.9	0.6
10	26	9.5	5.8	8.6	0	4.1	0	8.1	0	15.1	0.1	12	0	14.6	0
10	27	6.9	1.4	11.6	4	6.5	7.4	6.1	27.9	15.8	0.2	11.5	0	11.5	9.4
10	28	7.3	0.5	12.8	2.1	6.7	4.2	8	0	15.7	0.2	13.5	0	10.5	0
10	29	6.2	0.0	11.5	10.5	7.4	0	7.4	0	11.2	0.7	10.4	0	8	0
10	30	9.6	0.0	7.3	6.8	4.6	0	9.7	0	9.3	0	9.3	0	10.8	0
10	31	11.6	0.0	4.3	0.1	8.6	3.1	9.4	0	9.4	0	8.6	0	7.8	0
11	1	11.3	0.0	4.4	0	11.2	1.9	10	0	13.2	0	10.7	0	9	0
11	2	9.3	3.7	6.2	0	9.6	3.6	11.6	0	14.5	0	13.2	0	7.8	2.1

11	3	12.8	4.7	9.5	0	8.7	1	9	7.2	14.3	0	12	0	11.5	9.5
11	4	7.1	0.4	12.5	0	10.7	0	5.7	12.4	9.7	0	9	3.7	10.9	0.9
11	5	6.0	0.0	12.3	0	7.6	1.6	3.7	3.7	6.6	0	7.9	0	9.7	30.3
11	6	4.2	0.0	10.9	0	5.3	4.7	5.2	3.2	7.5	0	8	0	8	5.5
11	7	5.0	0.0	11.4	0	6.9	0.6	7.8	4.7	10.6	0	8.4	0	5.6	2.7
11	8	7.1	0.0	11.7	0	6.4	0	9.6	2	12.2	0	7.8	0	8.6	16.1
11	9	5.3	0.0	9.9	0	6	0	11.2	1.8	11	3.1	9.2	0	6.3	2.4
11	10	4.5	0.0	9.1	0	5.3	0.4	10.7	0.8	9.3	2.7	7	10.2	5.9	19.7
11	11	4.5	0.0	10.3	0	7.8	0	9.4	0	9.3	4.4	6	9.8	4.2	4.1
11	12	5.2	0.5	9	0	7.1	0	8.9	6.5	6.9	1.3	4.5	2.5	3.7	4.3
11	13	7.5	5.2	8.9	0.3	6.2	0	9.7	0	5.9	0	4.8	0	5.4	4.5
11	14	5.6	3.8	9.7	0.4	8.8	0	8.7	0	6	0	4.3	0	8.4	0
11	15	9.5	12.6	6.3	1.3	4.5	0	10.3	0	9.8	0.5	1.5	0	7.6	0
11	16	7.0	0.0	6	0	3.3	0	7.8	0	10.8	0	-0.1	0	8.1	0
11	17	5.6	0.0	6.6	0	3.5	0	10.9	0	11.2	5.6	3.1	0	9.4	0
11	18	8.0	2.7	10.1	0	3.7	0	11.5	0	9.5	17.3	2.5	0	8.5	3.9
11	19	3.9	1.0	8.7	0	2.9	0	10.9	0	10.7	0	3.2	6.3	7.5	2
11	20	3.2	0.9	9.1	0	1.8	0	9.7	0	10.6	0	5.8	5	6.6	0.8
11	21	1.9	0.0	6.7	0	1	0	10.2	0	9.9	4.7	8.1	5.9	6.5	1.8
11	22	1.6	0.0	8.3	0	1.2	0	9.1	0	6.9	0.6	8.9	5.7	5.1	0
11	23	0.8	0.0	7.9	0	4.9	0	9.9	0	6.6	0	7.2	0.9	4.1	0
11	24	2.6	0.0	6.6	0	2.7	0	10.2	0	4.5	0	5	0	3.1	2.4
11	25	4.2	0.0	9.2	0	2.4	0	10.1	0	5	5.3	7.7	0	4.7	4.3
11	26	4.2	0.0	11.1	0	4.1	0	8.5	0	2.7	1.6	10.1	0	7.6	0
11	27	6.0	0.0	8.5	0	2.5	0	9	0	2.5	1.2	7.1	3.7	6.6	0
11	28	4.5	0.0	8.2	0	3.7	1.1	6.5	0	4.2	0	4.2	0.5	7.4	1.2
11	29	3.6	7.8	8.3	0	7.7	0	8	0.1	3.1	0	4.6	0	6	9
11	30	6.6	0.0	5.6	0.5	5.6	0.5	8.4	0	5.4	4.8	7.4	0	5.3	0.9
12	1	5.9	2	6.5	0	3.5	0	6.6	0	4.7	0	8.3	0	5.9	0.6
12	2	6.2	0.2	8.5	5.6	6.9	0	6.7	0	3.6	0.5	7.9	0	5.7	0.5
12	3	5.6	0	6.9	2.8	4.2	0	7.8	0	7.8	2.7	5.5	0	2.3	0
12	4	6.1	0	6.8	24.9	6.1	0	8.8	0.3	4.2	7	4.7	8	-0.4	0
12	5	5.4	0	3.9	0.2	5.9	0	8.3	2.3	1.6	0	2.5	13.2	1	0
12	6	4.8	0	6.4	12.6	4.9	0	5.3	0	-1	0.1	2.1	0.1	1.3	0
12	7	0.9	0	4.6	0.9	2.7	0	2.9	3.5	0.2	14.2	3.7	0	2.7	0
12	8	3.8	0	3.4	0	6.4	0	4	0.1	1.3	2	5.2	3.5	6.5	0.6
12	9	0.3	0	5.2	0	5.9	0	7.4	1.1	3.5	0	5.4	0	5.1	0.2
12	10	3.5	0	3.5	0	3.9	0	8.6	0	6.3	0	3.6	0	7.7	0
12	11	4.1	0	4.8	0	5.2	0	8.5	0	6	0	3.7	3.1	9.8	5.2
12	12	3.4	0.1	5	0	4.4	0	9.4	0	6	0	8.3	13.6	6.1	1.6
12	13	2.4	0.3	7.3	0	3.7	1.2	9.5	0	3.2	0	8.7	6.8	3.5	0
12	14	3.4	1.7	4.3	0	2.1	0	9	0	-1.7	0	5.2	0.1	3.5	0
12	15	3.8	0.2	3.4	6.1	0.2	0	4.3	0	-1.8	14.6	2.1	0	4.1	0.4
12	16	4	0.1	4	3.8	5.7	0	3.7	0	3	0	2	0	-1	26.3
12	17	3	0	2.5	0	2.5	0	2.9	0	3.5	0	6	0	5.6	25.1

12	18	5.9	0	3.1	0	3.8	0	0.7	0.1	4.5	0	8.1	14.1	7.3	10.3
12	19	5.6	0	4.9	0	8.2	0	3.1	0	3.6	0	5	5.3	5.3	5.5
12	20	5	0	5.5	0	9.2	0	3.7	0	4.3	0	4.7	7	2.8	0.2
12	21	4	0	2.7	0	4.6	0	3.4	0.5	8.6	0.8	7.1	5.6	3.6	2.2
12	22	6.7	0	4.3	0	0.4	0	1.1	0.1	8.9	10.1	7.4	1.6	7.5	8.5
12	23	7.4	0	5.5	0	0.4	0.6	-0.4	0	8.5	11.6	6.3	3.6	5.1	0
12	24	6.2	0	6	0.5	4.4	0	-0.1	0	10.8	16.5	4.2	1.6	4.6	0
12	25	5.1	0	5.7	1.1	4.6	3.9	-2.1	0	10.8	25.2	3.1	5.7	6.7	0.9
12	26	4.5	0	6.1	0	6.3	0.2	-1.3	0	5.2	14.7	2.8	0	5.5	0.1
12	27	8	0	4.2	0	4.1	0.2	0.2	0	3.5	7.9	2.1	0	4.2	0
12	28	5.8	0	4.1	0	2.5	0	4.6	0	6.4	0.6	0.3	0	2.4	0.2
12	29	3.5	0	0.9	0	5.7	0	4.1	3.5	5.8	10.8	-3.5	1.5	4.6	0.2
12	30	1.8	0	-2.2	0	8.9	0	8.8	9.4	7.1	9.7	0.7	0	6	0.7
12	31	1.7	0	-1.1	0	7.8	0.5	10.1	14.4	6.7	5.2	0.6	6.2	3.6	10

mi	di	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004	
		ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]
1	1	2.1	0	3.3	0	3.6	0	4.6	5.5	3.6	7.7	7.6	2.5	2	0
1	2	5.7	0.2	2.5	0	1.7	0	5.1	1.1	3.1	0.5	9.6	24.5	4.4	0
1	3	9.1	1.8	4.2	0	1.1	0	4.5	11.7	5.1	4	7.5	0.5	3.5	0
1	4	7.7	0.4	6.6	0	2	0	5.4	0.2	4.3	0.6	5.5	0.2	5.9	0
1	5	6.5	0	6	0	2.2	0	7.9	14.1	5.3	0	3.7	9.4	5.1	0
1	6	4.8	0	6.7	0	2.2	0	3.8	3.6	2.1	0	0.8	0.7	3.2	0.1
1	7	5.9	0	5.2	0	4.3	0	1.7	0	1.5	0	0.6	14.6	1.4	0.1
1	8	6.1	0	5.1	3.9	4.4	0.4	1.7	0	0.2	0	1.5	0.4	6.1	0.1
1	9	5.4	0	2.9	29.1	2.4	1.1	1.1	1.1	2.9	0	-0.6	5.8	9	0.1
1	10	6.4	0	-2.3	0	0.6	0	6.7	2.1	2.2	0	-1.5	0	9	0.6
1	11	5.4	0	-2.9	0	1.3	0	6.1	3.3	2.6	0	-1.4	0	9.4	0
1	12	7.9	1.3	-3	0	1.7	0	6.4	0	2.8	0.7	-2.5	0	9.1	0
1	13	4.1	1.4	-0.6	0	0.7	1.2	6	0	6.9	1.1	-1.7	0	8.2	0
1	14	3	0	-1.3	0	0.4	8.5	4.2	0.4	5	0	1.8	0	5.8	0.5
1	15	3.8	0	2.7	0	0.5	0	2.6	0	1.8	0.8	3.2	0	3.1	0
1	16	5.9	0	2.3	7.5	1.2	0	2.1	0.2	3.5	0.5	1.6	0	5	0.5
1	17	4.5	0	3	0.3	-1	0	3.2	1.8	3	5.2	1.6	0	4	4.6
1	18	5.2	0	2	0	4.2	0	3.7	3.1	3.9	0.1	2.1	1.4	0.5	1.2
1	19	7.5	0.3	2.4	0	4.1	0	3.5	0	3.4	1	4	0.4	0.9	0
1	20	5.4	0	4.1	0	1.2	0	3	0	3.3	0	3.9	11.8	1.9	0
1	21	5.3	0	3.3	0	2.9	0	2.1	0	4	1.2	4.8	1.8	4	0
1	22	7.9	0	3.7	0	0.7	0	2.2	4.5	3.1	0	3.3	5	2.1	0
1	23	4.2	1.6	2.9	0	1.4	0	8.3	5.7	5	8.3	3.4	0.1	5.3	0
1	24	2.6	0	4.2	0	-0.1	0	6.3	7.4	4.5	0	4.6	0	8.6	0
1	25	0	0	5.5	0	-2.3	0	2.7	3.8	5.9	0	6.1	0	4.1	4.6
1	26	-1.9	6.5	3.8	0.1	-0.8	0.4	3.5	26.2	8.2	0	6	0	8.7	15.4
1	27	1.7	0	6.1	0	1.5	0	5.2	4	8	0	10.2	0	5.2	3.7

1	28	2.6	0	8.5	0	2.8	0	3.2	4.6	6.6	0	6.1	0	1.7	0
1	29	4.4	5.2	7.7	0	3.6	0	2.7	0.1	7.4	0	0.9	2.3	3.1	0
1	30	4	0.3	3.9	0	6.9	0	3.6	0.4	7	0	-0.6	4.6	0.5	2.7
1	31	4.6	0.7	-0.3	0	7.7	0	6.8	0	5	0	-3.9	8.7	3.6	1.2
2	1	6.5	1.9	-0.8	0	6.2	2.8	5.3	0	7	0	0.2	0	9.4	0.1
2	2	4.9	13.5	4.5	0	8.3	0.1	6.3	0	4.6	0	1.6	0	7.4	0
2	3	5.2	1.3	4.8	0	8	0	4.8	0	4.6	0	3.2	1.2	7.2	0
2	4	4.6	0	10.3	0	9.3	0	4.2	0.6	5.9	0	4.8	3.4	8.5	0
2	5	4.4	0	10.2	0	7.6	0	6.6	0	6.1	14	3.7	0	9	0
2	6	3.8	0	5.9	0	4.6	0	8	6.8	3	0.4	4.8	0	8.2	0
2	7	4.9	0	3.3	0	5.6	0.1	5.9	2.9	5.8	0	4.8	0	8.1	0
2	8	6	0	5.7	0	7.6	0.3	3.6	3.6	8.7	0	3.4	0	5.6	0
2	9	5.5	0	1	7.1	7.6	0	2.1	0.3	7.5	0	2.6	0	3.9	0
2	10	6.3	0	-1.9	2	5.4	0	8.6	0	7.8	0	4.8	0	4.6	0
2	11	6.2	0	-0.9	0.5	7	0	9	0	7.1	0	5.7	0.4	6.8	0
2	12	7.7	0	0.6	0	6.1	0	9.1	0	7.6	0	5.5	0	8.1	0
2	13	8.5	0	-2.2	0	6.2	0	7.1	0	8.3	0	3.6	0	6.3	0
2	14	10.3	0	-1	0	9.6	0	3.8	0.5	3.2	0	0.7	0	6.2	0
2	15	11.7	0	2.8	0	7.9	0	6	0	2.2	0	-1.3	0	6.4	0
2	16	11.6	0	2.1	0	6.6	0	6.4	0	-0.1	0	0.8	0	3.5	0
2	17	12.2	0	3.5	0	5.6	0.2	4.7	0	2.7	0	-1	0	4.3	0
2	18	10.8	0	4.6	0	9.1	0	0.9	0	3.6	0	-3.5	14.1	1	0
2	19	10.1	0	8.2	0	8.2	0	4.6	0	3	0	-0.5	3	0.8	0
2	20	8.7	0	7.2	0	8.1	0	4.3	0	2.6	0	1.9	0	-2.7	12.3
2	21	6.5	1.8	8	0	6.4	0	6.6	0	5.4	0	0.4	0.2	2.8	7.3
2	22	3.4	0	9.1	0	4.5	0	7.4	0	6.8	0	3	2.2	2	3.3
2	23	3.3	0	6.7	0	6.4	0.3	8.2	0	9	0	5.3	0.5	3.3	0.2
2	24	5.3	0	4.7	3.3	9.8	0	4	0	7.1	0	5.5	0.7	-0.6	9.6
2	25	6.1	0	5	0.2	9	0	1.3	0	6.1	0	5.3	38.4	2.2	10.3
2	26	7	0	6.8	0	9.3	0	0.7	0	7	0	5.2	0.3	0.1	0.4
2	27	7.6	0	5	4.3	9.5	0	1.3	0.8	6.9	0.9	5.4	0	-1.6	2.4
2	28	6.8	0	5.4	0	7.4	0	1.1	0	4.9	9.7	5.2	0	-1	4.6
2	29					6.8	0							-2.2	0
3	1	5.7	0	6.1	0	8	0	0.8	22.6	3.1	0.8	6.7	0	-3.4	0
3	2	5.8	0	7	0	6.5	0	7.7	11.7	2.8	0.4	8.1	0.2	0.1	0
3	3	10.8	0	5.4	4.1	7.5	0	8.1	16.3	0.5	4.5	9.8	0.2	4.1	0
3	4	11.4	0	2.7	0	7.8	0	7.8	9.4	1.4	2.9	11.3	0	6.1	0
3	5	12.6	0	1.8	1.2	9.2	0	10.1	0.1	2.8	0	10.4	8.6	8.5	2.1
3	6	11.1	0	0.8	0	9.3	0	13.1	6.5	4.2	0	6.7	0	6	0
3	7	11.9	0	2.3	0.3	11	0	11	5.5	5.4	0	6.7	0	5.7	0
3	8	9.6	0	6.6	0	10.2	0	6.4	5.4	10.7	0	8.3	0	4.7	0
3	9	7.8	0.3	7.8	0.2	11.8	0	9	1.8	6.6	0	8.8	0	6.8	0.3
3	10	7.8	0	8.3	0	12.7	0	12.3	1.1	8.1	0	9.7	0	6.8	1.3
3	11	5.4	1.5	8.6	7.6	11.2	0	14.2	0	8.9	0	10.7	0	5.7	0
3	12	2.5	0	7.9	1	12.6	0	6.7	3.3	9.9	0.2	11.5	0	5.2	15.1

3	13	3.2	0	5.3	0.5	11.4	0	5.3	0	9.1	3	12.6	0	3.9	0
3	14	6.7	0	8.2	0.8	10.6	0	7.8	0	5.9	4.3	11.7	0	5.9	0
3	15	7.9	0	8.8	0	9.6	0	8.9	0	6.7	7.8	9.9	0	9.5	0
3	16	12	0	10.2	0	9.5	0	9	3.2	6.4	0.5	6.4	0	9.5	0
3	17	10.2	0	10.5	0	9.9	0	6.6	0	3.8	0.9	5.1	0	10.3	0
3	18	10.3	0	9.3	0	9.8	0	8.7	0	7.9	0	5.2	0	10.8	0.3
3	19	11.1	0	8.2	0	4.4	0.2	9	0	10.9	0	6.7	0	9.6	0
3	20	11.9	0	7.7	0	5.6	5.4	11.8	2.4	13.9	0	7.4	0	12.5	0
3	21	10.2	0	8.4	0	6.7	2.2	12.7	1.5	12.8	0	7.2	0	10.6	0
3	22	10.3	0.8	6.7	0	6.1	2.7	14.3	0	13.7	0	6.8	0	4.2	0
3	23	9.8	6.8	8.1	0	7.5	1.8	15.1	0	13.8	0	10	0	4.5	0
3	24	7.1	0	7	2.2	7.5	0	10.5	2.6	15	0	10.6	0	3.2	0
3	25	7.3	0	5.1	8	5.1	0.4	7.9	1.7	10	0	8.6	0	2.3	0
3	26	9.5	0	4.2	0.8	5.2	0	7	5.3	9.9	0	10.8	2.3	2	0
3	27	11.9	0	3.7	1	5.8	4	7.4	0	8.3	0	9	9.1	1.5	1
3	28	12.2	0.5	5.7	0	2.2	0	7.6	5.1	6.1	0	9.1	0.4	-0.4	12.2
3	29	10.2	6.8	8.8	0	2.6	0	7.3	0	5.6	0	9.9	12	3.2	21.3
3	30	10.5	0.2	9.9	0	4	2.6	8.9	0	8	0	7.9	9	6.7	7.3
3	31	9	4.5	10.5	0	6.3	0.1	13.1	0	9.6	0	9.7	0	6.3	0.5
4	1	8.8	2.6	9.7	0	6.5	0	11.5	0	10.3	0	11.1	0.7	4.4	11.4
4	2	9.1	1.4	10.2	0	6.5	4.4	12	1.5	7.9	0.8	6.9	0	4.8	0.2
4	3	9.7	1.4	12.6	0	4.9	1.1	10	0	4.8	0	3.7	0	8.1	0
4	4	6.9	2.7	14.5	0	6	0	10	0.6	6.4	0	5.2	0	9.6	0
4	5	5.3	0.8	15.2	0	3.8	0	12.7	0	6	10.3	8.4	0	10.9	0
4	6	8.5	9.5	14.6	0.5	5.7	0	11.7	0	6.9	0.5	9.5	0	10.4	0
4	7	7.4	0	10	0	7.6	0.1	7.5	0.2	7.8	2.7	10.9	0	7.7	0
4	8	5.8	0.1	8.9	0	4.4	8.6	8.1	0	10	0	7.6	0	5.3	0
4	9	4	7.9	9.3	0	8.3	10.8	11.1	0	9.2	1.1	9.7	0	3.5	0
4	10	1.7	5.5	9.2	0	5.1	1	11.9	0	3.7	8.4	6.5	4.7	2.7	0
4	11	1.4	0.4	8.6	0	6.2	0	7.5	0	2.4	10.9	6.1	0.3	3.1	0
4	12	2.4	0	9.3	0	6.9	0.9	7.8	0	6.3	0	6.3	1	5.9	0.1
4	13	2.7	0.2	7.7	0	7.2	0	7.9	0	4.4	0	12.5	12	4.8	0
4	14	4.4	8.2	7.7	4.2	6.9	3.9	9.1	0	4.7	0	9.2	9.4	7.2	0
4	15	4.4	1.7	2.1	0	4.8	23.8	11.2	0	5.5	0	6.5	6.1	6.5	0.5
4	16	4.2	10.6	1.9	10.6	7	4.5	12.3	0	6.4	0	8.8	0	7.5	3.5
4	17	4.4	0.6	4.4	0	6.2	0.6	9.2	0	8.1	0	9.2	0	6.6	0.8
4	18	4.3	0	6.2	0	6.9	14.3	7.1	0	10	2.1	12.5	1	6.8	3.1
4	19	7.7	0	10	0	10.5	0.3	6	0	10.2	0	9.1	17	5	2.2
4	20	11	0	13.3	2	12.5	0	3.3	0	12.6	0	6.7	0.2	9.4	0
4	21	11.1	0	9.8	4.1	12.8	0	4.2	0	13.7	0	10.9	0	10.5	4.2
4	22	10.2	4.2	9.3	0.1	7.8	12.7	5.8	2.1	13.6	0	10.8	4.6	7.7	0
4	23	10.3	0	9.6	2.6	6.6	1	12.7	0.4	14.2	0	10.5	0	8.5	0
4	24	13.4	0	9	0	8.6	0	12.3	0	16.8	0	11.2	0	11.9	0
4	25	15.5	0	10.3	1.3	11.6	0.8	8.6	0	18.5	0	13.2	3.9	13.7	0
4	26	9.6	11.8	7.9	2.6	9.6	0	9.7	0	16.1	0	11.6	1.2	13.4	0

