
**INFORME SOBRE LA EVOLUCIÓN DEL NIVEL
PIEZOMÉTRICO EN RELACIÓN CON LOS
BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA, Y SU
POSIBLE AFECCIÓN AL ENTORNO, EN EL ÁREA
DE CAMARGO (CANTABRIA)**

Octubre 2014



ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- ANTECEDENTES.....	4
3.- EL PROBLEMA DE LAS SUBSIDENCIAS	6
4.- RED DE CONTROL PIEZOMÉTRICO	8
5.- ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL PERIODO 2013-2014.....	9
6.- CONSIDERACIONES FINALES GENERALES.....	11

1.- INTRODUCCIÓN

En el **Convenio de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Norte y el Instituto Geológico y Minero de España para el seguimiento y análisis del control medioambiental sobre el proceso de inundación de la Mina de Reocín y el estudio de los hundimientos producidos en el término municipal de Camargo (Cantabria)**, firmado por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico (entonces Confederación Hidrográfica del Norte) y el IGME el día 4 de junio de 2007, se incluía el estudio de los hundimientos producidos en el término municipal de Camargo.

Los trabajos desarrollados por el IGME desde finales del año 2006 en relación con este proceso dieron como resultado la redacción de varios informes, el último de los cuales, titulado *Informe sobre la evolución del nivel piezométrico en relación con los bombeos de agua subterránea, y su posible afección al entorno, en el área de Camargo (Cantabria)*, se redactó en marzo de 2010 y analizaba los datos de piezometría, pluviometría y caudales de bombeo en el periodo comprendido entre febrero de 2009 y febrero de 2010.

Posteriormente, el día 1 de noviembre de 2010 se firmó un segundo convenio, denominado **Convenio de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Cantábrico y el Instituto Geológico y Minero de España para el seguimiento y análisis del control medioambiental sobre el proceso de inundación de la Mina de Reocín y el estudio de los hundimientos producidos en el término municipal de Camargo (Cantabria)** que supuso la continuación de este estudio hidrogeológico en Camargo mediante los pertinentes trabajos del mantenimiento y control de la red piezométrica de que se dispone en el área de estudio.

Este mismo trabajo se continuó durante un año más en un tercer convenio, **Convenio de colaboración entre la Confederación Hidrográfica del Cantábrico y el Instituto Geológico y Minero de España para el seguimiento medioambiental del proceso de inundación y vertido de la mina de Reocín y de los hundimientos producidos en el término municipal de Camargo y el estudio hidrogeológico para implantación del régimen de caudales ecológicos del río Pas en el valle de Toranzo (Cantabria)**. La presente memoria incluye el análisis de los datos pertenecientes a este último año de estudio, correspondientes al periodo comprendido entre el día 1 de marzo de 2013 y el 30 de agosto de 2014.

2.- ANTECEDENTES

En los informes entregados en diciembre de 2006 y abril de 2008 se recogían detalladamente los antecedentes técnicos de la aparición de “soplaos” (colapsos o socavones), hundimientos o subsidencias del terreno presuntamente relacionados con la explotación de agua subterránea para abastecimiento municipal en varios sondeos situados en la zona afectada, haciendo alusión a lo expuesto en los distintos informes redactados en estos últimos cinco años.

También se exponía que los técnicos del IGME quisieron, en su momento, dejar constancia de la clara probabilidad de que esta fase de la investigación sobre la incidencia de los bombeos en la variación del nivel piezométrico de la zona de trabajo no proporcione los resultados esperados, dado que no existe una red piezométrica definida expresamente para la realización de este estudio específico, y lo único que se iba a llevar a cabo son las medidas de piezometría en unos sondeos ya existentes, realizados hace más de 20 años con otros fines, de los que se obtendrá una información que seguramente no será concluyente. De todas formas, se decidió seguir adelante con esta última fase del trabajo iniciado meses atrás para tratar de agotar todas las posibilidades existentes.

