



**INFORME FINAL Y PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN
DEL SONDEO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE A LA LOCALIDAD DE EL CUBILLO
(ALCALÁ DE LA VEGA, CUENCA)**

Septiembre 2013

Sondeo: El Cubillo

Término municipal: Alcalá de la Vega

Provincia: Cuenca

Sonda/contratista: Rotopercusión /Sondeos Martinez-Investigaciones Castilla Levante

SITUACIÓN:

Hoja topográfica: N° 612 Ademuz

Coordenadas UTM: X: 628.614 Y: 4.431.584

Cota aproximada: 1.208 (+/-) 20 m s.n.m.

CARACTERISTICAS:

Profundidad: 105 m.

Referencias topográficas: situado al N de núcleo urbano, a unos 20 metros del sondeo de abastecimiento actual de El Cubillo.

Profundidad NE: \approx 41 m (1.167 m s.n.m.)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

2. EJECUCIÓN DEL SONDEO

2.1. Situación

2.2. Características específicas de las obras

2.2.1. Consideraciones constructivas

2.2.2. Perfil litológico

2.2.3. Acondicionamiento del sondeo

2.2.4. Hidroquímica

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

2.2.6. Resultados de los ensayos de bombeo

2.3. Resultados obtenidos

3. PROPUESTA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

3.1. Marco hidrogeológico regional

3.2. Marco hidrogeológico local

3.3. Vulnerabilidad del acuífero

3.3.1. Inventario de focos de contaminación

3.3.2. Estimación de la vulnerabilidad

3.4. Perímetro de protección de la captación

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del convenio de asistencia técnica suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Excma. Diputación Provincial de Cuenca, se redacta el presente informe en el que se establece el perímetro de protección de la captación de El Cubillo, cuyas características se muestran a continuación.

1.1. Objetivo

El objetivo era obtener agua de buena calidad y con un caudal suficiente para atender o complementar la demanda máxima de agua, tanto actual como futura, cifrada en **1,5 L/s**. Para ello se recomendó la perforación de un sondeo nuevo en las proximidades del actual sondeo de abastecimiento.

2. EJECUCIÓN DEL SONDEO

2.1. Situación

El sondeo de abastecimiento a El Cubillo se localiza próximo al Pk. 9,5 de la carretera que va de El Cubillo a Salvacañete, situado al norte del núcleo urbano y a unos 20 metros del actual sondeo de abastecimiento. Dicha situación corresponde a un punto de la hoja nº 612 de coordenadas UTM. (ETRS89) **X**: 628.614 **Y**: 4.431.584 y una cota aproximada de 1.208 (+/-) 20 m s.n.m.

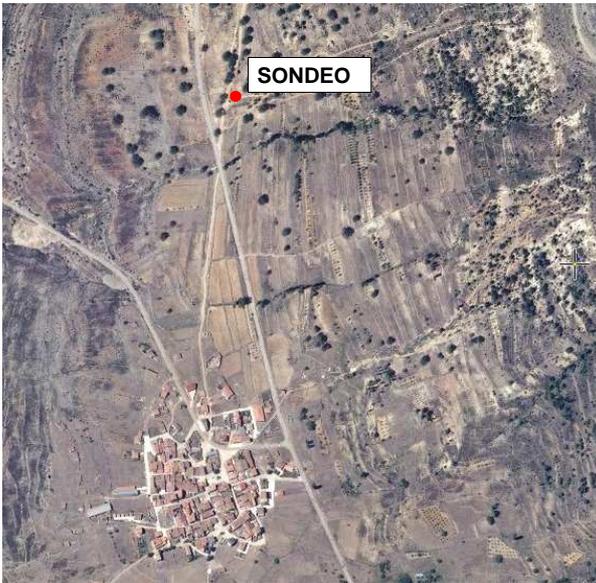


Figura 1. Situación del sondeo El cubillo

2.2. Características específicas de las obras

2.2.1. Consideraciones constructivas

La ejecución del sondeo fue llevada a cabo por Sondeos Martínez- Investigaciones Castilla Levante, durante los días 29, 30 y 31 de Julio de 2013, mediante rotopercusión con martillo en fondo.

La perforación del sondeo se realizó con un diámetro de 250 mm hasta el fin del sondeo, a los 105 m de profundidad.

2.2.2. Perfil litológico

De acuerdo con el informe hidrogeológico previo realizado, los materiales atravesados en el sondeo El Cubillo corresponden a materiales sedimentarios de edad cretácico inferior.

Se perforaron los siguientes materiales:

0-3 m: Arcillas limosas de color rojo, amarillento.

3-30 m: Arcilla limosas marrón rojizo amarillento.

30-34 m: Margas grises.

34-43 m: Calizas de color grisáceo de grano fino

43-53 m: Arcillas limosas de color marrón rojizo.

53-58 m: Caliza esparítica con oolitos y fragmentos de bioclastos.

58-68 m: Caliza margosa y margas de color gris verdoso con algún nivel de arcillas rojas.

68-73 m: Arcillas y limos arenosos de color marrón rojizo.

73-83 m: Calizas beige grisáceas, con fragmentos de calcita y restos de bioclastos.

83-98 m: Margas arcillosa de color gris verdoso con yesos.

98-105 m: Margas arcillosa de color gris, amarillento y violáceo.

A partir de los 53 m se capta agua por primera vez, cortando otro pequeño tramo productivo a los 20 metros correspondiente con un nivel arcilloso. Todos los materiales atravesados corresponden al Barremiense (Cretácico inferior).

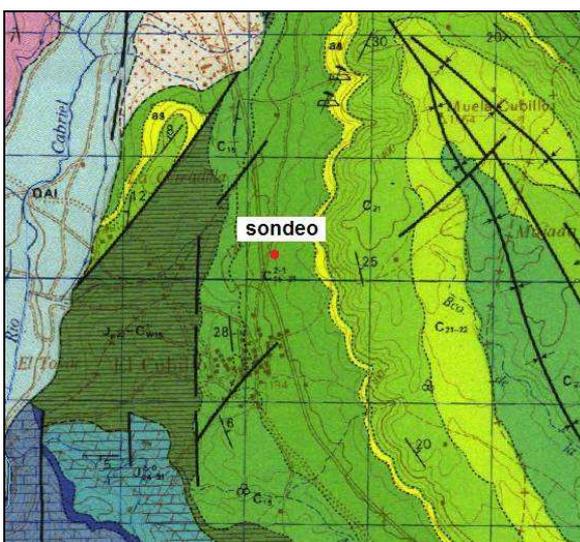


Figura 2. Mapa Geológico de la zona de El Cubillo. (MAGNA. 1:50.000. N° 612. Aldemuz)



Figura 3. Emplazamiento del sondeo de El Cubillo.

2.2.3. Acondicionamiento del sondeo

El sondeo se entubó con tubería de 200 mm \varnothing de 5mm de grosor, hasta los 105 m de profundidad. Los tramos ranurados suman un total de 30 m, habiéndose colocado la rejilla a las siguientes profundidades: 36-42 / 54-60 / 72-84 / 90-93 / 96-99 m. No se instaló empaque de grava, sólo se cementaron los 5 primeros metros del sondeo.

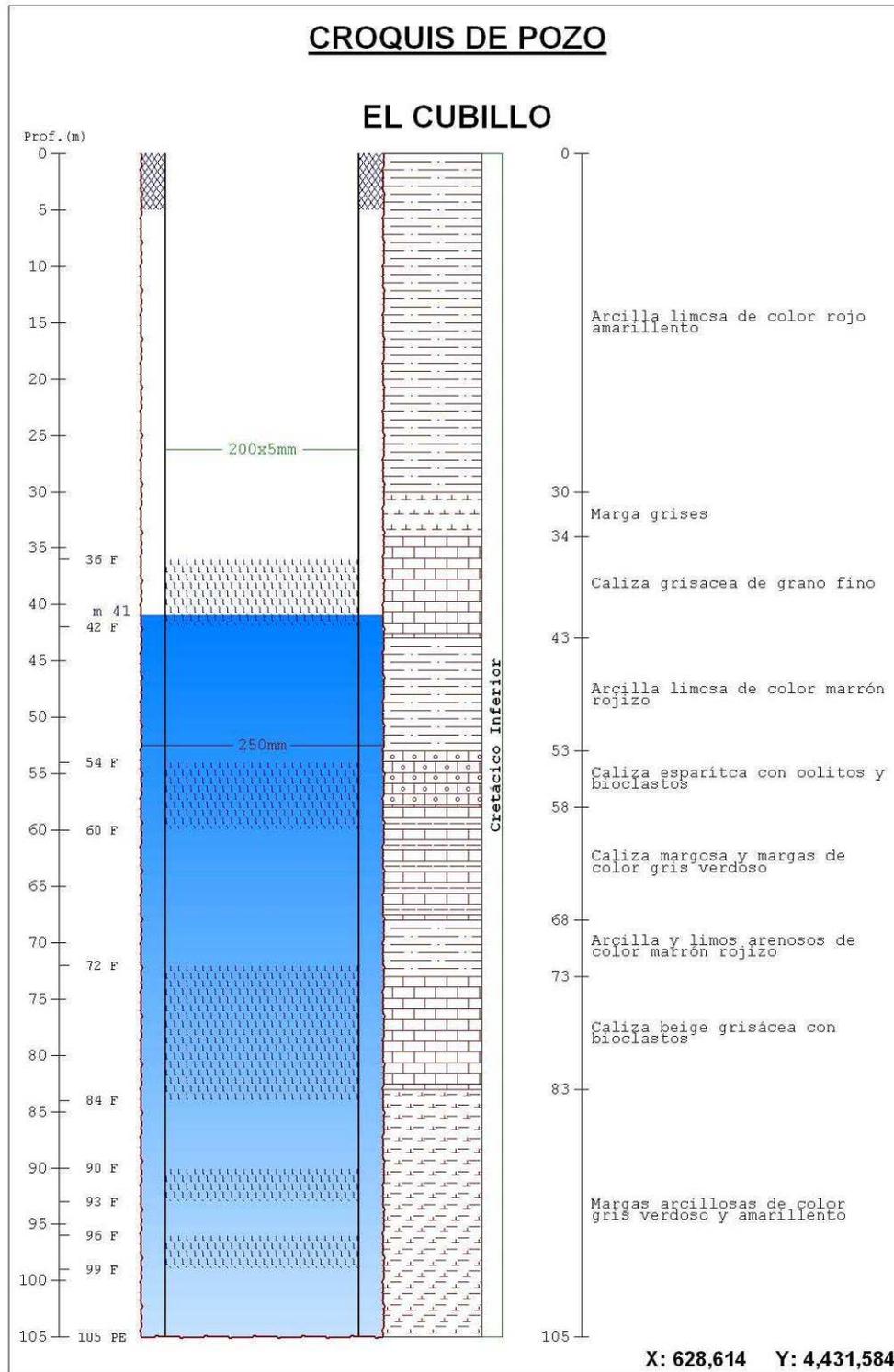


Figura 4. Perfil del sondeo El Cubillo.

2.2.4. Hidroquímica

El agua del sondeo presenta una facies hidroquímica **bicarbonatada cálcica** con todos los componentes dentro de los límites que establece la legislación a excepción del hierro. El alto contenido en hierro (parámetro indicador) sin focos potenciales de contaminación identificados en el entorno del sondeo y en analíticas previas de las formaciones captadas podría deberse a las labores ligadas a la propia perforación y requerir una mejor limpieza y desarrollo con un bombo previo a su instalación y puesta en funcionamiento para el consumo humano.

Se adjuntan los parámetros físico-químicos correspondientes al análisis de la muestra recogida en el 4º escalón del aforo realizado y posteriormente analizada por el Laboratorio del IGME (ver anexo). Dichos valores han sido representados en diferentes tipos de gráficos, con la finalidad de aportar una caracterización completa, debido a la elevada importancia de las aguas destinadas, en la actualidad o en un futuro próximo, para abastecimiento de población.