4	27	7.1	0.1	7.7	2.9	5.9	1.8	9.7	0.3	14.9	0	11.6	0	13.6	22.6
4	28	7.7	2.7	5.3	7.1	5.7	0	10.8	0	13.3	0	14.1	0	8	13.3
4	29	7.4	4.1	8.4	1.6	6.8	1.6	10.4	2.1	12.1	0	13.9	1.6	6.5	11.9
4	30	7.1	0.8	9.8	1.6	10	0	4.1	1.2	14.2	0	10.5	0.1	5	0.3
5	1	6.8	0.3	11.5	0.2	9.6	0	4.4	3.2	10.6	0	10.1	0	5.3	10.4
5	2	8.5	0	12	8.9	13.4	0	6	9.3	7	0.9	11.7	0	6.1	6
5	3	8	0	12	0.2	14.7	3.9	7.2	2.4	6.3	0	13.4	0	7	0
5	4	7.1	0	13.3	0.1	11.4	4.8	6.5	0.2	6.5	0	15.7	1.4	9.3	0
5	5	7.9	0	15.1	0.2	11.3	0.8	7.5	0	8.7	0.8	10.5	7.7	6.4	1.1
5	6	9.8	0	14.2	2.8	11.4	0.8	4.8	0	5	1.7	5.3	0.6	5.7	0.2
5	7	12.7	0	13.6	15.1	12	2.1	7.1	0	4.1	21.7	8.6	6.7	6.8	0
5	8	13.8	0	12.2	0	10.2	4	9	0.4	7.6	15.6	11.3	0.5	6.8	0
5	9	14.8	0	12.9	0	12.3	0.4	10	2.3	9	0.5	12.8	0	8.1	0.2
5	10	13.6	0.5	16.1	0	11.5	3.5	9.4	5	9.3	0	13.4	0	8.9	4.9
5	11	10.4	18.8	18.4	0	12.4	5.2	13.2	0	9.1	0	15.2	0.1	7.7	2.1
5	12	11.9	2.1	18	0	12.6	0	13.1	0	10.1	0	15.2	0	10.3	0
5	13	11.8	4	18.2	0	14.7	0	12.8	0	13.6	0	11.2	0	10.1	0
5	14	14.3	0.4	17.1	8.9	16.6	0	10.5	0.5	15.4	0	11	0	9.8	0
5	15	16.3	0	12.6	0	18	0	13.8	0	15.7	0	13	0	9.9	0
5	16	16.2	0	12.3	0.4	18	3.5	14.6	14.7	17.9	0	13.3	1.7	12.6	0
5	17	15.2	0	9.7	2	16.5	1	15	0	13.3	8.5	12.9	0	15.4	0
5	18	16.1	0	8	7.3	15.7	0	13.5	0	12.1	0	17	0	15.3	0
5	19	16.3	1.3	9	1.4	13.6	0	12.7	0	13.9	0	14.9	0	15	0
5	20	13.5	0	9.9	0	14.3	0	14	0	16.5	0	12.8	0	15.2	0
5	21	13.6	1.5	10.5	0	13.1	9.7	15.4	0	14.4	0.7	13.8	0	15.4	15.7
5	22	16.1	0	13.6	0	14.2	0	15.7	0	11.8	1	17.9	0	12.6	0.3
5	23	15	15.4	16.7	0	13.8	0	14.4	0.4	10.4	0	18.4	0	12.9	0
5	24	13	0	17.6	0	15.8	0	15.4	2	13.7	0	12.3	0	13.2	2.5
5	25	11.9	0	18.9	0	16.4	0	17.7	0	13.6	0	9.1	0	13.5	0.6
5	26	11.9	5	19.2	0	16	1	19.4	0	10	0.2	9.5	0	13.3	3.8
5	27	13.5	2.6	17.5	0	14	0	19.8	0	8.9	0	14.2	0	14.3	13.8
5	28	10.7	0	16.4	0	14	0	21.8	0	13.4	0	15.9	0	14.3	8.3
5	29	9.8	22.8	17.9	0	17.9	0	23.8	0	15.9	0	18.6	0	15	4.7
5	30	10.5	1.1	19	0.2	18.5	0	23	0	17.6	0	20	8.2	16.7	0
5	31	11.4	11.3	20.9	5	19.3	0	23.7	0	20.5	33.5	20.7	1.7	16.6	0
6	1	14.8	1.3	17.8	12.6	19.3	6.7	20.7	0	19.6	0	17.8	0	16.9	0
6	2	14.5	0	15.5	0	20.5	0	19.9	0	20.4	0	17.2	0	17	0
6	3	13.7	11.7	14.9	0	20	0	19.5	0	20.6	0.7	18.8	0	15.8	0
6	4	18.3	9.3	14.8	0	15.2	11.1	20	0	15	11.4	18.7	1	18	0
6	5	18.5	10.3	16.5	0	10	1.3	19.7	0	9.1	9.2	17.3	0.6	19.7	0
6	6	16.3	0	13.2	0	11.5	0	16.9	0	8.2	2.6	18.8	0	19.1	0
6	7	16.4	0	14.1	0	15.1	0	18.3	0	8.7	3.2	21	0	19.6	11.2
6	8	16.1	0	14.3	0	16.9	0	19.3	0	9	0.5	22.2	0	18.4	0
6	9	19.5	0	16.1	21	13.7	0	17.2	17	11.1	0	21	0	19.6	0
6	10	16.4	0	13.6	0.2	10.3	0	10.8	0.9	15.4	0	21.3	0	19.5	0.2

6	11	10.9	0	15.3	0	12	0	12.8	0	16.3	0	22.9	0	19.6	0
6	12	11	0	17.7	0.2	15.2	0	15.7	0	19	0	23.1	0	19.7	8.3
6	13	14.3	0	16.9	0.1	15.7	0	18.3	0	20.7	0	23.3	0	16.7	0
6	14	15.8	0	17.3	0	17.6	0	19	0	20	0	22.8	0	14.5	0
6	15	12.7	0	17.7	0	21.2	0	17.4	0	22.3	0	21.6	0	14.8	0
6	16	13	0	19	3.3	20.8	0	14.4	0	23.1	0	22.4	0	17.1	0
6	17	15.8	0	17.45	47.8	21.3	0	13.2	0	24.2	0	21.2	6	20.2	0
6	18	18.7	0	15.9	0	20.8	0	14.3	0	23.8	0	18.3	0	18.9	2
6	19	20.9	0	15.5	0	21.4	0	17.4	0	21.7	4.1	21.3	0	15	11.5
6	20	21.2	0	18	0	20.5	0	22.3	0	21.8	0	22.1	0	14.3	0
6	21	22.3	0	15.9	0	19.7	0	23.4	0	23.1	0	24	0	14.6	0
6	22	21.8	0	16	0	21.2	0	23.5	0	24.8	0	24	0	19.9	0
6	23	20.9	0	19.4	2.6	18.3	0	25.1	0	23.9	0	24.3	0.3	21.2	0
6	24	21.6	0	20.4	2.3	17	0	24.5	0	16.2	0	23.6	0	20.3	0
6	25	19.8	0	21.5	0	20.8	0	24.5	0	20.6	0	21.6	0	20.9	0
6	26	19.4	0	19.8	0	23.5	0	23.6	0	23.3	0	23.1	0	23.9	0
6	27	21.9	0	16.2	0	23.1	0	17	0	21.1	0	21.4	0	25	0
6	28	21.7	0	17.6	0.2	22.1	0	18.5	0	18.4	0	21.2	0	24.2	0
6	29	22.2	7.6	20.8	0	22.1	0	20.9	0	16.6	0	21.8	0	24.4	0
6	30	21.1	13.4	21.6	0	22	0	23.2	0	12	0	17.3	0	23.7	0
7	1	18.4	8.6	24.2	0	22.4	0	24.7	0	16.4	0	16.4	0	20.3	0
7	2	15.6	0	24.6	0	21.2	0	24.3	17.6	18.2	0	16.1	0	17.7	0
7	3	16.4	0	22.8	0	18.4	0.8	22.7	0	19.3	0	16.3	0	19.4	0
7	4	18	0	20.1	8.2	16.3	0	16.6	1.2	19.1	0	17.6	0	21.5	0
7	5	19.9	0	17.1	0	18.6	0	14.5	9.6	18.5	0	19.5	0.2	23	0
7	6	21.3	0	17.1	0	23.1	0	13.6	0.8	18.4	0	20.8	0.1	20.7	2.7
7	7	16.3	0	18.8	0	20	0	14.6	0	21.1	11.4	22.7	0	16.1	0
7	8	17	0	21.3	0	16.1	0	18.1	1	19.5	7.5	24.6	0	12.2	0
7	9	18.8	0	21.2	0	17.2	0	17.7	0	18.5	3	24.1	1.7	13.8	0
7	10	19.5	0	21.1	0	14.1	3.4	19.7	0	18.3	0	23.4	0	17.8	0
7	11	21.1	0	20.5	9.5	12.5	0	21	0	19.4	0	26.4	0	14.8	0
7	12	21.8	0	18.3	1.4	15.1	0	21.3	0	20.1	0	25.4	0	13.4	0
7	13	21.5	1.8	18.3	0	18.3	0	20.8	0	15.8	0	23.9	0	16.1	0
7	14	15.9	0	19.3	0	19.2	0	18	6.5	12.4	0	24.1	0.3	19.9	0
7	15	17	0	22.4	0	20.1	0	13.8	0.2	13.8	0	20.3	0	20.7	1.3
7	16	20.6	0	24.1	0	19.2	0	16.5	0	16.8	0	17.3	0	22.5	12.8
7	17	22.1	0	24.6	0	19.5	40.2	18.6	0	19.8	0	19.1	0	20.5	0.3
7	18	23.8	0.5	23.8	0.4	21	0	15.3	0	20.5	0	22	0	22	0
7	19	24.4	0	20.2	0	22.7	0	12.6	0	23.1	0	22.5	0	20.9	0
7	20	23.6	0	23.4	0	24.3	0	15.5	0	24.1	0	22.1	0	20.3	0
7	21	19.7	0	24.5	0	25	0	18.7	0	22.9	0	22.8	0	23	0
7	22	20.6	0	21.6	0	24.3	0	22.4	0	22.2	0	22.4	0	23.7	0
7	23	23.3	0	19.9	0	20.3	0	22.9	0	17.7	0	22.3	0	23.5	0
7	24	23.5	0	22.1	0	17.9	4.1	22.8	0	19.3	0	21.6	0	24.4	0
7	25	22	0	23.7	2.2	18.5	6.9	23.8	0	20.4	0	21.3	0	22.4	0

7	26	24.1	0	23.2	20	17.9	0	24.4	0	22.2	0	23.4	0	20.2	0
7	27	20	0	19.9	9.4	20.2	0	22.5	0	23.7	0	20.5	0	20.8	0
7	28	18.9	0	16.9	0.4	19.2	0	18.9	16.9	25.1	1	21.5	0	20.9	3.1
7	29	22.7	0	19.5	0	19.9	0	20.5	0	24.5	1.5	22.9	0	20.9	11.4
7	30	24.5	0	20.6	3.9	21.2	0	23.1	0	18.6	0	23	0	20.9	0
7	31	19.2	9.2	18	0	24.7	0	24.8	0	15.2	0	23.2	0	24.4	0
8	1	15.1	0.4	20.3	0	25.5	1.1	24.2	0	16.1	0	25.4	0	23.8	5.9
8	2	14.7	0	22.2	0	22.5	0	20.5	0	18	0	26.2	0	23.6	10.7
8	3	14.6	0	17.9	0.9	15.5	0	20.3	0	20.4	0	26.2	0	20.8	0.4
8	4	19.3	0	21.3	4	14.8	0	18.8	0	20.7	0	26.2	0	18.3	0
8	5	21.3	0	21.3	0	14.1	0	19.8	0	20.7	0.1	26.7	0	19	0
8	6	21.3	0	19.8	1.7	16.1	0	21.4	0	18.2	0	24.9	0	20.9	0.2
8	7	23	0	19.6	6.8	17.9	0	22	0	17.4	0	25	0.3	22.3	2.7
8	8	24	0	16.5	0	20.7	0	21.1	0.9	16.5	0	24.9	0.8	20.9	0.1
8	9	24.8	0	17.3	0	23	0	20.5	0	16.3	9.1	24.5	0	17.7	4.2
8	10	25.7	0	18.1	0	23.3	0	18.4	0	14.7	0.5	24.5	0	17.1	0
8	11	26.1	0	18.5	0	23	0.1	21	0	15.9	0	26	0	18.4	0.4
8	12	25.3	3.3	18.6	0	20.2	0	22.9	0	19	0	26.3	0	18.8	0
8	13	22.1	0	18.9	0	21.5	0	23.5	0.7	21.1	0	24.9	0	18.8	0
8	14	21.7	0.5	20.7	0	22.9	0	20.3	9	22.9	0.2	25.5	0	20.9	0
8	15	23.5	1.1	22.5	0	24.4	0	20.7	0.7	23.2	2.7	25.2	4.3	23.6	0
8	16	22.3	0	21.6	0	25.8	10.3	19.5	27.6	21.6	2.1	20.8	0.3	21.5	4.3
8	17	22.4	2.9	19.3	0	23.8	0	18.9	0	22.8	0	19.2	13.3	17.3	6.2
8	18	20.6	0.7	20.3	0	24	0	19.2	0	22.8	3.2	20.3	0	18.5	0.3
8	19	19.8	0	19.6	0	22.4	0	17.4	0	21.7	0	22.8	0	18.4	0
8	20	20.4	0	20.8	0	21.5	2.2	19.3	0	23.1	0	23.8	0	15.7	0
8	21	21.8	0	22	0	18	0	21.5	0	21.2	0.7	20.6	0.3	15.8	0
8	22	21.9	0	23.3	0	16.6	0	23.8	0	19.5	14.4	22.2	12	18.7	0
8	23	21.6	0	23.6	0	17.1	0	24.6	0	18.6	7	21.2	2.1	22.9	0
8	24	21	0	24.1	0	20.1	0	25.2	0	17	21.6	21.8	0	21.1	0
8	25	22.7	0	25.3	0	21.8	0	23.7	0.7	15.7	18.4	22.7	0.7	20.1	0
8	26	22.5	9.5	23	0	18.3	0	22.7	3.9	13.8	2.3	21.7	0	17.9	0
8	27	20.2	0.1	21.8	0	17.7	0	22.5	0	14.4	0	20.8	0	18.7	0
8	28	17.2	0	22.5	0	18	0	22.5	0	15.1	0.1	17.1	3.9	19.3	0
8	29	17.9	0	21.1	0	21.3	0.6	19.1	0	15.8	0	16.7	0	19.8	0
8	30	19.3	0	19.7	0	18.7	0	18	0	17.9	0	17.2	0	20.2	0
8	31	22.7	0	20.7	0	17.6	0	17.5	0	18.1	0	18.3	18.7	21.8	0
9	1	24.3	0	21.4	0	18.5	0	16.5	0	17.6	0	17.6	11.2	18.8	2.2
9	2	22.7	4	22.5	0	18.1	0	17	0	18.5	0	15.1	1.4	19.1	13
9	3	20.7	0	21.6	5	17.5	0	17.8	0	18.7	3.3	15.3	6.4	18.2	10.9
9	4	19.2	0	19.7	2.2	15.4	0	18.5	0	16.1	0	13.4	35.4	19.3	0
9	5	17.8	0	18.7	2	16.5	0	17.8	0	14.5	0	18.1	0	22.7	0
9	6	18.9	0	18.5	0	18.7	0	16.8	0	15	0	17.2	0	20.3	2
9	7	16.7	0	17.5	0	20	0	15.3	0	15.7	0	16.8	0	19.4	0.1
9	8	18	0	19	0	23	0	17.8	0	14.2	6.1	16.2	0.6	20.1	1.2

9	9	20.7	0	20.4	0	21.9	0	17.3	0	13.4	0	13.2	0	21.3	0.2
9	10	19.3	0	20.1	0	23.3	0	15.7	0	14.9	0	15.4	0	20.2	0
9	11	13.4	2.5	20.1	0	21.5	13.3	15.4	0	16.8	0	18.1	0	18.4	0
9	12	13.7	0	20	5.3	18.7	0.2	17.8	0	16.4	0	19.8	0	19.5	0
9	13	16.2	0	17.5	7	20.2	0	17.9	0	16.4	0	18.3	0	18.8	0
9	14	14.7	0	12.8	3	20.1	0	16.3	0	17.3	0	18.5	0	16.4	3
9	15	15.7	0	14.4	0	20.6	0	15.1	0	19.6	1.5	15.1	0	13.7	0
9	16	17.6	0	16.2	0	19.9	0	16.2	0	18.3	1	16.1	0	14.6	0
9	17	18.6	0	13.8	0	18.3	6.1	11.9	0	16.9	7	17.5	0	15.7	0
9	18	18.4	0	12.4	13.7	16.7	0	11.9	0	16.8	0	17.6	0	18.2	0
9	19	17.3	0	11.5	13.5	11.1	4.9	11.8	0	17.1	0	16.7	0	16	0
9	20	19.1	0	10.8	1.4	9.3	0	16.8	0	16.7	1.1	18.3	0	18	0
9	21	15.7	0	12.8	0.9	12.9	0	18.9	3.7	15.7	0	18.6	0	18.2	0
9	22	13.2	15.4	15.7	1.5	15.4	0	14.4	2.5	15.1	1.7	17.6	0	18.3	0
9	23	14.5	3.4	17.1	0.3	16.8	0	12.1	2.4	11.1	0	15.2	0	19	0
9	24	14.2	16.3	17.7	4.3	17.4	0	12.8	0.1	9.7	0	16.5	0	16.4	0
9	25	12.3	9.4	14.2	0.7	18.2	0.1	11.9	0	10.6	0	18.2	0	11.8	0
9	26	11.6	2.4	13.3	0	16.8	0.1	12.3	0	12.4	0	17.8	0.8	14.7	0
9	27	13.3	0.7	12.9	0	16.2	0	13.9	0	13.6	0	16.2	5.2	16.8	0
9	28	13.1	1.1	16.1	0	12.7	4.5	13.7	3.5	14.5	0	16.4	0	15.8	0
9	29	14.3	3.1	15.8	0.5	10.4	1.1	15.4	0	15.3	0	13	0.5	15.8	0
9	30	11.2	2.7	14	0	10.8	0.1	14.5	0	15	9.8	12.2	17.9	17.4	0
10	1	9.8	0	13.2	0	9.7	1.1	17.4	0	13.5	5.2	14	1.8	17.4	0
10	2	11	0	15.5	0.1	13.4	0	17	0	12.9	0.1	13.1	9.5	17.8	0
10	3	11.3	3.2	10.7	0	15	0	14.9	0	15.6	0	13.3	0	17.6	0
10	4	11.5	2.6	9.1	0	16.4	0	14.6	0	14.6	0	11.5	0	17.9	0
10	5	9.6	2.4	10.9	0	14.5	0	16.1	0	13.8	0	8.3	0.2	17.2	0
10	6	8.9	0.7	10.5	0	12.2	0	13.2	1.9	14.8	0	7.8	0	15.5	0.5
10	7	7.3	0.2	11.8	0	12.9	0	12.7	0.1	13	0	10.3	0	15.2	0
10	8	7.2	0.8	12.7	0	13.1	0	11.1	3.7	12.9	9.3	12.1	0	15.7	0
10	9	7.9	0	10.2	0	13.8	0.2	10.6	0	8.6	24.1	13	0	13.1	0
10	10	8.3	0.1	11.8	0	13.3	0.1	11.4	0	6.3	3.8	12.7	0	10	1.7
10	11	11.9	0	13.5	0	9.6	11.1	16.6	0	10.5	0	13.8	0.2	11.6	0
10	12	13.9	0	11.7	8.2	7.1	0	16.1	1.9	14.5	0	15.3	0	9	0
10	13	13.9	0	13.9	0.2	6.9	0.1	14.7	1	13.2	0	14.2	12.7	7.9	0.6
10	14	13.5	0	12.5	0	7.1	0.2	11.1	0	13.7	0	13.3	0	10.1	0
10	15	13.7	0	12.9	0	8.6	0.1	13.5	0	12.8	0	12.2	2.2	10.4	0
10	16	13.1	0	12	3.8	9.4	0	12.2	1.5	12.4	5.4	12.1	0	9.8	0.9
10	17	11.3	0	10.3	5.4	10.2	0	13.7	15.2	8.3	0	12.3	1.2	11.4	0
10	18	13.6	0	8.8	0.2	10.8	0	12.4	14	7.6	0	9.7	13.7	11.4	4.7
10	19	8.4	0	8.6	10.7	14.9	0	11.6	15.9	9.8	0	11.6	22.1	13.6	10.7
10	20	8.9	0	8.3	26	10.9	11.6	8.9	8.1	11.4	0.4	10.7	4.3	15.8	4
10	21	9.6	0	10.8	6.5	9.1	4.6	11.1	0.2	11.6	13.7	8.9	0	13.7	0.2
10	22	9.8	0	9.7	14.9	11.2	0.2	11.4	3.1	10.8	2.9	7.6	1.8	14.3	0
10	23	11.8	0	10.9	27.4	13.1	5.8	11.1	0	10.2	0	4.5	0	12.6	0