Con fecha 22 de enero de 2007, y basándose en el informe entregado por el IGME en diciembre de 2006, la entonces Confederación Hidrográfica del Norte redactó un *Acuerdo de adopción de medidas cautelares* que envió al Ayuntamiento de Camargo en el que se decía, entre otras cosas, que *como medida inmediata se recomienda la suspensión de la extracción de aguas subterráneas en el sondeo IFP, y la reducción de los caudales de bombeo en los sondeos El Carmen y San Miguel hasta una cifra máxima puntual de 20 L/s.*

Posteriormente, el día 18 de julio de 2008 la Confederación Hidrográfica del Cantábrico inició el expediente de revisión de la concesión al Ayuntamiento de Camargo de 126 L/s de agua de los pozos El Carmen, San Miguel, Formación Profesional y Polideportivo. En concreto, en este expediente se resolvió la prohibición de la extracción de agua en los pozos Formación Profesional y Polideportivo, así como que el bombeo en los pozos El Carmen y San Miguel no podría implicar que sus niveles piezométricos se situaran a una profundidad superior a 7 y 9 m, respectivamente, medidos a partir de la boca del pozo.

Como consecuencia del incumplimiento puntual, por parte del Ayuntamiento de Camargo, de esta prohibición en lo que se refiere a los descensos del nivel piezométrico en los pozos mencionados, el día 18 de septiembre de 2009 la CHC incoó un expediente sancionador a dicho Ayuntamiento, con la imposición de la correspondiente multa, y le requirió para que se ajustara fielmente al condicionado de la resolución mencionada en el párrafo anterior.

Finalmente, ante la evolución y persistencia en el tiempo del fenómeno de aparición de subsidencias desde su inicio, en el año 1985, hasta la actualidad, teniendo en cuenta las distintas condiciones en las que se produjo este hecho, tanto naturales como antrópicas, en las que se pasó de una situación con bombeos continuos durante un largo periodo de tiempo hasta el cese de bombeos actual, que se inició en marzo de 2010, se pretende analizar en este informe el periodo de medidas mencionado anteriormente para poder llegar a consideraciones acerca de cómo evolucionan los niveles piezométricos en

el acuífero de Camargo, a qué se deben las variaciones que manifiestan y cómo pueden afectar estas variaciones al sistema hidrogeológico existente y, como consecuencia de esto, al origen de las subsidencias.

3.- EL PROBLEMA DE LAS SUBSIDENCIAS

El proceso de producción de “soplaos” está ligado a la naturaleza del acuífero de Camargo: un substrato formado por calizas y dolomías, intensa e irregularmente karstificado, cuyos huecos están rellenos por un material poco consolidado de naturaleza arenosa y/o arcillosa, junto con los efectos de lavado de material en el contacto substrato/relleno producido por la oscilación del nivel piezométrico del acuífero y la velocidad de circulación del agua subterránea como consecuencia de la alternancia de periodos de sequía y de lluvia intensa, lo que ocasiona la formación de huecos que progresan hacia la superficie y originan el colapso del suelo o su subsidencia, cuando la erosión desde adentro alcanza cotas de superficie del terreno.

Los primeros “soplaos” conocidos atribuibles a la acción del hombre se datan a principios del siglo XX; fueron provocados por la extracción de agua subterránea mediante bombeos en pozos por parte de las empresas dedicadas a minería de hierro; tanto es así, que dicha actividad debió ser abandonada dadas las afecciones producidas al entorno. Posteriormente, hacia 1985, el comienzo de forma no autorizada, de la explotación del agua subterránea del acuífero para abastecimiento urbano, ocasionó nuevas subsidencias y daños en viviendas de la zona, dando inicio a un ciclo “bombeo-afecciones-cese del bombeo-indemnizaciones” que se repitió en varias ocasiones, siendo el Ayuntamiento de Camargo, el responsable de la explotación de los sondeos y algunos de los vecinos, los principales afectados (algunos, posteriormente indemnizados).

Cuando el Ayuntamiento, en el año 2002, solicitó a la entonces CHN la concesión de explotación de los pozos, omitió cualquier referencia a este proceso, que ya duraba entonces 18 años. Al continuar los procesos de subsidencias, la CHC dictó una serie de medidas expuestas en el *Acuerdo de adopción de medidas cautelares* que fueron enviadas al Ayuntamiento de Camargo el día 22 de enero de 2007. Éstas consistieron fundamentalmente en la suspensión del bombeo en el Pozo Formación Profesional y en la reducción de los caudales de explotación en los pozos San Miguel y Ermita del Carmen. Posteriormente, se añadieron otras medidas que incluyeron el cese del bombeo en el Pozo San Miguel a partir de septiembre de 2008 y en el pozo Ermita del Carmen, a finales de marzo de 2010. Con este nuevo régimen de explotación disminuyó el rango de oscilaciones del nivel piezométrico del acuífero, lo que redujo, en parte, el riesgo de aparición de subsidencias. Este hecho se refleja de forma más significativa en los gráficos que recogen la evolución de los niveles en el periodo febrero de 2010-febrero de 2011 (Informe IGME, 2011).

