



Región de Murcia
Consejería de Empleo, Universidades,
Empresa y Medio Ambiente
Dirección General de Medio Natural



UNIÓN EUROPEA

**ASESORAMIENTO HIDROGEOLÓGICO SOBRE EL
ACUÍFERO DEL CAMPO DE CARTAGENA EN CONTACTO CON EL MAR MENOR**
(Expediente CARM: N-75/17)

Informe de asesoramiento para la puesta en marcha de la investigación y seguimiento hidrogeológico de las actuaciones en marcha durante 2018.

Informe elaborado por



Noviembre 2018

1. ANTECEDENTES

El Mar Menor es una de las principales lagunas litorales de Europa y, desde el punto de vista ambiental, constituye uno de los ecosistemas más relevantes del Mediterráneo, además de tener una enorme importancia estratégica y económica.

Durante el verano de 2015 se produjo un incremento brusco del deterioro de la calidad de sus aguas que condujo a un grave proceso de eutrofización, con una creciente dimensión social y fuerte repercusión mediática en la primavera de 2016. A partir de ese momento se pusieron en marcha una serie de actuaciones tendentes a revertir la situación. Entre las actuaciones efectuadas cabe señalar la puesta en marcha, en septiembre de 2016, del Comité Científico-Técnico del Mar Menor con el objetivo de asesorar a la Comunidad Autónoma de Murcia en la selección y ejecución de acciones dirigidas a la mejora del estado ecológico del Mar Menor, así como el impulso del conocimiento científico y la investigación aplicada en relación con problemas ambientales de la laguna.

Uno de los aspectos claves a establecer es el origen de las entradas de nutrientes (fundamentalmente nitrógeno y fósforo), y las vías de incorporación a la laguna. Los planteamientos iniciales de la CARM se centraban inicialmente en la hidrología superficial, sin embargo, en diferentes reuniones mantenidas se ha puesto de manifiesto que el papel de las aguas subterráneas, altamente contaminadas por nitratos, puede ser muy relevante en cuanto a las aportaciones al Mar Menor, con flujos de entrada muy superiores a las entradas superficiales fundamentalmente generadas en eventos de precipitaciones de cierta intensidad. Algunas publicaciones científicas recientes indican que la descarga del acuífero al Mar Menor puede ser un orden de magnitud mayor que la cifra oficial recogida en el Plan Hidrológico, de tal manera que existen incertidumbres importantes que deben resolverse.

El Instituto Geológico y Minero de España ha sido, sin lugar a dudas, el principal organismo que ha tratado de hacer entender al Comité Científico, y a las administraciones y a la sociedad en general, cómo funciona el acuífero y cómo se establece la relación hidráulica con el Mar Menor. Desde las primeras reuniones dentro del Comité científico y en grupos específicos relacionados con el mismo se explicaron, entre septiembre de 2016 y febrero de 2017, los mecanismos conceptuales del flujo subterráneo y la problemática existente.

En abril de 2017 se aprobó en presente contrato menor, encargado al Instituto Geológico y Minero de España, cuyo objeto es establecer un programa de trabajo que contendrá las actividades y labores necesarias para mejorar el conocimiento de la masa de agua subterránea Campo de Cartagena en la zona litoral y para evaluar los diferentes aspectos hidrogeológicos que rigen la conexión hídrica entre el acuífero y el humedal, con objeto de valorar y cuantificar la descarga subterránea al Mar Menor.

El 9 de noviembre de 2017 se acuerda entre el Director de los trabajos y el IGME, la suspensión de los trabajos debido a que “aún no se habían iniciado las obras necesarias para mejorar el conocimiento de la masa de agua subterránea Campo de Cartagena en la zona litoral y para evaluar los parámetros hidrogeológicos que rigen la interconexión hídrica entre el acuífero y el humedal, con objeto de valorar y cuantificar la descarga subterránea al Mar Menor. El seguimiento de dichas obras está incluido en los trabajos de “Asesoramiento hidrogeológico sobre el acuífero del Campo de Cartagena en contacto con el Mar Menor”.

En 21 de febrero de 2018 se acuerda el reinicio de los trabajos, de los cuales se da cuenta en el presente informe.

2. CONTENIDO DEL INFORME

Las tareas previstas en el contrato de asesoramiento son las siguientes:

- 1) Definición y valoración económica de un programa de trabajo que contendrá las actividades y labores a llevar a cabo por la Consejería para mejorar el conocimiento de la masa de agua subterránea Campo de Cartagena en la zona litoral y para evaluar los parámetros hidrogeológicos que rigen la interconexión hídrica entre el acuífero y el humedal, con objeto de valorar y cuantificar la descarga subterránea al Mar Menor. Dada la urgencia de las actuaciones, esta tarea se tratará de llevar a cabo en el plazo de 1 mes desde la firma del contrato.
- 2) Asesoramiento técnico-científico a la Consejería, a través de la Oficina de Impulso Socioeconómico del Medio Ambiente (OISMA), sobre los aspectos hidrogeológicos del

entorno del Mar Menor. Incluye reuniones y asesoramiento para la puesta en marcha de la investigación hidrogeológica.

3) Seguimiento de las actuaciones ejecutadas por la empresa o empresas contratadas por la Consejería para la realización de los trabajos contemplados en el programa antes mencionado.

El presente informe justifica la ejecución de las tareas 2 y 3, si bien la tarea 3 ha sido ligeramente replanteada para informar adecuadamente de las actuaciones contempladas en el programa de trabajos que finalmente está siendo llevadas a cabo por la Confederación Hidrográfica del Segura.

En el ANEXO 1 se incluyen las siguientes notas técnicas que han sido elaboradas durante el desarrollo de este asesoramiento:

- “Asesoramiento sobre niveles piezométricos en el sector de Arco Sur”. Nota técnica de fecha 13/04/2018
- “Mapas orientativos de cotas piezométricas e isopropundidades del agua subterránea en el acuífero Cuaternario del Campo de Cartagena (sector al Este de canal TTS), en Enero de 2017, Enero de 2018 y año 1961”. Nota técnica de fecha 23/04/2018
- “Presentación sobre “HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: Funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor” realizada en Jornada CAS 11/05/2018”. Nota técnica de fecha 23/05/2018

En el primer informe se adjuntaba la última versión de los trabajos hidrogeológicos a efectuar mediante encomienda a la empresa TRAGSA, y en cuya definición ha participado el IGME (versión 11 de julio de 2017).

Dado que finalmente, el Ministerio de Transición Ecológica (anterior Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente), a través de la Confederación Hidrográfica del Segura (Dirección General del Agua) ha asumido la práctica totalidad de los trabajos contenidos en el citado documento, también mediante encargo a empresa del grupo TRAGSA, se adjunta el ANEXO 2, el pliego de trabajos que está siendo llevado a cabo, y de cuyo estado de avance se hacen algunos comentarios.

3. ESTADO DE AVANCE DE LA INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN EL ÁMBITO DE ESTUDIO

La Confederación Hidrográfica del Segura, a través de la empresa TRAGSA, y con el asesoramiento del IGME está llevando a cabo el estudio “CUANTIFICACIÓN, CONTROL DE LA CALIDAD Y SEGUIMIENTO PIEZOMÉTRICO DE LA DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO CUATERNARIO DEL CAMPO DE CARTAGENA AL MAR MENOR”.

Si entrar en mayores detalles que corresponden que sean dados, en su caso, por la Dirección del citado estudio, se comentan a continuación algunos aspectos generales respecto a la ejecución de los trabajos.

El estudio se inició a finales de 2017 con una duración de 14 meses y una fecha de finalización inicialmente prevista el 31 de enero de 2019, que ha sido prorrogada hasta junio de 2019.

Se ha realizado las tareas de recopilación de información existente que incluyen la bibliografía e inventario de puntos de agua. Los ensayos de bombeo están pendientes de ejecución una vez se efectúen los sondeos.

La prospección geofísica ha sido llevada a cabo en su mayor parte, si bien quedan algunos perfiles pendientes y la revisión de los resultados provisionales una vez se tengan los datos de sondeos mecánicos.

El estudio contempla la “ejecución y equipamiento de nuevos sondeos para completar la red de control periódico de la piezometría y la calidad del agua subterránea”. Se trata de una obra compleja que requiere tareas previas de adquisición de terrenos. Aún no se han llevado a cabo ningún sondeo y se está pendiente de tener las autorizaciones de los terrenos, entre otras dificultades. Es previsible que algunos sondeos se inicien antes de final de 2018.

Se ha establecido la red de control periódico permanente de la piezometría y calidad de las aguas subterráneas, y se han llevado a cabo diferentes campañas. El IGME, por su parte ha

realizado campañas adicionales que se incorporarán al Estudio, así como los datos de las sondas de registro continuo.

En julio de 2018 se llevaron a cabo campañas de medidas de gas radón que están siendo interpretadas. En ellas participaron investigadores de la Universidad de Barcelona, y de la Polytechnique de Montreal.

Existen otras tareas aún pendientes de inicio, pero la valoración general del avance del proyecto es bastante favorable teniendo en cuenta la complejidad que conlleva. Debe tenerse en cuenta que en el ámbito de los estudios de índole hidrogeológica se requieren infraestructuras de observación a veces costosas, y tiempos de observación relativamente largos (al menos varios años hidrológicos), puesto que los cambios en el sistema son lentos y deben visualizarse las tendencias.

José Luis García Aróstegui

Científico Titular del Instituto Geológico y Minero de España

Autor del informe



Región de Murcia
Consejería de Empleo, Universidades,
Empresa y Medio Ambiente
Dirección General de Medio Natural



UNIÓN EUROPEA

ANEXO 1.

NOTAS TÉCNICAS EMITIDAS POR EL IGME

Fecha: 13/Abr/2018

NOTA TÉCNICA

Asesoramiento sobre niveles piezométricos en el sector de Arco Sur

Proyecto: Contrato de “Asesoramiento hidrogeológico sobre el acuífero del Campo de Cartagena en contacto con el Mar Menor”

Elaborado por:

José Luis García Aróstegui (IGME-Murcia) j.arostegui@igme.es

1. INTRODUCCIÓN

La presente nota técnica se emite en el marco del contrato menor para el “Asesoramiento hidrogeológico sobre el acuífero del Campo de Cartagena en contacto con el Mar Menor” (Expediente 2017/028626), a realizar por parte del IGME a la CARM a través del OISMA. El contrato fue suspendido con fecha 9 de noviembre de 2017 y reiniciado con fecha 21 de febrero de 2018.

El pasado día 27 de marzo se asistió a una reunión de presentación, por parte del Dr. Félix Francés, del proyecto “Análisis de las afecciones de diferentes actuaciones en la zona sur del Mar Menor sobre las aportaciones a la laguna de sedimentos y nitrógeno”, realizado del IIAMA-UPV, por C. Puertes, I. Bautista, A. Lidón y F. Francés.

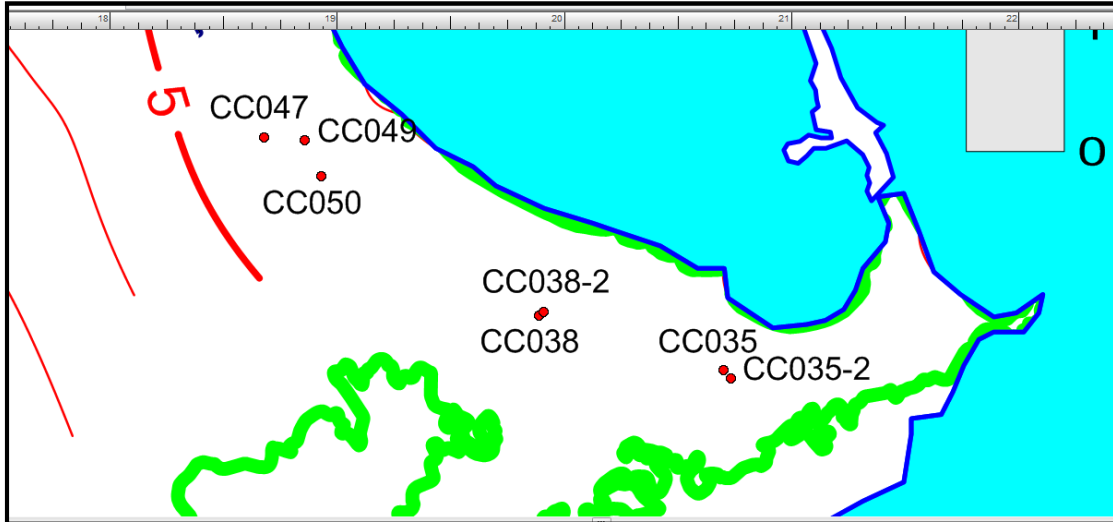
En conversación durante la presentación del proyecto, y posterior a la misma, se indicó que el IGME disponía de alguna información sobre niveles piezométricos en el sector estudiado, que podían servir para mejorar la calibración del modelo, especialmente en lo que concierne a la componente subterránea en episodios de excepcional precipitación.

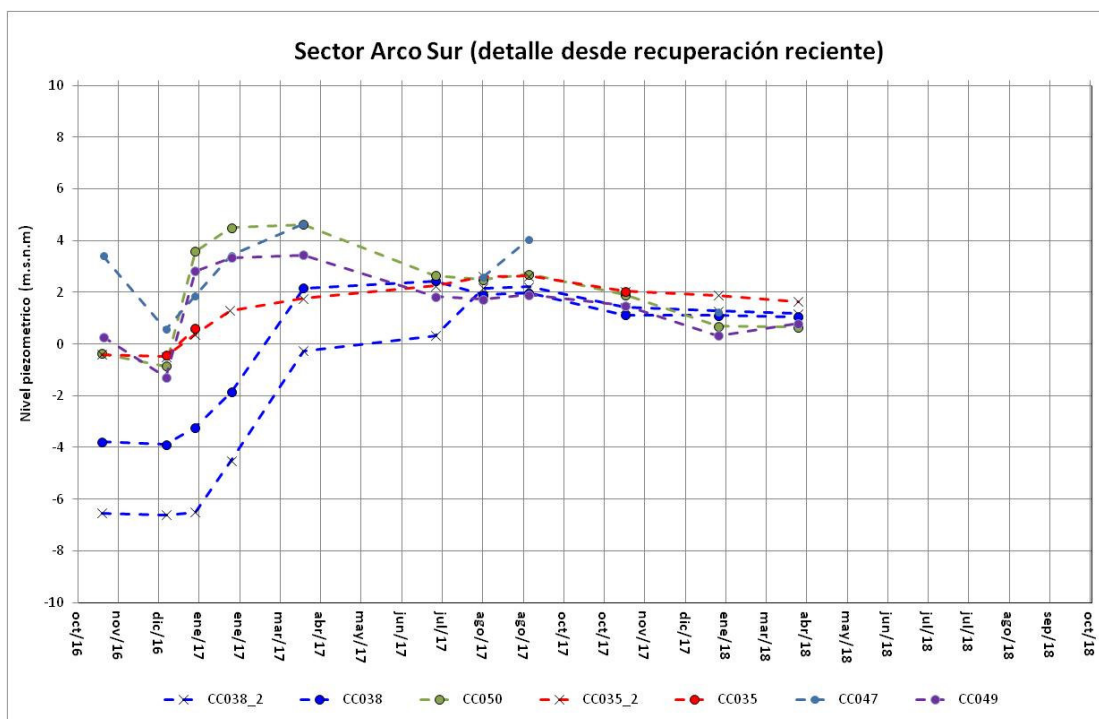
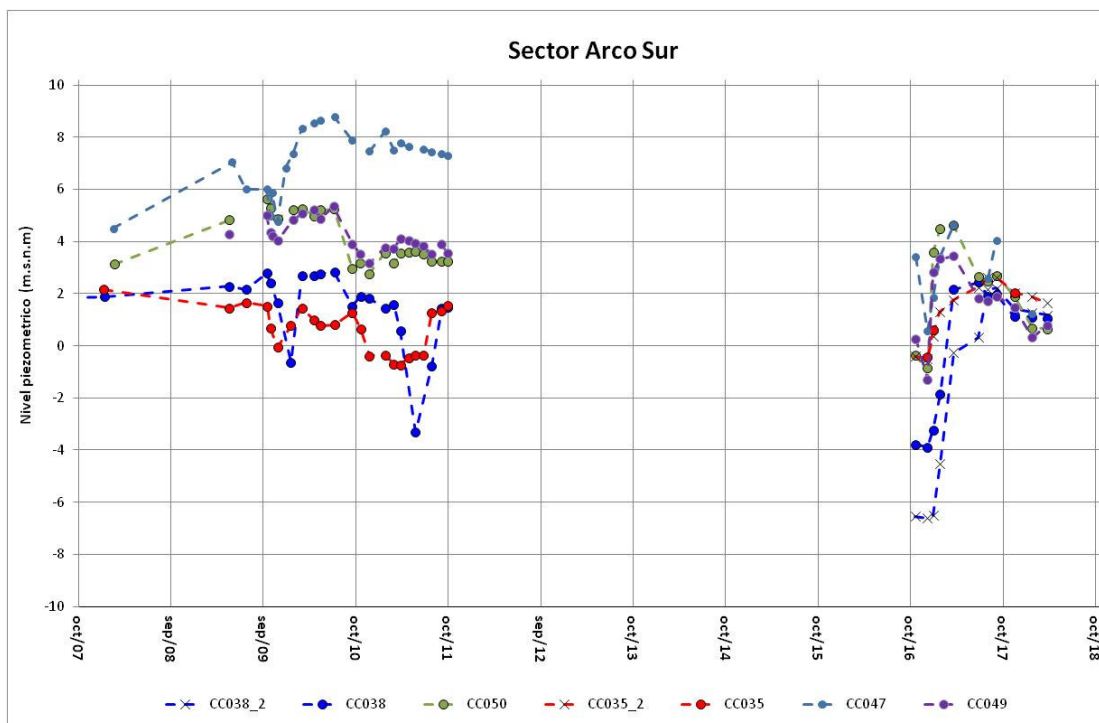
2. INFORMACIÓN PIEZOMÉTRICA DE LA ZONA

Se facilitan los datos piezométricos disponibles en fichero Excel que incluye los gráficos adjuntos.