10	24	13.2	0	8.6	5.6	12.6	0	10.6	0	8.5	2	3.6	0	16.2	1.1
10	25	12.1	3.1	8.2	0	11.2	0	10.2	0	13.1	0.4	4.1	20	8.5	16.3
10	26	9.7	0	10.6	8	13.6	0	10.9	0	13	0	7.2	2.4	8.5	4
10	27	9	0	12.1	3.5	12.5	0	11	1	13.2	0	8.2	2.5	7.6	20.8
10	28	12.6	0	16	0	10.8	0	16	0	12.4	0	10.1	5.8	8.1	7.9
10	29	11.8	0	14.1	0.1	12	0	15.5	0	12.8	0.2	8.8	0.9	6.4	0.7
10	30	10.8	0	11.9	0.3	8.3	7.4	15.3	0	11.6	7.1	7.9	22.5	7.4	3.9
10	31	10	0	12.8	0	6.3	0	14.6	0	11	0	5.1	3.9	8.1	0.7
11	1	10	0.8	12.6	0	6.1	20.9	11	0	9.7	0	6.5	0	6.9	2.8
11	2	11.5	5.6	9.8	1.5	6.8	14.9	9.5	0	11.4	0.7	6	0	8.1	2.4
11	3	10.7	13.8	7	0	4.8	0	9.4	0	12.5	0	10	0	8.1	0
11	4	5.6	0.7	8.1	0	3.7	4.5	7.3	1.9	8.5	0	8	0	9.7	0.5
11	5	5.4	0	7.1	0	6.3	21.2	7.2	0	11	0	5.7	1	9.8	0
11	6	5.5	0	9.8	0	6.9	0.2	7.7	0	11.7	2.2	11.7	0.2	10	0
11	7	6.6	0	7.5	0	3	0.6	7.7	0	6.9	0	11.1	0	8	0
11	8	9	0	10.5	0	3	0.3	6.9	0	9	0	12.1	0.8	8.4	0
11	9	9.6	0	7.7	0	3.4	0	1.3	0.1	11.5	0	9.7	5.8	8	0
11	10	12.7	0	6.1	0	3	0	-1	0	12	0	8.5	0.1	4.8	2.4
11	11	9.7	0	3.8	0.9	1.9	0	1.6	0	9.6	0	7.1	0	4.3	0.3
11	12	9.1	0	1.6	8.8	8.7	12.4	4.4	0	9.3	0.1	10.5	0	5	0
11	13	7.1	1.2	1.9	5.4	5.3	0	7.3	2.1	7.5	4.6	9.9	0	4.8	0
11	14	7.6	0	1.7	9	3.7	0	0.8	2.2	3.8	11.3	10.7	0.1	2.8	0
11	15	5.8	0	4.2	1.6	4	0	0.6	0	5.5	0.9	8	8.1	3.4	0
11	16	5.2	0	3.3	0	2.7	0	2.1	1.8	4.6	0.5	6.5	2	6.6	0
11	17	4.8	0	2.7	0.3	5.2	0	2.6	0	5	0	6	0	3.2	0
11	18	5.3	0	5.5	0.8	5.3	0	2.1	0	6.1	1.5	7.3	0	5.5	0
11	19	3.7	0	1.8	0.2	5.8	0.7	3.4	0	6.6	7.4	8.6	0	5.2	0
11	20	4.1	0	-0.8	1.3	5.1	0.8	3.8	0	3.7	6.3	9.3	0	8.5	0
11	21	5.3	0	-2.4	0	5	0.8	3.9	0	4.5	9.4	6.4	0.1	8.1	0
11	22	3	0	0.6	0	7.1	15.9	4.4	0	5.5	15.8	10.2	12.1	6.3	0
11	23	2.2	0	4.4	0	5.5	3.8	6.6	0	5.4	7.1	6	12.7	6.7	0
11	24	3.3	0	4.1	0	2.1	2.8	7.4	0	4.5	7.8	5.4	0	5.3	0
11	25	4.7	0.1	2.1	0	8	3.3	6.2	0	5.1	0	4.6	0	5	0
11	26	6.3	0	2.9	0	11.2	8.8	2.4	0	5.7	0	3.5	17.4	6.7	0
11	27	6.8	0	2.8	0	9.6	0	3.7	0	8.1	0.9	2.7	0	5	0
11	28	7.8	0	2.6	0	8.4	0	1.5	0	7.5	0.3	4.4	0	4	3.7
11	29	4.1	1.3	5.3	0	8.1	2.1	6.1	0	5.9	0.7	7.4	0	2.8	0
11	30	2.1	0.1	5.5	0	5.9	0.6	6.8	0	5.5	1.5	6.5	8.1	1.7	0
12	1	0.2	0	5.5	0	7.9	15.4	2.9	0	6.8	1.6	1.8	0.5	3.6	15.8
12	2	-0.8	0	6.2	0	5.3	0.4	4.9	0	4.9	1.5	0.9	0.1	3.3	0.8
12	3	1.2	0	6.1	0	3.5	0.3	5.6	0	4.3	0	2.1	0	1.3	1.7
12	4	1.1	0	3.4	0	6.5	0	5.1	0	5.9	0	1.6	0	5.6	0
12	5	2.4	0	5.2	0	6	2.1	6.1	0	2.3	3.4	3.7	5.8	3.1	0
12	6	1.5	0	5.1	0	7.2	8.9	6.8	0	3.5	0	4.5	2.8	-1.4	0
12	7	2.5	0	4.4	0	10.4	0	5.6	0	3.8	0	6.8	0.2	2.4	0

12	8	3.8	0	4	0	7.3	1.2	3.5	0	-1.5	0.1	5.8	0	0.1	0.9
12	9	3.6	0	2.9	1.1	4.9	0.5	3.8	0	1.5	7.7	2.9	0.5	5.5	0
12	10	7.3	1.8	1.5	0	6.4	0	2.6	0	2.9	4.5	4.6	0	6.8	0
12	11	8.6	0	5.6	0	7.5	0	2.3	0	4	1	2.6	0	5.5	0
12	12	8.3	0	5.5	0.3	7.4	0	2	0	3.3	0.1	8.2	0	2.3	0.1
12	13	7.1	0	2.3	2.7	7.1	0	1.5	0	1.1	3.5	5.7	0	7.8	0
12	14	7.7	0	6.5	16.6	6.7	1.7	-1.5	0.6	6.7	0.4	7.4	0	5.4	0
12	15	7.4	0	1.8	5.3	2.9	0	-6.7	0	3.9	0	5.4	0	6.7	0
12	16	6	0	-2.4	4.4	2.7	0	-2.9	0	3.1	3.5	3.4	0	4.6	0
12	17	5.7	0	0.6	0	1.8	0	-2.3	0	6.2	4.6	3.4	0	3.4	0
12	18	4.7	0	3.1	0	5.8	0	-2.5	0	11.2	2.8	3.2	7.9	9	0
12	19	5	0	2.5	0.4	3.8	0	-0.5	0	10	3.1	4.6	0.7	6	0
12	20	4	0.1	4.8	0	3.2	0	1	0	7.6	0	7.1	0	3.9	0
12	21	0.7	0	2.3	0	4	0	-0.8	0	5.1	0.1	8	0	0.5	0
12	22	1.1	0	3.2	0	4.4	16.7	-3	0	5	0.2	0.7	0	2.1	0
12	23	0.1	0	4.5	0	5.2	4.8	-2.1	0	7.1	0	-0.4	0	5.3	0
12	24	0.9	0	6.3	0	5.5	2.5	-2.7	0	7	2	4.4	0	2.8	0
12	25	3.5	0	5.8	3.6	4.5	5	-2.7	0	9.1	0	4.5	0.1	1.5	0.3
12	26	3.2	0	9.4	1.1	4.5	1.7	0.3	0	10	0.6	3.2	0	-1.9	1.2
12	27	5	0	8	3.3	3	1.7	1.3	0	7.4	7.7	3	3.5	-1.3	0
12	28	0.3	0	2.7	0	2	10	0.6	0	4.6	0	2.7	0.6	-0.5	0.2
12	29	0.9	2.5	1.7	0	4	6	2.4	0	6.5	0	0.7	0.7	4.1	0
12	30	4.4	2.2	1.7	0	2.2	0.3	8.2	1.3	5.7	2.9	6.1	0	6.2	0
12	31	1.4	3.8	2.9	0	-0.5	0	8	1.7	4.7	0.3	2.9	0	6.4	0

mi	di	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011	
		ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]	ti [°C]	Pt [mm]
1	1	2.3	0	3.2	0.1	7.4	0	0.1	0	4.7	0.4	1.9	1.4	6.6	0
1	2	3.4	0	3.7	0	4.3	0	1.2	7.8	5.4	0	2	0	4.5	0
1	3	4	0	3.9	0	5	0	3.2	3.8	3.6	0	2.7	4.4	1.6	0
1	4	2.6	0	3.9	0.2	6.7	0	3.5	0	1.5	0	3.7	11.6	3.5	5
1	5	2.2	0	3.4	0	5.6	0	5.2	0.7	-2.3	0	3.3	1.1	5.8	4.2
1	6	4.1	0	2.9	0.7	4.3	0	7.6	0	-0.9	0.8	1.2	1.4	8.8	0.6
1	7	4.4	0	2.5	2	3.7	0	8	0	-3.1	0	-2.1	1	7.8	0
1	8	3	0	4	0	5.9	0	5.5	0.4	-5.8	1.4	-3.7	0.4	7.4	9.4
1	9	2.4	0	2.1	5.5	6.7	0	5.6	0	-3.9	5.8	-4.6	0.2	5.6	0
1	10	1.4	0	1	0	3.5	0	4	4.1	-1.2	0.2	-5.6	0.8	4.5	0.4
1	11	1.3	0	4.7	0	4.8	0	2.5	11.8	-3.5	0	-2.3	0	7.4	0.6
1	12	4.6	0	3.7	0	8.5	0	1.6	0	-5.1	0	0.9	6.2	8	0
1	13	5.7	0	1	0	8	0	2	0	-1.1	0	3.2	19	7	0
1	14	6.9	0	1.4	0	5.1	0	2.5	0	-1.8	0	3.9	9.9	7.1	0
1	15	3.8	0	1.7	1.7	5.9	0	3	22.2	-0.3	0	2.8	0	6.4	0
1	16	6	0	1.8	2	4.8	0	4.3	0.7	1.7	0	4.1	9.4	6.3	0
1	17	3.7	0	3.7	0	6.3	0	4.3	0.3	1.8	0	6.3	1.8	4.6	0

1	18	3.1	1.3	6.5	0	7.1	0	8.2	0	2.3	3	7.5	0.9	2.4	0
1	19	3.8	0	8.2	0	10	0	6.9	0	4.8	8.5	8.4	1.7	5	0.8
1	20	6.7	0	4.8	0	8.6	0	6.1	0	0.2	0.2	5.2	1.5	3.8	0.2
1	21	6	0	5	0	5.1	0	6.2	0	-0.9	1.8	3.6	0	-1.2	0
1	22	4	0	5.2	0	1.9	4.1	8.2	0	4.6	5.9	5.2	1	-2	0
1	23	2.6	0	4	0	-0.5	0	8.4	0	9	5.8	6.2	1.2	-1.5	0
1	24	-0.2	0	1.2	0	-1.1	1.8	5.6	0	4.7	0.6	4.4	0	-1	0
														-	
1	25	-3.2	2.2	0.5	0	-2.3	0.4	7.1	0	2.2	1.8	1.6	0	1.15	0
1	26	-6.8	3.2	1.1	0	-2.4	0	5.1	0	1.5	0	1.5	0	-1.3	0
1	27	-6.4	0	-2.9	0	-0.4	0	6.3	0	4.1	0	-1	0	-2.2	11.2
1	28	-1.2	0.3	-3.2	0	-2	0	6.3	0	6.1	5.1	0.6	0	1.2	4.2
1	29	1.3	0	-2.2	0	0.8	1.8	5.3	0	8.1	0.5	2.6	1.4	1.2	0
1	30	-0.7	0	-0.5	0	3.3	3	4	0	9.3	0	2.4	0	-0.4	0.2
1	31	2.7	0	3	0	2.7	3.2	2.9	0	4.1	0.2	1.9	0.4	-1	0
2	1	2.7	0	4.4	0	3.6	0	3.9	1.3	0.1	4.2	1.3	0	0.3	0
2	2	5.1	0	4	0	2.5	0	2.2	0	1.8	5.4	1.9	0	2.8	0
2	3	1.6	0	4	0	2.7	0.3	1.8	12.3	2.7	2.1	3.5	0.5	5.2	0
2	4	0.8	0	1.3	0	5.7	2	4.5	0	3.5	3.2	4.6	8.2	5.6	0
2	5	0.9	1.4	2.3	0	5.1	0	4	0	2.9	3.1	4.4	0.3	8	0
2	6	2.4	11.5	5.1	0	4.9	0.2	6.6	0	-0.5	0.8	6.7	0	7.8	0
2	7	1.5	0	5.2	0	6.7	6.9	6.7	0	-0.5	0	4.5	0	7.6	0
2	8	1.1	0	4.1	0	4.5	9.8	7.8	0	1.1	1	3.8	5.8	6.5	0
2	9	2.1	0	4.7	0	4.6	0.6	6.5	0	6.1	4.4	2.2	0	5.5	0
2	10	3	0	3.6	0	7.8	0	5.1	0	4.3	0	0.1	0	5.6	0
2	11	5.1	0	4.4	0	10	7.2	4.8	0	4.2	0	-3.4	0.2	5.2	0
2	12	8.7	0	5.1	0	7.1	6	3.4	0	4.1	0	-2.6	0	3.2	0
2	13	5.8	0	9	0	5.8	0.1	1.7	0	4.7	0	-3.2	0	5	3.2
2	14	2.1	0	5.8	0	6.1	3.8	2.6	0	5.1	0	-2.2	0	1.1	1.6
2	15	0.4	0	3.8	0.6	5.5	0	8.2	0.1	4.9	0	-3.4	4	3.2	7.2
2	16	-0.9	0	7.5	0.1	8.7	6	5.9	0	2.7	0	-0.2	15.3	3	2.6
2	17	-0.6	0	5.9	2.7	4.4	2.9	4.1	0	5.4	0	2.6	3.4	1.8	0
2	18	-2.5	0	5.8	9	4.9	0.2	3.5	1.9	6.5	0	2	0	3.4	0
2	19	3.4	0.1	2.6	3.4	5.8	0.8	5.4	3.3	6.9	0	3.2	0	5.6	6
2	20	1.3	0.2	2.1	5.5	4.1	5	8.1	0.7	3.1	0	0.3	0.2	4.9	0.2
2	21	-1.5	1.6	0.9	1	3.9	0	7.2	0	4.6	0	1.4	3.6	4.8	0.4
2	22	-2.1	10.2	0.3	0	5.9	0.6	7.1	0	6.2	0	6.4	6.1	9.8	0.2
2	23	-2.8	1.8	0.2	0	6.4	11	7.5	0	5.7	0	6.9	13.3	9.9	0
2	24	-1.3	0	0.9	0	6.4	0.9	4.9	0	8.2	0	5.8	0.4	9.4	0
2	25	-3.2	0.8	-1.1	22.9	6.1	0.7	9.3	1.8	6.3	0	7.1	7.1	11	0
2	26	-1.7	0	-0.2	15.4	5.4	0	7.4	0	7.7	0	5.8	4.1	9.6	0
2	27	-3.5	0	-0.1	0	9.4	0	9.6	1.5	7.9	0	9.6	8.4	4.7	0
2	28	-7.2	0	-4.5	0	9.8	0.5	9.5	0.1	6	5.7	6.9	4.4	2.4	0
2	29							8.5	0						
3	1	-5.1	0	-2	0	7.2	0	8.7	0	4.5	8.6	5.7	0	1.4	0

3	2	-2.9	0	0.6	0	10.1	0	10.7	0	4.3	0.2	5.3	6.9	2.5	0
3	3	0.9	0.1	3.6	0.5	10.8	0	6.6	0	4.7	1.5	3.3	2.4	-1.2	0.8
3	4	-1.9	0	7	10.5	9.6	0	1.1	3	1.6	8.1	5.8	0	0.7	1.6
3	5	0.4	0.9	0.1	0.5	6.3	0	0.2	0	0.1	7.9	4.4	1.6	4.2	0
3	6	0.8	0	3	0.1	6.2	1.5	2	0	2.2	0.2	2.2	0	4	0
3	7	-2.2	0	3.3	0	5.8	5.5	4.6	0	8.6	0	-0.3	3.6	6.2	0
3	8	0.5	0	7.7	0	3.7	0	6.8	0	8.3	0	-3.1	0	4.4	0
3	9	4	0	4.6	0.2	4.9	0	4.1	1.4	7.1	0	0.1	0	6.9	0
3	10	5.4	0	3.4	0.4	7.5	0	3.7	2	8.4	0	-1	0	8	0
3	11	3.4	0	8.2	0	10.6	0	8.4	0	8.8	0	-1.9	0	7.2	9.8
3	12	5.2	0	9	0	6.4	0	8.6	0	10.4	0	1	0	6.7	2.2
3	13	6.1	0	9.7	0	6.6	0	9.5	0	11	0	1	0	7	1.2
3	14	9	0	10.5	0	7.4	0	10.3	0	11	0	2	0	6.2	5.2
3	15	9.9	0	9.9	0	7.9	0	9.7	0	11.7	0	4.8	0	6.5	2.6
3	16	10	0	10.3	0	7.2	0	8.9	0	9.9	0	6.2	0	5.8	0
3	17	11.2	0	9.5	3.5	8	0	8.7	0.6	8.3	0	7.5	0	7.6	0
3	18	11	0	8.9	9.7	9.2	0	5.7	0.2	8.9	0	8.3	0	9.4	0
3	19	9.1	0	8.5	1	2.1	2.5	3.3	0	10.9	0	8.2	1.2	9	0
3	20	14.1	0	7.3	1.2	-0.9	8.7	3	0	13.6	0	12.6	0	8.6	0
3	21	15.1	2.8	7.2	1.3	-0.8	2.4	5.7	1.5	10.5	0	10.2	5	6.1	0
3	22	11.9	0	6.5	2	1	0	2.8	2	9	0	10.7	0	5.3	0
3	23	10.5	7.8	7.3	7.3	5.4	0	0.5	0	8.7	0	8.5	0	5.8	4
3	24	10.3	0	9.9	1.2	4.7	0	4.7	0	7.4	0	11	13.2	3.8	9
3	25	10.3	1.4	12.3	0	3.5	0	5.3	0	7.7	0	6.2	12.5	8.2	1.6
3	26	8.7	1.7	12.5	0	4.4	10.8	4.8	3.6	10.6	0	6.1	1.9	9.4	0.6
3	27	7	0	12.5	12.2	3.6	3.6	5	0.7	10	0	7.4	0	6.2	13
3	28	8.7	0	8.1	0	3.9	0	9	0	4.9	0	8.6	0	8	7.2
3	29	10.3	0.7	8.7	0	7.4	0	10.8	0	3.6	0	7.4	7.5	9.4	1.4
3	30	9.9	0	13.7	0	4.7	3.1	6.3	0.9	5.3	0	6.4	0	10.8	0
3	31	11.4	0	13.3	0	6.5	5.6	5.1	0	4.4	0	6	1.8	13.2	0
4	1	11.2	0	12.9	0	4	15.1	8.1	0	5.2	0	5.1	0	13.3	0
4	2	8	3.2	10.8	0	5	0.2	13.3	0	7	0	6.2	0	13.4	0
4	3	8.5	6.2	10.4	0	5.5	0	12.9	0	8.6	0	5.4	2.4	13.5	0
4	4	11.3	1.6	13.5	0	3.8	1.6	12.4	0	9.4	0	6.1	0	14	0
4	5	11.8	0	10.6	0	4.1	0.5	10.4	0	11.5	0	6.2	0	14.2	0.2
4	6	12.1	0	10.2	1.2	5.7	0.6	10.7	0	11.3	1.7	10	5	16.4	0
4	7	12.2	2.7	11	0	5	1.4	5.5	9.6	5.7	0.1	6.6	0.8	16.4	0
4	8	4.7	0.2	11	0	7.6	0	9	3.5	7.8	0	7.4	0	17.2	0
4	9	1.9	0	10.8	0.7	8.1	0.3	11.3	16.7	9	0	8.8	0	17.7	0
4	10	2.8	0	4.3	0	9.6	0	7.5	13	6.3	17.2	9.8	0	13.2	0
4	11	5.4	0	7.1	0	9.2	0	4.6	0	3.3	0	11.2	0	12.4	0
4	12	7.7	0	7.7	0	10.4	10.3	4.7	0	4.8	0	6.2	0	12.9	0
4	13	8.8	0	10.4	0	9	2	6.7	4.3	8	0	6.3	0.6	12.4	0
4	14	8.1	2.3	11.1	3.8	9.1	0	6	0	7.2	7.1	5	3.8	13	0
4	15	5.3	5	11.6	0.9	11.5	0	6.5	0	4	9.2	7.4	2.5	10.7	0

4	16	4.2	0	10.1	5	13.5	0	10.9	13.3	5.4	3.9	10.5	11.2	10.3	0
4	17	5.1	0.6	8.2	0	13.8	1.2	7.3	15.2	6.7	0	8	3.8	11.9	0
4	18	8.8	0.1	8.8	0	12.6	0	6.5	7	5.4	1	10.4	4.4	12.4	0
4	19	7.6	3	9.6	0.1	12.5	0	5.3	14	8.2	0	10.9	0	12.8	10
4	20	8	0	10.8	0.2	14.1	0	7.1	1.5	7.9	0	11	0	11.1	3.8
4	21	9.6	0	11.4	5.9	13.6	0	7.6	5.3	8.8	0	12.7	0.1	11.4	23
4	22	12.9	0	10.6	2.7	13.1	0	7	0	12.1	0	12.6	2.4	9.5	0.6
4	23	12.8	3.2	12.1	0	13.5	0	12.2	0	12.9	0	12.9	0.6	10.2	2
4	24	8.8	2.9	13	0	15.1	0	13.6	0	14	0	12.2	0.2	11.3	0.4
4	25	10.3	0	14	0	14	7.5	14	0	8.8	5.2	14.9	0	12.5	0
4	26	11.6	0	14.3	0	9.8	24.2	15.6	0	6	0	16.3	0	12.9	0
4	27	14.6	0	12.7	0	11.1	3.5	16.3	0.3	5.9	0.6	16.9	0	14	0
4	28	16.2	0	9.4	0	9.5	7.5	10.3	0	9.5	0.2	16.8	0	12.7	0
4	29	17.6	0	9.4	0	11	0.4	8.7	0	9.7	0	16.7	2	12.2	8.2
4	30	18.1	0	10.1	0	10.1	3.3	7.2	0	9.1	0.2	15.4	5.2	12.4	1.6
5	1	17.2	0	11.4	0	5.6	10.4	9.5	0	7.5	0	10.6	6	12.9	0.2
5	2	16.6	0	13.8	0	6	10.4	12.4	0	12.5	0	8	18.5	13.1	3.6
5	3	13.5	0	12.8	0	11	0.9	14.8	0	10.8	0	4.9	0	12.6	4.8
5	4	12.9	0	14.9	0	9.2	0	17	8.3	11.8	0	2.5	0	14.2	0.6
5	5	9	0	13.5	0.6	8.7	0	15.1	0	13	0	5	0	14.7	0
5	6	11.7	0	13.5	2.9	9.9	0	15.6	0.2	15.6	0	5.7	0	14.4	4.2
5	7	13.3	0	13	6.4	12.8	0	16	6.7	16.5	0.4	6.1	5.2	10.7	20.2
5	8	15.9	0	9.1	0	15.5	0	11	12.9	17.7	0	9.3	18.4	13.2	0
5	9	17.2	3.2	11.5	0	16.2	0	9.6	36.1	16	3.2	10.7	9.8	14.4	0
5	10	13.5	0.3	13.1	0	16.6	0	7.9	6.7	14.6	0.4	9.4	3.4	16.8	0
5	11	11.2	9.7	14.4	26.1	16.4	0	11.7	0.4	15	0.1	8.3	2.4	17.6	0
5	12	13.1	8.3	16.2	16	15.9	0	12.7	1	14.2	0	6.9	17.6	17.1	18.6
5	13	12	7.2	15	0	14	0	10.7	4.7	13.7	0	4.5	1.1	16.6	0
5	14	11.6	0	17.2	0	10	0	11.2	3.4	10.3	0.6	5.7	2.3	12.2	17.2
5	15	11.6	0	17.8	0	10.9	0	11.6	1	10.6	0	7.4	0	9.8	0
5	16	9	1.3	18.9	0	12.1	0	11.7	2.5	14.3	0	8.6	0	12.1	0
5	17	9	0.3	21.5	0.6	16.6	0	11.1	0	13.7	0.6	11.5	0	14.7	0.2
5	18	11.4	0	18.2	0	21	16.2	9.1	12.7	13.2	0	12.5	0	15.8	0
5	19	14.5	0	14.6	0	16.5	18.4	10.1	0	15.4	0	14.2	0	15	0
5	20	18.1	0	14.8	0	16	8.6	10.9	0	18.9	0	14.6	0	13	0
5	21	15.7	0	16.8	0	15.5	0.7	11.1	4.7	19.5	0	15.8	0	15	6.8
5	22	12	0	10.9	0	15.5	1.3	14	0.5	19.3	0.2	16.1	0	16.7	0
5	23	12.3	0	9.6	0	14.9	7.1	13.9	16.1	16.2	0.5	16.8	0	18.3	0
5	24	15.7	0	11.5	0	15.2	7.1	10.5	1.2	15.9	18.2	17.1	0	18.5	0
5	25	19.5	0	14.5	0	12.2	3	9.9	2.4	13.5	2.8	17	0	19	1.4
5	26	20.7	0	18.7	0	11.7	22	10.3	0.7	11.7	0	15.6	0	18.7	4.6
5	27	20.3	0	19.1	0	9.8	3	9.5	10.1	12.4	0	13.7	27.4	14.4	1.4
5	28	20.1	0	20.9	0	9.2	0	10.7	2	15.8	0	13.1	4.3	16.6	0
5	29	19.3	2.8	19	0	10.5	0	11.6	4.4	17.3	0	13.6	0.2	17	24.4
5	30	14.2	1	12.1	0	14.6	1.1	13.5	9	18.3	0	16.9	0	15.9	1