No obstante, durante el año 2011 siguieron produciéndose subsidencias, en los años 2012 y 2013 no se tiene constancia de la aparición de ninguna, y sí han vuelto a producirse en el año 2014. Con los datos de los que se dispone, estos colapsos sólo han podido asociarse al efecto estacional de las oscilaciones del nivel piezométrico.

Podría considerarse que la puesta en funcionamiento de los sondeos de extracción de agua subterránea sienta las bases del desencadenamiento de los episodios de subsidencia por colapso, ya que aumenta el número de conductos verticales susceptibles de colapsar y se inician los procesos de erosión regresiva en dichos conductos, es decir, tiene lugar un proceso de “erosión hacia arriba” que puede dar lugar a la aparición de los “soplaos”. Por otra parte, la puesta en producción de los sondeos de explotación de agua

subterránea conlleva el establecimiento de un cono de bombeo, es decir, un área de afección del nivel piezométrico, en la que se ponen en marcha mecanismos que debilitan el equilibrio en los conductos verticales no colmatados. Los periodos siguientes al inicio de los bombeos son considerados más propicios para el desencadenamiento de los hundimientos debido a que tiene lugar un descenso rápido del nivel piezométrico. Este descenso brusco condiciona la puesta en marcha de dos mecanismos: el agua que satura los poros de los materiales que han quedado situados en la franja de terreno por encima del nivel dinámico se moviliza en sentido descendente, induciendo desagregación y arrastre de los rellenos de los conductos y además, se produce una pérdida de empuje hidrostático y por tanto, el peso de la columna saturada se transmite hacia la base del relleno, aumentando la presión en la misma. La suma de ambos constituye un condicionante para que se inicien desprendimientos que cuando superan el punto de inestabilidad dan lugar a hundimientos.

Por otra parte el efecto del bombeo continuo produce un descenso prolongado del nivel estático, con la consiguiente desaturación del terreno comprendido entre el nivel estático y el nivel dinámico. Cuando se alcanza el equilibrio el terreno permanece estable, sin embargo, las lluvias intensas o las tormentas provocan una recarga rápida del acuífero, que ponen en marcha los mismos mecanismos de desagregación y arrastre descritos en el párrafo anterior, lo que puede conllevar el “lavado” de los rellenos de los conductos provocando desestabilizaciones en el terreno.

4.- RED DE CONTROL PIEZOMÉTRICO

Para el estudio de la evolución temporal y cuantificación de las oscilaciones de la superficie piezométrica del acuífero se ha establecido una *red de control piezométrico*. En primera instancia, se componía, de ocho sondeos (tabla 4.1): cinco de investigación hidrogeológica, denominados *Tubería-2*, *Ermita del Carmen (S.E.C.)*, *Casa de las grietas (S.C.G.)*, *Polideportivo (S.P.)* y *Formación Profesional (S.F.P.)* y tres de investigación geotécnica, conocidos como *Carpintería (S.C.)*, *S-1* o *Javier Ruiz-1* y *S-5* o *Javier Ruiz-2*, si bien en enero de 2008 el sondeo S-1 tuvo que dejar de utilizarse por atasco de la sonda y en octubre de 2010 se abandonó el sondeo S.C debido a un colapso.

Posteriormente, se propuso una ampliación de esta red con la incorporación de dos sondeos piezométricos cuya ubicación había sido seleccionada por los técnicos del IGME, pero distintas circunstancias han impedido que esta obra se haya llevado a cabo.