Es relevante observar las cotas negativas existentes con anterioridad a las precipitaciones de diciembre de 2016. De ellas debe deducirse un probable proceso de intrusión marina en el acuífero. Tras el evento de diciembre de 2016, con retardo respecto a otras zonas del Campo de Cartagena, se produce una recuperación de niveles y extrusión.

El objetivo de esta nota es facilitar los datos adjuntos para su eventual toma en consideración.





Fecha: 23/Abr/2018

NOTA TÉCNICA

Mapa orientativos de cotas piezométricas e isopropundidades del agua subterránea en el acuífero Cuaternario del Campo de Cartagena (sector al Este de canal TTS), en Enero de 2017, Enero de 2018 y año 1961

Proyecto: Contrato de “Asesoramiento hidrogeológico sobre el acuífero del Campo de Cartagena en contacto con el Mar Menor”

Elaborado por:

José Luis García Aróstegui (IGME-Murcia) j.arostegui@igme.es

1. INTRODUCCIÓN

La presente nota técnica se emite en el marco del contrato menor para el “Asesoramiento hidrogeológico sobre el acuífero del Campo de Cartagena en contacto con el Mar Menor” (Expediente 2017/028626), que realiza el IGME a la CARM a través del OISMA. El contrato fue suspendido con fecha 9 de noviembre de 2017 y reiniciado con fecha 21 de febrero de 2018.

El pasado día 20 de abril se asistió a una reunión del comité científico y se mostró el Director General un mapa de isopropundidades del agua subterránea que tiene indudable interés para diferentes objetivos.

2. INFORMACIÓN FACILITADA Y COMENTARIOS PRELIMINARES

Se adjuntan mapas piezométricos y de isopropundidades del agua subterránea en Enero de 2017 y Enero de 2018. El objetivo de esta nota es facilitar los datos adjuntos para su eventual toma en consideración.

Con el empleo de SURFER se ha efectuado una interpolación de la topografía con MDT de 20x20 a coordenadas “redondeadas a la decena”. Se han interpolado las piezometrías de enero de 2017 y 2018 con malla de 20x20.

Se ha restado la superficie topográfica a ambas superficies piezométricas para obtener los mapas de isopropundidades del agua subterránea (equivalente a espesor de zona no saturada).

En la escala de isopropundidades se han destacado, en color azul, las zonas en las que los niveles quedan a muy poca profundidad del terreno (de 0 a 1 m, y de 0 a 2 m). Esta información es de alta relevancia para identificar zonas en las que los canales de drenaje existentes pudieran intersectar el nivel piezométrico y por tanto drenar el acuífero. Permite asimismo descartar zonas en las que la presencia de agua fuera de periodos de

precipitaciones pudiera ser achacable a drenaje del acuífero. A nivel general, debe reflexionarse sobre la vulnerabilidad del acuífero, teniendo tan cerca los niveles piezométricos.

A nivel general, se aprecian dos alineaciones situadas al norte y sur de la rambla del Albuñón en las que los niveles piezométricos se encuentran muy cerca de la superficie (menos de 2 m). Se trata, aproximadamente, de las zonas de; 1) al Este de Santa Rosalía, y 2) entre las ramblas de Miranda y El Albuñón. En tales zonas puede analizarse la posibilidad de captación y/o de creación de humedales artificiales.

La rambla del Albuñón sólo parece actuar como cauce ganador en el tramo de la desembocadura, y queda desconectado del acuífero en la mayor parte de su trazado.

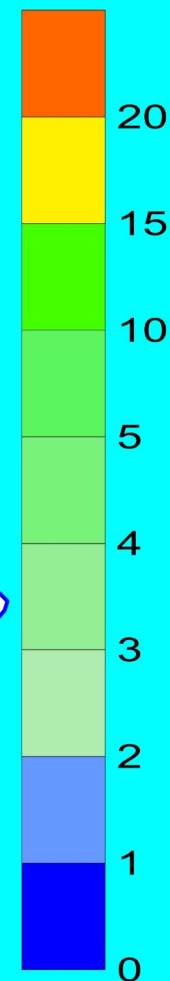
Se adjunta una visualización 3D de la superficie piezométrica de Enero de 2018, muy similar a la que puede observarse en la fecha de emisión de la presente nota.

Se adjunta la evolución piezométrica de la red de control oficial, depurada, y consideraciones sobre la misma. En particular, refleja problemas de intrusión marina (cotas negativas) en la década de los 70, fuerte incremento de la recarga durante los años 80, efecto de la sequía de 93-95. En los últimos 10 años se aprecian claras tendencias descendentes de niveles. Los efectos recientes de los eventos de precipitación de Sep-Oct-2009 y Dic-2016 también se observan en las evoluciones.

Se adjunta piezometría e isoprofundidades del agua en el año 1961 con datos procedentes de estudios realizados por el IGME.

PIEZOMETRIA (m snm) y puntos de apoyo

TTS

DESDE TERRENO (m)

*Mar
Menor*

Elaborado por García-Aróstegui 23/4/2018



MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



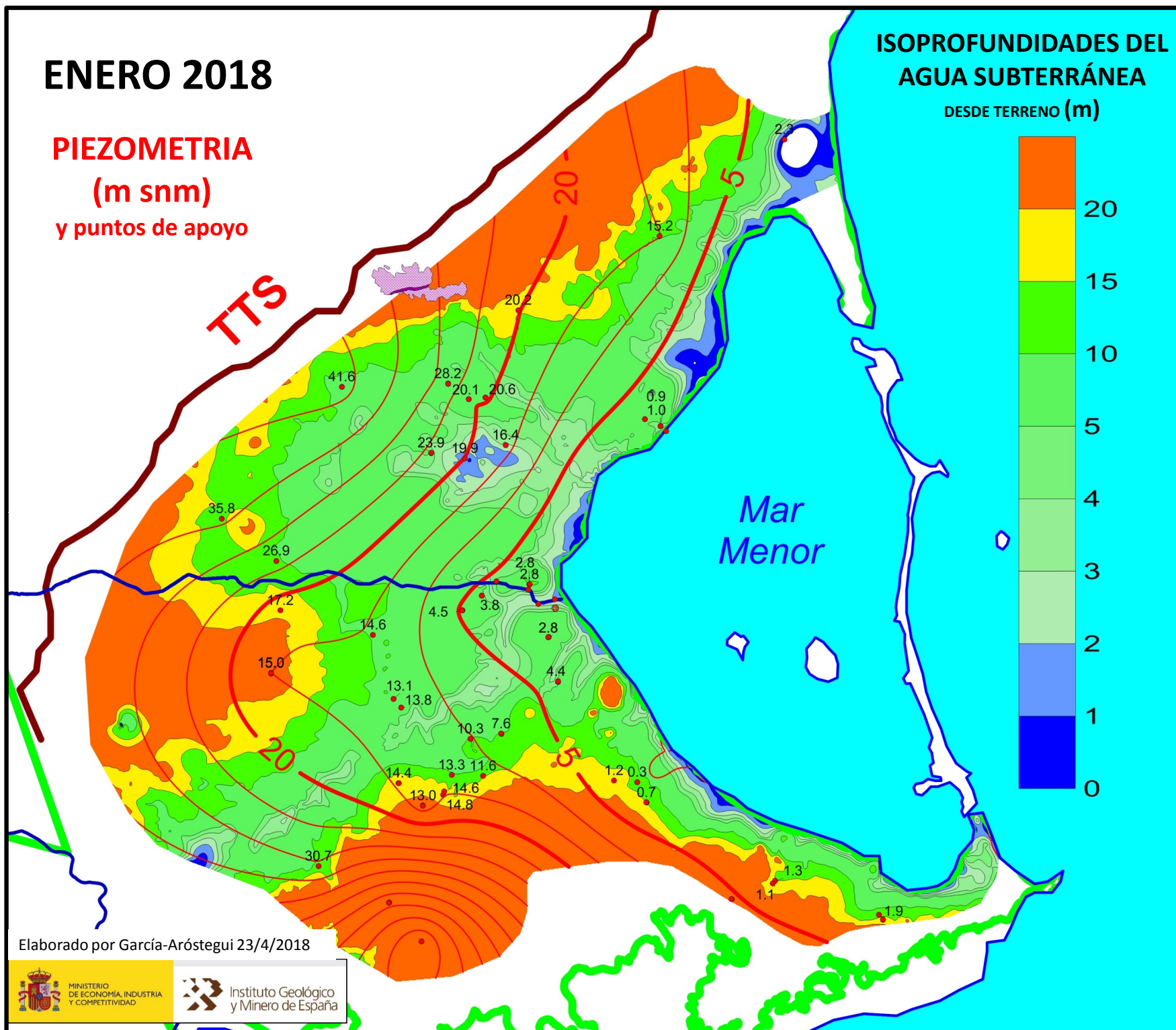
Instituto Geológico
y Minero de España

ENERO 2018

PIEZOMETRIA
(m snm)
y puntos de apoyo

ISOPROFUNDIDADES DEL
AGUA SUBTERRÁNEA

DESDE TERRENO (m)