5	31	15.8	0.2	10.6	0	11.9	0	11.6	16.8	18.1	0	18	0	10.8	0
6	1	17.5	0	11.6	0	11.8	0	11.5	3.8	18	0	19.7	0	9.8	0
6	2	16.8	0	13.7	0	14.4	0	12.9	3	18.4	0	18.1	0	11.6	0
6	3	19.9	0	13.6	0	14.1	0	12.8	0	18.7	0	17.7	0	14.2	3.4
6	4	19.4	0	16.5	0	14.2	1	13.9	0	20.1	0	20.6	0	15.6	10
6	5	19.3	0	17.3	0	13.7	0	12	14.8	14.8	0.4	19.9	0.7	14.4	1
6	6	18.8	0	19.5	0	14.6	0	11.5	0	11.9	4	17.1	0	14.2	7
6	7	18.5	0	21.5	0	18.6	0	10.3	0	12.9	0	18.1	0	11.4	0.2
6	8	17.4	0	22.7	1.5	19.6	0	11.2	0	13	0.5	17.4	3.8	12	0
6	9	19.2	0	20.6	9.4	20.7	0.9	13.3	16.9	12.6	0	12.5	6.1	13.2	0
6	10	19.8	0	17.7	1	18.5	0	13.4	12.6	17.9	0	11.8	8.4	13.6	0
6	11	18.7	0.9	19.7	0	17.3	0	14.8	0.8	20.6	0	11.4	14.9	13.8	0
6	12	19.1	0.4	20.3	0	18.2	0	15.3	0	22.5	0	12.5	3.9	18.8	0
6	13	17.5	0.6	18.9	0	18.4	0	13.9	0	24.6	1	14.9	5.2	18.8	0
6	14	16.6	0	18.9	0	15.5	12.5	15.7	0.5	23.1	4.1	12	0.8	18.8	0
6	15	17.6	0	18.9	1.6	14.5	0	16.6	0.5	21.9	0	9.5	0.7	20.8	0
6	16	19.7	0	18.5	8.8	13.9	8.4	14.7	7.3	18.3	10.8	8.8	5.9	19.1	0
6	17	22.9	0	15.8	0.2	15.5	4	13.7	0	21.3	0	11.3	0	19.5	0
6	18	23.6	0	18.9	1.9	15.9	2.1	15.5	0	23.2	1.6	13.8	1.5	20	0
6	19	24.1	0	19.2	11.3	17.4	0	19.1	0	20.8	0	13.7	0	20	0
6	20	24.6	5.3	18.5	5.4	15.3	0.2	20.5	0	17	0	10.9	0	20	0
6	21	22.6	0	19.4	0	13.2	0	20.9	0	16.3	0	13.6	0	20	0
6	22	22.2	1.4	21.7	0	14	0	22.2	0	19.5	0	17.6	0	20	0
6	23	22.1	1.1	21.8	6.2	16.8	0	22	10.8	20.2	0	17.2	0	20	0
6	24	20.8	0	18.3	21.2	20.1	0	19.2	0	20.4	0	18.1	0	20	0
6	25	21.8	0	17.8	0	16	0	20.8	0	19.6	0	18.8	0	20	0
6	26	22.3	0	19.6	0	13.8	0	22.2	3.7	18.4	0	19.8	0	20	0
6	27	24.3	7.8	20.5	0	15	0	19.2	0	18.3	0	19.9	0.2	20	0
6	28	21.6	0	19.6	0	17.3	0	20.7	0	19.8	0.2	20.2	14.8	20	0
6	29	18.7	0	21.1	6.2	17.8	0	19.6	0	21.3	0	20	0	20	0
6	30	18.5	0	21.8	2.2	20.1	0	21.4	0	23.2	0	20.3	0	20	0
7	1	19.3	0	21.8	0	17.7	0	21.6	0	24.5	0	21.5	0.8	20	0
7	2	23.5	0	21	0	17.6	0	17.8	0.4	24.1	0	20.9	16.9	20	0
7	3	25.1	0	21.3	0	18.6	0	15.3	0	22.7	0	18.9	0	20	0
7	4	17	0	19.5	0	16	0	17.7	0	22.2	0	20.6	0	20	0
7	5	18.2	0	17.4	5.8	16.9	0	22.1	0.8	20.2	0	21.4	0	20	0
7	6	20.1	0	17.7	0	20.1	0	17.1	0	19.6	0	22.1	0	20	0
7	7	17.5	0	19.3	0	22.1	20.6	15.5	0	18	0	24	0	20	0
7	8	17.3	0	21.5	0	20.7	0	16.5	0	17.9	0	22.7	0	20	0
7	9	18	0	23.8	0	14.8	0	20.7	0	20.4	0	24.9	0	20	0
7	10	17.8	0	25.8	0	14.7	0	21.3	0	21	0	23.2	0	20	0
7	11	19.8	0	26.1	0	17	0	20.4	0.4	22.4	0	25	0	20	0
7	12	23.1	0	23.2	0	18.9	0	12.6	17.2	23.5	0	24	0	20	0
7	13	23.2	0	23.5	0	21.3	0	13.6	0	24	0	22.2	0	20	0
7	14	24.6	0	22.2	0.8	23.6	0	15.4	0	22.3	0	21.8	0	20	0

7	15	26.2	0	23.9	0.4	22.5	0	17.1	0	22.9	0	20.5	0	20	0
7	16	24.6	0	23.5	1	19	0	18.8	0	23.5	0	20.8	0	20	0
7	17	22.5	0	23.4	0	19.2	0	19.9	0	16	0	22	0	20	0
7	18	20	0	23.7	9.1	20.9	0	20.7	0	17.6	0	22.9	0	20	0
7	19	20.6	0	21.2	9.1	19.6	0	22.7	0	20.2	0	24.7	0	20	0
7	20	24	0	22.4	0	16.3	0	23.5	2.8	22.5	2	25.4	0	20	0
7	21	25	0	23.9	0	18	0	18.7	0	23	0.3	21.6	0	20	0
7	22	23.6	0	23.1	0	17.1	0	19.9	0	24.6	0	17.1	3.6	20	0
7	23	22.1	0	23.5	0	19.5	0	21.7	3	21.5	0	18	0	20	0
7	24	23	0	24	0	17.7	0	22.2	0	18.5	0	18.4	0	20	0
7	25	23.3	0	24.4	0	19.8	0	20.5	0	21.1	0	19	0	20	0
7	26	23.2	0	24.1	0	22	0	22.2	0	24	0	20	0	20	0
7	27	21.4	0	22.3	0	22.9	0	21.9	0	22.2	0	22.1	0	20	0
7	28	21.9	0	19.3	0	22.6	0	21.1	0	21.8	0	22.6	0	20.2	0
7	29	19.6	0	20.2	0	23.4	0	20.5	0	22	0	21.6	0	20.4	0
7	30	18.4	0	22.8	0	23.1	0	22.5	0	21.4	0	21.1	0	20.6	0
7	31	19.3	0	23.3	0	22.9	0	21.3	0	22.1	0	23.2	0	20.6	0
8	1	15.9	0	21.9	0	23.3	0	22.4	0	19.5	2.7	25.2	0	21.7	1.4
8	2	15.5	0	22.3	0	20.4	0	20.2	0	17.9	0	20.2	0.6	20	0
8	3	17.8	0	18.8	0	22.5	0	23	0	20.7	0	18.3	0	20	0
8	4	20.5	0	18	0	24.3	0	26.2	0	22.6	0	19.7	0	21.4	0
8	5	22	0	19.3	0	25.1	0	26	0	24.8	0	17.4	0	22	0
8	6	22.6	0	19.5	0	19.7	4.5	23.2	0	24.5	0	18.1	0	21	0
8	7	23.7	0	19.6	0	15.2	0	21.4	0	20.6	0	20.9	0	21	0
8	8	25.4	0	18.4	0	15.4	0	19.2	0	19.8	15.4	21.9	0	17.2	0
8	9	22.6	0	19.8	0	16.7	0	19.7	0	16.7	0	24.3	0	16	0
8	10	18.8	3.5	21	0	18.1	0	21.7	0	18.1	0	23.4	0	17.8	0
8	11	19.7	0	20	0	20	0	22.4	0	20.7	0	22.2	0	22	0
8	12	20.6	0	15.9	0	21	0	19.7	0.2	21.9	0	18.7	0	23.6	2
8	13	21.7	0	16.4	0	18.9	0	17	0	22.4	0	16.4	0	22.8	0.4
8	14	22.6	0	16.9	0	21.6	0	17	0	23.1	0	14.8	0	21.8	0
8	15	22.4	0	18.8	0	23.2	0	16	2.2	23.3	0	15.8	0	22.9	0
8	16	23.4	0	14.9	0.8	17.4	0	16.6	0.4	24.9	0	16.6	0	24.2	0
8	17	23.5	0	13.5	4.2	17	0	17.3	0	24.5	0	20.3	0	23.8	0.8
8	18	20.5	0.3	14.5	0	19.1	0	19.5	0	25.4	0	21.1	0	21.9	0.6
8	19	17.6	0	14	0	16.5	0	19.9	0	23.9	0	19.8	2.4	24	0.4
8	20	15	0	16.4	0	16.4	0	18.2	0	24.7	0	21.4	0	25.2	0
8	21	14.1	0	18.6	0	12.7	0	20.3	0	23.3	0	23.5	0	25.6	9.4
8	22	14.6	0	21	0	12.9	2.6	17.5	5.5	23.5	0	24.6	0	21.4	0
8	23	17.8	0	21.6	0.8	13.5	0	17.5	0	24.4	0	23.8	0	19.8	0
8	24	19	0	18.6	0	15.2	0.3	18.1	0	23.2	0	21.7	0	21.8	0
8	25	20.6	0	18.6	0	18.8	2.5	19.8	0	19.5	7.1	23.2	0	19.2	0
8	26	21.6	0	17.3	0	21.8	0	21.3	0	20.7	0	24.8	0	15.4	0.2
8	27	22.1	0	17.3	0	23.3	0	21.7	5.4	22.4	0	21.6	0	14.5	0
8	28	21.5	0	20.3	0	24.2	0.6	20.7	0	21.4	0	18.3	0	18.4	0

8	29	22.9	0	20.9	0	20.2	0	22	0	20.5	0	19.9	0	20.1	0
8	30	24.7	0	19	0	14.4	0	20.3	0	20.2	0	18.6	0	19.1	0
8	31	22.8	0	19.8	0	15.4	0	18.8	0	20.8	15.1	17.8	0	18.7	0
9	1	22.2	0	21.8	0	17	0	18.8	0	21.5	0	18.7	2.4	19.3	0
9	2	22.4	0	23.4	0	18.7	0	19.2	0	21	0	19.4	3.6	16.8	4
9	3	23.3	0	22.7	0	18.5	0	18.9	0	19.8	0	20	0	17	0.4
9	4	22.5	0	23.7	0	15.5	0	18.6	0	17.4	0	20.1	0	17.6	0
9	5	19.1	0	24.1	0	18.1	0	17.7	0.4	16.2	0	21.9	0	16.6	0
9	6	14.7	4.7	24.4	0	16.1	0	14.9	0.8	19	0	22.4	0	17.2	0
9	7	14	0.8	22.5	17.5	18.9	0	13.9	0	21.8	1.4	16.2	2.4	18.8	0
9	8	13.4	1.6	21.3	0.1	18	0	18.1	0	21.1	0	12.8	0.2	19.8	0
9	9	16.7	0.1	21.3	0	18.5	0	18.8	9.5	20.2	0	15.6	0	21.1	0
9	10	14.2	0	21.3	0	19.6	0	19.6	0	19	0	17.3	0	21.2	0
9	11	13.9	0.3	19.3	4.1	17.5	0	16.4	1.7	18.9	0	18.8	0	17.5	0
9	12	14.6	0	17.5	19	17.4	0	11.2	0	17.7	17	18.8	0	18.6	0
9	13	15.9	0	16	3.4	19.4	0	11.1	0	16.6	0	19.3	0	20.6	0
9	14	17.2	0	12.1	0.7	18.2	0	13.3	0	14.1	0	20	0	20	0
9	15	18.8	0	11.4	1	16.8	0	15	0	12.8	0	20.2	0	19.5	0
9	16	18.9	0	11.2	0	17.9	3.2	16	0	10.6	0.1	16.8	21.4	19	0
9	17	10.2	0	13.5	0	16.7	17.8	17.5	0	10.6	4.3	15	4.8	18.5	0
9	18	10.7	0	16.9	0	13.4	0	17.1	1.1	11.5	0.5	12.3	0	18.3	0
9	19	12.2	0	17.2	0	15	0	17.2	0	14.1	0	15	0	18.2	0
9	20	13.8	0	17.3	0	16.5	0	16.7	0	13.2	0	15	0	18	0
9	21	14.7	0	17.4	8	16.4	0	17.5	17.4	13.1	0	15.3	3	17.8	0
9	22	16.1	0	14.1	0	16.9	0.6	12.9	8.5	16.7	0	16.9	0	18	0
9	23	17.4	0	13.8	0	16.8	0	12.7	0	16.4	0	15.6	0	16.8	2.2
9	24	19	0	12.1	10.6	16.6	0	12	0	16.9	0	14.9	0	16.2	0
9	25	16	1.9	13.6	0	12.9	0	11.9	0	15.6	0	11.2	0	16.8	0
9	26	13.7	0	15.3	0	11.1	0	12	0	14.6	0	9.6	0	17	0
9	27	14.3	0	17.4	0	7.8	0.5	10.7	0	15.6	0	9.7	0	18	0
9	28	15.9	0	17	0	9.7	0	11.4	0	15	0	11.8	0	17.4	0
9	29	15.4	0	16.6	0	12.5	0	13	0	14.8	0.4	13.4	0	16.3	0
9	30	16.8	0	16.5	3	14	0	12	0	16	0	14.3	0	15.8	0
10	1	17.1	0	16.9	0	16.1	5.1	12.6	0	15.4	2	15.1	0	15.1	0
10	2	10.7	0	16.3	1.5	16.9	0.4	11.6	0	15.1	0	16.8	0	15.7	0
10	3	10.2	0	13.5	4.6	12.7	8.4	8.8	0	15	0	13.5	7.9	17.2	0
10	4	12.8	0	11.7	0	13.4	4.2	8.8	0	16.2	0	11.9	0	17.5	0
10	5	11.8	0	12	0	13.8	2.1	10.2	0	17.9	0	11.9	0	18.1	0
10	6	12.7	0	12.7	0.3	15.7	0	11.4	0	21	0	13.5	0	17.5	0
10	7	13.5	0	17.2	0	14.2	0	8.7	1.9	18.8	1.2	15	1.3	11.1	0
10	8	14.2	0	16.3	0.3	13.9	0	9.8	0	16.6	0.2	17	0.4	10.6	0
10	9	16.3	0.3	16.8	0	13.4	0	10.1	0	14.5	0	13.1	14	13.9	0
10	10	16.5	0	15	0	12.3	0.5	13.1	0	16.4	0	9.6	3	16.1	0
10	11	16.3	0	12.3	2	12	0	11.3	8.8	17	0	11.4	2	18	0
10	12	13	13.4	10.7	0	11.4	0	14	2.4	14.7	0	11.6	0	18	0

10	13	8.9	24.8	11.5	0	11.4	0	15.6	1.2	14.1	0	12.6	0	17.7	0
10	14	10.2	2.3	12.2	0	11.8	0	14.6	0	12.6	0	9.5	0	16.8	0
10	15	9.6	0	12.4	0	12.3	0	15.2	0	11.1	0	8.2	0	13.1	0
10	16	10.9	0	13.9	0.6	12.5	3.2	12.6	1	9.7	0	6.3	0	13.6	0
10	17	11.3	6	11.7	12.5	12.2	0	14.6	0.3	11.8	0	6.1	0	12.4	0
10	18	12.5	3.8	12.5	9	12.8	0	12.6	0	11.1	0	6.5	0	12.1	0
10	19	11.7	0	11.1	8.8	10.9	0	13	0	7.6	0	10.1	0	12.7	0
10	20	10.2	0.7	11.5	5	13.3	0	15.4	0	9.7	13.2	8.2	0	7.2	0
10	21	12.5	3.7	13.1	0	12.4	0	13.5	3.9	8.3	32.8	9	0	7.9	0
10	22	13.1	11.7	12.1	22.2	12.7	0	6.1	0.1	9.6	3.6	8	0	9.4	0
10	23	10.5	0	11.8	4.6	10.4	3.9	6.9	0	10.2	0	9.5	0	11.2	6
10	24	10.5	0	10.9	0	10.1	0	6.7	0	14.7	0	7.6	0.1	8.8	8.5
10	25	10.8	0	15.8	0	7.7	0	11.4	0	15.4	0	6.2	0	6.3	0.1
10	26	12.3	0	12.3	0.4	6.5	0	11.8	0	14.7	0	7.8	0	6.9	4.6
10	27	13.3	0	13.2	0	7.5	0	10.2	17.8	14.5	0	10.3	0	10.1	9.2
10	28	13.2	19.9	16.2	0	8.7	0	5.1	0	14.3	0	12.7	0	9.7	0
10	29	13	0	17.6	0	8.4	0	2.9	0.6	15.1	0	9.4	7.8	8.9	0
10	30	14.8	10.9	16.3	0	7.6	0.5	4.6	4	14.3	0	6.5	7.4	11	0
10	31	10	1	15.5	0	7.4	0	5.2	14.6	15.4	0	6.3	4.8	11.3	0
11	1	10	0	13	0	8.2	0	5.8	0.4	14.1	7	9	0.2	11.6	2.7
11	2	11.5	0	10.3	0	10.8	0	3.4	5	9.7	0	10.5	0	10.6	1.2
11	3	10.5	0.3	8.3	14.4	9.1	0	3.9	2	8.6	1.8	11.4	0	7.5	10
11	4	6.5	0	8.2	7.7	10.5	0	4.1	0	8.4	1.6	14.2	0	7.2	2.2
11	5	6.6	0	10.6	0.2	9.9	0	5.3	0	6.1	0	9.1	0	5.9	0.2
11	6	7.1	0	10.9	0	9.9	0	6.8	1.1	7.4	0	9	0	7.5	0
11	7	7.5	0	10.2	0.6	10.8	0	7	2.3	6.6	1.2	4.8	2.4	9.4	0
11	8	7.1	1.4	11	0.6	9.4	0	6.3	0	5.3	3.8	4.1	10.6	9.2	0
11	9	5.9	0	13.1	0	8.3	0	6.6	0	5.3	0	5.8	1.6	9	4.2
11	10	6	0	11.6	0	9.2	0	7.7	0	5.4	0	4.5	0.8	10.1	0
11	11	6.4	0	11.1	0	10.6	0	8.2	2.4	8.4	0	3.6	0	11.5	0
11	12	4.9	27.7	9.4	0	9.4	0	6.4	1.3	11.4	0	9.6	0	10.8	0
11	13	2.6	19.1	11.6	0	5.8	0	4.4	0	9.7	0	8.6	0	10.2	0
11	14	6.8	0.4	9.7	0	3.5	0	5.6	0	10.6	0.3	5.7	1.2	8.9	5
11	15	5.2	11.5	7.4	7.1	3.1	0	8.1	0	12.2	0	3.2	0	7	0.2
11	16	4.6	1	8.6	12.6	1.7	0	8.6	0	11.4	0	4.5	0	6	0
11	17	6.5	0	6.1	1.3	2.8	0	8.3	0	11.7	0	4.8	0.4	5.6	0.2
11	18	4.8	0	8.2	0.7	2.3	0	1.8	0.2	10.2	0	4.2	0	7.4	0
11	19	5.9	0	9.8	0.9	5.9	11	6.3	0	10.4	0	3.2	17.8	8.2	0.6
11	20	7.7	0	9.9	0.2	7.6	25.1	4.9	0	8.8	0	5.3	0.8	8.6	0.8
11	21	8	0	8.9	3.6	6.1	0	5.7	0	9.6	0.4	5	0	9.2	0.2
11	22	8.8	0	11.2	0.4	4.4	0.8	8.9	0	7.7	0	3.1	0.2	8.2	2.6
11	23	5.5	0	10.6	1.1	3.3	0	7	0	6.8	0	3.6	0	9.4	0
11	24	2.5	0	11.1	10.7	3.6	0	2.6	6.6	6.8	0	2.2	0	8.3	0
11	25	1	4.7	8.8	2.1	4.2	0	0.3	0.4	5	2.3	0.5	0	7.4	0
11	26	-0.8	0	6.9	0	6.4	0	-1.2	0	7.6	2.1	0.3	0	7.7	0