Resultados de la analítica

DQO	Cl	SO4	HCO ₃	CO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	K	mg/l
0,6	13	73	360	0	12	11	27	111	7	

pH	Cond	R.S. 180	NO ₂	NH ₄	PO ₄	SiO ₂	F	CN	mg/l
7,30	653	478,6	0	0	0	6,5	<0,5	<0,01	

Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Se	Cd	Hg	Pb	µg/l
<0,05	15	503	1,49	44,6	0,5	1,36	<0,2	<0,5	1,96	

Relaciones iónicas

Relaciones iónicas					
Mg/Ca	K/Na	Na/Ca	Na/Ca+Mg	Cl/HCO ₃	SO ₄ /Cl
0,40	0,37	0,09	0,06	0,06	4,14

Facies hidroquímica

Anionica	Cationica
HCO₃	Ca

Tabla 1. Componentes químicos (en mg/L), conductividad (en $\mu\text{S/cm}$).

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrogeológico el sondeo se ubica en el acuífero carbonatado en la **MASb 080.122**, llamada según la última delimitación de masas de agua subterránea de la Confederación Hidrográfica del Júcar, como “Vallanca” tal y como aparece en la cartografía de Masas de Agua Subterránea de la provincia de Cuenca (Figura 5).

El sondeo atraviesa materiales detríticos y carbonatos del cretácico inferior, comprendidos entre las arenas de Utrillas y los niveles carbonatados del Jurásico. El sondeo explota materiales carbonatados correspondientes a las Facies Weald, del Cretácico Inferior.

El funcionamiento hidrogeológico del entorno más próximo a la captación, esta determinado por dos niveles freáticos distintos. Un nivel freático superior asociado a las arenas de Utrillas y calizas del Cretácico superior que forman los relieves de la Muela del Cubillo, el cual se drena a través de las fuentes situadas lateralmente a este relieve, y otro nivel más profundo correspondiente a las calizas de las facies Weald del Cretácico inferior, siendo este último el nivel interceptado por el sondeo del Cubillo.

Según <http://aguas.igme.es>, el acuífero 080.122 “Vallanca” tiene una infiltración media de 29,2 hm³/año debido a infiltración directa del agua de lluvia y a aportes laterales. La superficie aflorante del mismo es de 459 km².

La profundidad del nivel piezométrico para el sondeo El Cubillo es de 41 m, tal como se apreció tras la ejecución del sondeo.

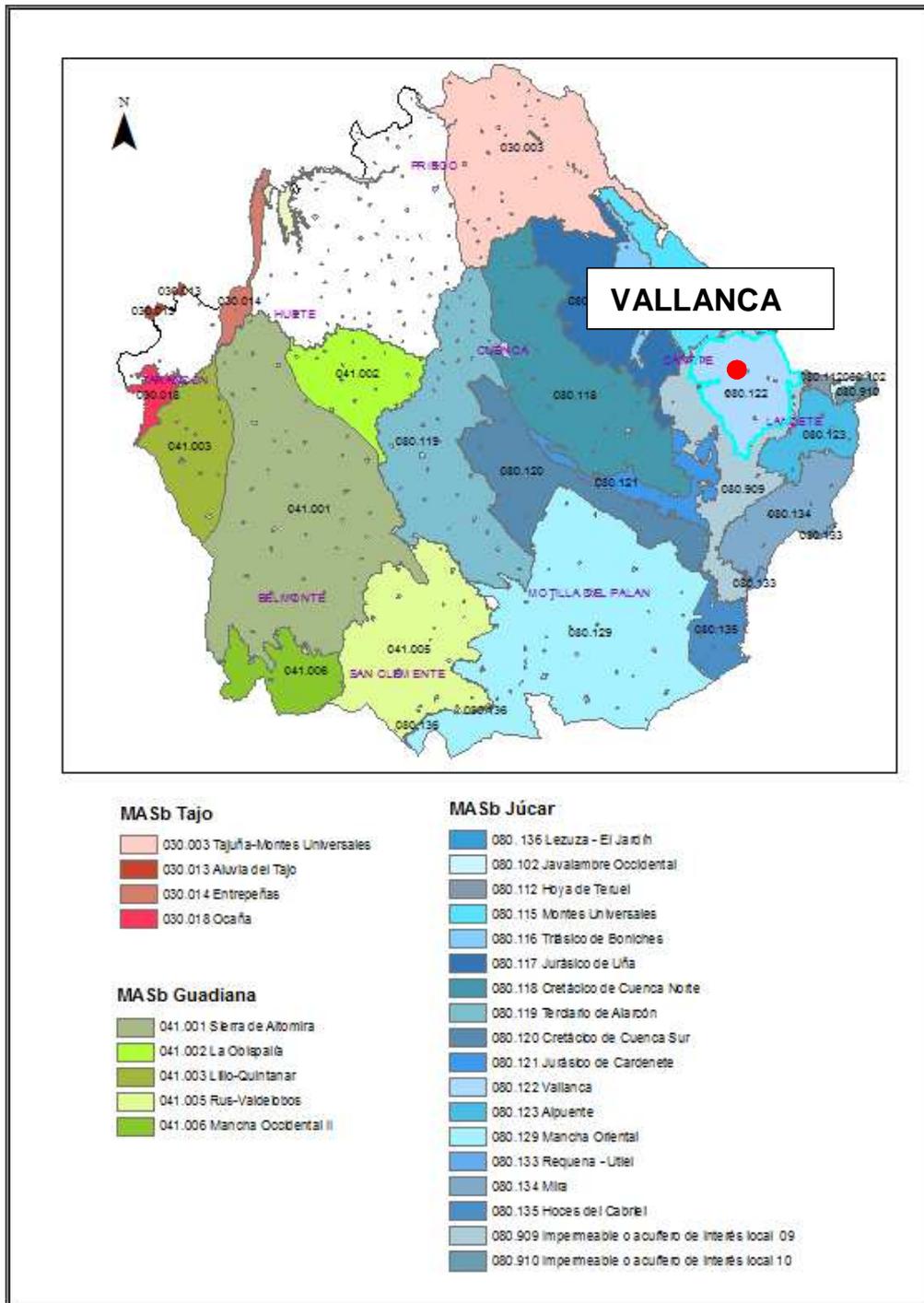


Figura 5. Masas de Agua Subterránea de la provincia de Cuenca.

2.2.6. Resultados de los ensayos de bombeo

Sondeos Martinez, S.L. realizó, el 2 de Agosto de 2013, el ensayo de bombeo del sondeo El Cubillo, de 105 m de profundidad. Se realizaron seis escalones de bombeo de 1,5 l/s, 3 l/s, 4,5 l/s, 6 l/s, 8 l/s y 9 l/s respectivamente, y la recuperación correspondiente, siendo esta superior al 90%. Los datos del aforo se muestran en el anexo.

El **caudal de explotación** recomendado, teniendo en cuenta un bombeo continuado, es de 4 L/s; no obstante dicho caudal podrá incrementarse según las necesidades de demanda y en base a ello analizar el comportamiento del sondeo.

2.3. Resultados obtenidos

El sondeo de El Cubillo se finalizó alcanzando una profundidad final de 105m. Dicho sondeo se consideró positivo y, tras la prueba de bombeo se recomienda un caudal de explotación de 4 L/s si bien puntualmente se podrían llegar a valores de hasta 8 L/s.

Los parámetros hidráulicos obtenidos del ensayo de bombeo realizado han sido interpretados con el software AQUIFER TEST. Los valores obtenidos son los siguientes:

- $T = 78 \text{ m}^2/\text{día}$ oscila entre 60-80 m^2/d
- K para ese valor de T y un espesor saturado de 52 m es de $K = 1.5 \text{ m/d}$ o $K = 1.73 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

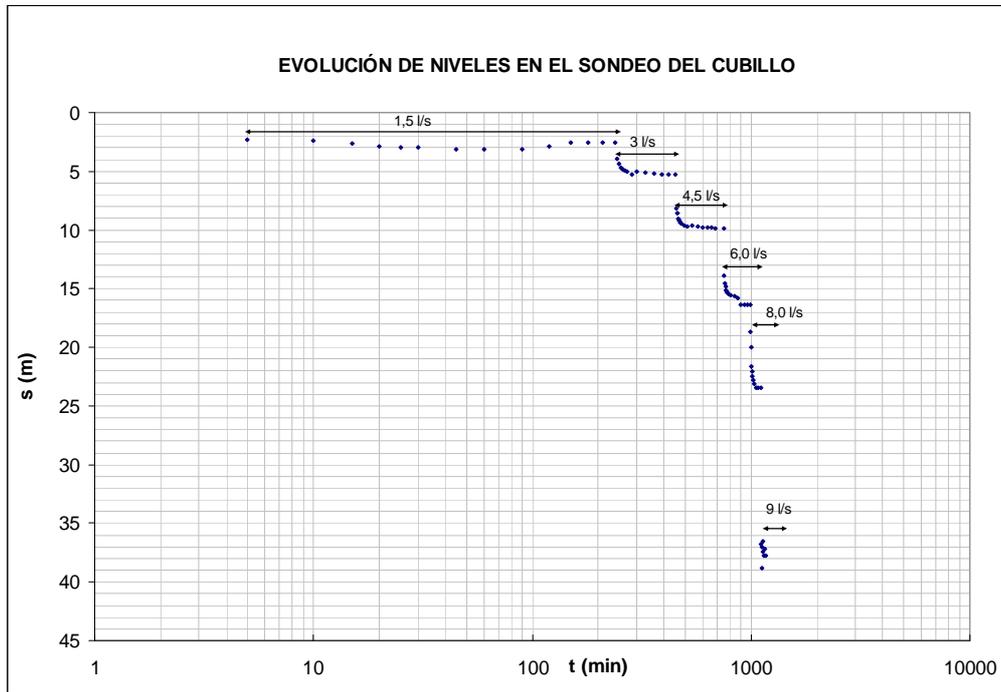


Figura 6. Evolución del nivel freático durante la realización del ensayo de bombeo.

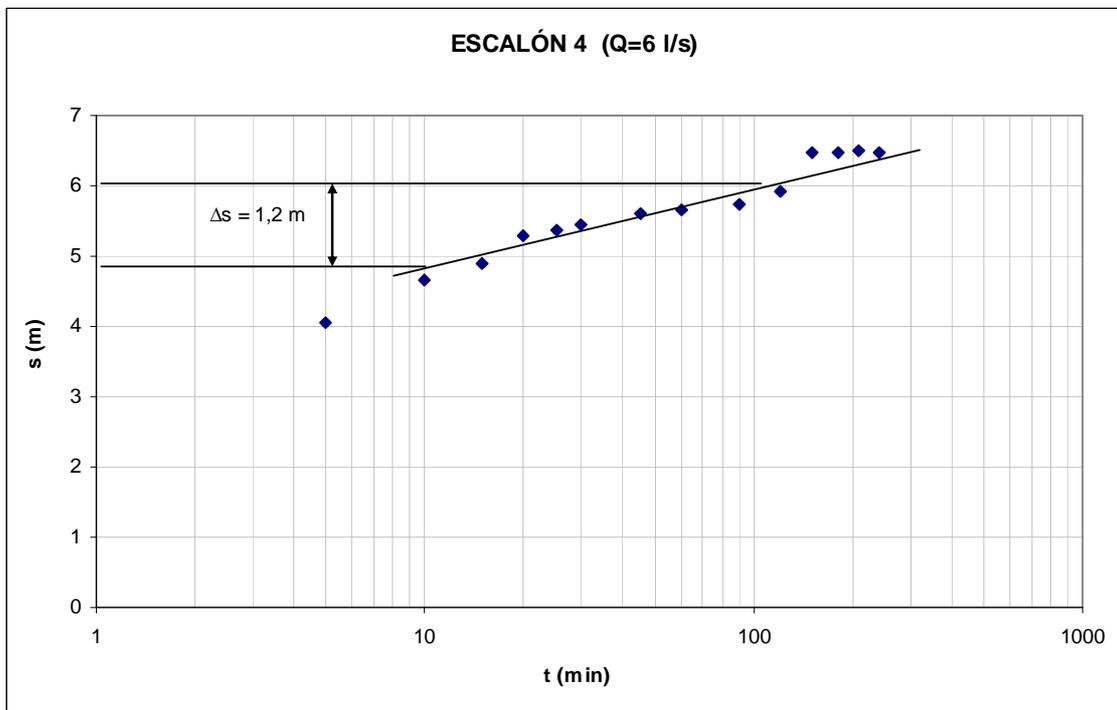


Figura 7. Interpretación del ensayo de bombeo.