Elaborado por García-Aróstegui 23/4/2018

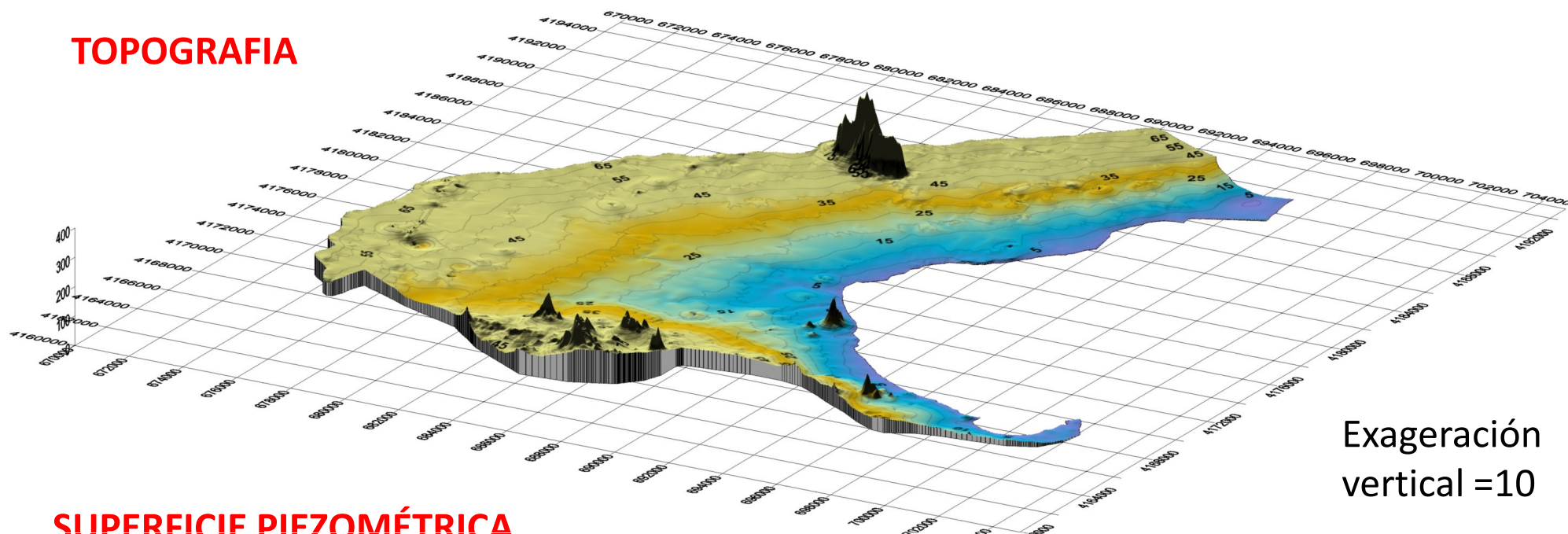


MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



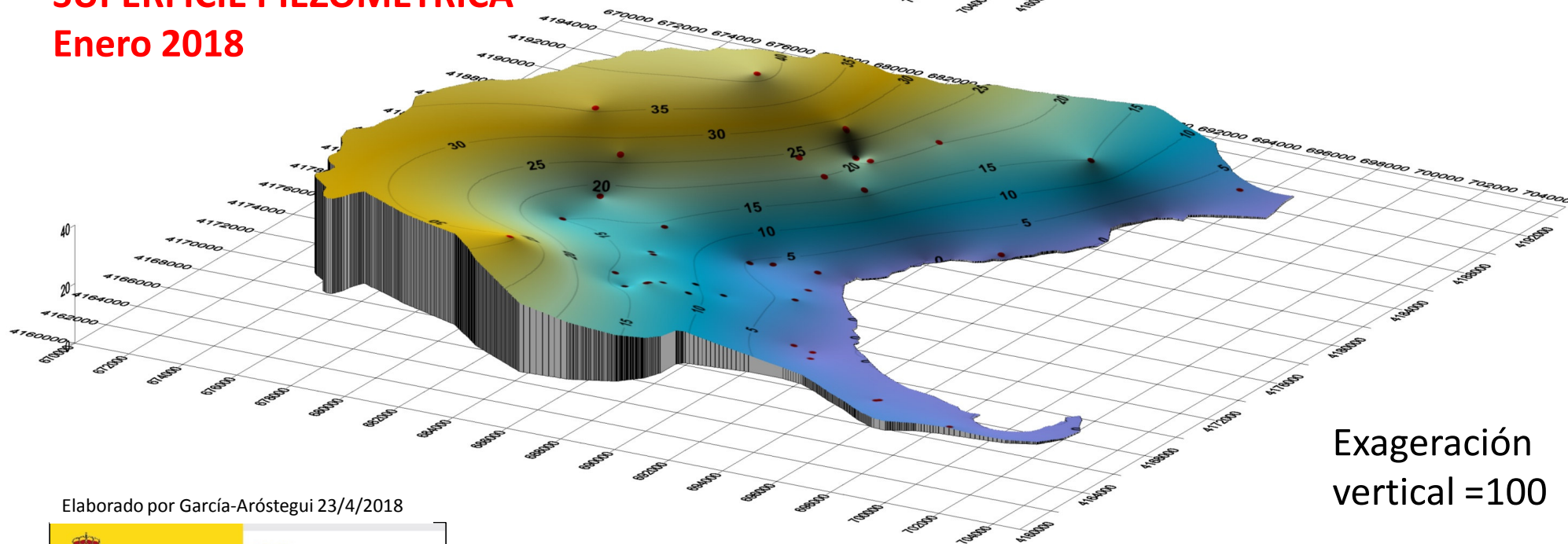
Instituto Geológico
y Minero de España

TOPOGRAFIA



Exageración
vertical =10

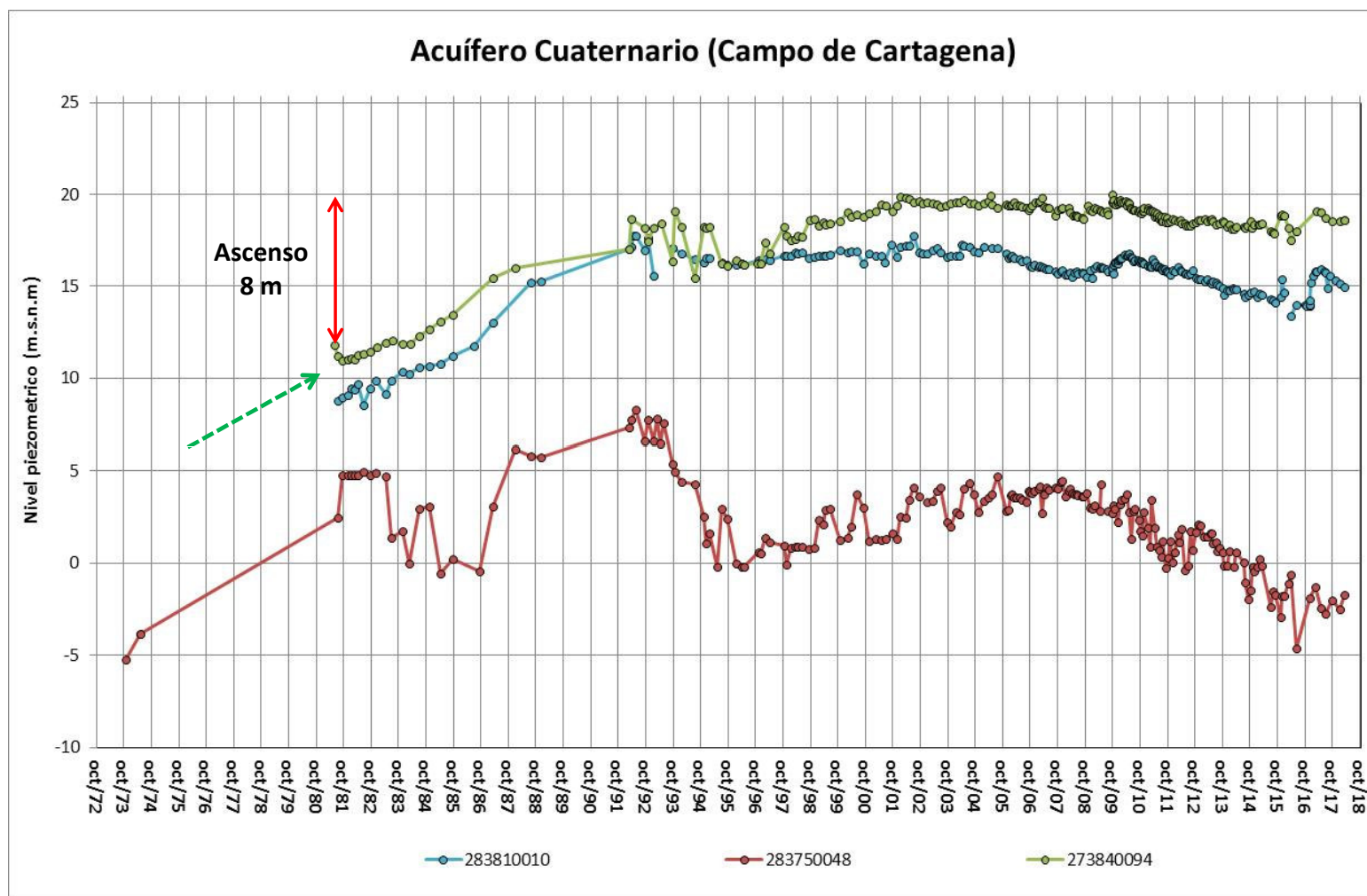
SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA Enero 2018



Exageración
vertical =100

Elaborado por García-Aróstegui 23/4/2018

Evolución temporal de niveles piezométricos desde 1973



Los Blases 278440094
(Torre Pacheco, Sta. Rosalía)

Venta del Pino 283810010
(San Javier)

La Carrasca 283750048
(Pilar de la Horadada)

Problemas de intrusión marina en la década de los 70

Fuerte incremento de la recarga durante los años 80.

Efecto de la sequía de 93-95.

Claras tendencias descendentes en los últimos 10 años

Efectos recientes de los eventos de precipitación de Sep-Oct-2009 y Dic-2016

Elaborado por García-Aróstegui 23/4/2018



MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD



Instituto Geológico
y Minero de España

AÑO 1961

**PIEZOMETRIA
(m snm)**

TTS

**ISOPROFUNDIDADES DEL
AGUA SUBTERRÁNEA**

DESDE TERRENO (m)

20

15

10

5

4

3

2

1

0

*Mar
Menor*

Elaborado por García-Aróstegui 23/4/2018

Fecha: 23/Mayo/2018

NOTA TÉCNICA

Presentación sobre “HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: Funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor” realizada en Jornada CAS 11/05/2018.

Proyecto: Contrato de “Asesoramiento hidrogeológico sobre el acuífero del Campo de Cartagena en contacto con el Mar Menor”

Elaborado por:

José Luis García Aróstegui (IGME-Murcia) j.arostegui@igme.es

1. INTRODUCCIÓN

La presente nota técnica se emite en el marco del contrato menor para el “Asesoramiento hidrogeológico sobre el acuífero del Campo de Cartagena en contacto con el Mar Menor” (Expediente 2017/028626), que realiza el IGME a la CARM a través del OISMA. El contrato fue suspendido con fecha 9 de noviembre de 2017 y reiniciado con fecha 21 de febrero de 2018.

El pasado día 11 de mayo se realizó una presentación en una Jornada organizada por la Cátedra del Agua y la Sostenibilidad de la Universidad de Murcia (Dra. Teresa Navarro Caballero), con la coordinación del Instituto Geológico y Minero de España (Dr. José Luis García Aróstegui), y el Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de la Región de Murcia (D. Andrés Antonio Martínez Bastida). El objeto de la presente nota es transferir dicha presentación por la utilidad que pudiera tener para los trabajos que desarrolla la CARM.

2. INFORMACIÓN FACILITADA

Se adjunta la presentación referida en formato PDF. Especialmente relevante pueden ser los mapas piezométricos y de isopropundidades, que pone de manifiesto la escasa profundidad a la que se encuentran las aguas subterráneas en algunas zonas, lo que implica una elevada vulnerabilidad.

Por otro lado, la evolución temporal de niveles piezométricos en puntos cercanos a la rambla del Albuñón parecen indicar que sólo actúa como cauce ganador en el tramo de la desembocadura, y queda desconectado del acuífero en la mayor parte de su trazado, y la mayor parte del tiempo. Esto puede tener implicaciones importantes respecto al origen del agua a captar para alimenta el filtro verde previsto en la desembocadura de la rambla del Albuñón.

Se adjunta piezometría e isopropundidades del agua en el año 1961 con datos procedentes de estudios realizados por el IGME. Muy relevante el proceso de extrusión marina de los años 80 que ha debido contribuir al efecto de dulcificación del agua de la laguna.

A nivel general se considera que los datos aportados son orientativos de lo que está ocurriendo respecto a la relación del acuífero con el Mar Menor. No obstante, la dinámica de la descarga subterránea en acuíferos costeros con humedales asociados es siempre muy compleja y exige una mayor densidad de información, buena parte de la cual se está abordando con el proyecto “CUANTIFICACIÓN, CONTROL DE LA CALIDAD Y SEGUIMIENTO PIEZOMÉTRICO DE LA DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO CUATERNARIO DEL CAMPO DE CARTAGENA AL MAR MENOR”, que ejecuta CHS. Una vez se disponga de los resultados de este proyecto se podrán mejorar la toma de decisiones. No obstante, sería muy recomendable iniciar nuevos proyectos hidrogeológicos a mayor escala (a escala de cuenca), especialmente para poder modelar el flujo subterráneo y transporte de contaminantes pero basado en redes adecuadas de control con mayor densidad espacial y temporal.




HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA:

Funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor

José Luis García Aróstegui
 Científico Titular del Instituto Geológico y Minero de España
j.arostegui@igme.es
 Profesor Asociado de Hidrología en la Universidad de Murcia. Dpto. Ecología e Hidrología
j.arostegui@um.es



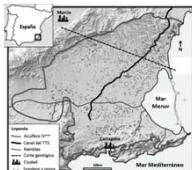
VII JORNADA AGUA Y SOSTENIBILIDAD
 “UNA MIRADA GLOBAL SOBRE EL MAR MENOR”
 Murcia, 11 de mayo de 2018



HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor



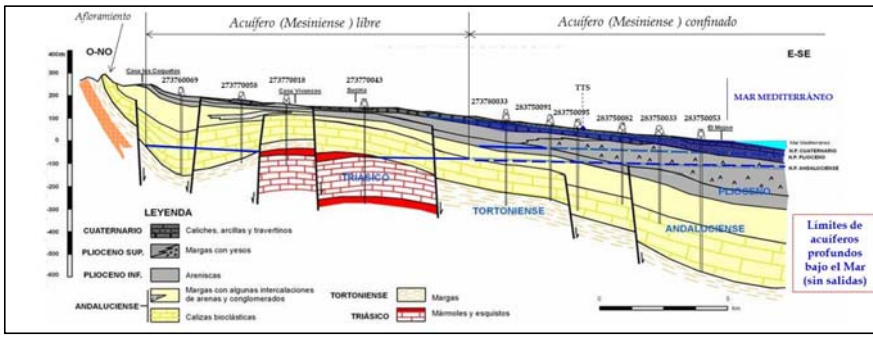
Acuíferos existentes en el Campo de Cartagena



Sistema multicapa (aunque no todos los acuíferos están presentes a lo largo de toda la extensión superficial del Campo de Cartagena), **constituido por:**

- Acuífero superficial libre de edad Cuaternario
- Tres acuíferos profundos fundamentalmente confinados (de edad Plioceno, Messiniense y Tortoniense).

Acuífero carbonatado Pérmico-Triásico (aflora en Cabezo Gordo)





HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor



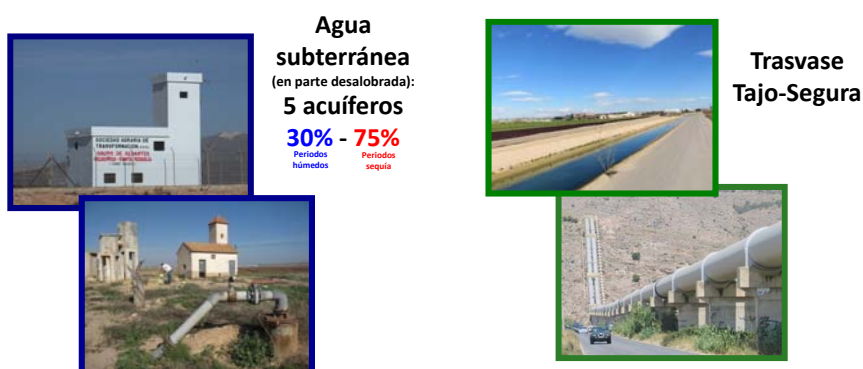
Materiales geológicos de los acuíferos profundos del Campo de Cartagena



HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor



Origen del agua de riego: mezcla en distinta proporción según disponibilidad



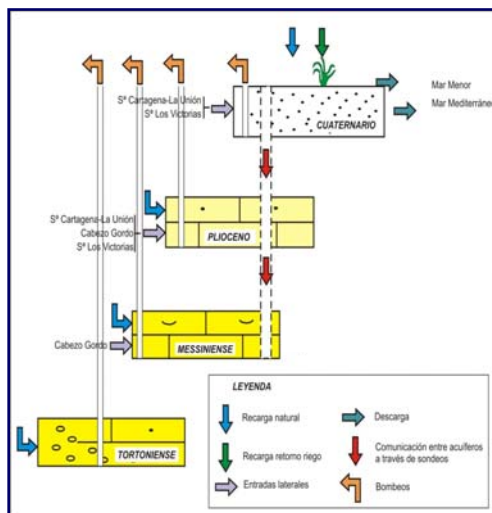
- + infradotación de cultivos (o sin cultivo en caso de hortícolas)
- + aguas residuales depuradas
- + agua de mar desalinizada (reciente)



HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor



Funcionamiento hidrogeológico y balance hídrico



Jiménez et al, 2009

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

Entradas (recarga):

- Principalmente por el acuífero Cuaternario (Infiltración de la lluvia útil y retorno de riegos)

Salidas (descarga):

- Bombeos
- Laterales al Mar Menor y Mar Mediterráneo
- Descarga a cauces

Comunicación entre acuíferos



HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor



BALANCES HÍDRICOS DISPONIBLES. INCERTIDUMBRES. Fuerte discrepancia en la descarga al Mar Menor

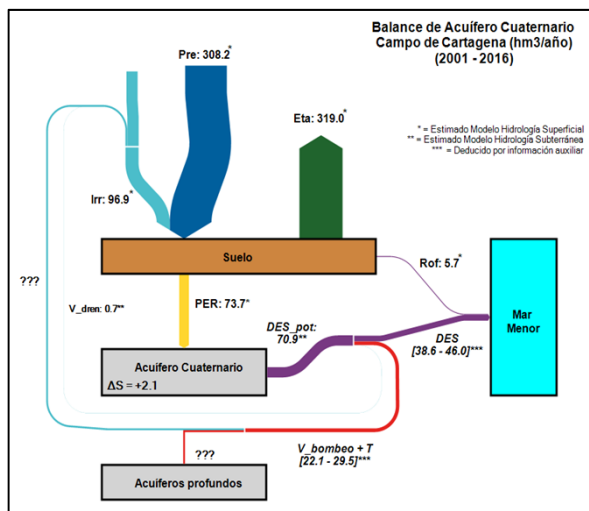
Conceptos		IGME 1991		PHCS 2015-2021	Jiménez et al (2016)	
		Cuaternario	Global (Cuaternario, Plioceno y Messiniense)	Global (Cuaternario, Plioceno y Messiniense)	Cuaternario	Global (Cuaternario, Plioceno, Messiniense y Triásico Victorias)
Entradas	Infiltración por lluvia útil	46	50	76,2	-	-
	Retornos procedentes de riego	23	0	18,2	-	-
	Total	69	50	94,4	112	112
Salidas	Bombeos	2	21	88,2	?	104
	Laterales al Mar (fundamentalmente Mar Menor)	5	5	6,19	68	68
	A otros acuíferos	38	1	-	46	0
	Pérdidas	-	-	-	2	2
	Total	45	27	94,4	116	174
Balance		24	24	0	-4	-62
Observaciones		El balance positivo se traduce en importantes ascensos del nivel piezométrico en el Cuaternario que provocan problemas de drenaje en la zona de S. Pedro del Pinatar-S. Javier.		Equilibrado. Las descargas al mar también incluyen descargas ambientales (1.19 hm ³ /año)	Equilibrado en valor medio	Sobreexplotación de acuífero Triásico-Victorias y determinadas partes del Messiniense. En periodos de sequía debe incrementarse el bombeo en el acuífero Cuaternario, ligado a desalobración
PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE DESCARGA		Sobre una piezometría del año 1988 con gradiente del 3 por mil, una transmisividad de 48 m ² /día y 29 km de frente costero		Acepta el valor de IGME (1991)	Distribución de la recarga (obtenida por modelo hidroológico) entre descarga al Mar Menor (60%) y transferencia a acuíferos inferiores (40%), según artículos previos	



HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor



“Cuantificación de la descarga subterránea al Mar Menor mediante modelización hidrogeológica del acuífero superficial Cuaternario” (Dic-2017)



Autores: Contreras, Alcolea,
Jiménez-Martínez, Hunink

FutureWater

HGM
HYDROGEO MODELS AG

eawag
equation research
ETH zürich

Financiado: Comunidad de Regantes
Arco Sur Mar Menor S.L.