11	27	-0.2	0	7	0	6.4	0	-1.5	0	4.9	0	-1.6	0	5.8	0
11	28	2	0.1	5.7	0.2	4.7	0	-3.1	5.7	5.5	4.9	-0.8	0.8	5.2	0
11	29	2.2	0	5.7	0	0.9	0	0.4	0.8	3	4.7	-4.7	3.9	4.2	0
11	30	3.2	0	4.1	0	3.5	0	0.1	0	1.8	0	0.9	3.2	4.2	0
12	1	4.7	12	2	0	2.8	3.3	-0.2	0.3	1.7	0.2	1.1	0.5	4.4	2.6
12	2	5.3	8.6	6.9	1.1	3.8	0	1.4	0	7.6	7.2	-0.5	1.6	4.4	0.6
12	3	3.7	0.2	6.3	1.8	5.8	0	0.9	2.2	5.6	0.4	-1.4	0	2	0
12	4	6.6	1	11	1.1	4.4	0	3.7	5.4	5	0	-1.6	0.2	2.6	0
12	5	3.9	0	8.4	3	4.4	0	6.2	0	6.8	0	3.6	3.8	6.4	0
12	6	1.8	0	5.5	0	5.9	0	4.2	4.4	5.3	4.8	11.5	6.4	5.6	0
12	7	3.3	0	5	10.4	2.2	0	7.7	14.6	8	0.8	9	3.4	6.3	0
12	8	4.3	0	4.8	0.7	3.9	1.3	7.2	11	7.5	0	9.1	3	5.2	0
12	9	5.2	0	2.1	0	6.2	0	3.6	1	6.2	0	7.4	1.8	4	0
12	10	5.6	0	1.8	0	4.7	0	0	1.2	6	0	9.2	0	4.4	0
12	11	4.5	0	1.9	0	1.3	0	0.9	0	7.3	0	9.2	0	3	0
12	12	4.1	0	1.8	0	2.5	0	3.1	0	7	0	8	0	6.8	0
12	13	3.8	0	4.4	0	2	0	-0.1	10.6	0.5	0	8.4	4.4	5.9	0.4
12	14	3	0	3.1	0	1	0	-1.6	3	-1.8	0	3.5	0	5.6	0.2
12	15	0.9	0	3.7	0	4.1	0	-0.1	0	-2.4	0	-2	0	4.2	0
12	16	3.3	0	3.6	0	0.1	0	3.6	0	-4.3	13.8	-1.6	0	5.2	3.4
12	17	3.9	0	1.9	0	-4.7	1	3.2	0.3	-3.4	4.4	-0.2	0	2.3	0
12	18	2.4	0	2.1	0	-0.4	0	3.9	0	-4.5	0.2	1.2	0	1	0
12	19	1.3	0	0.8	0	1.7	0	5.1	0	-5.7	0	3.6	0	3	0
12	20	0.7	0	-0.2	0	1.8	3.7	5.8	0	-4.6	6.4	2.9	7.2	4.5	0
12	21	2.5	0	0.3	0	2.8	9.3	9.4	0	-1.4	8.8	5.1	7.2	7.8	0
12	22	2.4	0	-1.1	0.4	3.6	0	7.5	0	4.1	8.2	7.2	9	5.2	0
12	23	2.7	0	-0.4	0	5.5	0	5.4	0	4.8	15.6	3.3	0	4.2	0
12	24	1.5	0	3.2	0	2.3	0	4.4	0	7.2	9.6	1.8	0	2.4	0
12	25	1.5	0	3.5	0	0.8	0	5.3	0	3.6	12.6	-1.9	0	4.7	0
12	26	-1.1	1.6	3.2	0	3.3	0	0.5	0.3	2.4	2.2	2.8	0	3.2	0
12	27	0.7	1.7	3.2	0	2.6	0	2.3	0	2.2	0.2	1.2	0	3.6	0
12	28	-1.4	0.1	2.3	0	2.2	0	4	0	5.4	14.4	4.6	0	4.4	0
12	29	0.7	2.9	1.9	0	1.3	0	6	0.8	9.6	15.2	6.6	0	2	0
12	30	6.8	0	6.5	0	2.7	0	4.5	0.8	6.9	9.2	2.8	0.2	2.1	0
12	31	4.9	6	9	0	2.4	0	3.3	0	3	7	5.2	0	5.4	0

mi	di	2012		2013		mi	di	2012		mi	di	2012	
		ti [°C]	Pt[mm]	ti [°C]	Pt[mm]			ti [°C]	Pt[mm]			ti [°C]	Pt[mm]
1	1	3.1	0.4	4.6	0.2	6	1	21.7	0	10	31	6.2	0
1	2	4.7	1.4	4.2	0	6	2	20.6	22	11	1	7.1	1.4
1	3	3.2	0	5.1	0	6	3	15.4	1.8	11	2	9.6	0.2
1	4	4.7	0	6.4	0	6	4	16.8	0	11	3	9.7	5.8
1	5	5.4	0	7.8	0	6	5	17.7	0	11	4	7	1.2
1	6	7.2	0	7.9	0	6	6	19.2	0	11	5	4	0

1	7	6.1	0	4.8	0	6	7	17.9	0	11	6	4	0
1	8	3.2	0	0.3	0	6	8	13.8	0	11	7	3.3	0.6
1	9	3.3	0	2	0.2	6	9	13.3	0	11	8	7.6	5.2
1	10	3.8	0	5.7	0	6	10	17.4	0.4	11	9	10.1	2
1	11	3	0	2.2	0.2	6	11	14.8	1	11	10	6	2.8
1	12	3.7	0	3.4	7.8	6	12	13.2	0	11	11	3.4	0
1	13	1.6	0	0.6	0.2	6	13	14.6	0	11	12	4.3	0
1	14	4.8	0	1.8	0.2	6	14	17.4	0	11	13	6	0
1	15	1.1	4.4	2	0	6	15	20.1	0	11	14	11	0
1	16	0.3	2.6	3.7	1.3	6	16	19.8	0	11	15	9.6	0
1	17	2.7	0	5.8	1.2	6	17	20	0	11	16	9	0
1	18	1	0	6.2	10.8	6	18	19.9	6.8	11	17	7.4	3.6
1	19	6	0	4.4	10	6	19	18.6	1.6	11	18	7	0
1	20	5.6	0	1.6	2	6	20	18.8	0	11	19	6	0
1	21	6	0	1.6	0	6	21	18.3	0	11	20	5.8	0
1	22	6	0	-0.8	3.6	6	22	18.1	0	11	21	6.2	0
1	23	3.9	0	-0.8	6.8	6	23	20.1	0	11	22	4.9	0
1	24	6	0	3.4	0	6	24	22	0	11	23	5.2	0
1	25	4	0	2.2	0.4	6	25	23.6	0	11	24	7.6	0
1	26	2.9	0.4	6.6	0	6	26	24.2	0	11	25	9	4.8
1	27	2.2	2.4	4.2	16.2	6	27	24.5	0	11	26	5.3	1.2
1	28	0.9	0.2	2.6	0	6	28	24.2	0	11	27	1.5	0
1	29	0.8	0	4.9	0	6	29	22.2	0	11	28	2	0.4
1	30	3	0	9	0	6	30	17.6	0	11	29	1.6	0
1	31	3.3	0	11.2	0	7	1	12.4	0	11	30	1.7	0
2	1	0	0	7.4	8.6	7	2	15.8	0	12	1	0.6	0
2	2	-4	0	2.1	0.6	7	3	19.2	0	12	2	2.6	0
2	3	-5.2	0	1.6	0	7	4	20.6	0	12	3	4.4	0
2	4	-4.4	0	3.9	0	7	5	17.6	0	12	4	4.1	0
2	5	-0.2	6.2	7	0	7	6	16.6	0	12	5	2.4	0
2	6	2	0	2.1	0	7	7	20.1	0	12	6	2.2	0
2	7	-2.5	0	1.6	0	7	8	19.4	0	12	7	5.8	0
2	8	-3.5	0	1.4	0.2	7	9	20.1	0	12	8	3	0
2	9	-0.8	0	2.4	0	7	10	20	0	12	9	3.3	0
2	10	-1.6	0	1.6	5.6	7	11	18.7	17.2	12	10	0.2	0
2	11	-4.2	0	0.4	0	7	12	18.3	0	12	11	2	0
2	12	-4.2	0	1.7	0	7	13	20.8	0	12	12	-0.5	0
2	13	-1.6	0	5.2	0	7	14	18	0	12	13	2.2	14.6
2	14	1	0	5.8	0	7	15	16.9	0	12	14	6	12
2	15	2.5	0	5.2	0	7	16	18.7	0	12	15	7.5	2
2	16	2	0	4.9	0	7	17	22.6	0	12	16	6.8	8.8
2	17	3.8	0	3.8	0.4	7	18	23.6	0	12	17	5.3	0
2	18	2.6	0	7	0	7	19	23	0	12	18	4.6	0
2	19	2.8	0	4.4	0.4	7	20	21.4	0	12	19	7	0.4
2	20	1.9	0	7.8	0	7	21	19.3	0	12	20	6	0

2	21	2.4	0	5.3	1.2	7	22	19.2	0	12	21	7.4	0
2	22	2.2	0	2.3	9.2	7	23	21.5	0	12	22	8.7	0
2	23	7.8	0	-3.3	0.6	7	24	21	0	12	23	7.6	0
2	24	7	0	-1.3	0.4	7	25	23.7	3.8	12	24	6.7	0
2	25	8.4	0	-0.6	0	7	26	23.2	9.2	12	25	7.4	2.8
2	26	9.6	0	-0.2	2.2	7	27	19.8	2.8	12	26	4.2	0
2	27	10.8	0	0.5	1	7	28	19.4	0	12	27	4	0
2	28	8	0	0	0.2	7	29	20	0	12	28	3.2	0
2	29	8.6	0			7	30	21.8	0	12	29	1.6	0
3	1	8	0	2.4	0	7	31	23.4	0	12	30	2.6	0
3	2	6.9	2.8	3.3	0	8	1	21.4	0	12	31	1.4	0.4
3	3	6.6	0	3.6	0	8	2	20.1	0				
3	4	5.2	1.6	3.6	14.8	8	3	21	0				
3	5	3	0	6.9	3.6	8	4	20.8	4				
3	6	2	0	9.5	5	8	5	17	5.8				
3	7	4.2	0	9.2	1.6	8	6	16.4	0				
3	8	4.9	0	6.5	1.2	8	7	19.8	0				
3	9	8.2	0	6.3	4.4	8	8	23	0				
3	10	7.2	0	6.3	2.6	8	9	25.2	0				
3	11	9.5	0	5	6	8	10	26.4	0				
3	12	9.7	0	3.8	7	8	11	25.8	0				
3	13	11	0	-1.2	0.4	8	12	21.2	0				
3	14	11.6	0	1.4	0	8	13	20.6	0				
3	15	12	0	4.2	0	8	14	20.7	0				
3	16	9.2	0	2.9	4.2	8	15	16.8	0.8				
3	17	8.1	0	3	7.4	8	16	18.8	0				
3	18	4	0	3	0	8	17	24.3	0				
3	19	2.9	0	3.4	3	8	18	26.6	0				
3	20	3.5	1.2	5.8	0	8	19	26.2	0				
3	21	2.8	1.6	6.8	0	8	20	25.4	0				
3	22	4.9	0	7.1	1.4	8	21	25.4	0				
3	23	6.4	0	7.3	0.2	8	22	25.2	0				
3	24	8.8	0	6.4	1.6	8	23	23.8	0				
3	25	9.4	0	5.4	21	8	24	21	0				
3	26	9.3	0	8.6	7.2	8	25	18.9	0				
3	27	8.3	0	9.7	1.2	8	26	19	0				
3	28	9.2	0	9.5	3.2	8	27	20.8	0				
3	29	8.8	0	8.8	31.8	8	28	21.1	0				
3	30	11.6	0	7.6	0.6	8	29	22.4	2				
3	31	12.4	0	8.2	6.2	8	30	14.7	0				
4	1	11.6	1.2	6.5	8.4	8	31	13.8	0				
4	2	10.6	13.8	5.6	0.8	9	1	13.4	0				
4	3	7.4	7.4	5.8	5	9	2	14.4	0				
4	4	7.6	10.4	5.2	2.4	9	3	15.4	0				
4	5	6	6	1.8	0	9	4	16	0				

4	6	3.4	1.2	1.6	0.4	9	5	17.7	0
4	7	3	0	2.4	2	9	6	18.4	0
4	8	7.1	0	5.4	0	9	7	20.4	1.8
4	9	8.6	0.8	7.8	0.6	9	8	20.3	0.4
4	10	6.6	5.4	9.8	0.6	9	9	19.4	2.2
4	11	4.8	0	10.2	2.6	9	10	18.4	0
4	12	6.2	0.6	8.8	0	9	11	19.6	0
4	13	4.6	5.8	11.4	0	9	12	19.1	0
4	14	5	1.4	13.2	0	9	13	14.8	0
4	15	4	0	15.6	0	9	14	16.7	0
4	16	2.8	0	15.3	0	9	15	21.3	0
4	17	6.1	1	16.4	0	9	16	19.5	0
4	18	4	4.2	14	0	9	17	19.6	0
4	19	6.6	1.4	5.8	1.4	9	18	19.5	0
4	20	8.2	0.2	7	0	9	19	16.2	0
4	21	10	7.8	7.8	0	9	20	17.5	0
4	22	7.8	0.2	8.3	0	9	21	19.4	0
4	23	6.8	0.2	9.2	0	9	22	19.4	0
4	24	5.8	0	9.7	0	9	23	18.1	2
4	25	9.1	1	9.6	0	9	24	14.8	0
4	26	8.2	0.6	7.5	16.2	9	25	13.8	5
4	27	10.7	2.4	3.6	0	9	26	9.8	0
4	28	6.3	8.4	1.8	2.8	9	27	9.8	3.8
4	29	6.4	0.8	2.3	12.8	9	28	11.8	22.2
4	30	7.2	1.2	5.6	28.4	9	29	10.4	0
5	1	7.4	0	6.7	1.8	9	30	12.4	0
5	2	8.4	0	7.4	0	10	1	11	0
5	3	9.1	4.8	7.6	0	10	2	12.8	0
5	4	8.8	13.4	9.8	0	10	3	14.4	0
5	5	8	0.6	11.2	0	10	4	14.3	0
5	6	8.4	0	12	0	10	5	15	0
5	7	9.2	2	14.5	0	10	6	14.6	0
5	8	14.2	5.6	14.9	0	10	7	19.1	0
5	9	16.2	0	12.7	2.8	10	8	18.4	0
5	10	17.7	0	11.6	0	10	9	17.2	0
5	11	19.8	0	10.1	0	10	10	17.8	15.8
5	12	22.2	3.4	10.6	0	10	11	14.8	1.2
5	13	18.8	0	12.7	0	10	12	11.6	0.2
5	14	16.6	0	13.4	1	10	13	10.6	0
5	15	13.3	0	6.2	9.2	10	14	7	11.8
5	16	13.6	0	4.3	9	10	15	8.1	0
5	17	17.8	3.8	4.3	3.8	10	16	10.8	0
5	18	16.8	0.2	6.6	2.8	10	17	10.4	0
5	19	10.1	10.6	6.4	2.8	10	18	14	3.6
5	20	6.8	1	7	0	10	19	11.6	12.6

5	21	6.9	0	5.6	0.2	10	20	9.8	12
5	22	12.6	0	11	0	10	21	10	18.6
5	23	14.8	0	10.2	0	10	22	12.4	0
5	24	17.1	0	9.4	0	10	23	12.9	0
5	25	18.3	0	8.5	0	10	24	11.4	4.4
5	26	16.7	0	9.3	6.6	10	25	12.3	5.4
5	27	15	0			10	26	12	0.4
5	28	16.8	5.8			10	27	5.3	0
5	29	18	0			10	28	3	0
5	30	19.1	0			10	29	4.6	0
5	31	21	0			10	30	2.9	0.8

ANEJO N° 3: MEDICIÓN AFOROS DIRECTOS, CURVA DE GASTOS Y MEDICIÓN DE CAUDALES

Medición de aforos directos:

Se ha medido el calado de dos secciones de control diariamente durante los años hidrológicos 2010-11 y 2011-12; una en el manantial de Fuentetoba y otra en el manantial de Mazos.

Detalle de la escala en un marco en el Manantial de Fuentetoba

Midiendo el calado en la sección escogida para el aforo en el Manantial de Mazos

Los datos obtenidos del aforo han sido:

Fecha	Calado Fuentetoba [cm]	Calado Mazos [cm]
01/10/2010	4,5	5,5
02/10/2010	6,4	6,3
03/10/2010	5,6	5,2
04/10/2010	4,9	2,4
05/10/2010	3,8	4,9
06/10/2010	3	4,3
07/10/2010	5,3	4,6
08/10/2010	6,2	5,5
09/10/2010	12,2	11,2
10/10/2010	14,9	12,6
11/10/2010	12,3	13,2
12/10/2010	12	14,1
13/10/2010	11,8	13,7
14/10/2010	11,6	13,2
15/10/2010	11,4	9,2
16/10/2010	11,2	8,6
17/10/2010	11	11,5
18/10/2010	10,6	12
19/10/2010	10,1	6,9
20/10/2010	9,6	6,3
21/10/2010	9,3	6,3
22/10/2010	8,6	6,9
23/10/2010	7,8	5,5

24/10/2010	7	4
25/10/2010	6,6	4,9
26/10/2010	6	4,3
27/10/2010	5,3	4
28/10/2010	4,1	5,5
29/10/2010	11,5	9,8
30/10/2010	17	10,3
31/10/2010	12,8	22
01/11/2010	12,7	23,2
02/11/2010	12,3	19,8
03/11/2010	12	11,5
04/11/2010	11,8	9,2
05/11/2010	11,5	6,9
06/11/2010	11,3	5,5
07/11/2010	11,4	12
08/11/2010	17,2	17,5
09/11/2010	12,7	16
10/11/2010	12,4	16
11/11/2010	12,1	16
12/11/2010	11,9	13,7
13/11/2010	11,6	15,4
14/11/2010	11,5	8,6
15/11/2010	11,3	7,5
16/11/2010	11,2	5,5
17/11/2010	11,1	10,4
18/11/2010	10,7	9,8

19/11/2010	12,5	13,7
20/11/2010	12,1	13,7
21/11/2010	11,9	15,4
22/11/2010	11,7	13,2
23/11/2010	11,5	12
24/11/2010	11,3	10,3
25/11/2010	11,2	9,8
26/11/2010	11	8,6
27/11/2010	10,5	8
28/11/2010	10	8
29/11/2010	9,5	5,5
30/11/2010	9,2	5,5
01/12/2010	7,9	6,3
02/12/2010	7,5	6,1
03/12/2010	6,7	5,8
04/12/2010	6	4
05/12/2010	6,9	6,1
06/12/2010	11,2	10,3
07/12/2010	15,9	13,7
08/12/2010	13,8	15,4
09/12/2010	13,3	13,2
10/12/2010	13	16,8
11/12/2010	12,8	13,7
12/12/2010	12,7	13,2
13/12/2010	12,5	14,3
14/12/2010	12,5	13,7

15/12/2010	12,4	13,2
16/12/2010	11,9	12,6
17/12/2010	11,7	11,5
18/12/2010	11,6	10,9
19/12/2010	11,5	9,8
20/12/2010	11,5	10,3
21/12/2010	15,6	16
22/12/2010	21,3	23,5
23/12/2010	16,8	13,7
24/12/2010	15,3	11,5
25/12/2010	14,3	10,3
26/12/2010	13,5	15,4
27/12/2010	12,9	13,7
28/12/2010	12,5	13,2
29/12/2010	12,2	11,5
30/12/2010	11,2	10,9
31/12/2010	11,1	9,8
01/01/2011	10,7	9,2
02/01/2011	10	8,6
03/01/2011	9,2	6,9
04/01/2011	10,4	8,6
05/01/2011	11,3	12
06/01/2011	11,3	12,6
07/01/2011	11,4	12,6
08/01/2011	15,4	19,8
09/01/2011	13,2	22

10/01/2011	12,6	19,8
11/01/2011	12,1	15,4
12/01/2011	11,8	14,3
13/01/2011	11,5	13,2
14/01/2011	11,3	12,1
15/01/2011	11,1	11,2
16/01/2011	11	10,3
17/01/2011	10,7	9,6
18/01/2011	10,2	9
19/01/2011	10	7,6
20/01/2011	9,9	7,4
21/01/2011	9,6	7,1
22/01/2011	9,3	6,8
23/01/2011	9,1	6,5
24/01/2011	8,4	6,2
25/01/2011	7,6	6
26/01/2011	7,2	5,5
27/01/2011	5,6	4,9
28/01/2011	6,4	5,5
29/01/2011	6,6	5,5
30/01/2011	6,7	5,5
31/01/2011	6,9	5,2
01/02/2011	5,6	4,9
02/02/2011	7	5,8
03/02/2011	9,5	7,6
04/02/2011	11,1	9,9

05/02/2011	12	13
06/02/2011	12,7	13,6
07/02/2011	12,4	13,7
08/02/2011	12	13,4
09/02/2011	11,7	12,7
10/02/2011	11,4	11,9
11/02/2011	11,2	11,1
12/02/2011	11,1	10,3
13/02/2011	11,4	10,9
14/02/2011	11,4	10,8
15/02/2011	11,9	13,6
16/02/2011	13,3	15,1
17/02/2011	12,9	14,8
18/02/2011	13,2	14,2
19/02/2011	13,6	16,2
20/02/2011	13,2	15,9
21/02/2011	12,7	15,4
22/02/2011	12,4	14,6
23/02/2011	12	13,7
24/02/2011	11,7	12,7
25/02/2011	11,5	11,8
26/02/2011	11,2	10,9
27/02/2011	11,1	10
28/02/2011	10,5	9,3
01/03/2011	9,9	8,7
02/03/2011	9,6	7,1