Se aporta, en los anexos, la analítica correspondiente a la muestra tomada durante el aforo. El agua del sondeo presenta una facies hidroquímica **bicarbonatada cálcica** con todos los componentes dentro de los límites que establece la legislación a excepción del hierro.

3. PROPUESTA DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

3.1. Marco hidrogeológico regional

La provincia de Cuenca participa de tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo que a su vez quedan divididas en distintas Masa de Agua Subterránea tal y como se muestra en la Figura 5. Regionalmente, la zona considerada en este estudio se enmarca dentro de la MASb 080.122 “Vallanca”, perteneciente a la cuenca hidrográfica del Júcar, incluida con anterioridad en la UH 08.04 “Vallanca”. La masa está formada por materiales mesozoicos, jurásicos y cretácicos, constituidos por dolomías, calizas y margas, principalmente, con espesores totales de 300 a 400 m. En conjunto configura una gran estructura sinclinal, integrada por otros sinclinales y anticlinales, de dirección aproximadamente NNO-SSE. En la zona SO se superponen algunos materiales terciarios, en general de baja permeabilidad.

Se localiza en las provincias de Valencia y Cuenca, entre las localidades de Cañete, al NO, y Henarejos, al SE. Al O el límite se define en las inmediaciones de Boniches, fuera de la masa. El límite E se encuentra en las proximidades de Landete y Santo Domingo, en Cuenca, y Ademuz, en Valencia.

Los límites están definidos según los afloramientos de materiales triásicos. Al N la masa limita con la alineación triásica de Salvacañete-Cañete y al O con el Buntsandstein y Keuper de Boniches y Villar del Humo. Los límites meridional y suroriental se establecen según los materiales triásicos de Henarejos y Landete. Al NE alcanza los materiales miopliocenos de la Hoya de Teruel.

El acuífero principal (Jurásico), que constituye un acuífero carbonatado con permeabilidad por fracturación, tiene un espesor de 300-400 metros, si bien los distintos tramos tienen

permeabilidad variables. El acuífero no tienen ningún límite totalmente cerrado o estanco, a pesar de los materiales de baja permeabilidad del Trías (arcillas con yesos) y del Mioceno (margas) que afloran por sus sectores septentrional, occidental y suroriental, y occidental y meridional respectivamente.

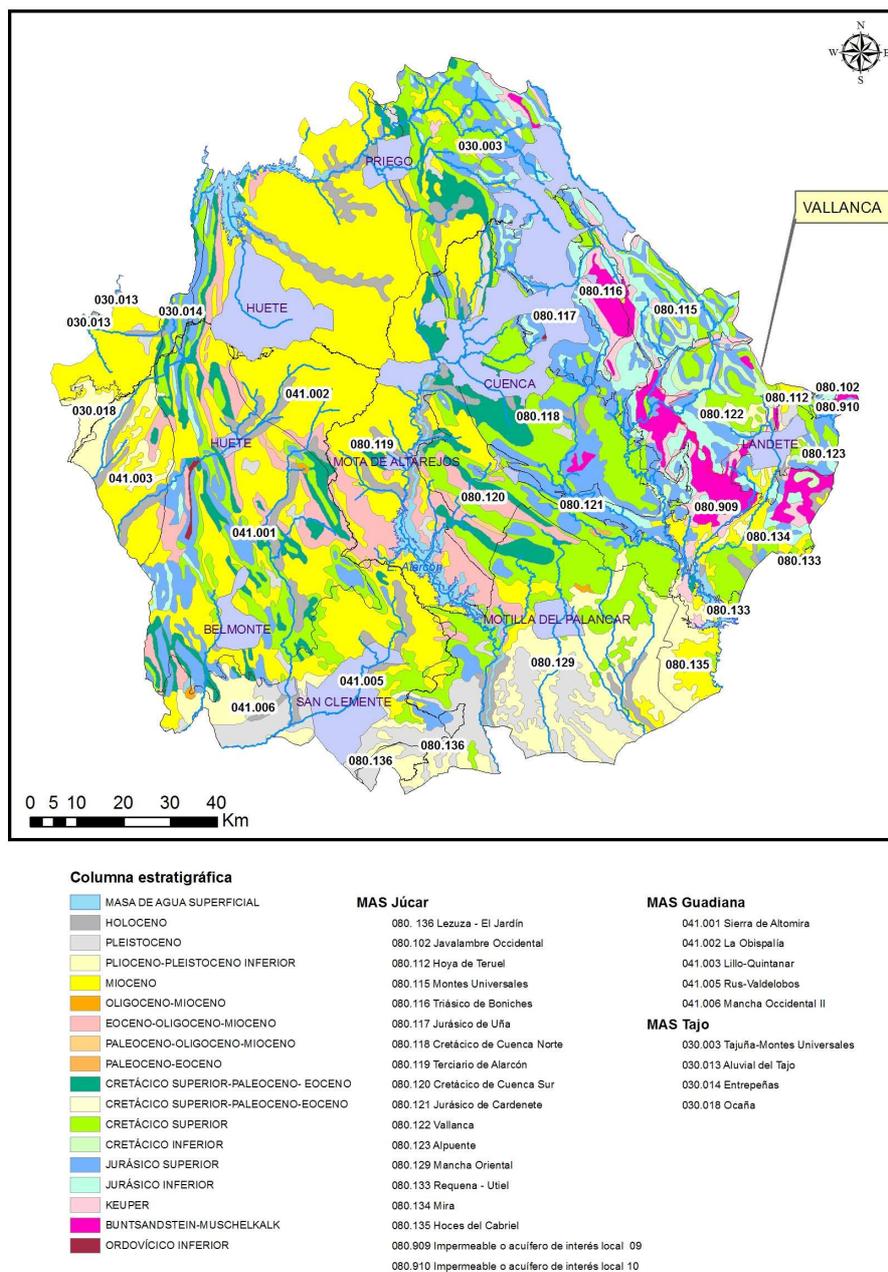


Figura 8. Geología y Masas de agua subterránea de la Provincia de Cuenca.

Las facies hidroquímicas de este sistema acuífero son bicarbonatada cálcica con conductividades que varían en torno a los 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las entradas de agua al acuífero se producen, fundamentalmente, por infiltración del agua de lluvia en las calizas jurásicas y cretácicas, estimándose las entradas totales en unos 29 $\text{hm}^3/\text{año}$.

Las salidas del sistema se producen a dos niveles. El topográficamente más alto está constituido por una serie de manantiales emplazados en el contacto entre las calizas y las margas cretácicas. Esta agua vuelven a infiltrarse a su paso por las calizas jurásicas y se drenan en su totalidad por un conjunto de manantiales situados en los contactos con los materiales del Trías y junto al río Vallanca, o incluso directamente por éste. El conjunto de estas salidas es del orden de los 16 $\text{hm}^3/\text{año}$ y los caudales de los manantiales oscilan entre 10 y 120 l/s.

Los niveles piezométricos vienen definidos por las cotas de las surgencias. Existen dos niveles: uno superior, correspondiente al acuífero colgado de las calizas cretácicas, cuyo nivel está a 975 m s.n.m., y otro inferior correspondiente al acuífero basal jurásico, cuya cota viene definida por el nivel de base impuesto por el río Vallanca y por los manantiales próximos, en unas cotas próximas a los 770 m s.n.m.

Según el documento técnico de referencia titulado “Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea de la Confederación Hidrográfica del Júcar” realizado en 2009, el balance de la masa de agua es el siguiente:

Entradas: Infiltración de lluvia (29,2 $\text{hm}^3/\text{año}$) + pérdidas del río (1 $\text{hm}^3/\text{año}$) + retornos de riego (0,5 $\text{hm}^3/\text{año}$) = 30,8 $\text{hm}^3/\text{año}$ de recurso renovable.

Salidas: Restricción medioambiental (15,6 $\text{hm}^3/\text{año}$) + consumos (0,2 abastecimiento y riego, $\text{hm}^3/\text{año}$) = 15,2 $\text{hm}^3/\text{año}$ recurso disponible

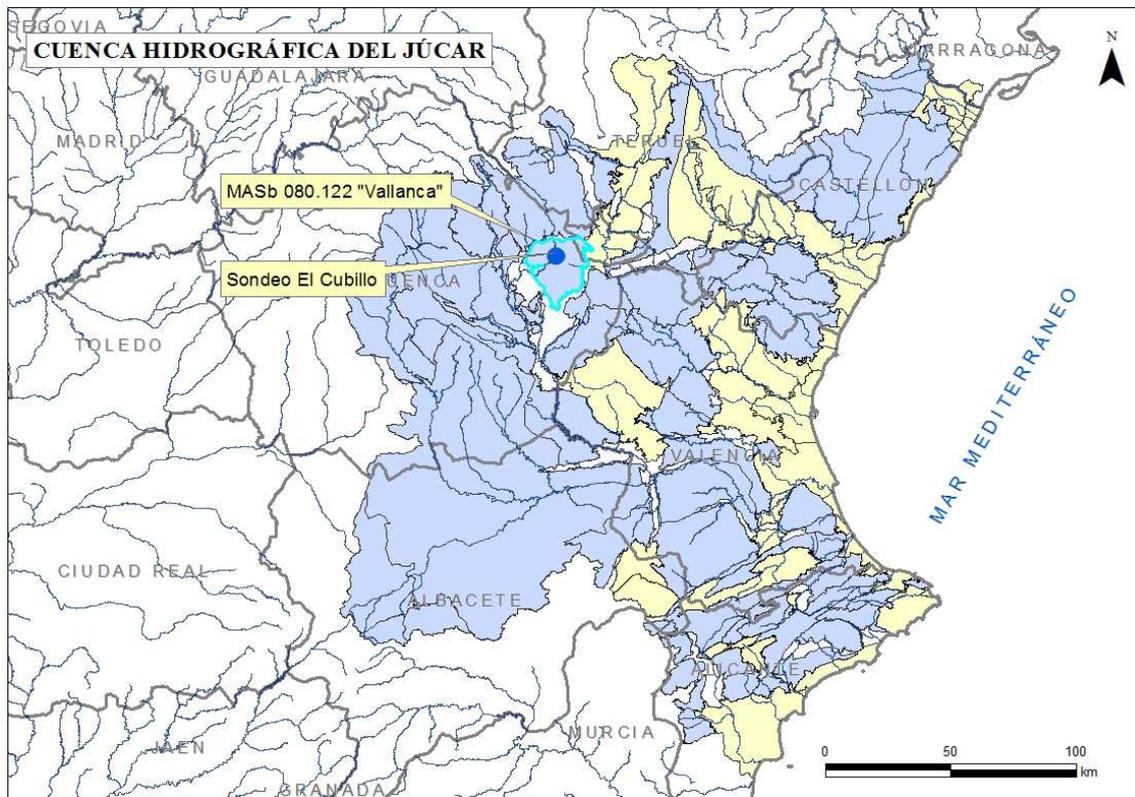


Figura 9. Cuenca Hidrográfica del Júcar y delimitación de sus Masas de Agua Subterránea.