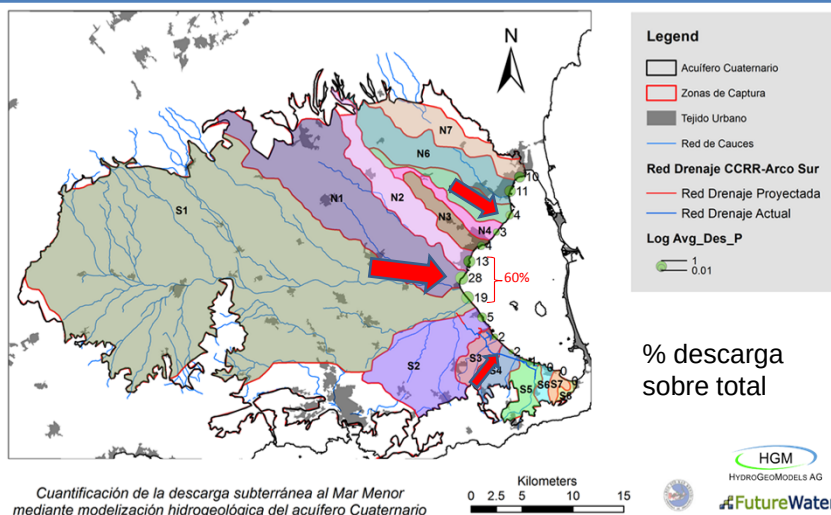


CAS
CÁTEDRA DEL AGUA
Y LA COSTUMBRA DEL AGUA

**HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de
los acuíferos y relación con el Mar Menor**

Instituto Geológico
y Minero de España

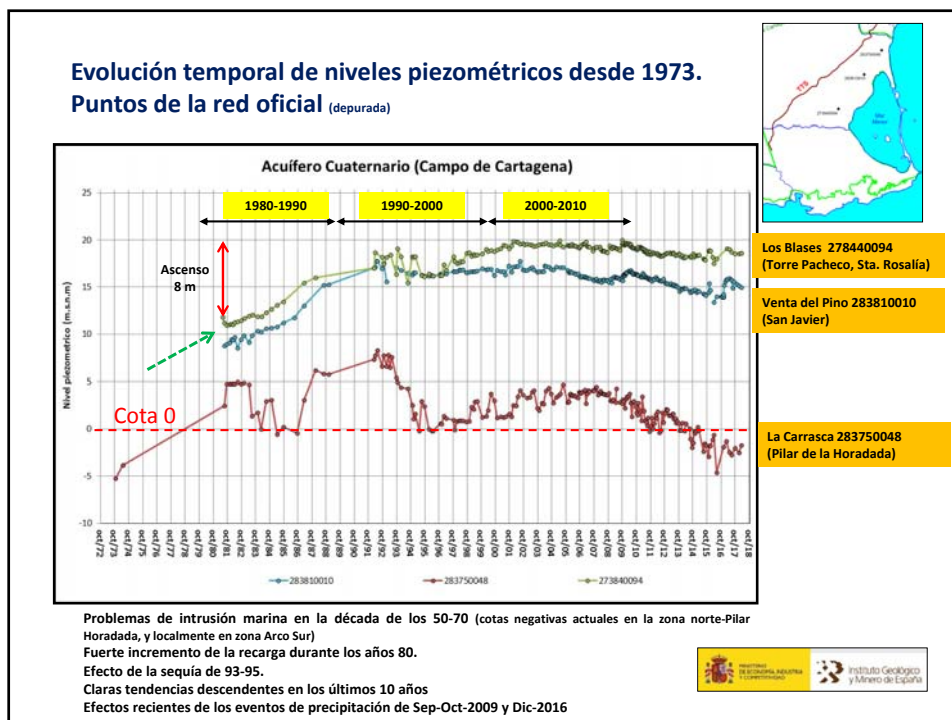
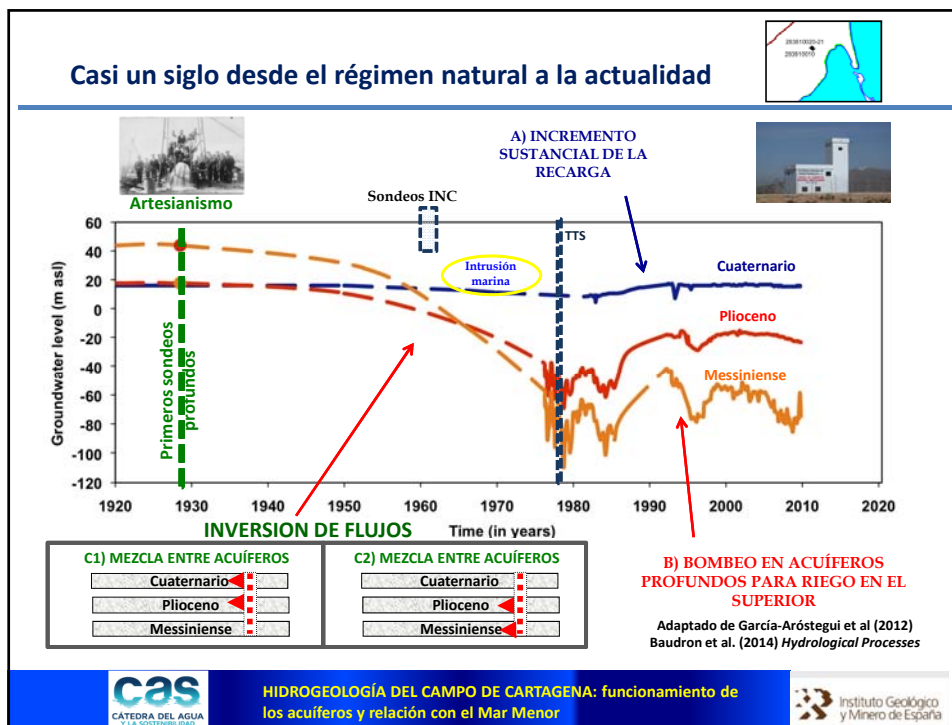
Zonas de captura y tramos de descarga al Mar Menor



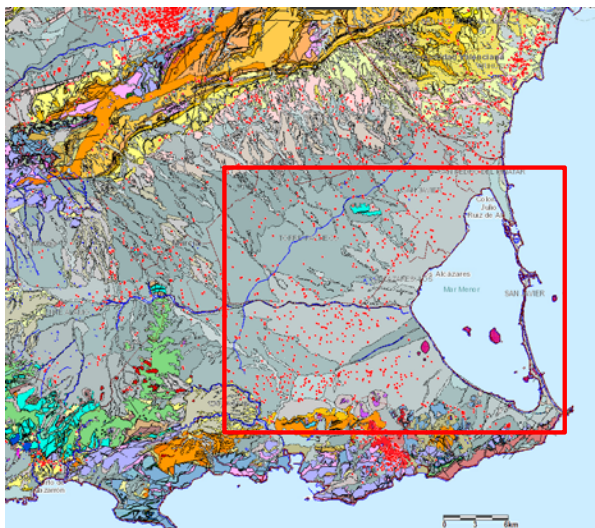
CAS
CÁTEDRA DEL AGUA
Y LA COSTUMBRA DEL AGUA

**HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de
los acuíferos y relación con el Mar Menor**

Instituto Geológico
y Minero de España



Mapa geológico. Los materiales Cuaternarios cubren casi todo el Campo de Cartagena pero con mayor desarrollo hacia el Mar Menor



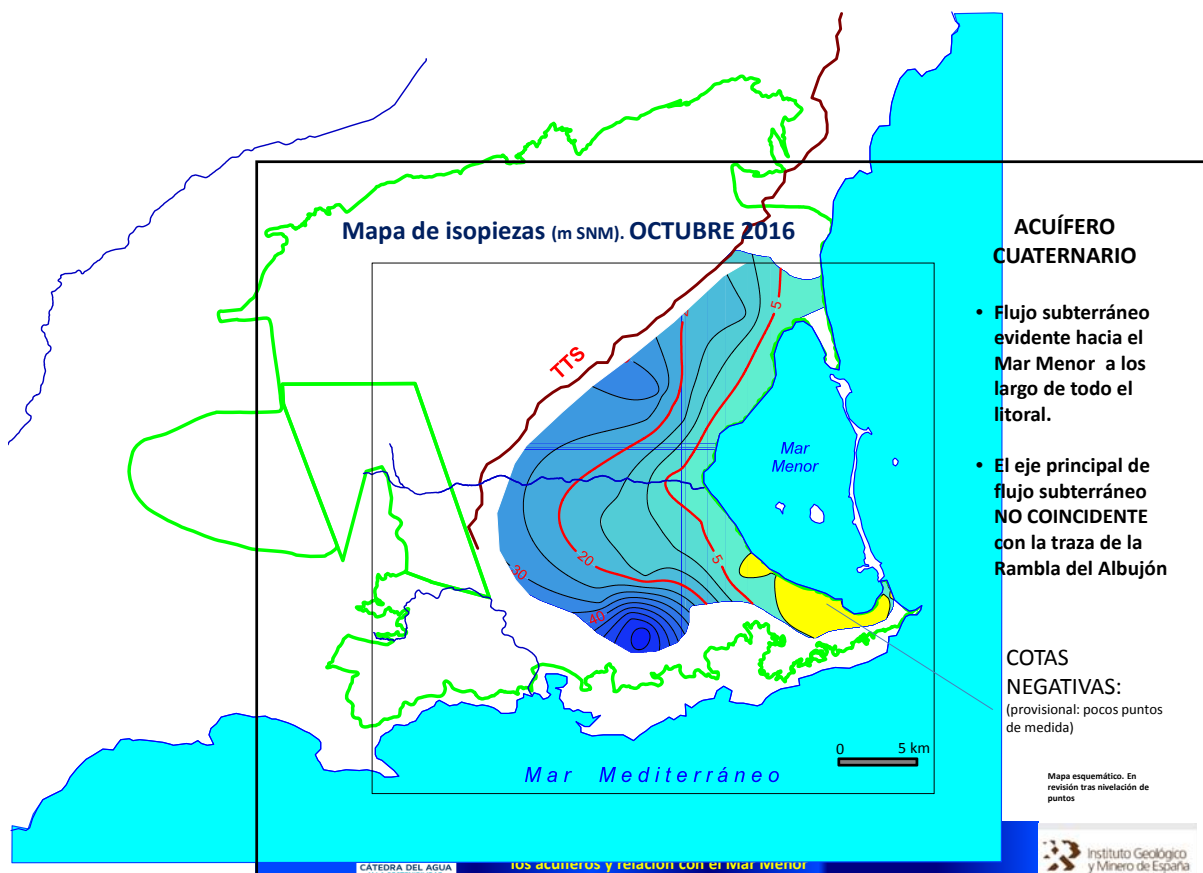
El sistema multicapa no se mantiene en todo el Campo de Cartagena-

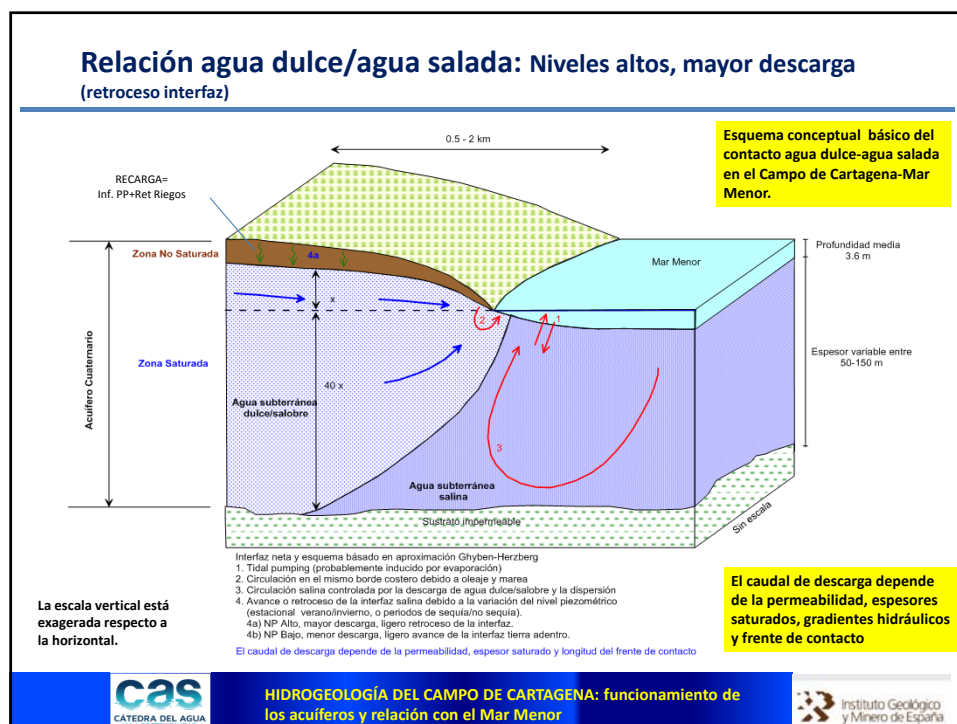
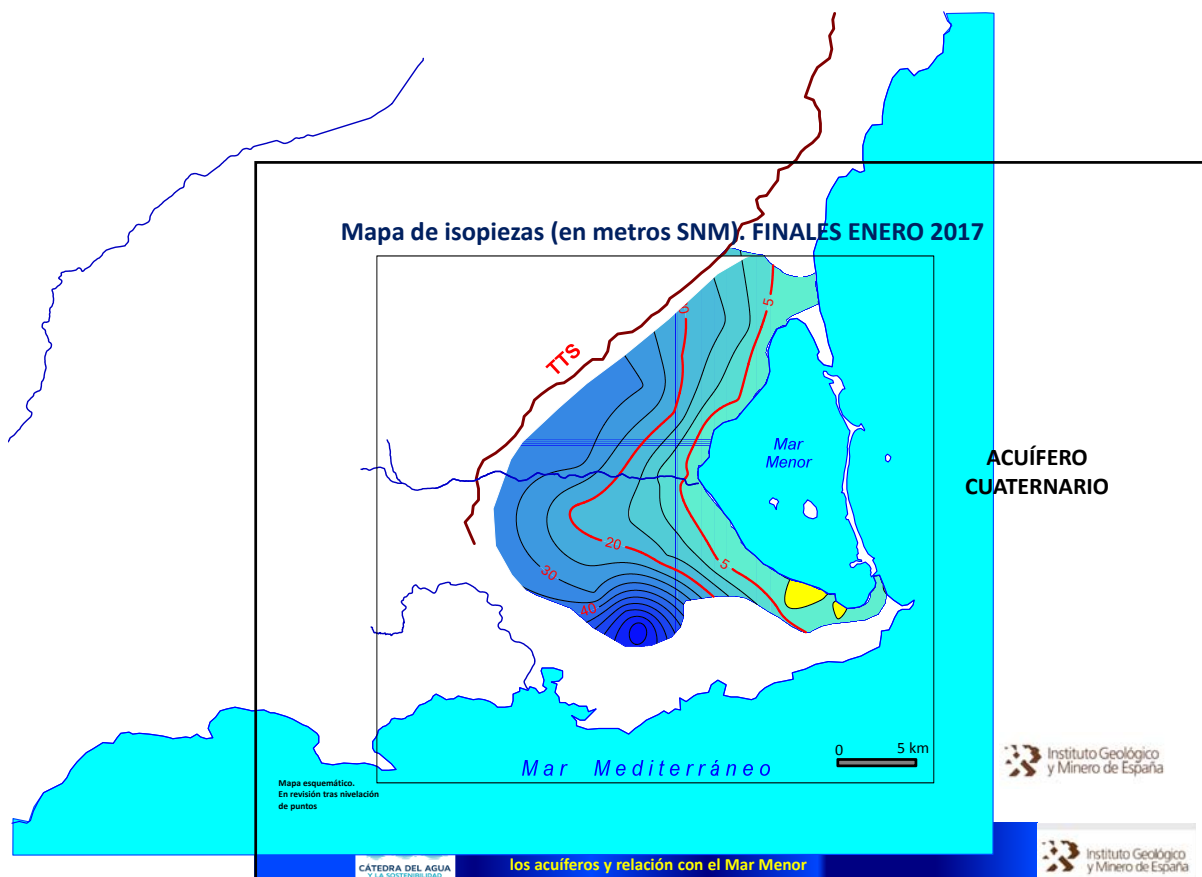
El conocimiento de la geometría (extensión y espesores de las formaciones) es esencial para conocer las reservas de agua (y contaminantes)

cas
CÁTEDRA DEL AGUA
Y LA SOSTENIBILIDAD

HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor

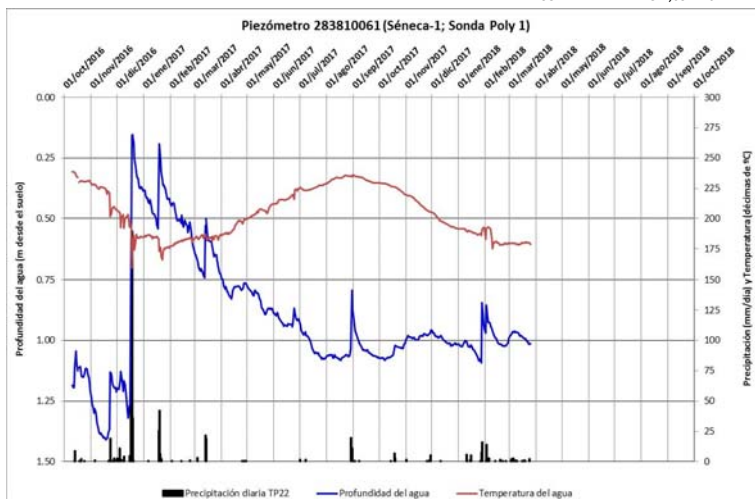
Instituto Geológico y Minero de España





RESPUESTA DEL ACUÍFERO EN PLAYA DE LA HITA (220 m del borde costero).