Tabla 4.1. Red de control piezométrico

Red piezométrica	Coordenadas UTM (ED50)		Cota (m s.n.)
	X	Y	
El Carmen	430.170	4.806.690	13,0
Tubería-2	430.410	4.807.330	3,7
CSG	430.500	4.806.860	7,1
Polideportivo	428.449	4.806.152	26,5
SFP	430.670	4.807.310	4,0
Carpintería	428.987	4.806.123	16,2
S-1	428.987	4.806.091	14,7
S-5	428.992	4.806.090	14,8

5.- ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL PERIODO 2013-2014

La toma de datos de la red de control piezométrico corre a cargo de un auxiliar técnico de la CHC en Cantabria. La frecuencia de esta toma de datos es de una medida semanal, y los valores correspondientes a estas medidas se incluyen, dentro de las tablas de datos adjuntas, en la de *Piezometría*. En la tabla 5.1 se incluyen los valores máximos y mínimos del nivel piezométrico en los distintos piezómetros controlados, así como la diferencia de dicho nivel en cada uno de ellos.

Tabla 5.1. Red de control piezométrico

Piezómetro	NP max. (m s.n.m.)	Fecha	NP min. (m s.n.m.)	Fecha	Δ (m)
<i>Tubería-2</i>	3,64	28/01/2014	2,90	29/10/2013	0,74
<i>Ermita del Carmen</i>	6,46	28/01/2014	2,70	26/08/2014	3,76
<i>Casa de las grietas</i>	4,52	28/01/2014	1,52	29/10/2013	3,0
<i>Formación Profesional</i>	2,40	01/04/2014	0,74	27/08/2013	1,66
<i>Polideportivo</i>	18,81	04/02/2014	8,32	26/08/2014	10,49
<i>S-5</i>	14,38	04/02/2014	6,36	26/08/2014	8,02

En este informe ya no se incluyen los datos correspondientes a los caudales bombeados en los pozos de abastecimiento municipal *Formación Profesional*, *Ermita del Carmen* y *San Miguel*, puesto que ya no se realizan operaciones de bombeo.

Los datos de pluviometría utilizados han sido facilitados a la CHC desde la Agencia Estatal de Meteorología. Corresponden, como en ocasiones anteriores, a la estación *113C El Tojo-Revilla* por considerarla como la más representativa, dada la proximidad de esta estación al área donde se sitúan los sondeos de abastecimiento y los piezómetros analizados.

Con todos estos datos se elaboraron los gráficos que se comentan a continuación, en los que se hace una correlación entre la pluviometría registrada y los datos de nivel piezométrico en cada punto de observación. Teniendo en cuenta que, como ya se mencionó anteriormente, desde marzo de 2010 no se realizan labores de bombeo en los pozos *Ermita del Carmen* y *San Miguel*.

En cada gráfico se ha posicionado en el tiempo (aproximadamente) la aparición de los soplaos que se han producido durante el año 2014, con el fin de observar algún tipo de relación con las dos variables representadas. En el mapa 5.1 se han representado la situación aproximada de los soplaos recopilados hasta la fecha, destacando únicamente los producidos en el periodo 01/03/2013 a 30/08/2014.

En el gráfico 5.1. se observa la evolución de los niveles de los piezómetros *Tubería-2*, *Ermita del Carmen*, *Casa de las grietas* y *Formación Profesional* en relación con la pluviometría ocurrida durante el periodo de estudio. Todos ellos están situados en Revilla de Camargo y presentan cotas de los niveles piezométricos comprendidas en el rango de 0,74 m s.n.m. (sondeo F.P.) y 6,46 m s.n.m. (sondeo E.C). Las variaciones del nivel piezométrico están relacionadas con las variaciones en el régimen pluviométrico. El comportamiento entre el S.F.P. y *Tubería-2* es similar, con una respuesta rápida y poco

acusada. Mientras que en los sondeos E.C. y C.G., la respuesta es igualmente rápida, pero con una mayor amplitud del rango de variación. Todos los soplaos ocurridos en este sector tuvieron lugar en la proximidad del sondeo Ermita del Carmen. El primero de ellos apareció después de unos tres meses de precipitaciones y tras varios eventos continuados de grandes lluvias. Y los siguientes se produjeron en el mes de agosto, después de un descenso progresivo en el nivel piezométrico.

En el gráfico nº 5.2 se refleja el comportamiento de las curvas de evolución de los piezómetros *Polideportivo* y *S-5*, ambos situados en el núcleo de Camargo. Las evoluciones piezométricas son similares, con oscilaciones dentro del rango de 6,36 m s.n.m. (*S-5*) y 18,81 m s.n.m. (*S.P.*). Los tres soplaos de los que se tiene constancia en este sector aparecieron en los tres primeros meses del año coincidiendo con el inicio del periodo de recarga producido tras la época de aguas bajas.