3.2. Marco hidrogeológico local

La formación hidrogeológica que aflora en el entorno del nuevo sondeo El Cubillo la constituye las **Formaciones acuíferas carbonatadas del Cretácico Inferior**, que son materiales que se encuentran entre las arenas Utrillas y los depósitos carbonatados jurásicos y su espesor pueden alcanzar los 70 m (Facies Weald).

3.3. Vulnerabilidad del acuífero

3.3.1 *Inventario de focos de contaminación*

Tras la visita a la zona de campo, por parte de técnicos del IGME, no se apreciaron focos puntuales de contaminación, suficientemente próximos a la ubicación del sondeo, como para constituir un riesgo potencial. En los alrededores de la captación sólo existe monte y huertos abandonados así como un reguero seco.

3.3.2 *Estimación de la vulnerabilidad*

Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para la realización de este apartado se ha considerado el método COP.

El método COP (Vías *et al.*, 2006) fue diseñado para evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos carbonatados a partir de tres factores: concentración de flujo (C), protección del agua subterránea (O) y precipitación (P). El método COP representa una interpretación integral de la propuesta europea contemplada en la Acción COST 620.

El factor O tiene en cuenta la capacidad de atenuación del contaminante ejercida por la zona no saturada en función de la textura y espesor de suelo, la litología, el espesor de la zona no saturada y el grado de confinamiento del acuífero. El factor C es específico de acuíferos carbonatados y considera dos escenarios posibles, por un lado diferencia las zonas de infiltración preferencial del acuífero donde la existencia de conductos y velocidades elevadas de flujo provocan un aumento de la vulnerabilidad, y por otro las áreas donde se produce una infiltración difusa sin una concentración significativa de los flujos del agua de recarga. Para evaluar el factor P hay que tener en cuenta tanto la cantidad como la intensidad de las precipitaciones.

El índice COP se calcula mediante el producto de los tres factores. Sus valores varían entre 0 y 15 y se agrupan en cinco clases de vulnerabilidad, de manera que los índices más bajos indican máxima vulnerabilidad (Figura 8).

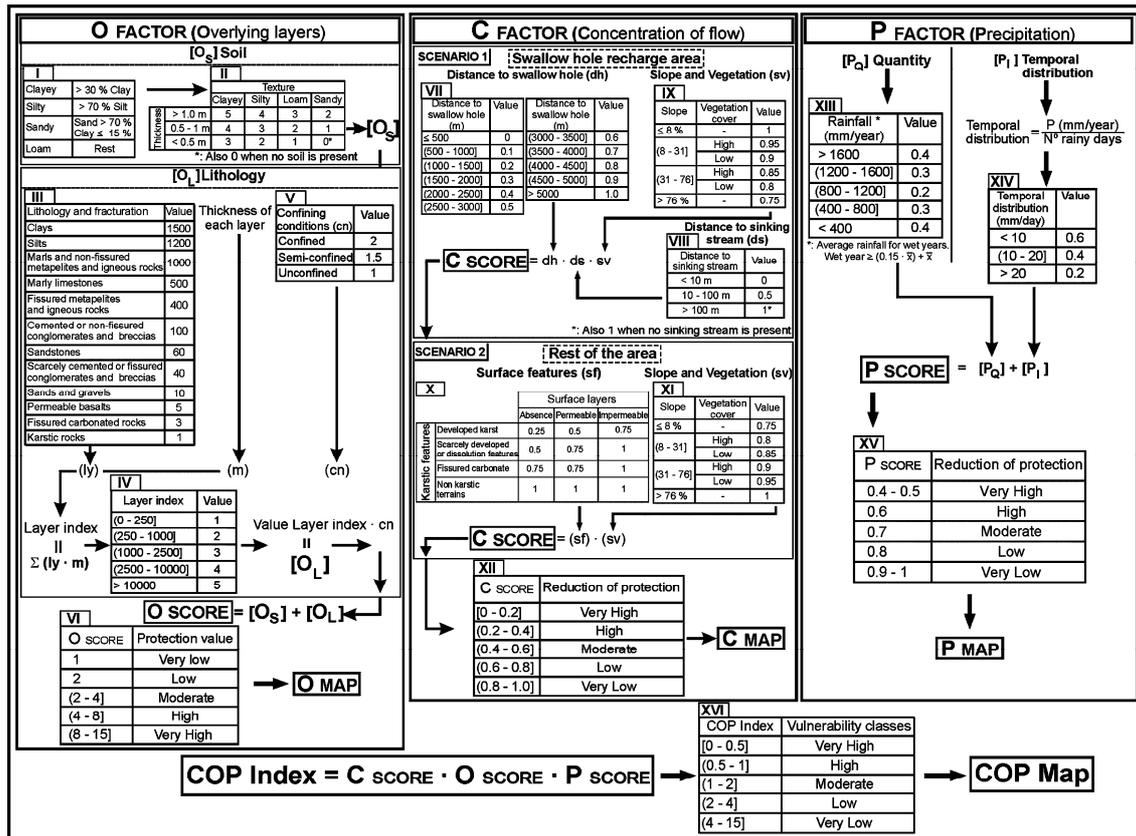


Figura 10. Esquema de la valoración del índice COP.

Según este método se obtiene una vulnerabilidad a la contaminación de toda la zona considerada que puede considerarse como **muy baja-baja**.

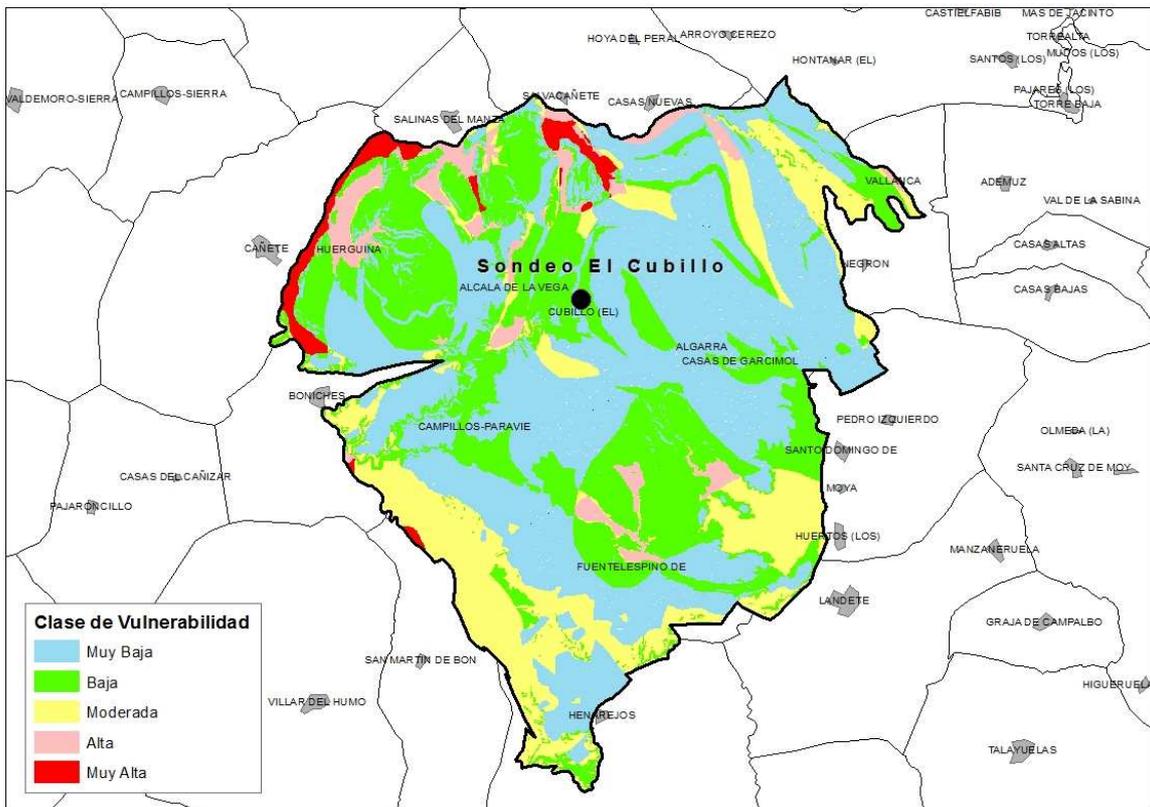


Figura 11. Cartografía de vulnerabilidad según el método COP.

3.4. Perímetro de protección de las captaciones

La delimitación de zonas de protección de las captaciones para abastecimiento urbano se viene revelando como práctica fundamental para asegurar tanto la calidad del agua suministrada a la población como la gestión sostenible del recurso agua.

En el presente documento se proponen los perímetros de protección en torno a la captación utilizada para el abastecimiento de El Cubillo (Alcalá de la Vega, Cuenca), para proteger tanto la **calidad** como la **cantidad** de agua necesaria para satisfacer la demanda. En el primer caso, la protección tiene en cuenta la contaminación puntual o difusa que pudiera poner en peligro la calidad del agua del abastecimiento, y en el segundo caso, la protección considera la afección provocada por otros pozos o por bombeos intensos no compatibles con el sostenimiento de los acuíferos.

Para lograr ambos objetivos se suele recomendar el diseño de un perímetro dividido en tres zonas de protección en función de distintos criterios, los cuales habrá que establecer para cada caso.

La definición de los perímetros de protección de las distintas captaciones se basa fundamentalmente en **criterios hidrogeológicos**, apoyándose además, en los cálculos realizados siguiendo el **método de Wyssling**, que tiene en cuenta el tiempo de tránsito. Este método permite evaluar el tiempo que un contaminante tardaría en llegar a la captación que se quiere proteger. Como resultado se obtiene una zonificación de protección de la captación en tres áreas, las cuales contarán con restricciones de uso tanto mayor cuanto más próximas se encuentren a la captación:

- *Zona inmediata o de restricciones absolutas*: tiempo de tránsito 1 día o área fija de 100-400 m². Suele estar vallada.
- *Zona próxima o de restricciones máximas*: tiempo de tránsito 60 días. Protege de la contaminación microbiológica con criterios hidrogeológicos. En algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador.
- *Zona alejada o de restricciones moderadas*: se usa el tiempo de tránsito de varios años en función de los focos contaminantes, criterios hidrogeológicos o ambos.

La aplicación de métodos hidrogeológicos, exclusivamente, delimitaría el área de alimentación de la captación, pero no permite su subdivisión en diferentes zonas, como sí lo posibilita el empleo de métodos que consideran el tiempo de tránsito. Con la combinación de ambos métodos, la definición del perímetro de protección permite asegurar que la contaminación será inactivada en el trayecto entre el punto de vertido y el lugar de extracción del agua subterránea y, al mismo tiempo, se proporciona un tiempo de reacción que permita el empleo de otras fuentes de abastecimiento alternativas, hasta que el efecto de la posible contaminación se reduzca a niveles tolerables.

El método para calcular el tiempo de tránsito aplicado en este caso es el desarrollado por Wyssling, consistente en el cálculo de la zona de influencia de una captación y búsqueda

posterior del tiempo de tránsito deseado. El método es simple y supone que el acuífero se comporta como un acuífero homogéneo (este hecho puede considerarse válido en primera aproximación para una escala de detalle). Por ello, en este trabajo, no se considera de forma exclusiva, sino como apoyo en la definición de perímetros aplicando criterios hidrogeológicos.

La resolución del método precisa conocer las siguientes variables:

- i = gradiente hidráulico
- Q = caudal de bombeo (m^3/s)
- k = permeabilidad horizontal (m/s)
- me = porosidad eficaz
- b = espesor del acuífero (m)

A partir de estos datos se calcula el radio de influencia o de llamada (X_o), la velocidad efectiva (V_e) y la distancia (s) en metros recorrida entre un punto y la captación en un determinado tiempo, o tiempo de tránsito (t).