COTA DEL TERRENO 2,09 m snm



22-23/Nov/2016: 21 mm
17-19/Dic/2016: 275 mm
18-20/Ene/2017: 75 mm
13-14/Mar/2017: 41 mm
28-29/Ago/2017: 30 mm

12 días totalizan casi el 90%
de la precipitación anual
(502 mm en la estación
TP22)

**PULSOS DE
RECARGA/
DESCARGA**

**GRADIENTE
HIDRÁULICO
ACTUAL
0,004**



**HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de
los acuíferos y relación con el Mar Menor**



ESTUDIOS DEL IGME EN MURCIA POR TERMINOS MUNICIPALES. AÑOS 1960 Y 1961

MINISTERIO DE INDUSTRIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA PROVINCIA DE MURCIA

TERMINO MUNICIPAL DE SAN JAVIER

A primeros del año 1.960, el Instituto Geológico y Minero de España, comprendiendo la necesidad imperiosa de ampliar las zonas regables españolas, decidió iniciar una serie de estudios hidrogeológicos provinciales, encaminados a lograr extraer del subsuelo español la mayor cantidad de agua posible, así como lograr una ordenación de los futuros alcubramientos que impidiera que, una explotación abusiva, pusiera en peligro la extraordinaria riqueza creada.

Después de un detenido estudio de las diferentes provincias, decidió iniciar estas investigaciones por la provincia de Murcia, por entender, que en pocas regiones españolas se da una diferencia tan grande entre el secano y el regadío.

Autores:
D. Emilio Trigueros Molina
D. Agustín Navarro Alvargonseles
Ingenieros de Minas
D. Valentín Ródas López
D. Anastasio G. de la Barrera
Facultativos de Minas

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
SECCION DE HIDROLOGIA SUBTERRANEA

Término municipal de: **San Javier** Zona: _____

N.º: **6** Clave de obra: **Trazo y Sondeo**

Clave	Profundidad	Cota a. N.M.
Orificio: 3 x 1'50	70'00	
Pozo: 1'50	48'00	22
Sondeo: 500 m.	13'50	

Resumen:
Pozo situado en zona de agua (Substrato: **caliza**)
Hacia el exterior (Hacia el interior): **30** **48**
Hacia el exterior (Hacia el interior): **48** **22**

Deposito (m): **12** (Acuifero superior: **215**)
Hacia el exterior (Hacia el interior): **12** **22**

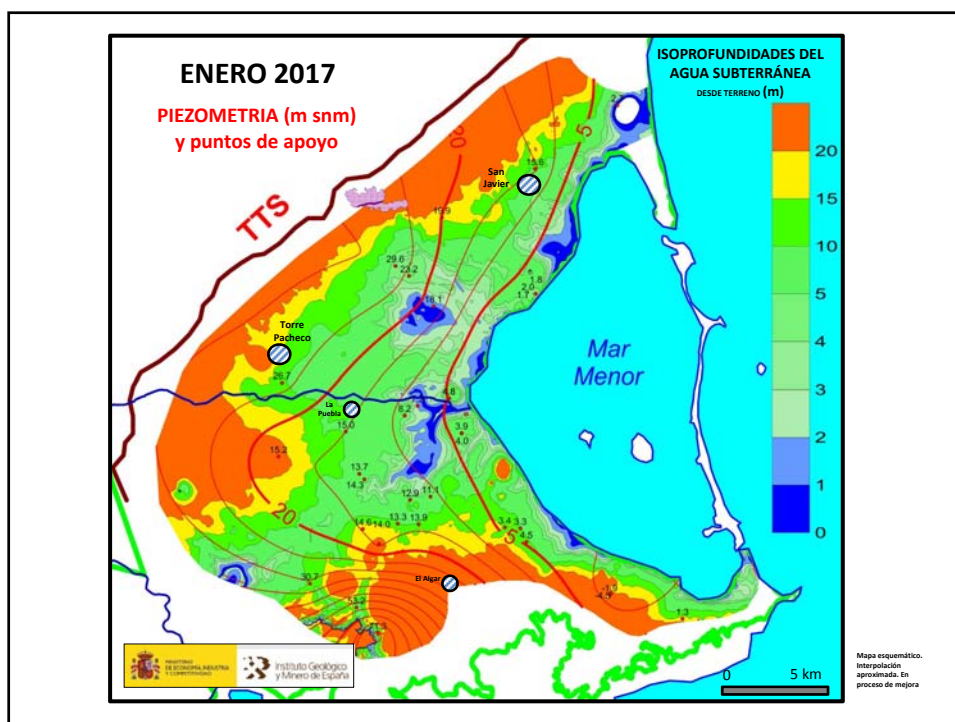
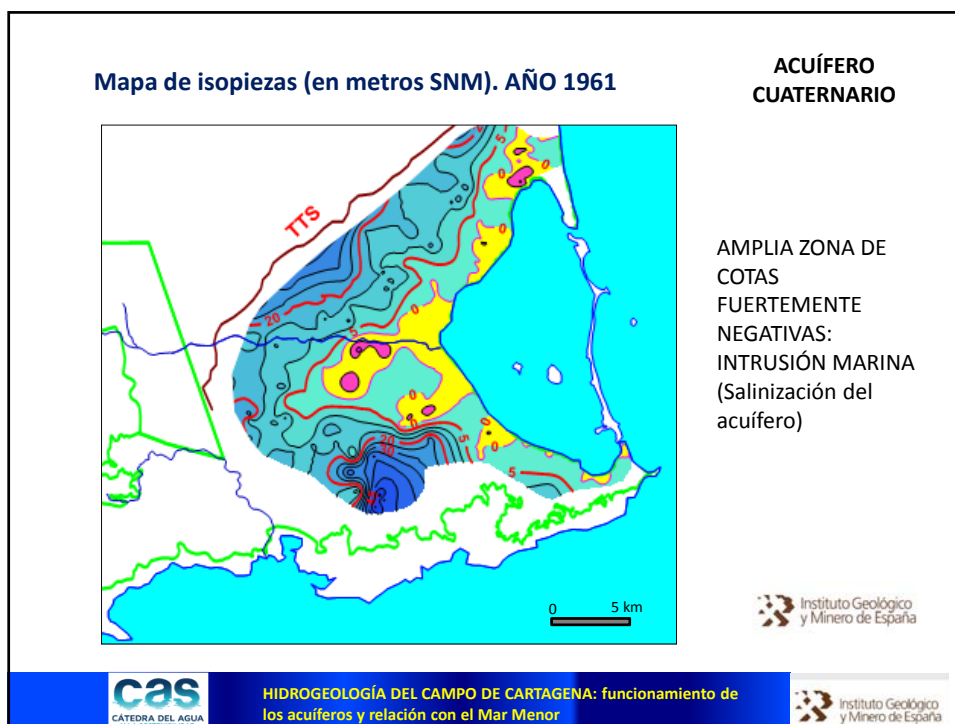
Observaciones:
Clase de roca: **arenillas rojas compactas-arenillas cal.**
Hacia el exterior (Hacia el interior): **10 m** **22**
Hacia el exterior (Hacia el interior): **10** **22**
Hacia el exterior (Hacia el interior): **21** **grueso**
Fecha: **abril, 61**

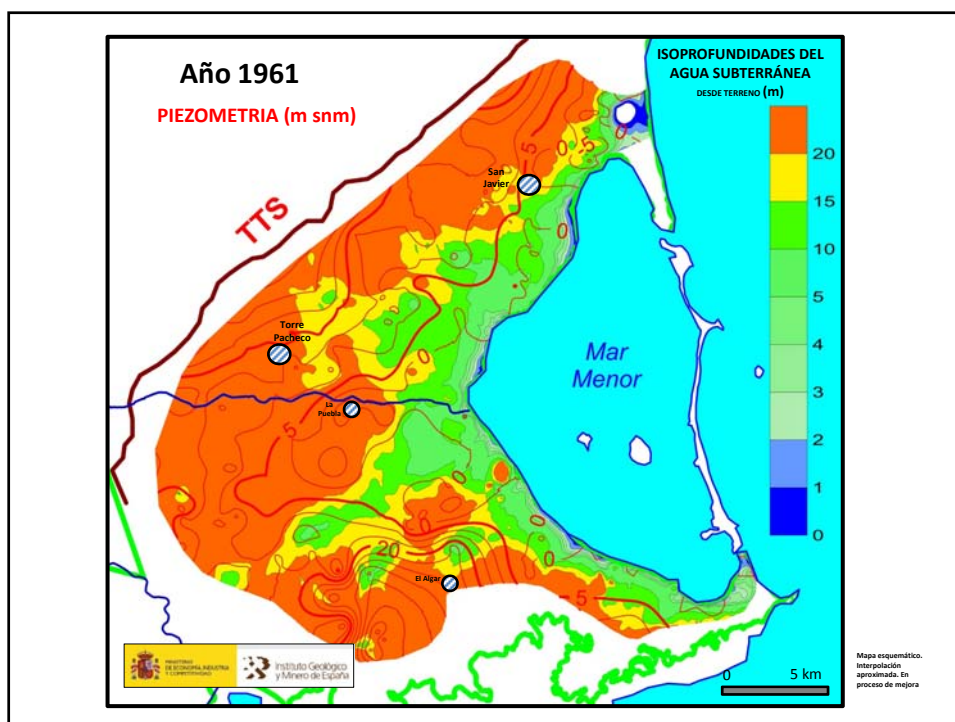
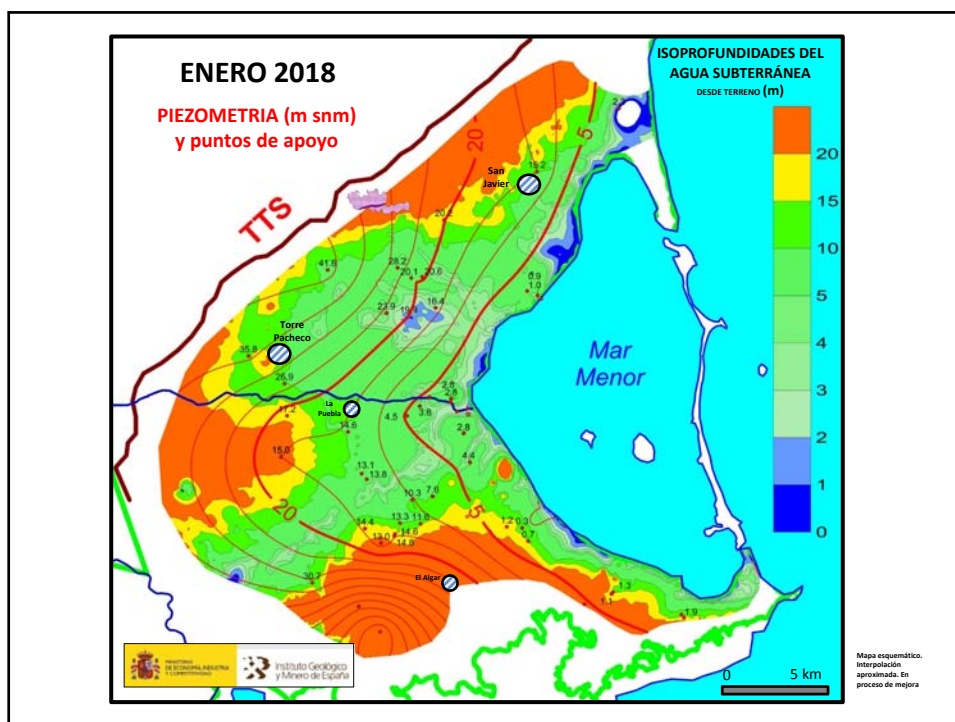
Observaciones:
Pozo: **Villa Sinieste (Los Tolmunes)**
Proyecto: **Salas Sinieste (Salas y Sinieste)**
Cuestión: **Toda Salas Sinieste**



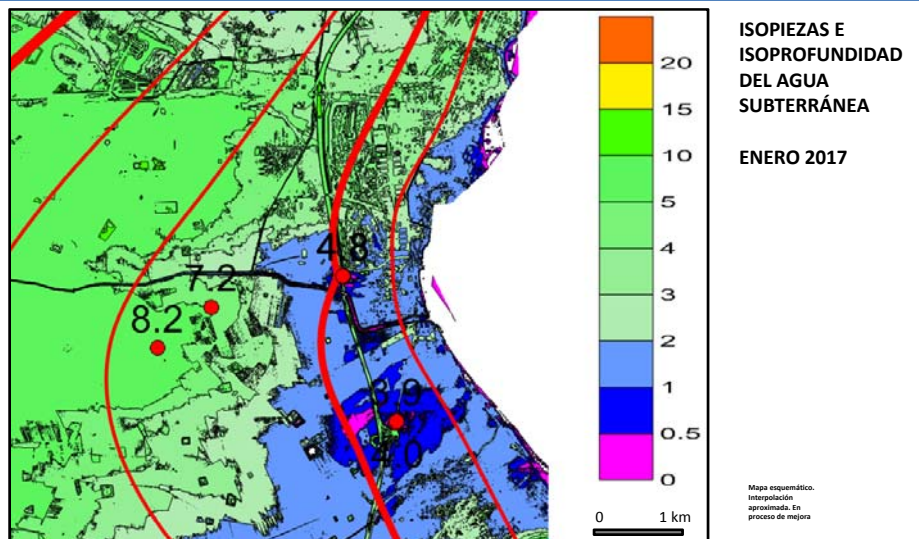
**HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de
los acuíferos y relación con el Mar Menor**







Relación del acuífero con la rambla del Albuñón (desembocadura)

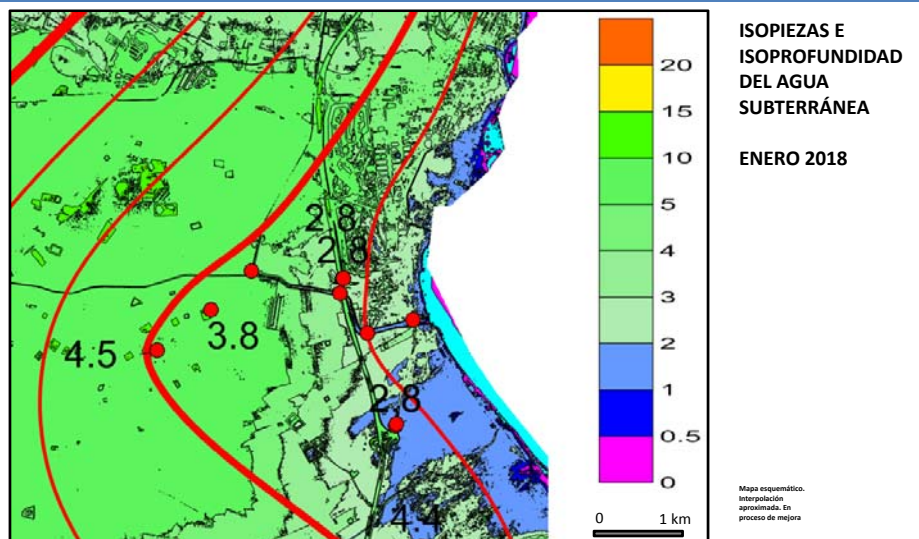


CAS
CÁTEDRA DEL AGUA
Y LA SOSTENIBILIDAD

HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor

Instituto Geológico y Minero de España

Relación del acuífero con la rambla del Albuñón (desembocadura)