03/03/2011	9,3	6,7
04/03/2011	8,9	6,3
05/03/2011	8,7	6,1
06/03/2011	8,9	6,1
07/03/2011	8,7	6,1
08/03/2011	8,9	6,1
09/03/2011	9	6,1
10/03/2011	9,3	6,1
11/03/2011	10,7	8,7
12/03/2011	13	11,3
13/03/2011	12,9	12
14/03/2011	13,2	14,1
15/03/2011	13,2	15,2
16/03/2011	12,9	14,8
17/03/2011	12,6	14,1
18/03/2011	12,3	13,2
19/03/2011	12	12,3
20/03/2011	11,7	11,2
21/03/2011	11,4	10,4
22/03/2011	11,1	9,6
23/03/2011	11,3	10,2
24/03/2011	12,2	13,5
25/03/2011	16,3	14,4
26/03/2011	17,1	14,3
27/03/2011	24,2	27,3
28/03/2011	22,3	25,8

29/03/2011	19,9	28,1
30/03/2011	17,2	27,3
31/03/2011	15,9	24,3
01/04/2011	13,9	16,8
02/04/2011	13,2	15,3
03/04/2011	12,7	13,8
04/04/2011	12,4	12,5
05/04/2011	12,2	11,5
06/04/2011	12	10,4
07/04/2011	11,8	9,6
08/04/2011	11,7	9
09/04/2011	11,5	7,3
10/04/2011	11,5	6,8
11/04/2011	11,4	6,5
12/04/2011	11,3	6,1
13/04/2011	11,3	5,5
14/04/2011	11,2	4,9
15/04/2011	11,2	4,6
16/04/2011	11,2	4
17/04/2011	11,1	3,2
18/04/2011	11,1	2,4
19/04/2011	11,5	2,4
20/04/2011	11,1	5,8
21/04/2011	25,7	13,7
22/04/2011	23,5	15,8
23/04/2011	21,3	16,2

24/04/2011	18,2	15,8
25/04/2011	14,6	15
26/04/2011	13,5	14
27/04/2011	13	12,8
28/04/2011	12,6	11,8
29/04/2011	12,3	12,7
30/04/2011	11	5,5
01/05/2011	12,2	12,8
02/05/2011	12,4	13
03/05/2011	12,6	13,6
04/05/2011	12,5	13,5
05/05/2011	12,4	12,9
06/05/2011	12,9	12,7
07/05/2011	14,1	15,9
08/05/2011	14,9	15,5
09/05/2011	15,9	15
10/05/2011	18	14,1
11/05/2011	17,7	13
12/05/2011	18,5	19,8
13/05/2011	18,7	16,7
14/05/2011	30	27,5
15/05/2011	26,6	21,3
16/05/2011	24,1	23,2
17/05/2011	21,3	23,5
18/05/2011	17,7	16,8
19/05/2011	17,3	15,3

20/05/2011	15	13,7
21/05/2011	14,3	13,2
22/05/2011	14,8	12,5
23/05/2011	12,6	11,6
24/05/2011	11,8	10,8
25/05/2011	11,1	10,1
26/05/2011	11,1	9,6
27/05/2011	11	9,3
28/05/2011	9	6
29/05/2011	11,5	8,5
30/05/2011	11,6	10,2
31/05/2011	11,6	10,2
01/06/2011	11,5	10
02/06/2011	11,5	9,5
03/06/2011	14,5	10,2
04/06/2011	15,1	13,7
05/06/2011	15	14,4
06/06/2011	15,2	16,3
07/06/2011	15,3	16
08/06/2011	13,7	15,2
09/06/2011	13,1	14,2
10/06/2011	12,5	13,2
11/06/2011	12	12,1
12/06/2011	11,8	11,1
13/06/2011	11,6	10,3
14/06/2011	11,2	9,5

15/06/2011	11,1	8,8
16/06/2011	10,7	7,3
17/06/2011	10,1	6,8
18/06/2011	9,6	6,3
19/06/2011	9,2	6,1
20/06/2011	8,4	5,5
21/06/2011	7,3	4,9
22/06/2011	6,6	4,6
23/06/2011	6,1	4
24/06/2011	5,3	3,2
25/06/2011	6	2,4
26/06/2011	5,6	2,4
27/06/2011	5,3	1,6
28/06/2011	4,9	1,6
29/06/2011	4,5	0,8
30/06/2011	4,5	0,8
01/07/2011	4,5	0,8
02/07/2011	4,1	0,8
03/07/2011	4,1	0,8
04/07/2011	4,1	0,8
05/07/2011	4,1	0
06/07/2011	3,8	0
07/07/2011	3,8	0
08/07/2011	3,8	0
09/07/2011	3,8	0
10/07/2011	3,8	0

11/07/2011	3,8	0
12/07/2011	3,8	0
13/07/2011	3,8	0
14/07/2011	3,8	0
15/07/2011	3,8	0
16/07/2011	3,8	0
17/07/2011	3,8	0
18/07/2011	3,8	0
19/07/2011	3,8	0
20/07/2011	3,8	0
21/07/2011	3,8	0
22/07/2011	3,8	0
23/07/2011	3,8	0
24/07/2011	3,8	0
25/07/2011	3,8	0
26/07/2011	3,8	0
27/07/2011	3,8	0
28/07/2011	3,8	0
29/07/2011	3,8	0
30/07/2011	3,8	0
31/07/2011	3,8	0
01/08/2011	3,8	0
02/08/2011	3,8	0
03/08/2011	3,8	0
04/08/2011	3,8	0
05/08/2011	3,8	0

06/08/2011	3,8	0
07/08/2011	3,8	0
08/08/2011	3,8	0
09/08/2011	3,8	0
10/08/2011	3,8	0
11/08/2011	3,8	0
12/08/2011	3,8	0
13/08/2011	3,8	0
14/08/2011	3,8	0
15/08/2011	3,8	0
16/08/2011	3,8	0
17/08/2011	3,8	0
18/08/2011	3,8	0
19/08/2011	3,8	0
20/08/2011	3,8	0
21/08/2011	3,8	0
22/08/2011	3,8	0
23/08/2011	3,8	0
24/08/2011	3,8	0
25/08/2011	3,8	0
26/08/2011	3,8	0
27/08/2011	3,8	0
28/08/2011	3,8	0
29/08/2011	3,8	0
30/08/2011	3,8	0
31/08/2011	3	0

01/09/2011	3	0
02/09/2011	3	0
03/09/2011	3	0
04/09/2011	3	0
05/09/2011	3	0
06/09/2011	3	0
07/09/2011	3	0
08/09/2011	3	0
09/09/2011	3	0
10/09/2011	3	0
11/09/2011	3	0
12/09/2011	3	0
13/09/2011	3	0
14/09/2011	3	0
15/09/2011	3	0
16/09/2011	3	0
17/09/2011	3,8	0
18/09/2011	3,8	0
19/09/2011	3,8	0
20/09/2011	3,8	0
21/09/2011	3,8	0
22/09/2011	3,4	0
23/09/2011	3,4	0
24/09/2011	3,4	0
25/09/2011	3,4	0
26/09/2011	3,8	0

27/09/2011	3,8	0
28/09/2011	3,8	0
29/09/2011	3,8	0
30/09/2011	4,5	0
01/10/2011	2,3	0
02/10/2011	2,3	0
03/10/2011	2,3	0
04/10/2011	2,3	0
05/10/2011	2,3	0
06/10/2011	2,3	0
07/10/2011	2,3	0
08/10/2011	2,3	0
09/10/2011	2,3	0
10/10/2011	2,3	0
11/10/2011	2,3	0
12/10/2011	2,3	0
13/10/2011	2,3	0
14/10/2011	2,3	0
15/10/2011	2,3	0
16/10/2011	2,3	0
17/10/2011	2,3	0
18/10/2011	2,3	0
19/10/2011	2,3	0
20/10/2011	2,3	0
21/10/2011	2,3	0
22/10/2011	2,3	0

23/10/2011	2,3	0
24/10/2011	9,6	6,3
25/10/2011	10,6	6,9
26/10/2011	11,4	9,2
27/10/2011	17,5	13,7
28/10/2011	12,7	14,3
29/10/2011	12,6	13,2
30/10/2011	12,4	12,6
31/10/2011	12,2	12
01/11/2011	12,2	12
02/11/2011	12,2	12
03/11/2011	18	19,8
04/11/2011	17	18,3
05/11/2011	14,9	17,5
06/11/2011	13,8	14,9
07/11/2011	12,3	13,7
08/11/2011	11,7	12,6
09/11/2011	12,4	12,6
10/11/2011	12,3	12
11/11/2011	12	11,5
12/11/2011	11,8	10,3
13/11/2011	11,6	9,8
14/11/2011	11,6	9,8
15/11/2011	11,5	9,2
16/11/2011	11,4	8,6
17/11/2011	11,2	8,6

18/11/2011	11,1	8
19/11/2011	11	7,5
20/11/2011	10,5	6,9
21/11/2011	10,1	6,9
22/11/2011	9,8	6,9
23/11/2011	9,5	6,3
24/11/2011	9,3	6,3
25/11/2011	8,9	5,5
26/11/2011	8,1	5,2
27/11/2011	7,3	4,9
28/11/2011	6,7	4,6
29/11/2011	6,1	4
30/11/2011	5,3	3,2
01/12/2011	4,5	2,4
02/12/2011	4,1	2,4
03/12/2011	3,8	2,4
04/12/2011	3,4	2,4
05/12/2011	3	1,6
06/12/2011	2,6	1,6
07/12/2011	2,3	0,8
08/12/2011	1,9	0,8
09/12/2011	2,6	0,8
10/12/2011	1,9	0,8
11/12/2011	2,6	0,8
12/12/2011	1,9	0,8
13/12/2011	2,6	0,8

14/12/2011	2,3	0,8
15/12/2011	3	0,8
16/12/2011	1,9	0,8
17/12/2011	2,3	0,8
18/12/2011	2,3	0,8
19/12/2011	2,3	0,8
20/12/2011	2,3	0,8
21/12/2011	2,3	0,8
22/12/2011	2,3	0,8
23/12/2011	2,3	0,8
24/12/2011	2,3	0,8
25/12/2011	2,3	0,8
26/12/2011	2,3	0,8
27/12/2011	1,9	0,8
28/12/2011	1,9	0,8
29/12/2011	1,9	0,8
30/12/2011	1,9	0,8
31/12/2011	1,9	0,8
01/01/2012	1,9	0,8
02/01/2012	1,9	0,8
03/01/2012	1,9	0,8
04/01/2012	1,9	0,8
05/01/2012	2,6	0,8
06/01/2012	2,6	0,8
07/01/2012	2,3	0,8
08/01/2012	2,3	0,8

09/01/2012	2,3	0,8
10/01/2012	2,3	0,8
11/01/2012	2,3	0,8
12/01/2012	2,3	0,8
13/01/2012	2,3	0,8
14/01/2012	2,3	0,8
15/01/2012	2,3	0,8
16/01/2012	2,3	0,8
17/01/2012	2,3	0,8
18/01/2012	2,3	0,8
19/01/2012	2,3	0,8
20/01/2012	4,1	2,4
21/01/2012	6,2	4,3
22/01/2012	7,2	4,9
23/01/2012	7,6	4,9
24/01/2012	7,8	5,2
25/01/2012	8,9	5,2
26/01/2012	9,2	5,5
27/01/2012	9,3	6,3
28/01/2012	9,4	6,3
29/01/2012	9,9	6,3
30/01/2012	9,7	6,3
31/01/2012	9,6	5,5
01/02/2012	9,2	5,5
02/02/2012	7,8	5,5
03/02/2012	7,2	5,5

04/02/2012	6,7	4
05/02/2012	6,2	4
06/02/2012	5,6	4
07/02/2012	4,5	4
08/02/2012	3,8	4
09/02/2012	3	4
10/02/2012	2,6	4
11/02/2012	2,3	0,8
12/02/2012	2,3	0,8
13/02/2012	2,3	0,8
14/02/2012	2,3	0,8
15/02/2012	2,3	0,8
16/02/2012	2,3	0,8
17/02/2012	2,3	4
18/02/2012	5,3	4
19/02/2012	6,1	4
20/02/2012	6,6	4
21/02/2012	7,3	4
22/02/2012	8,9	4
23/02/2012	9,4	5,5
24/02/2012	9,6	6,3
25/02/2012	9,7	6,3
26/02/2012	9,8	6,3
27/02/2012	9,7	6,3
28/02/2012	9,6	6,5
29/02/2012	9,5	6,2

01/03/2012	9,5	6,1
02/03/2012	9,7	6,6
03/03/2012	9,9	6,7
04/03/2012	10,4	7
05/03/2012	10,4	7,1
06/03/2012	10,3	7
07/03/2012	10,1	6,8
08/03/2012	9,8	6,6
09/03/2012	9,5	6,3
10/03/2012	9,2	6,1
11/03/2012	8,7	5,8
12/03/2012	7,9	5,2
13/03/2012	7,2	4,9
14/03/2012	6,6	4,3
15/03/2012	6,1	4
16/03/2012	5,3	3,2
17/03/2012	4,1	2,4
18/03/2012	3,4	2,4
19/03/2012	3	1,6
20/03/2012	2,6	1,6
21/03/2012	3	1,6
22/03/2012	3	1,6
23/03/2012	3	1,6
24/03/2012	2,6	1,6
25/03/2012	2,3	1,6
26/03/2012	2,3	0,8

27/03/2012	2,3	0,8
28/03/2012	2,3	0,8
29/03/2012	2,3	1,6
30/03/2012	2,3	0,8
31/03/2012	2,3	0,8
01/04/2012	2,3	0,8
02/04/2012	2,3	4,3
03/04/2012	11,2	8,6
04/04/2012	19,8	19,4
05/04/2012	18,9	20,5
06/04/2012	17,7	20,9
07/04/2012	17,5	16
08/04/2012	16,5	16,8
09/04/2012	14,4	15,5
10/04/2012	13,8	16,5
11/04/2012	13	16
12/04/2012	12,8	16,8
13/04/2012	14,9	18,3
14/04/2012	14,4	16,8
15/04/2012	14,1	16
16/04/2012	13,3	15
17/04/2012	13,1	14,2
18/04/2012	12,9	14,8
19/04/2012	12,9	14,9
20/04/2012	13,2	14,3
21/04/2012	12,9	16,5

22/04/2012	16,9	17,9
23/04/2012	14,9	20,5
24/04/2012	13,3	12
25/04/2012	12,7	11,5
26/04/2012	12,5	16
27/04/2012	12,4	13,7
28/04/2012	16,8	16
29/04/2012	16,5	19,8
30/04/2012	15,4	18,3
01/05/2012	14,4	16
02/05/2012	13,8	19,8
03/05/2012	13,5	16
04/05/2012	19,4	17,5
05/05/2012	18,4	19,8
06/05/2012	17,7	16
07/05/2012	17,5	11,5
08/05/2012	15,9	11,5
09/05/2012	14,9	10,3
10/05/2012	14,1	15,1
11/05/2012	13,8	14
12/05/2012	13,5	13,2
13/05/2012	13,2	12,3
14/05/2012	12,7	11,3
15/05/2012	12,4	9,2
16/05/2012	12,1	9,8
17/05/2012	11,8	9,1

18/05/2012	11,6	8,6
19/05/2012	11,4	7,5
20/05/2012	11,3	7,6
21/05/2012	11,2	7,5
22/05/2012	10,6	7,3
23/05/2012	10,3	7
24/05/2012	9,9	6,7
25/05/2012	9,6	6,5
26/05/2012	9,3	6,1
27/05/2012	8,9	5,8
28/05/2012	8,1	5,2
29/05/2012	7,3	4,9
30/05/2012	6,7	4,3
31/05/2012	6,1	4
01/06/2012	5,3	3,2
02/06/2012	4,5	2,4
03/06/2012	3,8	5,2
04/06/2012	10,3	6
05/06/2012	10,1	6,1
06/06/2012	9,9	6,1
07/06/2012	9,5	6
08/06/2012	9,5	5,8
09/06/2012	9,4	5,5
10/06/2012	8,9	4,9
11/06/2012	7,8	4,6
12/06/2012	7,3	4,3

13/06/2012	6	4
14/06/2012	5,3	3,2
15/06/2012	4,1	1,6
16/06/2012	3,4	2,4
17/06/2012	3	1,6
18/06/2012	2,3	1,6
19/06/2012	4,1	4
20/06/2012	5,3	4
21/06/2012	5,6	4
22/06/2012	5,3	3,2
23/06/2012	4,9	3,2
24/06/2012	4,5	3,2
25/06/2012	3,8	2,4
26/06/2012	3,4	2,4
27/06/2012	3	1,6
28/06/2012	2,6	1,6
29/06/2012	2,3	0,8
30/06/2012	1,9	0,8
01/07/2012	1,5	0,8
02/07/2012	1,1	0,8
03/07/2012	1,1	0,8
04/07/2012	1,1	0,8
05/07/2012	1,1	0,8
06/07/2012	1,1	0,8
07/07/2012	1,1	0,8
08/07/2012	1,1	0,8

09/07/2012	1,1	0,8
10/07/2012	1,1	0,8
11/07/2012	1,1	0,8
12/07/2012	0,8	0,8
13/07/2012	1,1	0,8
14/07/2012	1,1	0,8
15/07/2012	1,1	0,8
16/07/2012	1,1	0,8
17/07/2012	1,1	0,8
18/07/2012	1,1	0,8
19/07/2012	1,1	0,8
20/07/2012	1,1	0,8
21/07/2012	1,1	0
22/07/2012	1,1	0
23/07/2012	1,1	0
24/07/2012	1,1	0
25/07/2012	1,1	0
26/07/2012	4,9	3,2
27/07/2012	9	6
28/07/2012	9,5	6,3
29/07/2012	10,8	6,5
30/07/2012	10,4	6,5
31/07/2012	9,6	6,3
01/08/2012	9,4	6,1
02/08/2012	9,3	6
03/08/2012	8,4	5,5

04/08/2012	7,8	5,2
05/08/2012	8,4	5,5
06/08/2012	8,6	5,8
07/08/2012	8,4	5,5
08/08/2012	7,9	5,2
09/08/2012	7,5	4,9
10/08/2012	7	4,6
11/08/2012	6,6	4,3
12/08/2012	6,1	4
13/08/2012	5,3	3,2
14/08/2012	4,5	3,2
15/08/2012	3,8	2,4
16/08/2012	3	2,4
17/08/2012	2,6	1,6
18/08/2012	2,3	0,8
19/08/2012	1,9	0,8
20/08/2012	1,5	0,8
21/08/2012	1,1	0,8
22/08/2012	0,8	0,8
23/08/2012	0,8	0,8
24/08/2012	0,8	0,8
25/08/2012	0,8	0,8
26/08/2012	0,8	0,8
27/08/2012	0,8	0,8
28/08/2012	0,8	0,8
29/08/2012	0,8	0,8

30/08/2012	0,8	0
31/08/2012	0,8	0
01/09/2012	0,8	0
02/09/2012	0,8	0
03/09/2012	0,8	0
04/09/2012	0,8	0
05/09/2012	0,8	0
06/09/2012	1,1	0
07/09/2012	1,1	0
08/09/2012	1,1	0
09/09/2012	1,1	0
10/09/2012	1,1	0
11/09/2012	1,1	0
12/09/2012	1,1	0
13/09/2012	1,1	0
14/09/2012	1,1	0
15/09/2012	1,1	0
16/09/2012	1,1	0
17/09/2012	1,1	0
18/09/2012	1,1	0
19/09/2012	1,1	0,8
20/09/2012	1,1	0,8
21/09/2012	1,1	0,8
22/09/2012	1,1	0,8
23/09/2012	1,1	0,8
24/09/2012	1,1	0

25/09/2012	1,1	0,8
26/09/2012	1,1	0,8
27/09/2012	3,4	2,4
28/09/2012	13,3	8
29/09/2012	12,8	8,6
30/09/2012	12,5	9,2

Curva de gastos

Manantial de Fuentetoba

Se ha realizado el cálculo caudales a partir de los datos de campo recogidos en el apartado anterior. Para ello, hemos utilizado la lista de conversión descrita en las prescripciones del minimolinet.

Para obtención del caudal a partir de los resultados del minimolinet se ha seguido la siguiente metodología:

Ajustar una curva que cada una de las secciones de forma polinómica, tomando como abscisas la profundidad (h) a la que se realiza la medición y las ordenadas el resultado de la velocidad (m/s):

$$P(x) = fsk((v_i, h_j); y(0)=0)) = a_n x^n + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

Posteriormente, integramos la ecuación desde la solera (h=0), considerando la velocidad en el fondo igual a cero, y el calado total (h=c).

$$S_i = \int_0^c P(x) \left[\frac{m^2}{s} \right] (1)$$

Ajustamos una curva a partir de los secciones anteriormente calculadas, poniendo en las ordenadas los m²/s (S_i) y en las abscisas el ancho de la solera (m) y considerando que la velocidad en las paredes del marco es cero.

$$P(x)_s = g((x_i, S_i); y(0)=0; y(d)=0)$$

Finalmente, integramos la ecuación desde los dos márgenes de la solera (x= 0 y x=d)

$$Q = \int_0^d P(x)_s \left[\frac{m^3}{s} \right] (2)$$

Detalle las secciones estudiadas en el marco de Fuente de la Toba

Detalle del micromolinete utilizado para el cálculo del caudal del Manantial de Fuentetoba

Fecha	Calado[cm]	Caudal[l/s]
4/12/2010	6	16
30/04/2011	11	79,7
28/05/2011	9	35,4
07/04/2012	17,5	700

Tabla resultado de los ensayos con micromolinete en el manantial de Fuentetoba

A partir de la tabla podemos realizar una representación de la curva de gastos del Manantial de Fuentetoba:

Manantial de Mazos

En un cálculo preliminar se realizó el cálculo de caudal con un cubo, calculando el tiempo que tarda en llenarse. También se ha obtenido los caudales del Manantial de Mazos, considerando el caudal que pasa por una tubería circular:

Esquema de tubería circular

Definición

Radio

Ángulo (α)

Área (A)

Perímetro mojado (P_m)

Fórmula

$$R = \varnothing / 2$$

$$\alpha = 2 \cdot \cos^{-1} [1 - (h/R)]$$

$$A = 0,5 \cdot R^2 \cdot (\alpha - \sin(\alpha))$$

$$P_m = R \cdot \alpha$$

Radio hidráulico (R_H)

$$R_H = A/P$$

Caudal (Q)

$$Q = (C/n) \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Velocidad (V)

$$V = Q/A$$

Detalle de aforo de Manantial de Mazos

Fecha	Calado[cm]	Caudal[l/s]
4/12/2010	4	5
30/04/2011	5,5	10
28/05/2011	6	12
07/04/2012	16	100

Tabla resultado de los ensayos con micromolinete en el manantial de Fuentetoba

A partir de la tabla podemos realizar una representación de la curva de gastos del Manantial de Mazos:

Cálculo de caudales

El cálculo de los caudales se ha realizado mediante la curva de gastos de los manantiales de Fuentetoba y el manantial de Mazos.