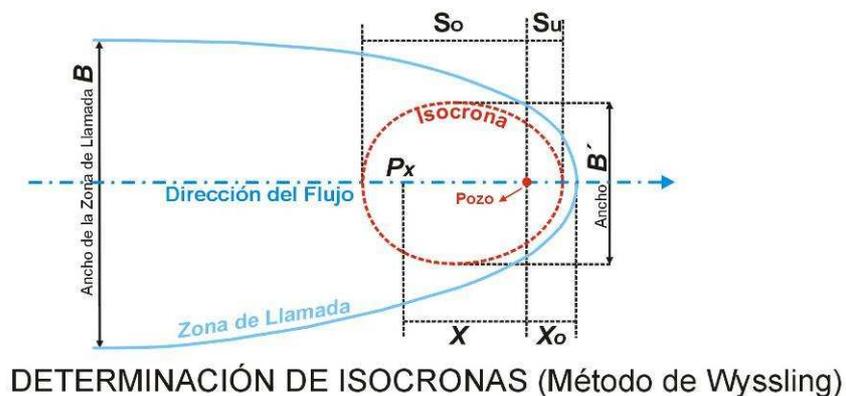


Figura 12. Método de Wyssling para el cálculo del tiempo de tránsito

Para el cálculo de las distintas zonas de protección del sondeo de abastecimiento a El Cubillo no se dispone de datos hidráulicos precisos, utilizando valores medios de origen bibliográfico acordes con la información litológica e hidrogeológica existente (columnas litológicas de sondeos, reconocimientos de campo, etc.). El gradiente hidráulico se ha establecido en función

de los datos de campo que se disponen. Asimismo, como espesor saturado se ha tomado el encontrado en el sondeo realizado, desde el primer nivel donde se corta agua (53 metros) hasta el final del sondeo.

ID	DATOS ETRS89			NIVEL PIEZOMÉTRICO
	X	Y	Z	
FUENTE LA VEREDA	628.800	4.431.096	1.205	
FUENTE LOS TORNAJILLOS	629.170	4.429.923	1.184	
POZO MOJON DE ALGARRA	630.278	4.428.729	1.195	2,44 metros
POZO DE ABASTECIMIENTO ACTUAL	628.601	4.431.569	1.206	39,28 metros

El Cubillo	
Espesor del acuífero (m)	52
Porosidad eficaz	0.0001
Permeabilidad horizontal (m/día)	1.5
Caudal de bombeo (l/s)	4
Caudal de bombeo (m ³ /s)	0.004
Gradiente hidráulico	0.01

Tabla 2. Parámetros utilizados para el cálculo del tiempo de tránsito según el método Wyssling

3.4.1 Perímetro de restricciones absolutas

Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone el círculo cuyo centro es la captación a proteger y cuyo radio (SI) es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en un día.

Esta zona tendrá forma circular u oval, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas. Sin embargo, se va a representar de forma cuadrangular para que resulte más fácil su manejo a la

hora de definir la superficie. En esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación. La zona de restricciones según Wyssling abarcaría las distancias mostradas en la Tabla 3, pero dadas las características del terreno, éste se adecuará de la manera que muestran las coordenadas de la Tablas 6 así como la Figura 12, rectángulo de aproximadamente 25 m x 25 m.

Para proteger la propia captación y sus proximidades se recomienda la construcción de una caseta, el cierre de la cabeza de la tubería del sondeo y la instalación de un drenaje perimetral con una leve inclinación para la circulación de agua.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para SI.

El Cubillo	
S0 (aguas arriba)	24
Su (aguas abajo)	9

Tabla 3. Valores del radio del perímetro de restricciones absolutas obtenido según Wyssling.

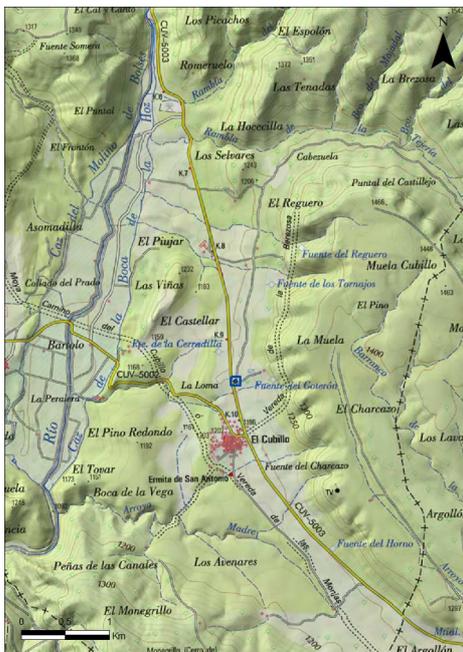


Figura 13. Mapa de la propuesta del perímetro de zona inmediata y de restricciones absolutas

3.4.2 Perímetro de restricciones máximas

Para determinar **la zona de protección próxima** se considera como el espacio (SII) que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en más de un día y menos de 60 días. Queda delimitada entre la zona de protecciones absolutas y la isocrona de 60 días.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para SII.

El Cubillo	
S0 (aguas arriba)	1.189
Su (aguas abajo)	14

Tabla 4. Valores del radio del perímetro de restricciones máximas.

Las coordenadas del perímetro se encuentran en la Tabla 6.

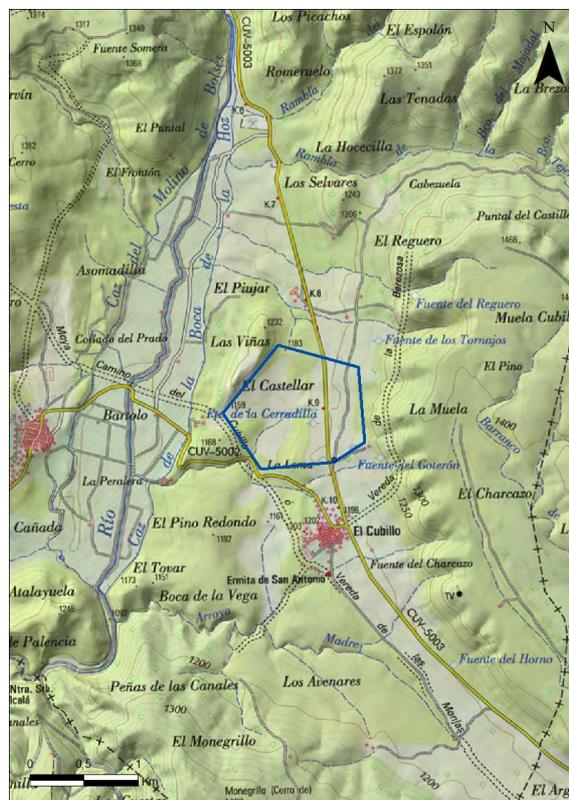


Figura 14. Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones máximas.

3.4.3 Perímetro de restricciones moderadas

La zona de restricciones moderadas limita el área comprendida entre la zona de protección próxima (radio SII) y la isocrona de 4 años (radio SIII). Cuando el límite de la zona de alimentación del sondeo esté a una distancia menor que la citada isocrona, el límite de la zona lejana coincidirá con el límite de la zona de alimentación.

El Cubillo	
S0 (aguas arriba)	21.459
Su (aguas abajo)	14

Tabla 5. Valores del radio del perímetro de restricciones moderadas

Según los cálculos preliminares por el método Wyssling la isocrona de 4 años se ubicaría aproximadamente a unos 21 km del sondeo. No obstante, dada las características hidrogeológicas del terreno, la vulnerabilidad baja o muy baja en el entorno de la captación y su área de alimentación, esta superficie tendrá una forma poligonal, con el eje mayor en la dirección principal del flujo subterráneo que se extenderá unos 6.000 m aguas arriba de la captación y unos 15 m aguas abajo.

Las coordenadas de dicho perímetro se encuentran en la Tabla 6 y su representación cartográfica en la Figura 14.

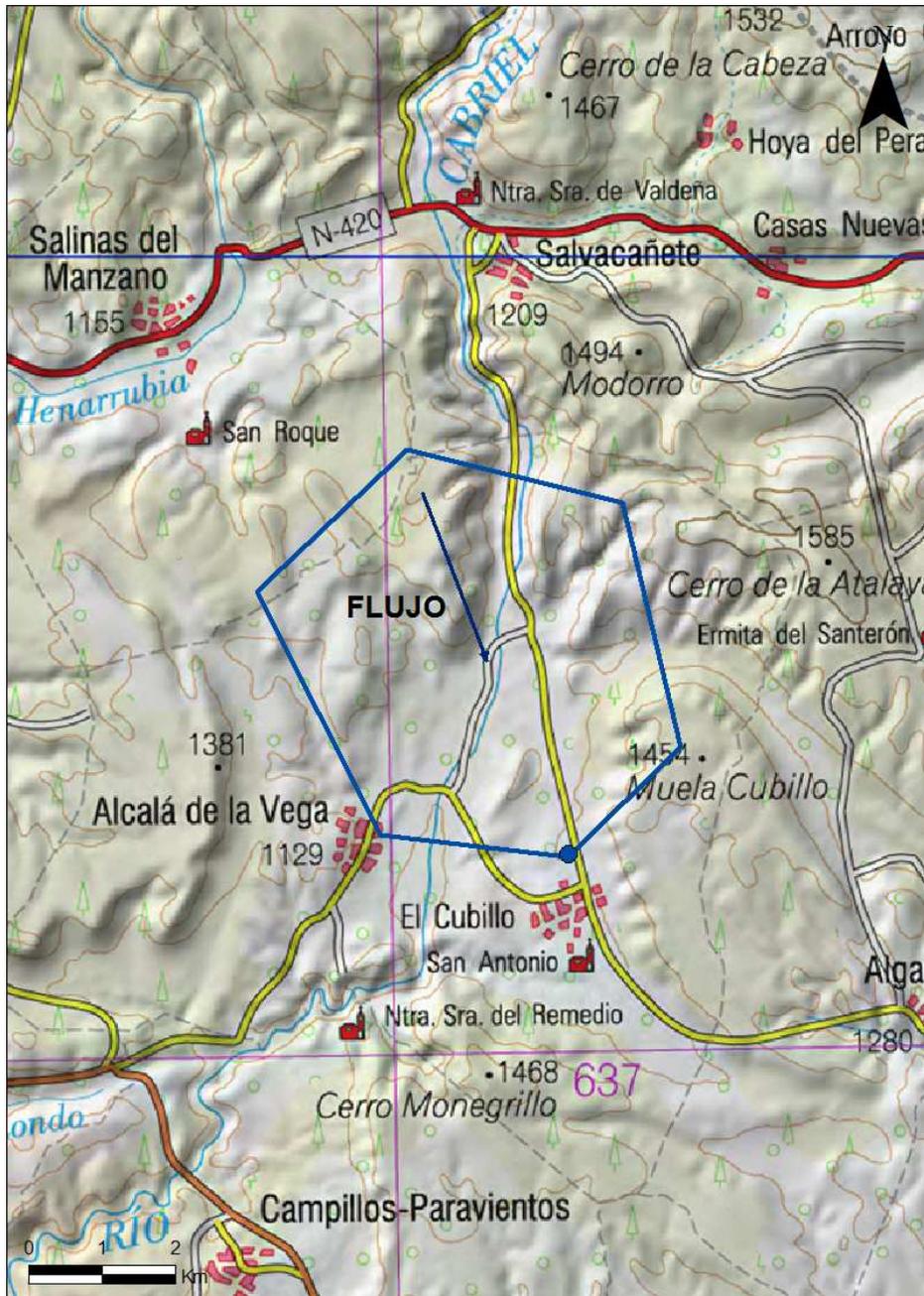


Figura 15. Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones moderadas.

3.4.4 Perímetro de protección de la cantidad

Se delimita un sólo perímetro de protección de la cantidad, con el apoyo de criterios hidrogeológicos, en función del grado de afección que podrían producir determinadas captaciones en los alrededores.