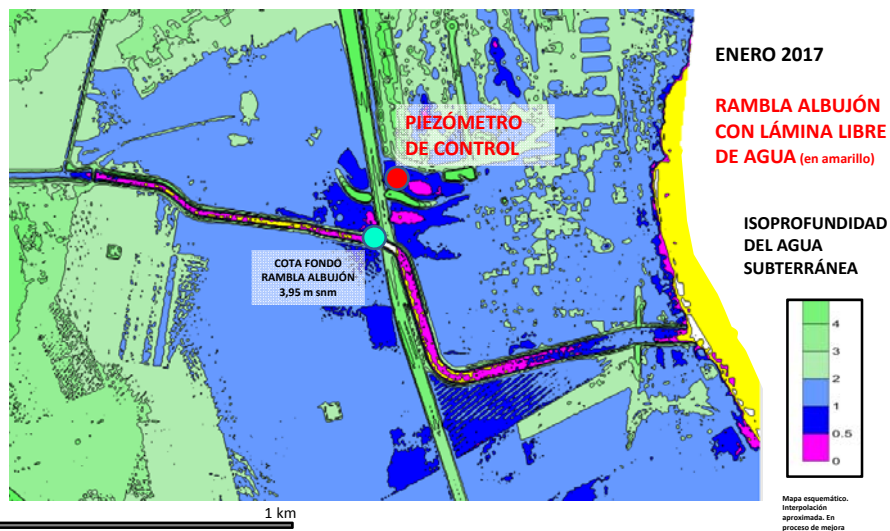


CAS
CÁTEDRA DEL AGUA
Y LA SOSTENIBILIDAD

HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor

Instituto Geológico y Minero de España

Relación del acuífero con la rambla del Albuñón (desembocadura)



CAS
CÁTEDRA DEL AGUA
Y LA SOSTENIBILIDAD

HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor

Instituto Geológico y Minero de España

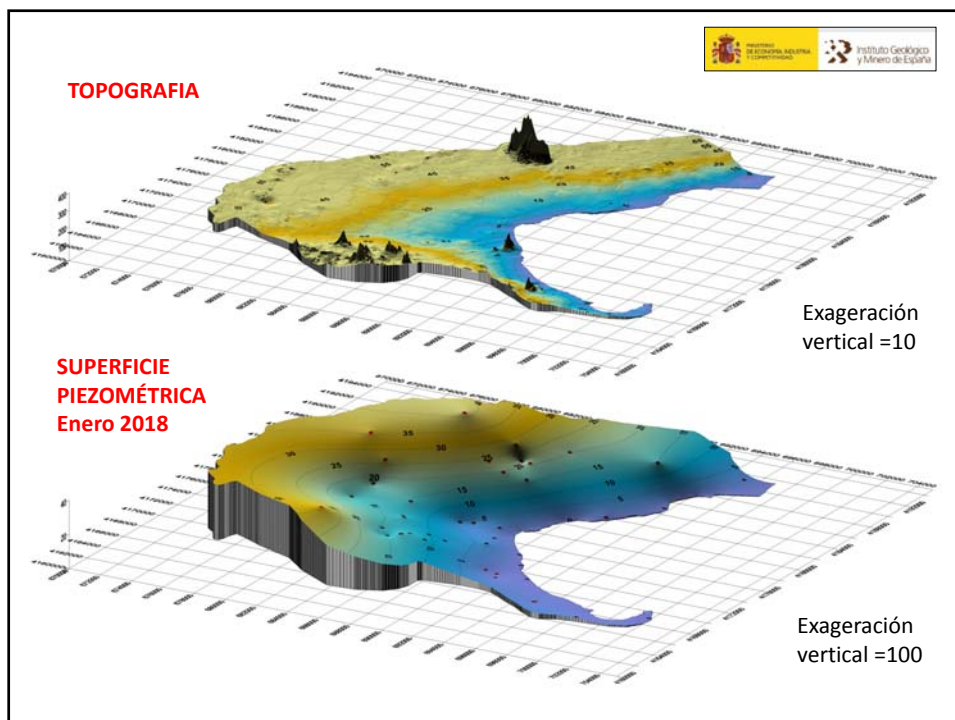
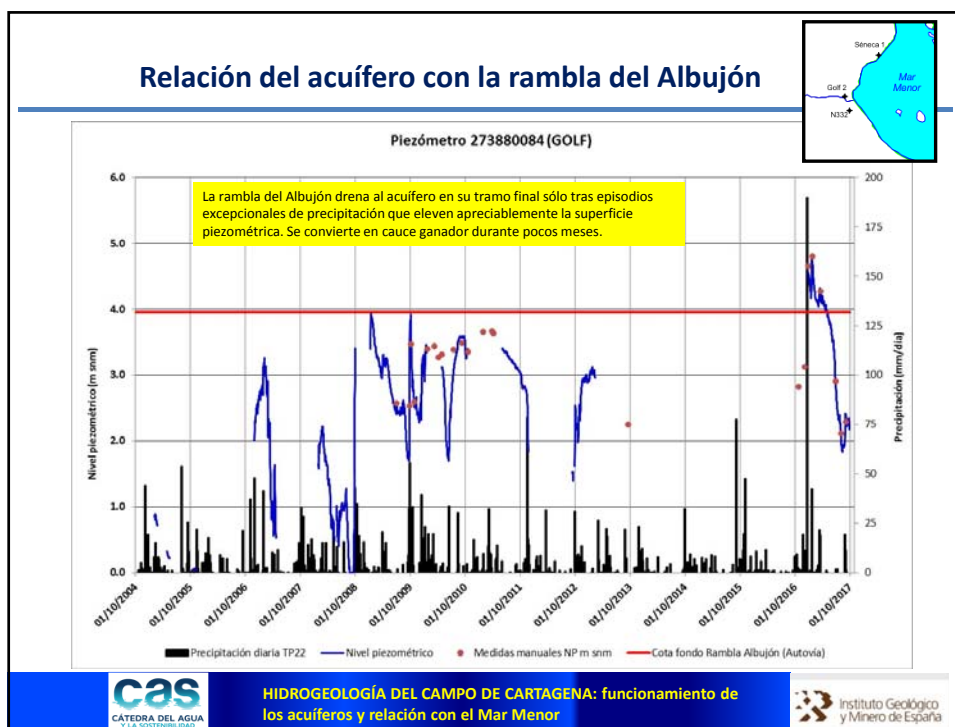
Relación del acuífero con la rambla del Albuñón

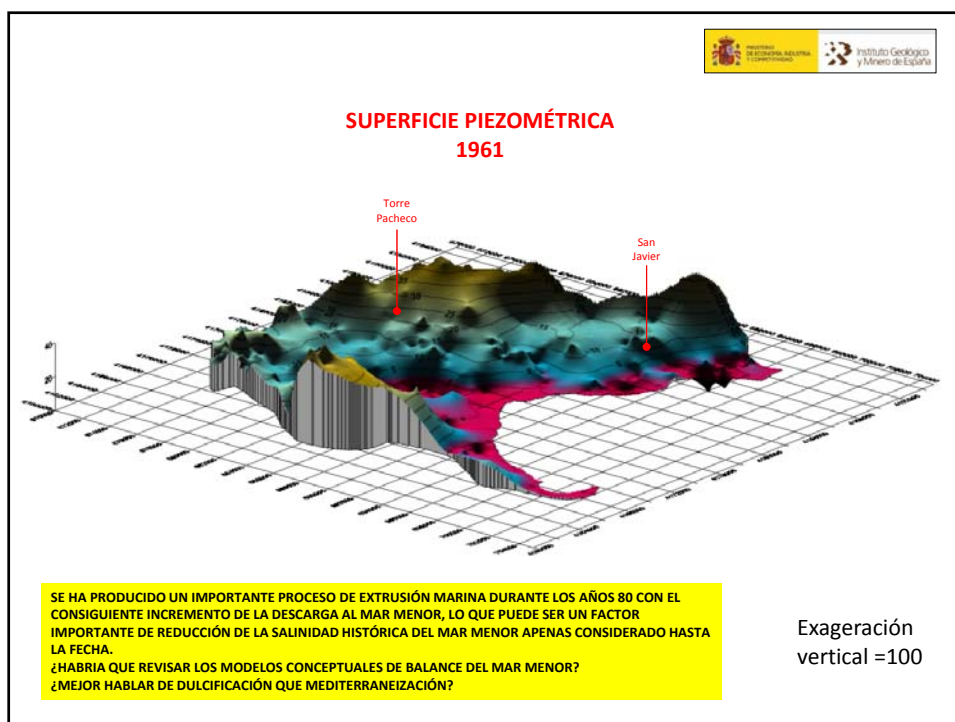
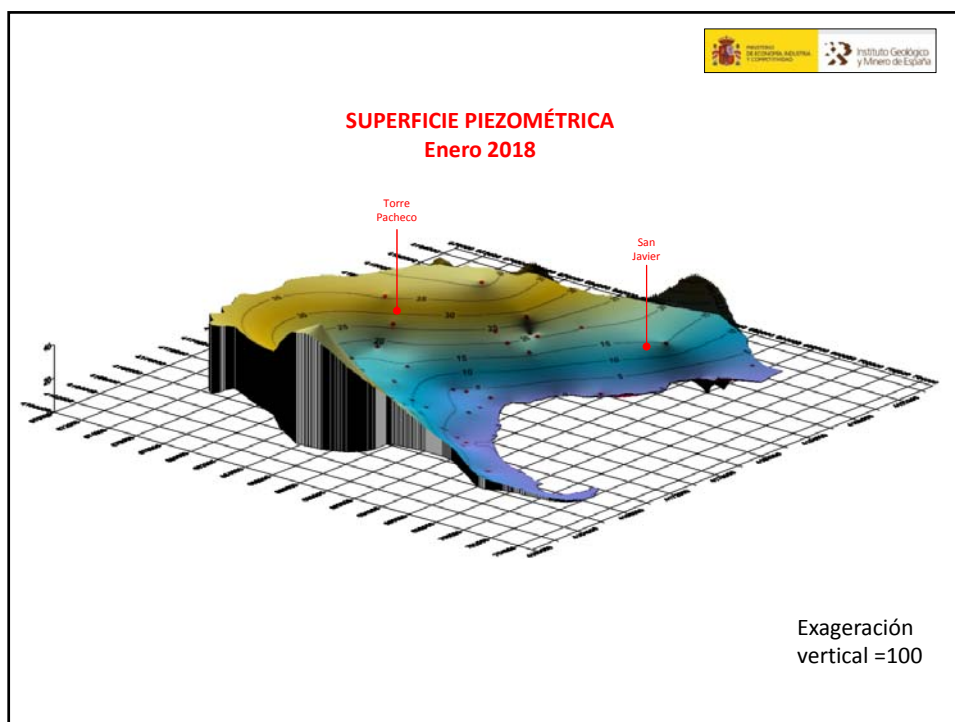


CAS
CÁTEDRA DEL AGUA
Y LA SOSTENIBILIDAD

HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor

Instituto Geológico y Minero de España

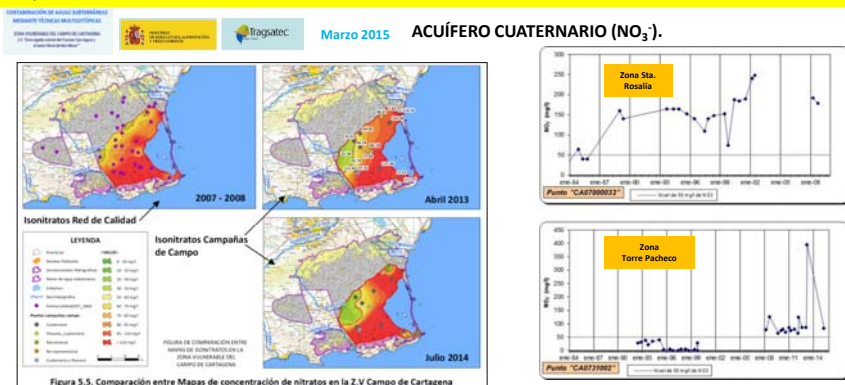




Contaminación de aguas subterráneas (nitratos y otras sustancias)

El carácter inercial de los flujos subterráneos en este medio poroso implica velocidades reales lentas (varios m/día). Los tiempos de tránsito de los contaminantes en el acuífero hasta la salida al Mar pueden ser elevados (varios años en función de la distancia al Mar).

- Concentración media muy elevada (>100 mg/L, con valores que exceden puntualmente los 300 mg/L). En los años 70 ya existían puntos con contenidos superiores a 100 mg/L.
- Incremento en el sentido de flujo (hacia el Mar).
- Las redes de control de nitratos del IGME (hasta 2001) y CHS (a partir de 2001) sólo permiten evidenciar tendencias (ascendentes) a largo plazo, pero no permiten inferir variaciones estacionales.

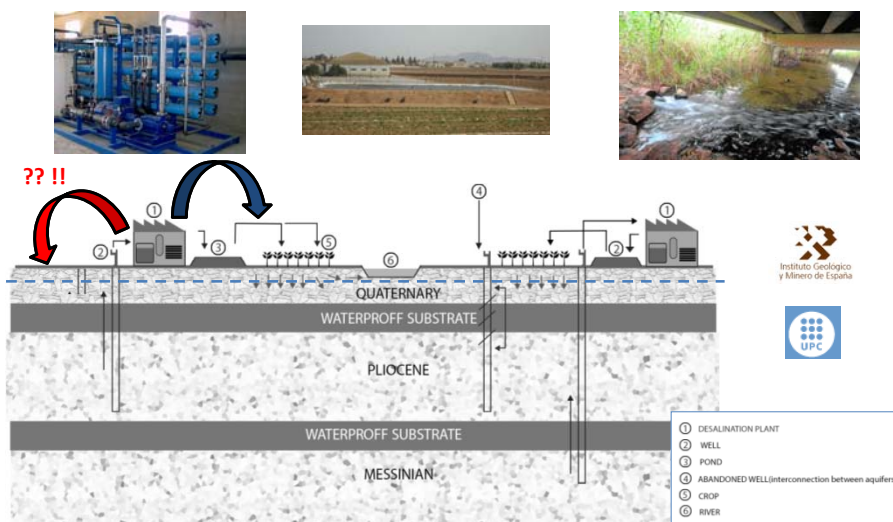


CAS
CATEDRA DEL AGUA
Y LA SOSTENIBILIDAD

HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor

Instituto Geológico y Minero de España

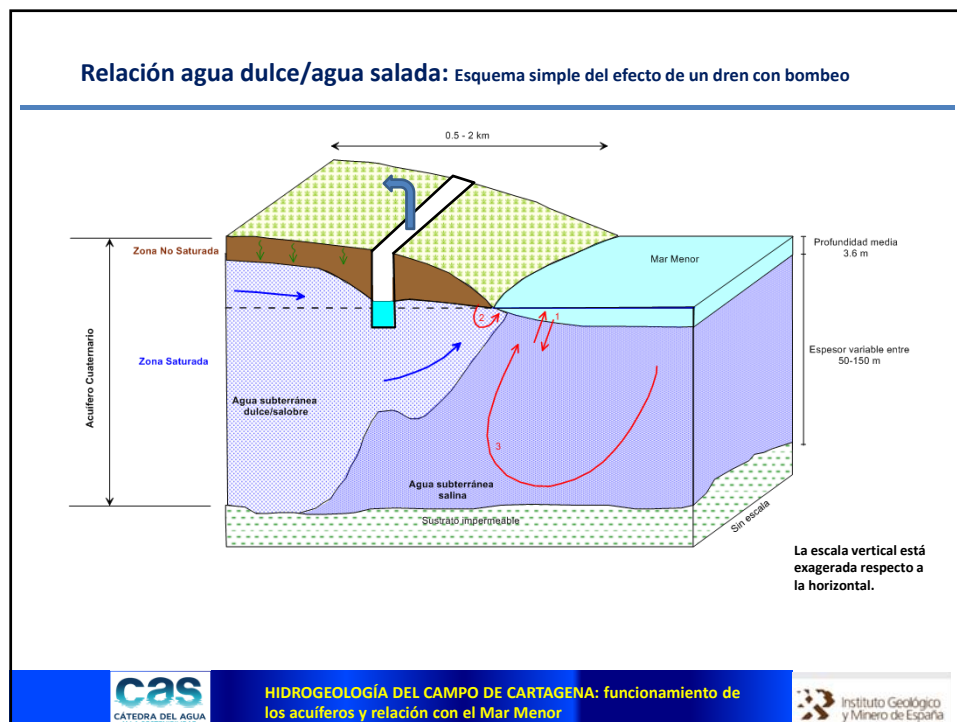
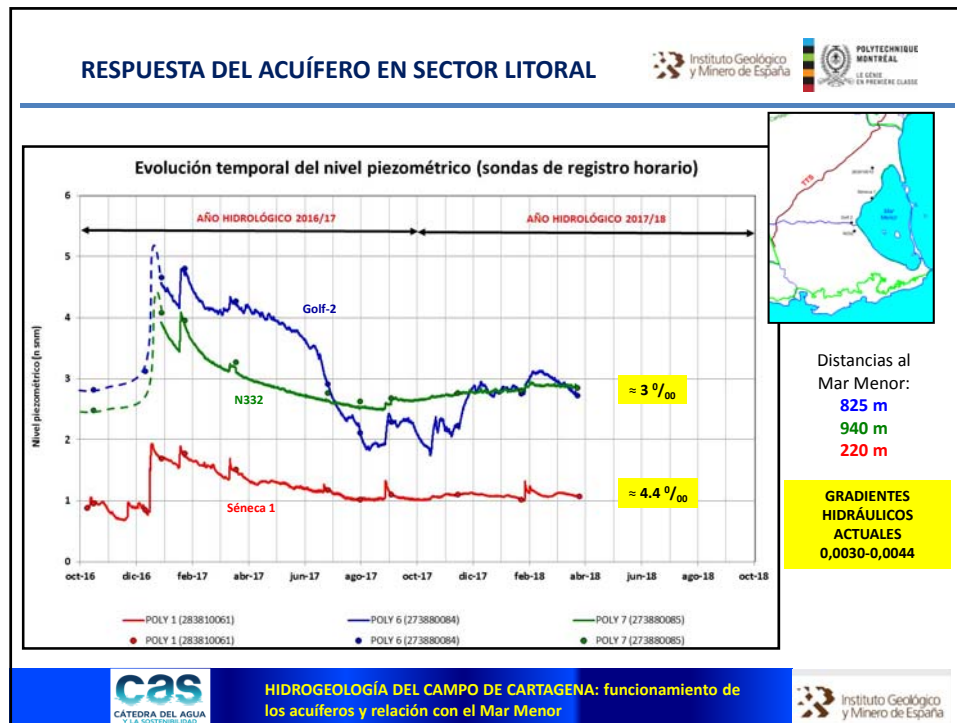
Desalabración de aguas subterráneas y fuente de contaminación (salmuera de rechazo)