Fecha	Caudal Fuentetoba [l/s]	Aforo Mazos [l/s]
01/10/2010	12	10
02/10/2010	19	15
03/10/2010	15	9
04/10/2010	13	3
05/10/2010	10	8
06/10/2010	8	6
07/10/2010	14	7

08/10/2010	18	10
09/10/2010	194	58
10/10/2010	452	70
11/10/2010	204	75
12/10/2010	175	83
13/10/2010	156	80
14/10/2010	137	75
15/10/2010	118	40
16/10/2010	99	35
17/10/2010	80	60
18/10/2010	71	65
19/10/2010	60	20
20/10/2010	49	15
21/10/2010	42	15
22/10/2010	33	20
23/10/2010	28	10
24/10/2010	23	5
25/10/2010	20	8
26/10/2010	16	6
27/10/2010	14	5
28/10/2010	11	10
29/10/2010	127	45
30/10/2010	652	50
31/10/2010	251	180
01/11/2010	242	196
02/11/2010	204	150

03/11/2010	175	60
04/11/2010	156	40
05/11/2010	127	20
06/11/2010	108	10
07/11/2010	118	65
08/11/2010	671	120
09/11/2010	242	100
10/11/2010	213	100
11/11/2010	185	100
12/11/2010	166	80
13/11/2010	137	95
14/11/2010	127	35
15/11/2010	108	25
16/11/2010	99	10
17/11/2010	89	51
18/11/2010	73	45
19/11/2010	223	80
20/11/2010	185	80
21/11/2010	166	95
22/11/2010	147	75
23/11/2010	127	65
24/11/2010	108	50
25/11/2010	99	45
26/11/2010	80	35
27/11/2010	69	30
28/11/2010	58	30

29/11/2010	46	10
30/11/2010	40	10
01/12/2010	29	15
02/12/2010	26	13
03/12/2010	21	11
04/12/2010	16	5
05/12/2010	22	13
06/12/2010	99	50
07/12/2010	547	80
08/12/2010	347	95
09/12/2010	299	75
10/12/2010	271	111
11/12/2010	251	80
12/12/2010	242	75
13/12/2010	223	85
14/12/2010	223	80
15/12/2010	213	75
16/12/2010	166	70
17/12/2010	147	60
18/12/2010	137	55
19/12/2010	127	45
20/12/2010	127	50
21/12/2010	519	100
22/12/2010	1.593	199
23/12/2010	633	80
24/12/2010	490	60

25/12/2010	395	50
26/12/2010	318	95
27/12/2010	261	80
28/12/2010	223	75
29/12/2010	194	60
30/12/2010	99	55
31/12/2010	89	45
01/01/2011	73	40
02/01/2011	58	35
03/01/2011	40	20
04/01/2011	66	35
05/01/2011	108	65
06/01/2011	108	70
07/01/2011	118	70
08/01/2011	500	150
09/01/2011	290	180
10/01/2011	232	150
11/01/2011	185	95
12/01/2011	156	85
13/01/2011	127	75
14/01/2011	108	66
15/01/2011	89	58
16/01/2011	80	50
17/01/2011	73	44
18/01/2011	62	38
19/01/2011	58	26

20/01/2011	55	24
21/01/2011	49	22
22/01/2011	42	19
23/01/2011	38	16
24/01/2011	32	14
25/01/2011	27	12
26/01/2011	24	10
27/01/2011	15	8
28/01/2011	19	10
29/01/2011	20	10
30/01/2011	21	10
31/01/2011	22	9
01/02/2011	15	8
02/02/2011	23	11
03/02/2011	46	26
04/02/2011	89	46
05/02/2011	175	74
06/02/2011	242	79
07/02/2011	213	80
08/02/2011	175	77
09/02/2011	147	71
10/02/2011	118	64
11/02/2011	99	57
12/02/2011	89	50
13/02/2011	118	55
14/02/2011	118	54

15/02/2011	166	79
16/02/2011	299	92
17/02/2011	261	89
18/02/2011	290	84
19/02/2011	328	103
20/02/2011	290	99
21/02/2011	242	95
22/02/2011	213	88
23/02/2011	175	80
24/02/2011	147	71
25/02/2011	127	63
26/02/2011	99	55
27/02/2011	89	47
28/02/2011	69	41
01/03/2011	55	36
02/03/2011	49	22
03/03/2011	42	18
04/03/2011	35	15
05/03/2011	34	13
06/03/2011	35	13
07/03/2011	34	13
08/03/2011	35	13
09/03/2011	36	13
10/03/2011	42	13
11/03/2011	73	36
12/03/2011	271	59

13/03/2011	261	65
14/03/2011	290	83
15/03/2011	290	93
16/03/2011	261	89
17/03/2011	232	83
18/03/2011	204	75
19/03/2011	175	67
20/03/2011	147	58
21/03/2011	118	51
22/03/2011	89	44
23/03/2011	108	49
24/03/2011	194	78
25/03/2011	585	86
26/03/2011	662	85
27/03/2011	2.195	250
28/03/2011	1.801	230
29/03/2011	1.302	261
30/03/2011	671	250
31/03/2011	547	210
01/04/2011	356	111
02/04/2011	290	94
03/04/2011	242	81
04/04/2011	213	69
05/04/2011	194	60
06/04/2011	175	51
07/04/2011	156	44

08/04/2011	147	38
09/04/2011	127	23
10/04/2011	127	19
11/04/2011	118	16
12/04/2011	108	13
13/04/2011	108	10
14/04/2011	99	8
15/04/2011	99	7
16/04/2011	99	5
17/04/2011	89	4
18/04/2011	89	3
19/04/2011	127	3
20/04/2011	89	11
21/04/2011	2.507	80
22/04/2011	2.050	98
23/04/2011	1.593	103
24/04/2011	949	98
25/04/2011	423	91
26/04/2011	318	82
27/04/2011	271	72
28/04/2011	232	63
29/04/2011	204	71
30/04/2011	80	10
01/05/2011	194	72
02/05/2011	213	74
03/05/2011	232	79

04/05/2011	223	78
05/05/2011	213	73
06/05/2011	261	71
07/05/2011	376	99
08/05/2011	452	96
09/05/2011	547	91
10/05/2011	908	83
11/05/2011	845	74
12/05/2011	1.012	150
13/05/2011	1.053	109
14/05/2011	3.400	253
15/05/2011	2.694	170
16/05/2011	2.175	196
17/05/2011	1.593	199
18/05/2011	845	111
19/05/2011	681	94
20/05/2011	461	80
21/05/2011	395	75
22/05/2011	442	69
23/05/2011	232	61
24/05/2011	156	54
25/05/2011	89	48
26/05/2011	89	44
27/05/2011	80	41
28/05/2011	35	12
29/05/2011	127	34

30/05/2011	137	49
31/05/2011	137	49
01/06/2011	127	47
02/06/2011	127	43
03/06/2011	414	49
04/06/2011	471	80
05/06/2011	461	86
06/06/2011	481	104
07/06/2011	490	100
08/06/2011	337	93
09/06/2011	280	84
10/06/2011	223	75
11/06/2011	175	66
12/06/2011	156	57
13/06/2011	137	50
14/06/2011	99	43
15/06/2011	89	37
16/06/2011	73	23
17/06/2011	60	19
18/06/2011	49	15
19/06/2011	40	13
20/06/2011	32	10
21/06/2011	25	8
22/06/2011	20	7
23/06/2011	17	5
24/06/2011	14	4

25/06/2011	16	3
26/06/2011	15	3
27/06/2011	14	2
28/06/2011	13	2
29/06/2011	12	1
30/06/2011	12	1
01/07/2011	12	1
02/07/2011	11	1
03/07/2011	11	1
04/07/2011	11	1
05/07/2011	11	0
06/07/2011	10	0
07/07/2011	10	0
08/07/2011	10	0
09/07/2011	10	0
10/07/2011	10	0
11/07/2011	10	0
12/07/2011	10	0
13/07/2011	10	0
14/07/2011	10	0
15/07/2011	10	0
16/07/2011	10	0
17/07/2011	10	0
18/07/2011	10	0
19/07/2011	10	0
20/07/2011	10	0

21/07/2011	10	0
22/07/2011	10	0
23/07/2011	10	0
24/07/2011	10	0
25/07/2011	10	0
26/07/2011	10	0
27/07/2011	10	0
28/07/2011	10	0
29/07/2011	10	0
30/07/2011	10	0
31/07/2011	10	0
01/08/2011	10	0
02/08/2011	10	0
03/08/2011	10	0
04/08/2011	10	0
05/08/2011	10	0
06/08/2011	10	0
07/08/2011	10	0
08/08/2011	10	0
09/08/2011	10	0
10/08/2011	10	0
11/08/2011	10	0
12/08/2011	10	0
13/08/2011	10	0
14/08/2011	10	0
15/08/2011	10	0

16/08/2011	10	0
17/08/2011	10	0
18/08/2011	10	0
19/08/2011	10	0
20/08/2011	10	0
21/08/2011	10	0
22/08/2011	10	0
23/08/2011	10	0
24/08/2011	10	0
25/08/2011	10	0
26/08/2011	10	0
27/08/2011	10	0
28/08/2011	10	0
29/08/2011	10	0
30/08/2011	10	0
31/08/2011	8	0
01/09/2011	8	0
02/09/2011	8	0
03/09/2011	8	0
04/09/2011	8	0
05/09/2011	8	0
06/09/2011	8	0
07/09/2011	8	0
08/09/2011	8	0
09/09/2011	8	0
10/09/2011	8	0

11/09/2011	8	0
12/09/2011	8	0
13/09/2011	8	0
14/09/2011	8	0
15/09/2011	8	0
16/09/2011	8	0
17/09/2011	10	0
18/09/2011	10	0
19/09/2011	10	0
20/09/2011	10	0
21/09/2011	10	0
22/09/2011	9	0
23/09/2011	9	0
24/09/2011	9	0
25/09/2011	9	0
26/09/2011	10	0
27/09/2011	10	0
28/09/2011	10	0
29/09/2011	10	0
30/09/2011	12	0
01/10/2011	6	0
02/10/2011	6	0
03/10/2011	6	0
04/10/2011	6	0
05/10/2011	6	0
06/10/2011	6	0

07/10/2011	6	0
08/10/2011	6	0
09/10/2011	6	0
10/10/2011	6	0
11/10/2011	6	0
12/10/2011	6	0
13/10/2011	6	0
14/10/2011	6	0
15/10/2011	6	0
16/10/2011	6	0
17/10/2011	6	0
18/10/2011	6	0
19/10/2011	6	0
20/10/2011	6	0
21/10/2011	6	0
22/10/2011	6	0
23/10/2011	6	0
24/10/2011	49	15
25/10/2011	71	20
26/10/2011	118	40
27/10/2011	700	80
28/10/2011	242	85
29/10/2011	232	75
30/10/2011	213	70
31/10/2011	194	65
01/11/2011	194	65

02/11/2011	194	65
03/11/2011	908	150
04/11/2011	652	131
05/11/2011	452	120
06/11/2011	347	90
07/11/2011	204	80
08/11/2011	147	70
09/11/2011	213	70
10/11/2011	204	65
11/11/2011	175	60
12/11/2011	156	50
13/11/2011	137	45
14/11/2011	137	45
15/11/2011	127	40
16/11/2011	118	35
17/11/2011	99	35
18/11/2011	89	30
19/11/2011	80	25
20/11/2011	69	20
21/11/2011	60	20
22/11/2011	53	20
23/11/2011	46	15
24/11/2011	42	15
25/11/2011	35	10
26/11/2011	30	9
27/11/2011	25	8

28/11/2011	21	7
29/11/2011	17	5
30/11/2011	14	4
01/12/2011	12	3
02/12/2011	11	3
03/12/2011	10	3
04/12/2011	9	3
05/12/2011	8	2
06/12/2011	7	2
07/12/2011	6	1
08/12/2011	5	1
09/12/2011	7	1
10/12/2011	5	1
11/12/2011	7	1
12/12/2011	5	1
13/12/2011	7	1
14/12/2011	6	1
15/12/2011	8	1
16/12/2011	5	1
17/12/2011	6	1
18/12/2011	6	1
19/12/2011	6	1
20/12/2011	6	1
21/12/2011	6	1
22/12/2011	6	1
23/12/2011	6	1

24/12/2011	6	1
25/12/2011	6	1
26/12/2011	6	1
27/12/2011	5	1
28/12/2011	5	1
29/12/2011	5	1
30/12/2011	5	1
31/12/2011	5	1
01/01/2012	5	1
02/01/2012	5	1
03/01/2012	5	1
04/01/2012	5	1
05/01/2012	7	1
06/01/2012	7	1
07/01/2012	6	1
08/01/2012	6	1
09/01/2012	6	1
10/01/2012	6	1
11/01/2012	6	1
12/01/2012	6	1
13/01/2012	6	1
14/01/2012	6	1
15/01/2012	6	1
16/01/2012	6	1
17/01/2012	6	1
18/01/2012	6	1

19/01/2012	6	1
20/01/2012	11	3
21/01/2012	18	6
22/01/2012	24	8
23/01/2012	27	8
24/01/2012	28	9
25/01/2012	35	9
26/01/2012	40	10
27/01/2012	42	15
28/01/2012	44	15
29/01/2012	55	15
30/01/2012	51	15
31/01/2012	49	10
01/02/2012	40	10
02/02/2012	28	10
03/02/2012	24	10
04/02/2012	21	5
05/02/2012	18	5
06/02/2012	15	5
07/02/2012	12	5
08/02/2012	10	5
09/02/2012	8	5
10/02/2012	7	5
11/02/2012	6	1
12/02/2012	6	1
13/02/2012	6	1

14/02/2012	6	1
15/02/2012	6	1
16/02/2012	6	1
17/02/2012	6	5
18/02/2012	14	5
19/02/2012	17	5
20/02/2012	20	5
21/02/2012	25	5
22/02/2012	35	5
23/02/2012	44	10
24/02/2012	49	15
25/02/2012	51	15
26/02/2012	53	15
27/02/2012	51	15
28/02/2012	49	16
29/02/2012	46	14
01/03/2012	46	13
02/03/2012	51	17
03/03/2012	55	18
04/03/2012	66	21
05/03/2012	66	22
06/03/2012	64	21
07/03/2012	60	19
08/03/2012	53	17
09/03/2012	46	15
10/03/2012	40	13

11/03/2012	34	11
12/03/2012	29	9
13/03/2012	24	8
14/03/2012	20	6
15/03/2012	17	5
16/03/2012	14	4
17/03/2012	11	3
18/03/2012	9	3
19/03/2012	8	2
20/03/2012	7	2
21/03/2012	8	2
22/03/2012	8	2
23/03/2012	8	2
24/03/2012	7	2
25/03/2012	6	2
26/03/2012	6	1
27/03/2012	6	1
28/03/2012	6	1
29/03/2012	6	2
30/03/2012	6	1
31/03/2012	6	1
01/04/2012	6	1
02/04/2012	6	6
03/04/2012	99	35
04/04/2012	1.282	145
05/04/2012	1.095	160

06/04/2012	845	165
07/04/2012	700	100
08/04/2012	605	111
09/04/2012	404	96
10/04/2012	347	107
11/04/2012	271	100
12/04/2012	251	111
13/04/2012	452	131
14/04/2012	404	111
15/04/2012	376	100
16/04/2012	299	91
17/04/2012	280	84
18/04/2012	261	89
19/04/2012	261	90
20/04/2012	290	85
21/04/2012	261	107
22/04/2012	643	125
23/04/2012	452	160
24/04/2012	299	65
25/04/2012	242	60
26/04/2012	223	100
27/04/2012	213	80
28/04/2012	633	100
29/04/2012	605	150
30/04/2012	500	131
01/05/2012	404	100

02/05/2012	347	150
03/05/2012	318	100
04/05/2012	1.198	120
05/05/2012	991	150
06/05/2012	845	100
07/05/2012	700	60
08/05/2012	547	60
09/05/2012	452	50
10/05/2012	376	92
11/05/2012	347	82
12/05/2012	318	75
13/05/2012	290	67
14/05/2012	242	59
15/05/2012	213	40
16/05/2012	185	45
17/05/2012	156	39
18/05/2012	137	35
19/05/2012	118	25
20/05/2012	108	26
21/05/2012	99	25
22/05/2012	71	23
23/05/2012	64	21
24/05/2012	55	18
25/05/2012	49	16
26/05/2012	42	13
27/05/2012	35	11

28/05/2012	30	9
29/05/2012	25	8
30/05/2012	21	6
31/05/2012	17	5
01/06/2012	14	4
02/06/2012	12	3
03/06/2012	10	9
04/06/2012	64	12
05/06/2012	60	13
06/06/2012	55	13
07/06/2012	46	12
08/06/2012	46	11
09/06/2012	44	10
10/06/2012	35	8
11/06/2012	28	7
12/06/2012	25	6
13/06/2012	16	5
14/06/2012	14	4
15/06/2012	11	2
16/06/2012	9	3
17/06/2012	8	2
18/06/2012	6	2
19/06/2012	11	5
20/06/2012	14	5
21/06/2012	15	5
22/06/2012	14	4

23/06/2012	13	4
24/06/2012	12	4
25/06/2012	10	3
26/06/2012	9	3
27/06/2012	8	2
28/06/2012	7	2
29/06/2012	6	1
30/06/2012	5	1
01/07/2012	4	1
02/07/2012	3	1
03/07/2012	3	1
04/07/2012	3	1
05/07/2012	3	1
06/07/2012	3	1
07/07/2012	3	1
08/07/2012	3	1
09/07/2012	3	1
10/07/2012	3	1
11/07/2012	3	1
12/07/2012	2	1
13/07/2012	3	1
14/07/2012	3	1
15/07/2012	3	1
16/07/2012	3	1
17/07/2012	3	1
18/07/2012	3	1

19/07/2012	3	1
20/07/2012	3	1
21/07/2012	3	0
22/07/2012	3	0
23/07/2012	3	0
24/07/2012	3	0
25/07/2012	3	0
26/07/2012	13	4
27/07/2012	36	12
28/07/2012	46	15
29/07/2012	75	16
30/07/2012	66	16
31/07/2012	49	15
01/08/2012	44	13
02/08/2012	42	12
03/08/2012	32	10
04/08/2012	28	9
05/08/2012	32	10
06/08/2012	33	11
07/08/2012	32	10
08/08/2012	29	9
09/08/2012	26	8
10/08/2012	23	7
11/08/2012	20	6
12/08/2012	17	5
13/08/2012	14	4

14/08/2012	12	4
15/08/2012	10	3
16/08/2012	8	3
17/08/2012	7	2
18/08/2012	6	1
19/08/2012	5	1
20/08/2012	4	1
21/08/2012	3	1
22/08/2012	2	1
23/08/2012	2	1
24/08/2012	2	1
25/08/2012	2	1
26/08/2012	2	1
27/08/2012	2	1
28/08/2012	2	1
29/08/2012	2	1
30/08/2012	2	0
31/08/2012	2	0
01/09/2012	2	0
02/09/2012	2	0
03/09/2012	2	0
04/09/2012	2	0
05/09/2012	2	0
06/09/2012	3	0
07/09/2012	3	0
08/09/2012	3	0

09/09/2012	3	0
10/09/2012	3	0
11/09/2012	3	0
12/09/2012	3	0
13/09/2012	3	0
14/09/2012	3	0
15/09/2012	3	0
16/09/2012	3	0
17/09/2012	3	0
18/09/2012	3	0
19/09/2012	3	1
20/09/2012	3	1
21/09/2012	3	1
22/09/2012	3	1
23/09/2012	3	1
24/09/2012	3	0
25/09/2012	3	1
26/09/2012	3	1
27/09/2012	9	3
28/09/2012	299	30
29/09/2012	251	35
30/09/2012	223	40

**ANEJO N° 4: RESULTADO DE LOS ENSAYOS CON
TRAZADORES**

Se han realizado tres pruebas de trazadores con fluoresceína sódica para la comprobación de la conexión de la Cueva Majada del Cura con el manantial de Fuentetoba mediante pruebas discretas recogiendo muestras en el propio manantial. También se ha realizado una prueba con fluocaptadores de carbón activo ubicándolos en la Cueva de Majada del Cura y la Cueva de Villaciervos para comprobar la delimitación del acuífero. En todas las pruebas se cogió una muestra del agua antes de realizar el ensayo.

1ª Prueba

La primera prueba se realizó el 14 de julio de 2012 a las 14:00, llegándose a verter 35 gr de fluoresceína y 20 kg de Cloruro sódico (NaCl) en la cueva de Majada del Cura.

Antes del vertido se cogió una muestra blanco y se midió la resistividad, la temperatura y el caudal en el manantial y en la cueva:

Vertido el 14 de Julio de 2012 en el río hipogeo de la Cueva de la Majada del Cura

En el manantial: 361 $\mu\text{S/s}$, 10,1° C y 3,12 l/s.

En la cueva: 365 $\mu\text{S/s}$, 10,1° C y 0,0306 l/s.

Se tomaron las siguientes muestras de agua:

El 14/07/2012: 15:36, 17:56, 19:55, 21:55 y 23:55, el 15/07/2012: 6:10, 7:55, 9:55, 11:55, 14:30, 15:55, 17:55 y 19:55, el 16/07/2012: 9:30, 15:00 y 21:00 y el 17/07/2012: 9:30

Los análisis se realizaron en el Cedex el 23 de julio de 2012, siendo todos los resultados negativos.

Se obtuvieron los siguientes resultados de las resistividades y temperaturas:

Los días 14 y 15 de julio se realizaron las pruebas in situ en el manantial, mientras que los días 16 y 17 se analizaron las resistividades y temperaturas en Madrid, con lo que al menos la temperatura de estos últimos no es representativa.