Para la protección del sondeo de abastecimiento se calcula el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las del sondeo a proteger, situados a determinadas distancias.

Para los cálculos de descensos se utiliza la fórmula de Jacob:

$$D = \frac{0.183}{T} Q \log \frac{2.25Tt}{r^2 S}$$

D = Descenso del nivel piezométrico

T = Transmisividad = 78 m²/día

Q = Caudal (caudal máximo del sondeo a proteger: 4 l/s) = 345.6 m³/día

t = Tiempo de bombeo (se considera 120 días)

r = Distancia al sondeo de captación (1.000 m)

S = Coeficiente de almacenamiento = 0.001

Con los datos indicados se obtiene el descenso provocado por un sondeo, que explote 4 l/s durante 120 días continuados, y situado a unos 1.000 m de distancia. El descenso obtenido de 1.1 m se considera asumible para este sondeo. Se recomienda medidas periódicas del nivel piezométrico.

En la Figura 15 se representan gráficamente las distintas zonas de protección definidas dentro del perímetro de protección del sondeo de abastecimiento y en la Tabla 7 las actividades restringidas en cada área.

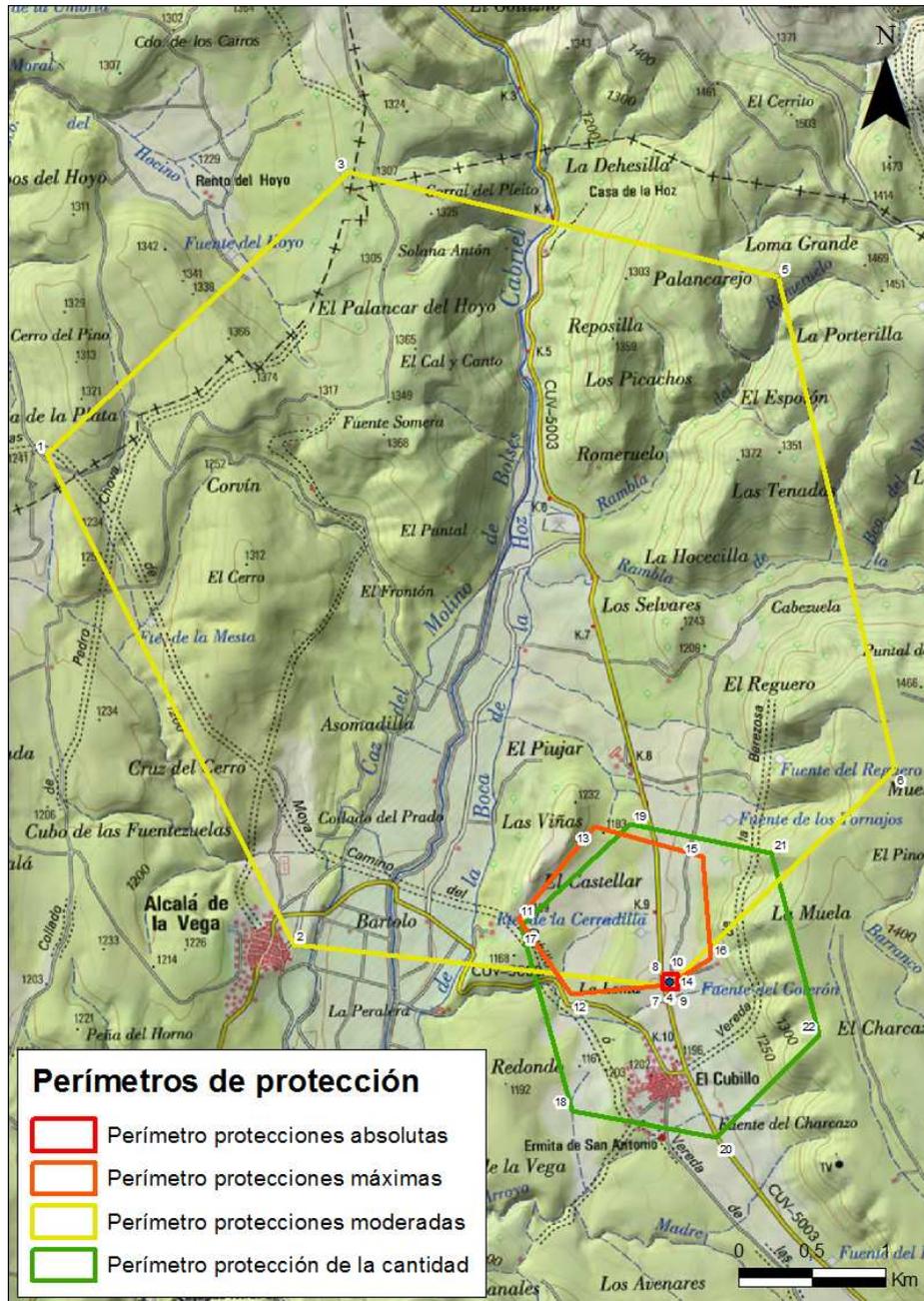


Figura 16. Resumen cartográfico de los perímetros de protección propuestos.

	Nº PUNTO	UTM_X	UTM_Y
ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS	7	628.601,12	4.431.571,61
	8	628.601,12	4.431.596,71
	9	628.626,21	4.431.571,61
	10	628.626,21	4.431.596,71
ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS	11	627.580,74	4.432.016,82
	12	627.935,29	4.431.498,23
	13	628.094,04	4.432.651,82
	14	628.604,85	4.431.563,38
	15	628.833,05	4.432.446,43
	16	628.892,58	4.431.748,59
ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS	1	624.368,18	4.435.205,59
	2	626.048,29	4.431.845,38
	3	626.419,18	4.437.143,23
	4	628.602,04	4.431.556,44
	5	629.352,89	4.436.422,38
	6	630.140,80	4.433.052,81
ZONA DE RESTRICCIONES DE CAUDAL	17	627.598,00	4.431.967,65
	18	627.944,60	4.430.703,60
	19	628.344,12	4.432.666,15
	20	628.931,50	4.430.517,73
	21	629.301,92	4.432.470,36
	22	629.630,00	4.431.221,52

Tabla 6. Coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección del sondeo.

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la Tabla 7.

ACTIVIDAD	ZR. ABSOLUTAS	ZR. MÁXIMAS	ZR.MODERADAS
AGRICULTURA Y GANADERÍA			
Uso de fertilizantes y pesticidas	P	P	S
Uso de herbicidas	P	P	S
Almacenamiento de estiércol	P	P	S
Granjas porcinas y de vacuno	P	P	S
Granjas de aves y conejos	P	P	S
Ganadería extensiva	P	S	A
Aplicación de purines porcinos y vacunos estabilizados por compostaje	P	P	P
Depósitos de balsas de purines	P	P	P
Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	P	P	S
Silos	P	P	S
RESIDUOS SÓLIDOS			
Vertederos incontrolados de cualquier naturaleza	P	P	P
Vertederos controlados de residuos sólidos urbanos	P	P	S
Vertederos controlados de residuos inertes	P	S	S
Vertederos controlados de residuos peligrosos	P	P	P
VERTIDOS LÍQUIDOS			
Aguas residuales urbanas	P	P	P
Aguas residuales con tratamiento primario, secundario y terciario	P	P	S
Aguas residuales industriales	P	P	P
Fosas sépticas, pozos negros o balsas de aguas negras	P	P	S
Estaciones depuradoras de aguas residuales	P	P	S
ACTIVIDADES INDUSTRIALES			
Asentamientos industriales	P	P	P
Canteras y minas	P	P	P
Almacenamiento de hidrocarburos	P	P	P
Conducciones de hidrocarburos	P	P	P
Depósitos de productos radiactivos	P	P	P
Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	P	P	P
OTROS			
Cementerios	P	P	P
Campings, zonas deportivas y piscinas públicas	P	P	S
Ejecución de nuevas perforaciones o pozos no destinados para abastecimiento	P	P	S

A: Actividad aceptable

S: Actividad sujeta a condicionantes

P: Actividad no autorizada

Tabla 7. Definición de las actividades restringidas o prohibidas dentro del perímetro de protección.

Cualquier actividad que se pretenda llevar a cabo dentro de alguno de los perímetros descritos deberán cumplir los requisitos expuestos en la Tabla 7.

En el caso de propuesta de perforación de nuevos sondeos, éstos deberán estar supeditados a la presentación de un estudio hidrogeológico en el que se contemple la inexistencia de afección del sondeo a la captación municipal. Si se autoriza, será necesario el correspondiente informe final de obras con ensayo de bombeo y adecuación de los sondeos para su medida periódica de niveles piezométricos. Asimismo será necesaria la equitación de contadores para determinar el caudal extraído.

Madrid, septiembre de 2013

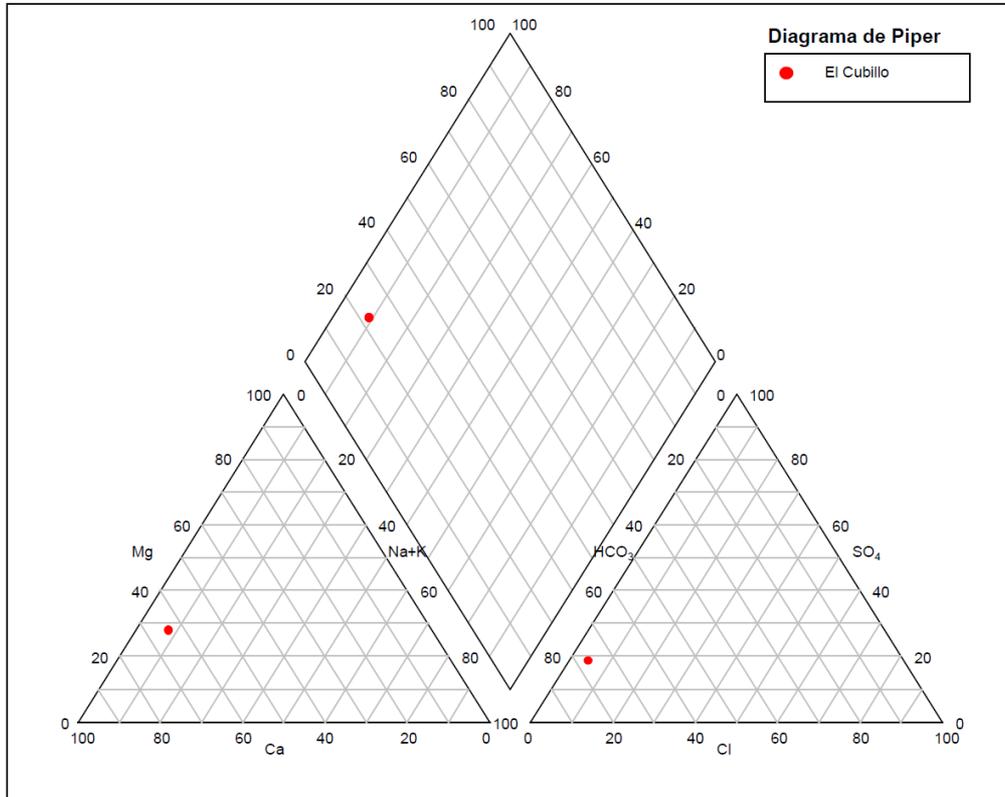


Fdo. Carlos Martínez Navarrete
Asistencia Técnica: Alberto Jiménez Madrid (CRN Consultores)
M^a Jesús Minaya Ovejeros (CRN Consultores)