CAS
CATEDRA DEL AGUA
Y LA SOSTENIBILIDAD

HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor

Instituto Geológico y Minero de España



Consideraciones finales sobre la mitigación de los impactos

REDUCCIÓN DE LA TRANSFERENCIA SUBTERRÁNEA DE NITRATOS Y OTROS CONTAMINANTES AL MAR MENOR

• **ACTUACIONES EN ORIGEN OBLIGADAS PARA REVERTIR LAS TENDENCIAS**, pero **los efectos sobre el acuífero y, en consecuencia, sobre el Mar Menor, estarán muy diferidos en el tiempo**, habida cuenta de los tiempos de tránsito (**DÉCADAS SEGÚN LA DISTANCIA**), y la elevada masa de nitrato presente en la zona saturada del acuífero y en la zona no saturada (suelo y zona de tránsito fuera del alcance de las plantas).

• **PUEDE ACTUARSE SOBRE LA DESCARGA AL MAR MENOR** una vez se determinen los valores de flujo ambiental y masa, que eviten problemas de intrusión marina y afecciones no deseadas a humedales costeros. La reducción del gradiente hidráulico se consigue mediante:

- Incremento del bombeo distribuido en el acuífero Cuaternario
- Intersección del flujo subterráneo en el borde costero (parcialmente realizado en Arco-Sur, y algunos drenes CRCC)
- Otras medidas relacionadas con los humedales costeros, según profundidad de la superficie piezométrica y los contaminantes a intersectar

• **Gestión de la recarga y avanzar hacia la integración de todos los recursos, con modelos acoplados**

LAS ACTUACIONES SON COMPLEJAS EN SU DISEÑO Y COSTOSAS EN SU EJECUCIÓN.



HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor



GRACIAS POR SU ATENCIÓN



EL PAPEL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

- El desarrollo agrícola de la zona se inicia con aguas subterráneas
- Satisfacen buena parte de la demanda agraria actual, combinadas con TTS
- Son estratégicas en periodos de sequia (papel amortiguador)
- Esenciales en relación con el Mar Menor



HIDROGEOLOGÍA DEL CAMPO DE CARTAGENA: funcionamiento de los acuíferos y relación con el Mar Menor





Región de Murcia
Consejería de Empleo, Universidades,
Empresa y Medio Ambiente
Dirección General de Medio Natural



UNIÓN EUROPEA

ANEXO 2.

PLIEGO DEL PROYECTO EN EJECUCIÓN

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL "UNA MANERA DE HACER EUROPA"	

	MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
	DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA
	CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA

Clave:

Tipo:	Ref. Cronológica:
PLIEGO DE BASES	10/2017

Clase: ENCARGO A EMPRESA DEL GRUPO TRAGSA – EMPRESA DE TRANSFORMACIÓN AGRARIA, S.A., S.M.E., M.P. (en acrónimo, TRAGSA)

Título Básico: CUANTIFICACIÓN, CONTROL DE LA CALIDAD Y SEGUIMIENTO PIEZOMÉTRICO DE LA DESCARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO CUATERNARIO DEL CAMPO DE CARTAGENA AL MAR MENOR

PROVINCIA: MURCIA	Clave: 30
TÉRMINO MUNICIPAL: VARIOS	Clave:
ACUÍFERO: CAMPO DE CARTAGENA	Clave:
PRESUPUESTO TOTAL: 911.065,07 €	
AUTOR DEL PROYECTO: JESÚS GARCÍA MARTÍNEZ	



MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL SEGURA

OFICINA PLANIFICACIÓN
HIDROLÓGICA

DOCUMENTO 1:

MEMORIA



1.- INTRODUCCIÓN

El Mar Menor es una masa de agua superficial costera, con una superficie de 136 km² que se encuentra separada del Mar Mediterráneo por un estrecho cordón arenoso de 22 km de longitud, atravesado por diversos canales y golas que constituyen su vía de comunicación con el Mar Mediterráneo.

Desde el punto de vista ambiental, el Mar Menor constituye uno de los ecosistemas más relevantes del Mediterráneo. La importancia de sus valores ambientales ha determinado que en su ámbito geográfico se hayan establecido diferentes figuras de protección: Espacio Ramsar, Parque Regional y ZEPIM, así como diversos LICs marítimos y terrestres y zonas ZEPA y Red Natura 2000.

A pesar de lo anterior la masa de agua superficial costera Mar Menor presentaba en el año 2015 un estado ecológico moderado y no alcanzaba el buen estado químico, siendo su estado global peor que bueno, al encontrarse sometida a una gran cantidad de presiones puntuales, difusas y morfológicas, por converger en su espacio múltiples usos y aprovechamientos, principalmente turísticos, recreativos y pesqueros, sin olvidar el importante aprovechamiento agrícola de su entorno.

Además de la conexión marina referida que permite su comunicación con el Mar Mediterráneo, la masa de agua costera Mar Menor recibe, a través de diversas ramblas o cauces efímeros, el principal de ellos el de la rambla del Albuñón, las escorrentías superficiales continentales de su cuenca vertiente.

Asimismo alcanza el Mar Menor la descarga de aguas subterráneas procedente de la masa subterránea Campo de Cartagena, en un volumen que si bien el Plan Hidrológico de la Demarcación cuantifica en 6,18 hm³/año, nunca ha podido ser determinado con la suficiente precisión, existiendo a día de hoy distintos estudios hidrogeológicos que cuantifican esa descarga desde los 5 a los 68 hm³/año y a la que se le atribuye el mayor aporte de nutrientes (fósforo y nitrógeno) al Mar Menor.

Al inicio del actual año natural los niveles piezométricos del acuífero subieron entre 1 y 3 m, aumentando con ello considerablemente la descarga subterránea al Mar Menor, especialmente patente en zonas como la playa de la Hita, o la Marina del Carmolí, donde el agua subterránea ha llegado a encontrarse prácticamente en superficie.



La inestabilidad en el estado ecológico del Mar Menor hace temer que a poco que empeore la calidad en sus aguas puedan volver a producirse episodios como los de la primavera y verano del año 2016, en el que las aguas del Mar Menor experimentaron un cambio en su calidad debido a una proliferación de fitoplacton, alcanzando el Mar Menor un estado de eutrofización grave con un elevado crecimiento de algas unicelulares que dieron al agua un color verdoso.

Este crecimiento impidió el paso de la luz a las zonas profundas, ocasionando la mortandad de la vegetación situada por debajo del umbral fótico, lo que hizo desaparecer una parte de la extensión de las praderas marinas del Mar Menor, con la consiguiente descomposición de la materia orgánica en el fondo.

Aun cuando las medidas adoptadas, entre las que se encuentran las de disminución del flujo superficial llevadas a cabo por la Administración General del Estado, han provocado una evolución positiva en la masa de agua costera del Mar Menor, se ha verificado que hay dos parámetros que de aumentar en los próximos meses generarían nuevos riesgos de una nueva evolución hacia estados no deseados con el consiguiente deterioro de la calidad de aguas y de la integridad ecológica: la incorporación de nutrientes por las dos vías posibles (por vertidos superficiales y a través del freático del acuífero) y que se alcancen temperaturas extremas.

Todo ello por cuanto se ha venido observando este verano una disminución de la transparencia del agua debido a un incremento de la actividad biológica lo que refuerza la idea de que el sistema es vulnerable y que el equilibrio actual puede ser inestable y desviarse de lo deseable si hay cualquier perturbación excesiva.

Se precisa por tanto y entre otros un estudio de alternativas para la gestión de los flujos de aguas subterráneas y de su calidad para lo que es imprescindible un aumento en el conocimiento de la carga de contaminante existente en la componente subterránea del flujo, resultando para ello clave disponer de información complementaria para mejorar las estimaciones, cifras y datos disponibles, de las descargas subterráneas desde la parte terrestre, así como el control de su evolución temporal, poniendo en marcha estudios de detalle que permitan estimar con mayor precisión los flujos de recarga-descarga y la transferencia de volúmenes al Mar Menor.

Ello a través del establecimiento de una red de monitorización hidrogeológica permanente en el entorno del Mar Menor a partir de la ejecución de sondeos piezométricos, que permitan definir los espesores reales del acuífero en el frente de contacto y la evolución de su calidad y piezometría, y que sean ejecutados de acuerdo con las previsiones



contenidas en el protocolo general suscrito en octubre de 2013 entre el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, que posibilita un marco estable de colaboración, conjuntamente con los municipios directamente afectados, en la Gestión Integrada del Mar Menor.

Entre los objetivos de esta colaboración está la conservación, mejora y recuperación de los ecosistemas litorales, tanto emergidos como sumergidos.

Con esta finalidad, y de acuerdo con las competencias de cada administración, el Ministerio se ha encargado de la definición, propuesta y ejecución de la política comunitaria en materia de aguas de acuerdo con la Directiva 2000/60 CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre, por la que se establece el marco comunitario de actuación en materia de aguas (DMA) para la consecución del objetivo de alcanzar el buen estado ecológico de las aguas.

En este contexto, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente conjuntamente con las Consejerías correspondientes de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, vienen conformando una línea de trabajo en la búsqueda de soluciones para el logro del objetivo marcado por la Directiva Marco de Aguas.

El Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Segura 2015-2021, que fue aprobado por medio del Real Decreto 1/2016, de 8 de enero (BOE nº 16 de 19 de enero), plantea distintas actuaciones encaminadas a resolver los problemas de contaminación difusa producidos por la ganadería y la agricultura, que afectan al Campo de Cartagena y al Mar Menor, mediante la mejora del conocimiento y la implantación de redes de control.

En concreto consta una actuación con número 946 en el Programa de medidas del Plan destinada a la realización de estudios hidrogeológicos en la masa de agua del Campo de Cartagena para la evaluación de su recarga, conexión entre niveles de acuíferos y relación con otras masas superficiales y subterráneas.

Adicionalmente la número 10 del mismo programa prevé la implantación de una red de control de la intrusión marina en el acuífero Andaluciense y Plioceno del Campo de Cartagena.

En cualquier caso y por la importancia de la afección de las aguas continentales al estado del Mar Menor, se ha generado en los últimos meses una discusión a nivel científico que pone de manifiesto la conveniencia de emprender estudios tendentes por un lado a estimar cual es la carga contaminante que se traslada al Mar Menor y cuál es el umbral



admisible para su recuperación y por otro lado, con mayor precisión, determinar la descarga del acuífero Campo de Cartagena al Mar Menor, todo ello como instrumentos imprescindibles para el diseño, seguimiento y eficacia de las actuaciones para la consecución del vertido cero al Mar Menor y el cumplimiento de los objetivos ambientales de dicha masa de agua.

Así pues, el presente pliego se centra fundamentalmente en la ejecución de una red de sondeos de conocimiento e investigación de la franja costera del acuífero Cuaternario del Campo de Cartagena para el control de la calidad de las aguas, de la interacción acuífero-Mar Menor y el seguimiento cuantitativo y cualitativo de la descarga de agua subterránea del acuífero cuaternario del Campo de Cartagena al Mar Menor.

Red de sondeos que se utilizará para caracterizar, verificar y correlacionar la zona de contacto entre el acuífero y el mar, determinando los parámetros hidráulicos de los materiales acuíferos, la zona de saturación, la zona de intrusión marina y el contenido en nitratos, fosfatos y otros elementos de las aguas subterráneas, así como su procedencia.

La actuación además posibilitará el establecimiento de una red de monitorización hidrogeológica permanente en el entorno del Mar Menor para el control de la calidad de las aguas y el seguimiento piezométrico de la interrelación acuífero cuaternario del Campo de Cartagena-Mar Menor.

Para ello se precisará de 1) La realización de campañas de prospección geofísica en el sector litoral para la determinación de la geometría, espesores del acuífero y emplazamientos favorables de los sondeos piezométricos; 2) El establecimiento de una red de monitorización hidrogeológica permanente del entorno del Mar Menor mediante la ejecución de sondeos piezométricos; 3) Los ensayos de bombeo y de laboratorio para la determinación de parámetros hidráulicos y testificaciones en sondeos incluyendo medidas de velocidades de flujo 4) la realización de los análisis de muestras del agua subterránea para detectar los niveles de nutrientes y otros elementos contaminantes que se han infiltrado en el acuífero; y 5) Los trabajos de campo y gabinete para la actualización del inventario de puntos de agua, incluyendo cuantificación de la explotación por bombeo y toma de datos básicos.

Adicionalmente se desarrollará un modelo matemático de flujo subterráneo y transporte de solutos que permita el cálculo de las descargas subterráneas de agua y nutrientes al Mar Menor, en función de las variables registradas en la red de control.



Todo ello de acuerdo con la experiencia que vienen aportando los grupos de trabajo en los que se integran además del personal del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, el del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Los resultados de estos análisis y estudios se integrarán en el estudio de impacto ambiental sobre el "Análisis de soluciones para objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena", cuyo expediente de evaluación ambiental actualmente se tramita de acuerdo con la ley 21/2013. En el caso de que dicho procedimiento de evaluación ambiental hubiese concluido y los resultados del presente trabajo mostrasen diferencias lo suficientemente significativas respecto del estudio de impacto ambiental, se valorará la necesidad de una evaluación ambiental adicional.

2.- ANTECEDENTES

La Oficina de Planificación Hidrológica elabora los informes de seguimiento del vigente Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Segura correspondiente al ciclo de planificación 2015/21, que tras su aprobación fue publicado en el BOE nº 16, de fecha 19 de enero de 2016.

La descripción completa del programa de medidas viene definida en el Anejo 10 del Plan Hidrológico, con las inversiones previstas para la consecución de los fines que se pretenden con el desarrollo del programa.

En la medida 946 del programa de medidas del Plan Hidrológico "Realización de estudios hidrogeológicos en la masa de agua del Campo de Cartagena para la evaluación de su recarga, conexión entre niveles de acuíferos y relación con otras masas superficiales y subterráneas" se determina que la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Segura será el agente ejecutor de dicha medida, la cual tiene la clasificación IPH 11.04.03 "Otros estudios de apoyo a la planificación".

Al objeto de llevar a cabo la implantación de la misma, se precisa proceder a incrementar para esta actividad, en concreto los medios propios instrumentales que tiene la Administración, con efectivos de personal técnico especializado que acrediten experiencia en este tipo de trabajos.

Los medios personales afectos a la Oficina de Planificación Hidrológica son del todo insuficientes para la realización de los trabajos que se describen en el presente Pliego en



4.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos contemplados en este proyecto tienen como finalidad la implantación de instrumentos para monitorizar las descargas del nivel cuaternario del acuífero Campo de Cartagena al Mar Menor, en cuanto al caudal de aguas subterráneas transferido y su carga en contaminantes, en particular los nutrientes nitratos y fosfatos.