El 14/07/2012: 15:40: 362 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C; 18:00: 362 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C; 20:00: 362 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C; 22:00: 362 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C; 24:00: 362 $\mu\text{S/s}$ y 10,6° C, el 15/07/2012: 6:15: 363 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C; 8:00: 362 $\mu\text{S/s}$ y 10,6° C; 10:00: 362 $\mu\text{S/s}$ y 10,7° C; 12:00: 362 $\mu\text{S/s}$ y 10,7° C; 14:30: 364 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C; 16:00: 363 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C; 18:00: 363 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C; 20:00: 362 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C, el 16/07/2012: 9:30: 322 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C; 15:00: 308 $\mu\text{S/s}$ y 11,6° C; 21:00: 311 $\mu\text{S/s}$ y 11,9° C, el 17/07/2012: 9:30: 326 $\mu\text{S/s}$ y 10,5° C

2ª Prueba

La primera prueba se realizó el 16 de Octubre de 2012 a las 19:00, llegándose a verter 35 gr de fluoresceína en la cueva de Majada del Cura.

Antes del vertido se cogió una muestra blanco y el caudal en el manantial y en la cueva:

Vertido del 16 de Octubre de 2012 en el río hipogeo

Los resultados positivos fueron los siguientes:

Ubicación	Fecha	Concentración (ppm·10 ⁻⁶)
Fuentetoba	20/10/2012	325
Fuentetoba	21/10/2012	275

3ª Prueba

La tercera prueba consistió en el vertido de fluoresceína sódica de 100 gr el 17 de Abril de 2013 en la cueva de Majada del Cura sobre las 18:00.

Inyección el 17 de Abril de 2013 en la Cueva Majada del Cura

Se realiza varias muestras patrón para poder calibrar con la referencia del blanco de muestra que se ha recogido.

Muestras analizadas en el laboratorio

Ubicación	Fecha	Concentración (ppm·10 ⁻⁶)
Fuentetoba	30/04/2013	350
Fuentetoba	01/05/2013	300

Prueba con fluocaptor

La prueba con fluocaptor consistió en el vertido de fluoresceína sódica de 50 gr el 25 de Enero de 2013 en la cueva de Villaciervos y de 35 gr el 26 de Enero de 2013 en la Cueva Majada del Cura.

Prueba realizada en la cueva de Villaciervos el 25 de Enero de 2013

Para la extracción de la fluoresceína del carbón activo se ha seguido la metodología indicada por Antigüedad et al (1990).

Proceso de extracción de la fluoresceína del carbón activo

Los resultados siendo positivos fueron los siguientes:

Número	Ubicación	Fecha	Peso [gr]	Concentración (ppm·10 ⁻⁶)
1	Mazos	17/04/2013	43.7	3600
2	Mazos	19/04/2013	33.28	7200
3	Mazos	21/04/2013	26.63	5600
4	Fte. Romana	17/04/2013	32.56	7000
5	Fte. Romana	21/04/2013	28.39	7300
6	Fte. Romana	23/04/2013	34.38	11000
7	Fte. Romana	01/05/2013	35.2	9200
8	Fuentetoba	17/04/2013	26.46	6000
9	Fuentetoba	19/04/2013	11.09	3600
10	Fuentetoba	21/04/2013	23.05	6300
11	Fuentetoba	25/04/2013	29.38	8000
12	Fuentetoba	28/04/2013	5.73	4500
13	Fuentetoba	02/05/2013	23.12	12000
14	Fuentetoba	11/05/2013	53	16000

Tabla de resultados de los ensayos con fluocaptore

Análisis de la fluoresceína extraída de los fluocaptore

**ANEJO N° 5: MODELO DE SIMULACIÓN DEL ACUÍFERO
KÁRSTICO DE PICO FRENTES**

*Entrada de datos:**Caudales diarios:*

Se han obtenido a partir de los aforos del Manantial de Fuentetoba y el Manantial de Mazos en los años hidrológicos 2010-11 y 2011-12.

Temperaturas:

Con las temperaturas medias de Soria (altitud 1.080 m) y un gradiente de 0,5° C por cada 100 m de altitud, se han estimado las del área de recarga del acuífero. Estas estimaciones han podido producir algunas desviaciones de la realidad, pero se cree que mantienen la evolución general de lo que ha podido ocurrir en la cuenca de alimentación y, en este sentido habrán de tomarse los resultados, aunque en ellos se observen algunas desviaciones esporádicas.

Precipitaciones:

Puesto que se disponían de datos diarios, tanto para las variables de entrada como para las de salida, se ha tomado el día como unidad de tiempo. Aparte de los aforos diarios de los manantiales de Fuentetoba y Cueva Pachón, se ha dispuesto de la pluviometría y las temperaturas medias diarias de la estación meteorológica de Soria (estación completa nº 2030 de la AEMET), situada dentro de la zona, a 6 km al Este de Fuentetoba. Hubo que estimar la serie pluviométrica del área de recarga del acuífero (altitud media de 1.275 m) en base a estación de Soria (altitud 1.080 m) admitiendo un

gradiente pluviométrico de 50 mm por cada 100 m de altitud, gradiente que ha sido calculado en otras zonas próximas a la Cordillera Ibérica y que aquí se ha confirmado considerando otras estaciones pluviométricas situadas a mayor altitud, como la de Calatañazor.

El mapa de isoyetas se ha hecho interpolando las cinco estaciones pluviométricas seleccionadas (Cidones, Soria, Fuentetoba, Villaciervos y Calatañazor).

Parámetros

	<u>Valor</u>	<i>Mínimo(>)</i>	<i>Máximo(<)</i>
<u>Producción</u>			
Tope superior de infiltración superficial	100	-	100
Coefficiente reductor	1	1	-
Factor reductor exponencial ETP	3.00	0.01	100
Factor reductor E _j	0.100	0.001	1
Factor reductor S	0.080	0.001	1
<u>Transferencias</u>			
Nivel de percolación de H en S	0.200	0.001	30
Factor reductor de percolación de H en G	4	1	30
Vaciado del reservorio G	0.8	0.5	0.999
Vaciado del reservorio H	0.150	0.001	0.999
<u>Valores Iniciales</u>			
Nivel de humedad del suelo	30	28.78	
Nivel de marchitez cuando cesa la ETR	28.78		28.78
Nivel del reservorio H	0.085	0.085	
Nivel del reservorio G	0.27		0.269
Caudal laminar	0.06		

Salidas del modelo:

AÑO HIDROLÓGICO			T(med)	T (max)[°C]			T (min)[°C]			P(max)			R(hm3)	EVT (%)	Q max [l/s]		
AÑO	-	AÑO		T	mes	día	T	mes	día	P	mes	día			Q	mes	día
91		92	9.4	25.1	8	6	-4.7	1	23	30.58	7	15	3.9	65	3,396	10	10
92		93	9.5	25.5	8	20	-4	2	28	65.89	5	24	6.6	53	4,181	5	24
93		94	10.0	25.3	7	15	-4.9	1	19	38.06	6	7	6.9	55	8,549	10	9
94		95	10.5	27.1	7	20	-3.1	12	25	76.23	8	9	7.1	54	8,238	10	27
95		96	10.2	23.8	8	6	-4	2	28	27.72	12	25	10.0	45	7,532	12	25
96		97	10.6	23.8	8	6	-6.1	1	7	55.33	7	22	13.0	49	14,797	7	23
97		98	10.9	25.1	8	6	-2.9	2	22	33.33	11	5	10.5	45	5,570	12	18
98		99	10.2	24.3	8	19	-4	2	28	52.58	6	17	4.8	69	2,498	1	9
99		00	10.2	24.8	7	29	-3.4	11	21	44.22	7	17	7.3	52	9,604	10	23
00		01	10.5	24.2	7	12	-1.5	1	19	30.36	8	16	12.0	42	7,886	1	26
01		02	9.9	24.1	8	5	-7.7	12	15	36.85	5	31	5.8	58	4,243	8	25
02		03	11.1	25.7	8	5	-4.9	1	19	42.24	2	25	12.6	38	15,536	2	25
03		04	10.0	24	7	1	-4.4	3	1	24.86	3	1	12.0	45	6,640	10	19
04		05	10.2	25.2	8	2	-8.2	2	28	22.88	10	27	3.6	57	5,244	10	27
05		06	10.5	25.1	8	6	-5.5	1	5	30.47	11	12	8.9	51	5,171	3	4
06		07	10.3	24.1	8	5	-3.4	11	21	26.62	4	26	9.3	48	5,088	10	22
07		08	9.8	25.2	8	2	-5.7	12	17	39.71	5	9	9.1	52	8,043	5	9
08		09	10.2	24.4	8	5	-6.8	1	8	20.02	5	24	6.2	53	2,844	10	31
09		10	9.9	24.4	8	5	-6.7	12	19	36.08	10	21	14.7	37	6,210	10	21
10		11	10.6	24.6	7	25	-5.7	12	17	26.84	5	29	7.5	50	2,535	5	14
11		12	10.3	25.6	8	18	-6.2	2	3	24.42	10	22	3.5	64	1,462	4	4
	Max		11.1	27.1	8	20	-1.5	3	1	76.23	8	16	14.7	69	15,536	8	25
	Min		9.4	23.8	7	1	-8.2	11	21	20.02	10	21	3.55	37	1,462	10	9
	Media		10.0	24.83	8	6	-4.94			37.39			8.35	50	6,441		
	Desv		0.4	0.80			1.68			14.61			3.28	0,08	3,671

Hidrograma CREC y aforado

Relación entre la recarga y la precipitación variando la temperatura $\pm 4^{\circ}\text{C}$.

Hidrograma real y simulado del manantial de Fuentetoba durante los años 2012-2013. Se indican los periodos de almacenamiento y déficit de agua, que se interpretan con debidos a empujes de presión y sifonamiento.

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL		$\Delta t = 1$ Prod. Pt = 100%											
$\Delta t(x_{15}) =$	1	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		1	1	2	2	2	3	6	9	14	19	24	44
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Media		0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.8	3.2	4.3	6.0	9.9	18.2
Desv		0.30	0.36	0.56	0.68	0.80	0.92	1.60	2.66	3.62	4.54	6.42	10.53
SUMA		2	3	6	10	14	22	38	67	91	125	207	382
%		0.03%	0.04%	0.08%	0.13%	0.18%	0.29%	0.50%	0.87%	1.19%	1.63%	2.70%	4.98%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL		$\Delta t = 0$ Prod. Pt = 100%											
$\Delta t(x_{15}) =$	0	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		1	1	2	2	2	4	5	11	16	20	25	44
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Media		0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	1.2	1.8	3.4	4.6	6.4	10.1	18.5
Desv		0.30	0.36	0.58	0.68	0.85	1.18	1.50	3.09	3.83	4.91	6.58	10.68
SUMA		2	3	7	10	15	26	38	72	97	134	212	389
%		0.03%	0.04%	0.09%	0.13%	0.20%	0.34%	0.50%	0.94%	1.26%	1.75%	2.76%	5.07%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL		$\Delta t = -1$ Prod. Pt= 100%											
$\Delta t(x_{15}) =$	-1	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
	Max	1	1	2	2	3	3	4	11	15	21	28	45
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	Media	0.1	0.1	0.3	0.5	0.9	1.1	1.8	3.4	4.8	6.8	10.6	19.3
	Desv	0.30	0.36	0.58	0.68	1.06	1.11	1.47	3.04	3.96	5.12	7.22	11.09
	SUMA	2	3	7	11	18	24	38	72	100	142	222	405
	%	0.03%	0.04%	0.09%	0.14%	0.23%	0.31%	0.50%	0.94%	1.30%	1.85%	2.89%	5.28%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL		$\Delta t = -2$ Prod. Pt= 100%											
$\Delta t(x_{15}) =$	-2	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
	Max	1	1	2	2	3	4	6	11	12	19	24	46
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
	Media	0.1	0.2	0.4	0.5	0.8	1.1	1.9	3.5	4.4	6.8	11.1	20.6
	Desv	0.30	0.40	0.59	0.68	1.03	1.11	1.67	2.96	3.33	4.75	6.71	12.13
	SUMA	2	4	8	10	17	24	40	74	93	142	233	433

%		0.03%	0.05%	0.10%	0.13%	0.22%	0.31%	0.52%	0.96%	1.21%	1.85%	3.04%	5.64%
CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS													
TOTAL		$\Delta t =$		-3	Prod. Pt =		100%						
$\Delta t(x_{15}) =$	-3	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		1	2	2	3	6	6	7	9	11	20	23	41
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
Media		0.1	0.2	0.5	0.6	1.0	1.4	1.8	3.4	4.7	7.5	11.5	21.4
Desv		0.36	0.54	0.68	0.86	1.47	1.53	1.89	2.71	3.44	5.22	6.91	11.47
SUMA		3	5	10	13	22	29	38	71	99	158	241	450
%		0.04%	0.07%	0.13%	0.17%	0.29%	0.38%	0.50%	0.93%	1.29%	2.06%	3.14%	5.87%
CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS													
TOTAL		$\Delta t =$		-4	Prod. Pt =		100%						
$\Delta t(x_{15}) =$	-4	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		2	2	3	5	6	6	9	13	15	19	23	37
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	7
Media		0.1	0.4	0.5	0.9	1.2	1.6	2.5	4.2	5.7	8.5	12.5	22.8
Desv		0.48	0.67	0.81	1.20	1.63	1.88	2.94	3.89	4.74	5.70	6.95	9.96

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL		$\Delta t = 0$ Prod. Pt = 105%											
$\Delta t(x_{15}) =$	0	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.05	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		1	2	2	2	3	4	6	12	17	21	27	47
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
Media		0.1	0.3	0.5	0.6	1.0	1.5	2.2	3.9	5.2	7.7	11.1	20.9
Desv		0.36	0.58	0.68	0.74	1.07	1.25	1.78	3.18	4.13	5.10	7.08	12.05
SUMA		3	7	10	13	20	31	46	82	109	162	234	439
%		0.04%	0.09%	0.13%	0.17%	0.26%	0.40%	0.60%	1.07%	1.42%	2.11%	3.05%	5.72%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL		$\Delta t = 0$ Prod. Pt = 110%											
$\Delta t(x_{15}) =$	0	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		2	2	2	3	3	4	8	13	19	22	28	50
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
Media		0.3	0.4	0.5	0.7	1.2	1.7	2.7	4.6	6.3	8.6	12.3	23.0
Desv		0.56	0.68	0.68	0.90	1.04	1.45	2.18	3.46	4.55	5.39	7.42	12.59
SUMA		6	9	11	15	26	36	56	97	132	181	259	484
%		0.08%	0.12%	0.14%	0.20%	0.34%	0.47%	0.73%	1.26%	1.72%	2.36%	3.38%	6.31%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL		$\Delta t = 0$ Prod. Pt= 115%											
$\Delta t(x_{15}) =$	0	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.15	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
	Max	2	2	3	3	4	5	9	17	20	25	29	53
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4
	Media	0.4	0.5	0.8	1.0	1.4	2.0	3.1	5.5	7.0	9.5	13.6	25.0
	Desv	0.68	0.68	0.89	1.00	1.25	1.70	2.54	3.98	4.73	5.86	7.74	13.38
	SUMA	9	11	16	21	30	42	66	116	146	199	285	524
	%	0.12%	0.14%	0.21%	0.27%	0.39%	0.55%	0.86%	1.51%	1.90%	2.59%	3.71%	6.83%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL		$\Delta t = 0$ Prod. Pt= 120%											
$\Delta t(x_{15}) =$	0	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.2	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
	Max	2	3	3	3	4	7	10	17	23	26	32	55
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	7
	Media	0.5	0.8	0.9	1.3	1.7	2.4	3.6	6.1	8.0	10.6	14.9	26.7
	Desv	0.68	0.89	0.85	1.10	1.49	1.99	2.73	4.09	5.36	6.42	8.47	13.75
	SUMA	10	16	18	27	36	50	76	128	167	222	312	560

%	0.13%	0.21%	0.23%	0.35%	0.47%	0.65%	0.99%	1.67%	2.18%	2.89%	4.07%	7.30%
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS**TOTAL** $\Delta t =$ -0.5 Prod. Pt= 100%

$\Delta t(x_{15}) =$	-0.5	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		1	1	2	2	3	4	5	10	15	21	26	46
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Media		0.1	0.1	0.4	0.5	0.8	1.2	1.9	3.4	4.7	6.6	10.3	18.9
Desv		0.30	0.36	0.59	0.68	0.98	1.21	1.58	2.97	3.68	5.06	6.66	11.10
SUMA		2	3	8	10	17	25	40	71	98	139	216	397
%		0.03%	0.04%	0.10%	0.13%	0.22%	0.33%	0.52%	0.93%	1.28%	1.81%	2.82%	5.17%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS**TOTAL** $\Delta t =$ -0.5 Prod. Pt= 105%

$\Delta t(x_{15}) =$	-0.5	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.05	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		1	2	2	2	3	4	6	13	17	21	27	49
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
Media		0.1	0.3	0.5	0.6	1.0	1.5	2.2	4.0	5.5	7.8	11.3	21.4

Desv	0.36	0.58	0.68	0.74	1.12	1.25	1.78	3.31	4.42	5.21	7.21	12.20
SUMA	3	7	10	13	20	31	46	83	115	164	238	449
%	0.04%	0.09%	0.13%	0.17%	0.26%	0.40%	0.60%	1.08%	1.50%	2.14%	3.10%	5.85%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL $\Delta t =$ -0.5 Prod. Pt= 110%

$\Delta t(x_{15}) =$	-0.5	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		2	2	2	3	3	4	7	13	20	23	28	51
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
Media		0.3	0.4	0.5	0.9	1.2	1.8	2.7	4.7	6.5	8.8	12.7	23.5
Desv		0.56	0.68	0.68	0.96	1.04	1.51	2.11	3.45	4.62	5.58	7.57	12.78
SUMA		6	9	11	18	26	37	56	99	137	185	267	494
%		0.08%	0.12%	0.14%	0.23%	0.34%	0.48%	0.73%	1.29%	1.79%	2.41%	3.48%	6.44%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL $\Delta t =$ -0.5 Prod. Pt= 115%

$\Delta t(x_{15}) =$	-0.5	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.15	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		2	2	3	3	4	5	8	16	21	26	29	51
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5

Media	0.4	0.5	0.8	1.0	1.4	2.0	3.1	5.7	7.0	9.8	13.8	25.0
Desv	0.68	0.68	0.89	1.07	1.25	1.63	2.50	4.05	4.87	6.15	8.00	13.24
SUMA	9	11	16	22	30	41	66	119	147	206	290	526
%	0.12%	0.14%	0.21%	0.29%	0.39%	0.53%	0.86%	1.55%	1.92%	2.69%	3.78%	6.86%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL $\Delta t =$ -0.5 Prod. Pt= 120%

$\Delta t(x_{15}) =$	-0.5	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.2	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		2	3	3	3	4	6	9	16	23	27	34	56
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	6
Media		0.6	0.8	0.9	1.3	1.7	2.4	3.6	6.1	8.0	10.8	15.0	26.9
Desv		0.68	0.89	0.91	1.10	1.49	1.80	2.62	3.99	5.36	6.72	8.72	14.10
SUMA		12	16	18	27	36	51	76	129	168	226	315	565
%		0.16%	0.21%	0.23%	0.35%	0.47%	0.66%	0.99%	1.68%	2.19%	2.95%	4.11%	7.36%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL $\Delta t =$ -1 Prod. Pt= 105%

$\Delta t(x_{15}) =$	-1	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.05	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		2	2	2	2	3	4	5	11	16	23	29	51

Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
Media	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.4	2.1	3.9	5.5	8.1	11.6	22.0
Desv	0.51	0.58	0.68	0.80	1.10	1.25	1.71	3.24	4.35	5.70	7.62	12.64
SUMA	4	7	10	14	21	30	45	82	115	170	244	463
%	0.05%	0.09%	0.13%	0.18%	0.27%	0.39%	0.59%	1.07%	1.50%	2.22%	3.18%	6.03%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL $\Delta t =$ -1 Prod. Pt= 110%

$\Delta t(x_{15}) =$	-1	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.1	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		2	2	2	3	3	4	7	12	21	25	29	51
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
Media		0.3	0.4	0.6	0.9	1.2	1.7	2.7	4.8	6.5	9.1	12.7	24.1
Desv		0.56	0.68	0.75	1.04	1.04	1.45	2.15	3.78	4.78	6.10	7.73	12.92
SUMA		6	9	12	19	26	36	56	101	137	192	267	507
%		0.08%	0.12%	0.16%	0.25%	0.34%	0.47%	0.73%	1.32%	1.79%	2.50%	3.48%	6.61%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL $\Delta t =$ -1 Prod. Pt= 115%

$\Delta t(x_{15}) =$	-1	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.15	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000

Max	2	2	3	3	4	5	8	15	22	27	31	52
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5
Media	0.4	0.6	0.8	1.0	1.4	1.9	3.3	5.6	7.2	10.1	14.0	25.8
Desv	0.68	0.68	0.93	1.10	1.25	1.58	2.49	3.94	5.18	6.65	8.20	13.31
SUMA	9	12	17	21	30	40	69	117	151	212	295	541
%	0.12%	0.16%	0.22%	0.27%	0.39%	0.52%	0.90%	1.53%	1.97%	2.76%	3.85%	7.05%

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

TOTAL $\Delta t =$ -1 Prod. Pt= 120%

$\Delta t(x_{15}) =$	-1	10000	9000	8000	7000	6000	5000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
Prod. Pt(x_{16}) =	1.2	d>10.000	d>9.000	d>8.000	d>7.000	d>6.000	d>5.000	d>4.000	d>3.000	d>2.500	d>2.000	d>1.500	d>1.000
		>10000	>9000	>8000	>7000	>6000	>5000	>4000	>3000	>2500	>2000	>1500	>1000
Max		2	3	3	3	4	6	10	17	23	27	33	54
Min		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	7
Media		0.6	0.8	1.0	1.2	1.7	2.4	3.5	6.2	8.1	10.9	15.0	27.5
Desv		0.68	0.93	1.02	1.09	1.43	1.86	2.69	4.21	5.36	6.88	8.61	13.95
SUMA		12	17	20	26	35	51	74	131	170	229	315	578
%		0.16%	0.22%	0.26%	0.34%	0.46%	0.66%	0.96%	1.71%	2.22%	2.98%	4.11%	7.53%