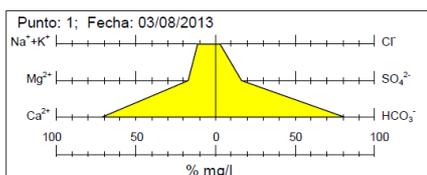
ANEXO I

Representaciones hidroquímicas

Piper- Hill-Langelier

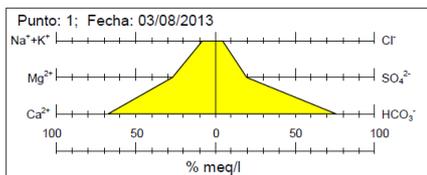


Stiff



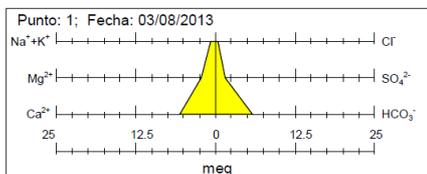
1			
	mg/l	meq/l	%mg/l
Na+K	18	0,66	11,54
Mg	27	2,22	17,31
Ca	111	5,54	71,15

	mg/l	meq/l	%mg/l
Cl	13	0,37	2,91
SO4	73	1,52	16,37
HCO3	360	5,90	80,72



1			
	mg/l	meq/l	%meq/l
Na+K	18	0,66	7,98
Mg	27	2,22	26,96
Ca	111	5,54	67,23

	mg/l	meq/l	%meq/l
Cl	13	0,37	4,71
SO4	73	1,52	19,52
HCO3	360	5,90	75,77



1		
	mg/l	meq/l
Na+K	18	0,66
Mg	27	2,22
Ca	111	5,54

	mg/l	meq/l
Cl	13	0,37
SO4	73	1,52
HCO3	360	5,90

Schoeller

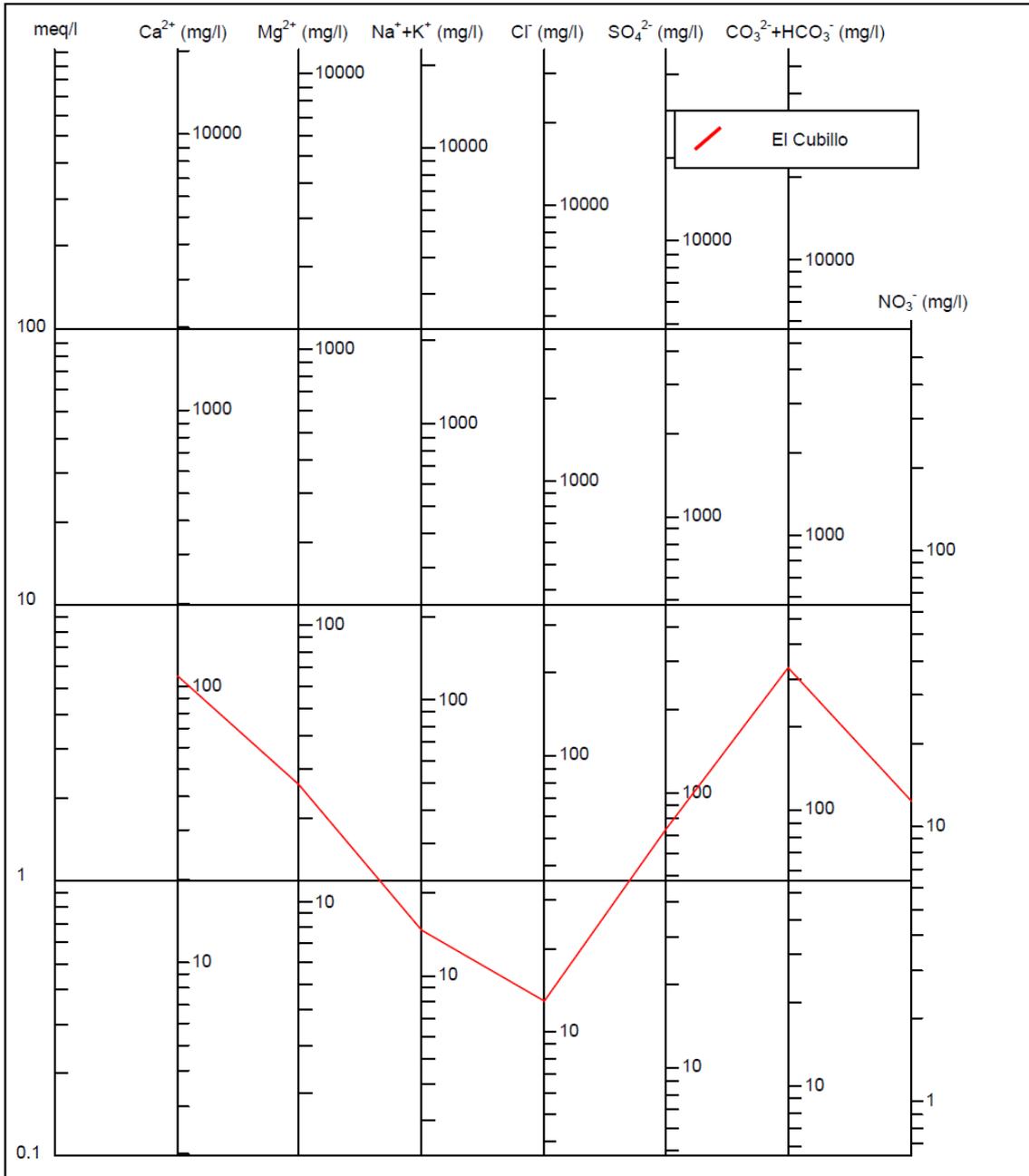


Gráfico de Potabilidad

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra 1 Fecha 03/08/2013

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Alerta
Arsénico	10 µ/l	0,5	
Boro	1 mg/l		
Cadmio	5 µg/l		
Cianuro	50 µg/l		
Cobre	2 mg/l		
Cromo	50 µg/l		
Fluoruro	1.5 mg/l		
Mercurio	1 µg/l		
Niquel	20 µg/l		
Nitrato	50 mg/l	12	
Nitrito	0.5 mg/l	0	
Plomo	25 µg/l	1,96	
Selenio	10 µg/l	1,36	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Alerta
Aluminio	200 µg/l		
Cloruro	250 mg/l	13	
C.E.	2500 µS/cm	653	
Hierro	200 µg/l	503	XXXX
Manganeso	50 µg/l	15	
Oxidabilidad	5 mg O ₂ /l	0,6	
pH	6.5 -9.5	7,3	
Sodio	200 mg/l	11	
Sulfato	250 mg/l	73	

GRÁFICO DE POTABILIDAD (Parámetros químicos)
Nº de punto: 1 Fecha de Toma: 03/08/2013

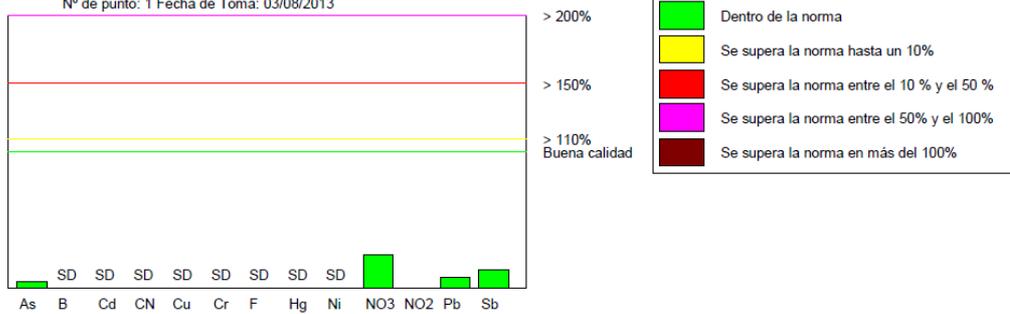


GRÁFICO DE POTABILIDAD (Parámetros indicadores)
Nº de punto: 1 Fecha de Toma: 03/08/2013

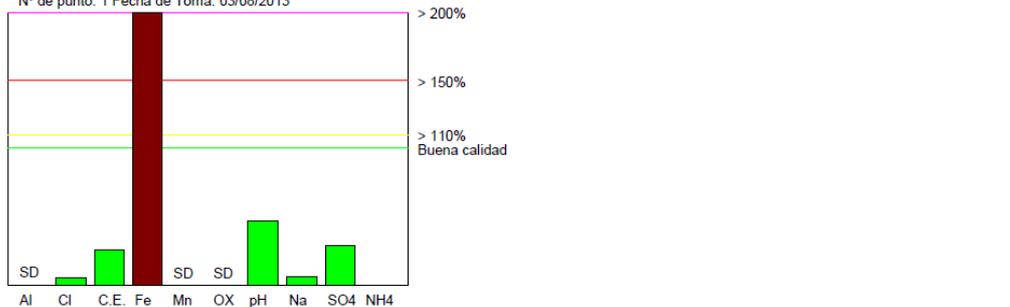
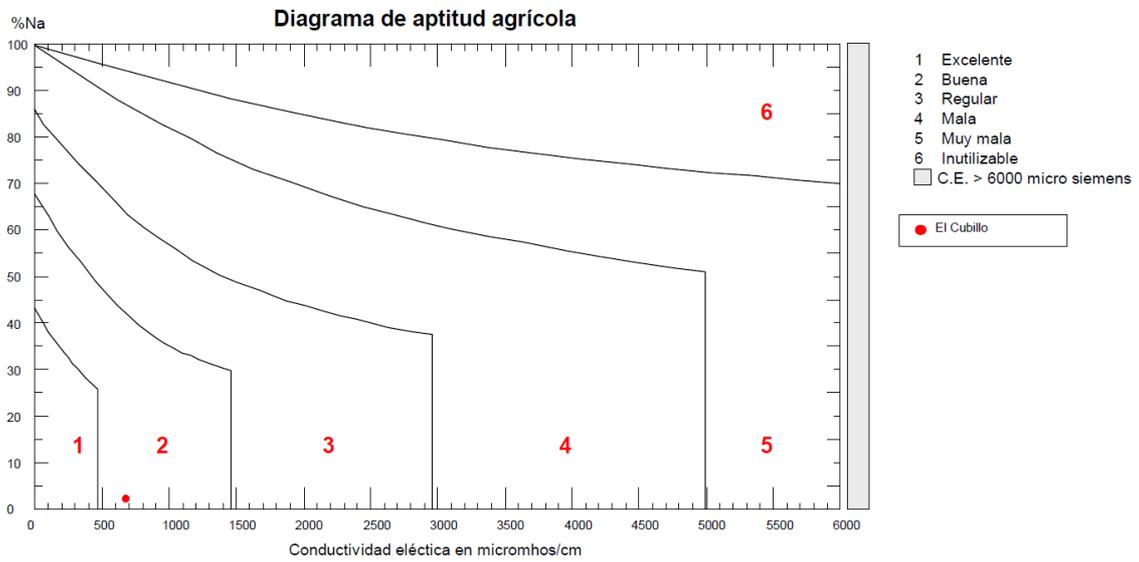


Diagrama de aptitud agrícola



ANEXO II

Ensayo de Bombeo



Sondeo Abastecimiento
Municipio EL CUBILLO - Alcalá de la Vega
Provincia Cuenca

Fecha 02/08/2013
Modelo generador Stamford
Kva. 175,00
Potencia 230 CV

Horas de aforo 19,50 horas
Grupo motobomba XN6-G20
Tensión 400 V
Potencia 50 CV

Horas de recuperación 2,00 horas
N.E.A. 42,65 mts
Profundidad de la rejilla 86,00 mts
Ø Tubería de impulsión 80 mm