Una vez analizados estos gráficos, se hacen las siguientes consideraciones:

- se pone de manifiesto que en todos los puntos de observación se producen oscilaciones en el nivel piezométrico de diferente rango en función de su ubicación y características litológicas. Estas variaciones se corresponden con el régimen estacional de recarga-descarga del acuífero, con máximos asociados a los periodos de lluvia intensa y mínimos relacionados con el periodo de estiaje o de ausencia de lluvias. La rápida respuesta del acuífero de Camargo a las precipitaciones es acorde con su naturaleza de acuífero kárstico.
- las oscilaciones piezométricas presentan mayor amplitud en el sector de Camargo (10,49 m de amplitud total, medida en el piezómetro *Polideportivo*) que en el sector de Revilla (3,76 m de amplitud total, medida en el piezómetro *Ermita del Carmen*), teniendo en cuenta que en ningún caso existen afecciones procedentes de extracciones, ello podría deberse a la mayor o menor proximidad a la zona de descarga del acuífero y la interferencia con la acción mareal. De hecho, los piezómetros *Formación Profesional* y *Tubería-2*, que son los más próximos al mar, son los que sufren menores oscilaciones en sus niveles (1,66 y 0,74 respectivamente).
- En cuanto a la aparición de los soplaos analizados para este periodo de estudio, parecen asociarse a momentos posteriores a los de mayor oscilación piezométrica en ambos sentidos. Esto se corresponde con lo expresado en el capítulo 3, ya que es en estas ocasiones cuando se ponen en marcha mecanismos de desagregación y arrastre que provocan la desestabilización del terreno.

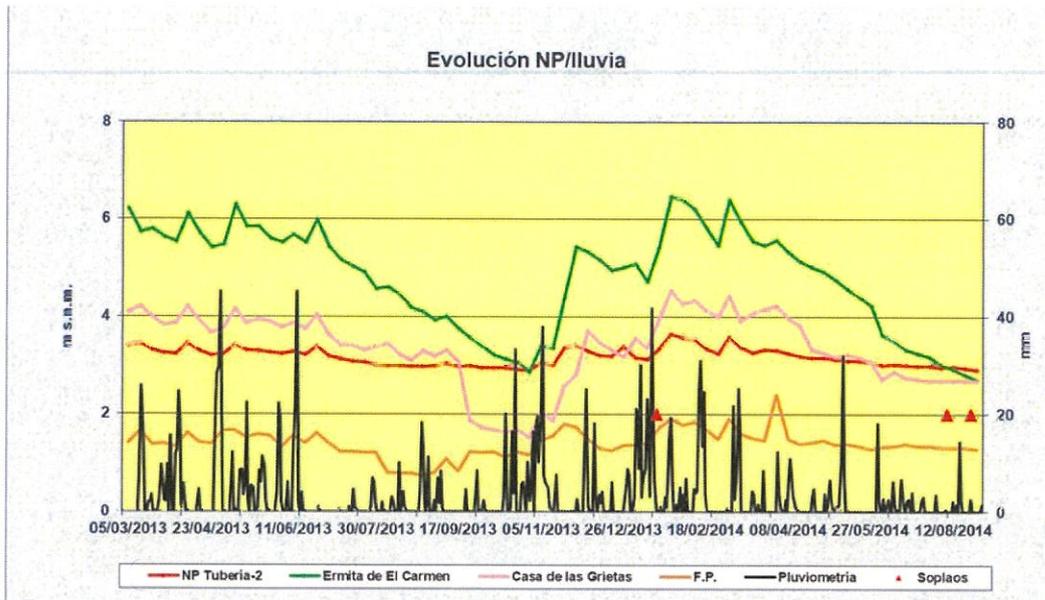


Gráfico n° 5. 1.- Evolución del nivel piezométrico en los piezómetros Tubería-2, Ermita del Carmen, Formación Profesional y Casa de las grietas en relación con la pluviometría. Además, se refleja la aparición de soplao