Escalón 1º de: 14,30 a 18,30 h					Escalón 2º de: 18,30 a 22,00 h					Escalón 3º de: 22,00 a 3,00 h					Escalón 4º de: 3,00 a 7,00 h					Recuperación 1ª			Recuperación 2ª			
T	Q	N.D.	Δ δ	Observ	T	Q	N.D.	Δ δ	Observ	T	Q	N.D.	Δ δ	Observ	T	Q	N.D.	Δ δ	Observ	T	N.D.	Δ δ	T	N.D.	Δ δ	
0'		42,65			0'		45,20			0'		47,89			0'		52,52			0'	80,44		0'			
5'	1,5	44,98	2,33	Sucia	5'	3,0	46,58	1,38	Sucia	5'	4,5	50,80	2,91	Sucia	5'	6,0	56,56	4,04	Sucia	1'	60,77	19,67	1'			
10'	1,5	45,00	0,02	Sucia	10'	3,0	47,00	0,42	Sucia	10'	4,5	51,20	0,40	Sucia	10'	6,0	57,18	0,62	Sucia	2'	56,67	4,10	2'			
15'	1,5	45,32	0,32	Sucia	15'	3,0	47,33	0,33	Sucia	15'	4,5	51,69	0,49	Sucia	15'	6,0	57,42	0,24	Sucia	3'	51,12	5,55	3'			
20'	1,5	45,49	0,17	Sucia	20'	3,0	47,49	0,16	Turbia	20'	4,5	51,83	0,14	Sucia	20'	6,0	57,82	0,40	Sucia	4'	47,04	4,08	4'			
25'	1,5	45,58	0,09	Clara	25'	3,0	47,59	0,10	Turbia	25'	4,5	52,01	0,18	Sucia	25'	6,0	57,90	0,08	Sucia	5'	46,39	0,65	5'			
30'	1,5	45,63	0,05	Clara	30'	3,0	47,66	0,07	Turbia	30'	4,5	52,12	0,11	Sucia	30'	6,0	57,97	0,07	Sucia	6'	46,04	0,35	6'			
45'	1,5	45,75	0,12	Clara	45'	3,0	47,89	0,23	Clara	45'	4,5	52,25	0,13	Turbia	45'	6,0	58,13	0,16	Sucia	7'	45,84	0,20	7'			
60'	1,5	45,80	0,05	Clara	60'	3,0	47,64	-0,25	Clara	60'	4,5	52,36	0,11	Turbia	60'	6,0	58,18	0,05	Clara	8'	45,70	0,14	8'			
90'	1,5	45,79	-0,01	Clara	90'	3,0	47,79	0,15	Clara	90'	4,5	52,29	-0,07	Turbia	90'	6,0	58,27	0,09	Clara	9'	45,57	0,13	9'			
120'	1,5	45,50	-0,29	Clara	120'	3,0	47,85	0,06	Clara	120'	4,5	52,32	0,03	Turbia	120'	6,0	58,44	0,17	Clara	10'	45,50	0,07	10'			
150'	1,5	45,18	-0,32	Clara	150'	3,0	47,90	0,05	Clara	150'	4,5	52,43	0,11	Turbia	150'	6,0	59,00	0,56	Clara	15'	45,29	0,21	15'			
180'	1,5	45,18	0,00	Clara	180'	3,0	47,90	0,00	Clara	180'	4,5	52,45	0,02	Clara	180'	6,0	59,00	0,00	Clara	20'	45,18	0,11	20'			
210'	1,5	45,20	0,02	Clara	210'	3,0	47,89	-0,01	Clara	210'	4,5	52,47	0,02	Clara	210'	6,0	59,01	0,01	Clara	25'	44,98	0,20	25'			
240'	1,5	45,20	0,00	Clara	240'					240'	4,5	52,52	0,05	Clara	240'	6,0	59,00	-0,01	Clara	30'	44,95	0,03	30'			
5 h					5 h					5 h	4,5	52,52	0,00	Clara	5 h					40'	44,83	0,12	40'			
6 h					6 h					6 h					6 h					50'	44,75	0,08	50'			
7 h					7 h					7 h					7 h					60'	44,65	0,10	60'			
8 h					8 h					8 h					8 h					75'	44,55	0,10	75'			
9 h					9 h					9 h					9 h					90'	44,51	0,04	90'			
10 h					10 h					10 h					10 h					120'	43,58	0,93	120'			
11 h					11 h					11 h					11 h					210'	43,42	0,16	210'			
12 h					12 h					12 h					12 h					240'			240'			
13 h					13 h					13 h					13 h					270'			270'			
14 h					14 h					14 h					14 h					300'			300'			
15 h					15 h					15 h					15 h					330'			330'			
16 h					16 h					16 h					16 h					360'			360'			
17 h					17 h					17 h					17 h					390'			390'			
18 h					18 h					18 h					18 h					420'			420'			
19 h					19 h					19 h					19 h					450'			450'			

Escalón 5º de: 7,00 a 9,00 h					Escalón 6º de: 9,00 a 10,00 h					Escalón 7º de: a h					Escalón 8º de: a h					Recuperación 3ª			Recuperación 4ª		
T	Q	N.D.	Δ δ	Observ	T	Q	N.D.	Δ δ	Observ	T	Q	N.D.	Δ δ	Observ	T	Q	N.D.	Δ δ	Observ	T	N.D.	Δ δ	T	N.D.	Δ δ
0'		59,00			0'		66,08			0'					0'					0'					
5'	8,0	61,35	2,35	Turbia	5'	10	79,41	13,33	Sucia	5'					5'					1'					
10'	8,0	62,63	1,28	Sucia	10'	10	81,51	2,10	Sucia	10'					10'					2'					
15'	8,0	64,32	1,69	Sucia	15'	9	79,64	-1,87	Sucia	15'					15'					3'					
20'	8,0	64,68	0,36	Turbia	20'	9	79,17	-0,47	Turbia	20'					20'					4'					
25'	8,0	65,07	0,39	t	25'	9	80,08	0,91	Turbia	25'					25'					5'					
30'	8,0	65,42	0,35	Clara	30'	9	80,38	0,30	Turbia	30'					30'					6'					
45'	8,0	65,75	0,33	Clara	45'	9	79,85	-0,53	Turbia	45'					45'					7'					
60'	8,0	66,12	0,37	Clara	60'	9	80,44	0,59	Tomada	60'					60'					8'					
90'	8,0	66,07	-0,05	Clara	90'					90'					90'					9'					
120'	8,0	66,08	0,01	Clara	120'					120'					120'					10'					
150'					150'					150'					150'					15'					
180'					180'					180'					180'					20'					
210'					210'					210'					210'					25'					
240'					240'					240'					240'					30'					
5 h					5 h					5 h					5 h					40'					
6 h					6 h					6 h					6 h					50'					
7 h					7 h					7 h					7 h					60'					
8 h					8 h					8 h					8 h					75'					
9 h					9 h					9 h					9 h					90'					
10 h					10 h					10 h					10 h					120'					
11 h					11 h					11 h					11 h					210'					
12 h					12 h					12 h					12 h					240'					
13 h					13 h					13 h					13 h					270'					
14 h					14 h					14 h					14 h					300'					
15 h					15 h					15 h					15 h					330'					
16 h					16 h					16 h					16 h					360'					
17 h					17 h					17 h					17 h					390'					
18 h					18 h					18 h					18 h					420					

ANEXO III
Resultados analíticos



Informe N°	<input type="text" value="13/0262"/>
Referencia de Laboratorio	<input type="text" value="4531-1"/>
Referencia de envío (Ident. de la muestra)	<input type="text" value="IGME-1"/>
Fecha de entrega a Laboratorio	<input type="text" value="08/08/2013"/>
Proyecto N°	<input type="text" value="35300320"/>

De Laboratorio Aguas a Dirección de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Nombre Muestra	N° Registro	F. de toma	Minutos	Profundidad	F. Terminación	Num. Muestra
EL CUBILLO		03/08/2013			20/09/2013	1

Físico-Químicos (*):	Mayoritarios (mg/L):																		
Oxidab. al MnO4K (mg/L) 0,6	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Na</td><td>K</td><td>Ca</td><td>Mg</td><td>Cl</td><td>SO₄</td><td>HCO₃</td> </tr> <tr> <td>11</td><td>7</td><td>111</td><td>27</td><td>13</td><td>73</td><td>360</td> </tr> </table>	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	11	7	111	27	13	73	360				
Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃													
11	7	111	27	13	73	360													
Conductividad 20° (µS/cm) 653	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>CO₃</td><td>NO₃</td><td>NO₂</td><td>NH₄</td><td>PO₄</td><td>SiO₂</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>12</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>6,5</td> </tr> </table>	CO ₃	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	SiO ₂	0	12	0,00	0,00	0,00	6,5						
CO ₃	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	SiO ₂														
0	12	0,00	0,00	0,00	6,5														
pH (Unid. pH) 7,30	Metales (µg/L):																		
R. S. 180° (mg/L) 478,6	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Ag</td><td>Al</td><td>As</td><td>Boro</td><td>Ba</td><td>Be</td><td>Cd</td><td>Co</td><td>Cr</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td>0,50</td><td></td><td></td><td></td><td><0,2</td><td></td><td><0,05</td> </tr> </table>	Ag	Al	As	Boro	Ba	Be	Cd	Co	Cr			0,50				<0,2		<0,05
Ag	Al	As	Boro	Ba	Be	Cd	Co	Cr											
		0,50				<0,2		<0,05											
R. S. 260° (mg/L)	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Cu</td><td>Fe</td><td>Hg</td><td>Li</td><td>Mn</td><td>Mo</td><td>Ni</td><td>Pb</td><td>Sb</td> </tr> <tr> <td>1,49</td><td>503</td><td><0,5</td><td></td><td>15,0</td><td></td><td></td><td>1,96</td><td></td> </tr> </table>	Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	1,49	503	<0,5		15,0			1,96	
Cu	Fe	Hg	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb											
1,49	503	<0,5		15,0			1,96												
	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Se</td><td>Sr</td><td>Ta</td><td>Th</td><td>Tl</td><td>U</td><td>V</td><td>Zn</td> </tr> <tr> <td>1,36</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>44,6</td> </tr> </table>	Se	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	Zn	1,36							44,6		
Se	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	Zn												
1,36							44,6												

La Jefe de Laboratorio: 	 RECIBIDO D.A.S.	V° B°
---	---	----------------

(*) Las determinaciones serán expresadas en mg/l, excepto Conductividad (µS/cm) y pH (unidades de pH). Valor = 0,00 es inferior a su límite de determinación.

OBSERVACIONES:

NO SE APRECIAN SULFUROS



Informe N°	<input type="text" value="13/0262"/>
Referencia de Laboratorio	<input type="text" value="4531-1"/>
Referencia de envío (Ident. de la muestra)	<input type="text" value="IGME-1"/>
Fecha de entrega a Laboratorio	<input type="text" value="08/08/2013"/>
Proyecto N°	<input type="text" value="35300320"/>

De Laboratorio Aguas a Dirección de Aguas Subterráneas

INFORME DE DETERMINACIONES REALIZADAS

Nombre Muestra	Nº Registro	F. de toma	Minutos	Profundidad	F. Terminación	Num. Muestra
EL CUBILLO		03/08/2013			20/09/2013	1

Específicos (*):

Fluoruro (mg/L)	CN (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	Fenoles (mg/L)	Detergentes (mg/L)	CO2 (mg/L)
<0,5	<0,01				
Materias en suspensión (mg/L)	Dureza (mg/L)	COT (mg/L)	CT (mg/L)	IC (mg/L)	Bromato (mg/L)
Bromuro (mg/L)	N org (mg/L)	Cloruro cromatogr. iónica (mg/L)	Cl/Br	Color (UC)	Turbidez (UNF)

Nitrógeno Total

Isótopos (Bq/L):

Radalfa	Erradalfa	Radbeta	Erradbeta	Titrio
0,088	±0,058	<0,444		

La Jefe de Laboratorio:	RECIBIDO D.A.S.	Vº Bº
	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

(*) Las determinaciones serán expresadas en mg/L, excepto Cl/Br, Color (UC) y Turbidez (UNF). Valor = 0,00 es inferior a su límite de determinación.

OBSERVACIONES:

NO SE APRECIAN SULFUROS