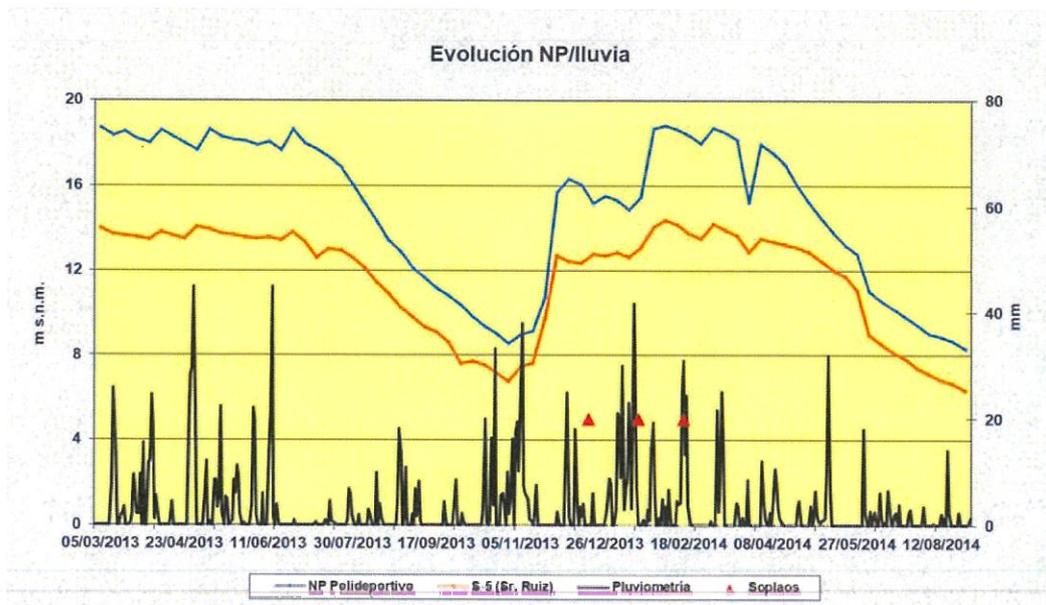


Gráfico n° 5. 2.- Evolución del nivel piezométrico en los piezómetros Polideportivo y S-5 en relación con la pluviometría. Además, se refleja la aparición de soplao

6.- CONSIDERACIONES FINALES GENERALES

Con el fin de conseguir un conocimiento más preciso y exhaustivo del problema de las subsidencias en el área de Camargo se considera oportuno incluir una serie de consideraciones y recomendaciones que podrían contribuir a una mejor interpretación de los procesos y mecanismos relacionados con la producción de colapsos, y así poder abordar el problema de la mejor forma posible:

1. Está sobradamente documentado que el proceso de generación de subsidencias es característico de acuíferos kársticos como el caso que aquí se presenta. Si bien hay que indicar, que dentro del carácter natural del mismo, existen factores externos que incrementan su generación, como son las oscilaciones piezométricas y los episodios de precipitación analizados hasta ahora. Pero se considera que podrían analizarse otros factores (litología, proximidad a masas de agua superficial, obras civiles, etc...) con el fin de establecer su posible influencia.
2. Se considera importante disponer de un inventario exhaustivo y fiable de todos los soplaos aparecidos que pudiera ser actualizado periódicamente. Es imprescindible registrar su cronología y su localización exacta, para poder establecer si existe algún tipo de relación entre su formación y alguno de los factores externos que se pretenden estudiar.
3. El uso de las fotografías tomadas por los vuelos Lidar que pueden ser proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional, y que permiten la observación de la superficie del terreno a gran resolución, podrían servir para la identificación y cartografía detallada de las subsidencias.
4. Se propone, además, la elaboración de un modelo que permita simular diferentes escenarios de bombeo y descensos de nivel piezométrico y su evolución respecto al régimen de precipitaciones. De esta forma, se podría estudiar el riesgo de aparición de hundimientos en relación con las oscilaciones del nivel piezométrico y se podrían plantear las posibles pautas de explotación de aguas subterráneas. Para la confección de este modelo se tendrá en cuenta la serie histórica de datos de piezometría y pluviometría tomados desde el inicio del estudio en el año 2006, así como los caudales de bombeo y los soplaos registrados.
5. Además se considera interesante evaluar la posible utilidad de técnicas de teledetección como la interferometría de radar que pueden ayudar a localizar zonas sometidas a una subsidencia gradual, así como a cuantificar velocidades de deformación.

Oviedo, octubre de 2014

La autora del informe

Fdo. Mónica Meléndez Ascensio