Estos instrumentos son, por una parte, una red específica para el control periódico y permanente de la piezometría y calidad de las aguas subterráneas en dicho nivel cuaternario y en el plioceno conectado con el mismo, dentro de una franja de 2 km a partir de la línea de costa y, por otra, un modelo matemático de flujo subterráneo e hidroquímico que permita evaluar la descarga en función de los registros obtenidos en dicha red, así como simular la que se produciría en escenarios climatológicos y agronómicos hipotéticos, y en consecuencia el transporte de carga de nutrientes.

Con el conocimiento adquirido en el estudio y utilizando el modelo matemático, también se propondrán las posibles soluciones técnicas que eviten dichas transferencias al Mar Menor.

La zona de estudio es la citada franja de aproximadamente 2 km de anchura a partir de la línea de costa.

Los trabajos a realizar se resumen en los siguientes subapartados, sin que esta relación tenga carácter limitativo.

4.1.- Recopilación de la información existente

4.1.1. Recopilación de información documental.

Como parte de la información de partida se recopilarán y analizarán los estudios, publicaciones, información cartográfica, etc., disponibles, de los que se extraerán los datos significativos en relación con los parámetros (litología, espesor, permeabilidad...), variables de estado (piezometría, calidad...) y acciones externas (mecanismos de recarga y descarga) de los acuíferos y sus relaciones con masas costeras y humedales.



4.1.2.- Inventario de puntos de agua.

En la zona de estudio, se llevará a cabo un inventario exhaustivo de puntos de agua, de los que se recopilará toda la información de interés hidrogeológico (características técnicas de las captaciones, identificación de niveles captados, régimen de explotación, registros de piezometría y calidad, pruebas para la determinación de caudales y permeabilidades, destino de las aguas, etc.).

El inventario no sólo se centrará en las captaciones ubicadas dentro del área de trabajo, sino que se extenderá a las zonas próximas de influencia, y cubrirá la totalidad de los puntos existentes, con independencia de cuáles sean los niveles permeables captados.

En cada uno de los puntos se realizarán, si las condiciones de la captación lo permiten, determinaciones *in situ* de piezometría, pH, conductividad, temperatura y contenido en nitratos.

4.2.- Pruebas y ensayos en puntos de agua preexistentes.

Se llevarán a cabo las siguientes pruebas y ensayos en puntos de agua seleccionados:

- En sondeos no equipados:

- Ensayos de bombeos con motobomba portátil, de un mínimo de 6 horas de bombeo y 2 de recuperación.
- Reconocimiento con cámara de video para localizar tramos ranurados, niveles permeables, etc.
- Testificación geofísica con registros de resistividad, potencial espontáneo (SP), gamma natural, temperatura, conductividad del fluido, etc. Interpretación de datos.
- Ensayos Slug para determinar parámetros hidráulicos (permeabilidad, etc.).

- En sondeos equipados:

- Ensayo de bombeo de un mínimo de 6 horas de bombeo y 2 de recuperación, utilizando un medidor de caudal portátil con ultrasonidos.



Durante cada ensayo de bombeo se realizará un análisis químico completo del agua subterránea con determinación de su facies.

Una vez finalizadas las pruebas, ensayos y análisis se procederá a su interpretación, que se plasmará en el correspondiente informe.

4.3.-Prospección geofísica.

Se llevará a cabo una campaña de prospección geofísica en el subsuelo que tendrá las siguientes finalidades, entre otras:

- Completar la información sobre la geometría y litología de los niveles permeables cuaternarios y pliocenos, de las capas impermeables intercaladas e infrayacentes a los mismos y de la interfaz agua dulce-agua salada, a partir de los registros obtenidos.
- Completar la información sobre distribución espacial de permeabilidades, utilizando un análisis geoestadístico de correlación entre resistividades y permeabilidades y de interpolación de datos.
- Orientar la ejecución de los nuevos puntos de control de piezometría y calidad que, junto con los preexistentes seleccionados, constituyan la red de control.

Los puntos a cuya vertical se atribuya el resultado de cada ensayo geofísico serán objeto de localización GPS con determinación de coordenadas y cota.

Los métodos de prospección inicialmente previstos son el sondeo eléctrico vertical de resistividades, el sondeo electromagnético y la tomografía eléctrica, sin descartarse otros. Se obtendrán registros de conductividad del agua subterránea, piezometría y resistividad de la formación en sondeos, que sirvan de referencia.

4.4.- Ejecución y equipamiento de nuevos sondeos para completar la red de control periódico de la piezometría y la calidad del agua subterránea.

4.4.1.- Adquisición de terrenos.



La ejecución de estos nuevos sondeos puede requerir la previa adquisición de terrenos en sus emplazamientos.

Para la selección de los emplazamientos se atenderá, a parte de los criterios geológicos e hidrogeológicos, a criterios de titularidad, dando preferencia a la ubicación en suelos de titularidad pública.

El establecimiento de convenios con las diferentes administraciones posibilitaría la consecución de terrenos evitando un proceso de expropiación o adquisición que alargaría en el tiempo la consecución de los terrenos para el inicio de la ejecución de las obras previstas.

4.4.2.- Ejecución y evaluación de los nuevos sondeos de control

Se ejecutarán nuevos sondeos que, junto con los preexistentes que hayan sido seleccionados, constituirán la red de control periódico de la piezometría y la calidad del agua subterránea dentro de la zona de estudio.

En principio se prevé la ejecución de 22 nuevos sondeos, distribuidos en dos tipos: sondeos totalmente penetrativos en las formaciones Cuaternarias, con una profundidad inicialmente prevista de 75 m y un diámetro que permita introducir bombas para ensayos y, por otra parte, sondeos de menor profundidad y diámetro que los anteriores, que sirvan como puntos de control en los ensayos de bombeo.

En todos estos nuevos sondeos se llevarán cabo pruebas de testificación geofísica, vídeos y Slug, iguales a las previamente realizadas en puntos de agua preexistentes.

Tras la ejecución y evaluación de estos nuevos sondeos, se incorporarán a la red de control para la evaluación de las descargas subterráneas al Mar Menor.

Los 22 sondeos de nueva ejecución inicialmente previstos son los siguientes:

Nombre	Tipo	Profundidad
Piezo 1	Piezo	15
Piezo 2	Piezo	20
Piezo 3	Piezo	20
Piezo 4	Piezo	15
Piezo 5	Piezo	35



Nombre	Tipo	Profundidad
Piezo 6	Piezo	35
Piezo 7	Piezo	20
Piezo 8	Piezo	35
Piezo 9	Piezo	35
Piezo 10	Piezo	20
Sondeo Ambiental 1	Sondeo	75
Sondeo Ambiental 1	Piezo	35
Sondeo Ambiental 2	Sondeo	75
Sondeo Ambiental 2	Piezo	35
Sondeo Ambiental 3	Sondeo	75
Sondeo Ambiental 3	Piezo	35
Sondeo Ambiental 4	Sondeo	75
Sondeo Ambiental 4	Piezo	35
La Hita (5)	Sondeo	75
Campo de Golf (6)	Sondeo	75
Parcela FV (7)	Sondeo	75
Los Ingleses (8)	Sondeo	75

Los emplazamientos inicialmente previstos para estos nuevos sondeos quedan reflejados en la siguiente imagen.





Las características constructivas de los sondeos a construir serán los siguientes:

Características de los sondeos totalmente penetrativos en las formaciones permeables cuaternarias

Fase perforación: se ejecutará por medio del método de perforación de rotoperCUSión directa, previendo alcanzar los 75 m de profundidad. El emboquille de 3 metros se perforará con un diámetro de 381 mm y 3 m de tubería de acero de 350 mm de diámetro y 5 mm de espesor. La perforación del metro 3 al final será de 312 mm de diámetro.

Seguimiento de la obra: durante toda la ejecución de la obra deberá haber un geólogo responsable de la dirección de los trabajos para el correcto control geológico e hidrogeológico de la obra. Se recogerá una muestra cada metro de perforación que deberá ser identificada y protegida para su posterior conservación, y eventualmente realización de ensayos de laboratorio.

Entubación: se utilizará 75 metros de tubería definitiva de 200x181 mm de PVC-U y unida mediante rosca. Los filtros deberán tener idénticas dimensiones, ranurados y con una luz de 1-2 mm. La longitud de los filtros se estima en 18 m, aunque podrá ser modificada a criterio de la dirección de la obra.

Engravillado: se instalará un prefiltro de grava sílicea calibrada, con granulometría de 3-5 mm. Será colocada mediante vertido gravitacional por el correspondiente anular del sondeo, ayudada con inyección de agua y bombeo intermitente de aire comprimido.

Desarrollo y limpieza: una vez equipado el sondeo se procederá a su desarrollo con aire hasta conseguir que en los arranques el agua salga limpia.

Aislamiento: se sellará la parte superior de 0 a 3 m.

Cabzal del sondeo y arqueta de protección: en superficie se realizará una placa de hormigón en masa que rodee el entubado del sondeo y que sea solidaria con la cimentación del sondeo y con la tubería de emboquille. Esta placa deberá tener una pendiente suficiente para garantizar el drenaje. Se fijará una placa identificativa. El sondeo deberá estar protegido con una arqueta antivandálica. Finalmente se procederá a su nivelación topográfica.

Ensayo de bombeo. Se realizará un ensayo de bombeo para definir los parámetros hidráulicos de un máximo de 24 horas y una recuperación de 6. El caudal previsto a extraer estará comprendido entre 5 y 15 l/sg con una altura manométrica de 80 m. El agua bombeada deberá ser debidamente evacuada a una distancia mínima de 150 m del pozo de bombeo.



Características de los sondeos de menor diámetro y profundidad

Fase perforación: se ejecutará por medio del método de perforación de rotación con testigo continuo, previendo alcanzar los 35 m de profundidad. El emboquille de 3 metros se perforará con un diámetro PQ o similar. La perforación de 3 a 75 será en diámetros HQ (96 mm) y NQ (76 mm).

Seguimiento de la obra: durante toda la ejecución de la obra deberá haber un geólogo responsable de la dirección de los trabajos para el correcto control geológico e hidrogeológico de la obra. Se recogerán los testigos del sondeo que deberán ser identificados y protegidos para su posterior conservación, y eventualmente realización de ensayos de laboratorio.

Ensayo de permeabilidad in situ. Durante el avance de la perforación y una vez se llegue a la zona saturada se realizarán ensayos de permeabilidad cada 5 metros de avance.

Entubación: se utilizará 75 metros de tubería definitiva de 63x57 mm de PVC-U y unida mediante rosca. Los filtros deberán tener idénticas dimensiones, ranurados y con una luz de 1-2 mm. La longitud de los filtros se estima en todo su espesor, aunque podrá ser modificada a criterio de la dirección de la obra.

Desarrollo y limpieza: una vez equipado el sondeo se procederá a su limpieza y desarrollo mediante una primera circulación de agua limpia, y posteriormente con aire comprimido.

Aislamiento: se sellará la parte superior de 0 a 3 m.

Cabezal del sondeo y arqueta de protección: en superficie se realizará una placa de hormigón en masa que rodee el entubado del sondeo y que sea solidaria con la cimentación del sondeo y con la tubería de emboquille. Esta placa deberá tener una pendiente suficiente para garantizar el drenaje. Se fijará una placa identificativa. El sondeo deberá estar protegido con una arqueta antivandálica. Finalmente se procederá a su nivelación topográfica.

4.4.3.- Equipamiento de los nuevos sondeos de control.

Una vez ejecutados los nuevos sondeos de control se procederá a equiparlos con data-logger y un sistema de telecomunicación de los registros.



4.4.4.- Dirección e informe final de la obra.

La ejecución de los nuevos sondeos y su evaluación mediante pruebas y ensayos requerirá una dirección de las obras.

Las características finales de las captaciones y los resultados obtenidos en dichas pruebas y ensayos, en particular columnas litológicas, identificación y localización de niveles permeables e impermeables, valores de permeabilidad y coeficiente de almacenamiento de las formaciones geológicas atravesadas, determinaciones hidroquímicas, medidas piezométricas, etc., serán objeto de un informe específico.

4.5.- Establecimiento de una red de control periódico permanente de la piezometría y calidad de las aguas subterráneas.

Partiendo del inventario de puntos de agua preexistentes, se determinará el subconjunto de los mismos, de titularidad pública o privada, susceptibles de formar parte de sendas redes para el control periódico permanente de la calidad y la piezometría del agua subterránea en los niveles cuaternarios y pliocenos conectados.

La idoneidad de un punto preexistente para su incorporación a las redes se determinará teniendo en cuenta las siguientes características, entre otras:

- Ubicación.
- Acuífero captado.
- Accesibilidad
- Disponibilidad de registros históricos.
- Posibilidad de tomas de muestras de agua.
- Aforo.
- Equipamiento
- Otra información geológica, hidrogeológica o técnica.

A estas redes se incorporarán los sondeos de nueva ejecución en el marco de este proyecto.

Previamente al inicio de las campañas de medida se procederá a la determinación de coordenadas UTM ETRS89 y cota de todos los puntos que integren esta red de control,



tanto los existentes como los nuevos. En cada punto de control se instalará una placa en la que se indiquen los datos de posición.

4.6.- Campañas de control piezométrico y de la calidad de las aguas subterráneas durante la ejecución del proyecto

Durante la ejecución del presente proyecto, está previsto llevar a cabo 7 campañas de medida de la piezometría y la calidad del agua subterránea en la red de control, con periodicidad bimensual.

En relación con la piezometría, se medirá la profundidad del nivel piezométrico estático referida a un punto de referencia fijo e inamovible en cada punto de control.

En relación con la calidad, se medirán los siguientes parámetros:

- Temperatura (in situ)
- Conductividad (in situ)
- pH (in situ)
- NTK
- Nitratos
- Nitritos
- Amonio
- Fósforo total
- Fosfatos
- Carbono orgánico total COT
- Alcalinidad TAC
- DBO₅
- DQO
- Aniones: Cl⁻; HCO₃⁻; CO₃²⁻; SO₄²⁻.
- Cationes: NA⁺; Ca²⁺; Mg²⁺; K⁺; Fe²⁺.
- Metales pesados: As; Hg; Cd; Cr; Cu; Ni.

La continuidad o no de los registros de metales pesados en cada punto de control dependerá de que las medidas iniciales revelen o no concentraciones significativas.

Los datos obtenidos en cada campaña quedarán plasmados en un mapa de isovalores (isopiezas, isoconcentraciones, etc.), así como en los correspondientes informes emitidos al efecto.



Los registros obtenidos en esta red, completada con las series registradas en los precursores históricos de cada punto de control, se incorporarán como datos al modelo matemático de flujo subterráneo e hidroquímico.

4.7.- Determinación de concentraciones y balance de masas de gas Radón.

Se prevén dos campañas, una en invierno y otra en verano, de medida de concentraciones en Radón de las aguas marinas y continentales subterráneas, para la estimación preliminar de las descargas de agua subterránea al Mar Menor por balance de masas de dicho elemento.

4.8.- Distribución espacial de parámetros (litología, espesor, permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento...) y espacio-temporal de variables de estado (piezometría y calidad) y acciones externas.

Se procederá a la determinación de la distribución espacial de parámetros (litología, espesor, permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento...) y espacio-temporal de variables de estado (piezometría, calidad...) y acciones externas (mecanismos de recarga y descarga) de las formaciones permeables cuaternarias, y de las pliocenas conectadas con aquéllas, en la zona de estudio.

Dicha distribución espacial quedará ilustrada en mapas, cortes y bloques tridimensionales geológicos; mapas de isohipsas de techo y muro e iso-espesores de las formaciones permeables e impermeables; mapas de isopiezas e iso-concentraciones; mapas de iso-lluvia útil, etc.

De forma específica quedará caracterizada la interfaz agua dulce agua salada en su morfología y composición química.

Asimismo se confeccionarán mapas y planos que reflejen la distribución de los parámetros, variables de estado y acciones externas en las celdas del modelo matemático de flujo e hidroquímico.

4.9.- Estudio de la relación entre las aguas subterráneas y los humedales de la franja costera.



Dentro de la zona de actuación existen humedales en las inmediaciones del Carmolí. Los humedales pueden actuar como mecanismos de fijación de nitratos, reduciendo su concentración en las aguas subterráneas. Para comprobar si se produce tal efecto, se llevará a cabo un estudio de la relación de los humedales existentes en las inmediaciones del Carmolí con las aguas subterráneas de las formaciones cuaternarias.

4.10.- Desarrollo de un modelo matemático de flujo subterráneo y transporte de solutos, para la evaluación de la descarga de agua subterránea al Mar Menor en cuanto a volumen y contaminantes.

Se desarrollará un modelo matemático de flujo subterráneo y transporte de solutos que tendrá las siguientes aplicaciones en el marco de este proyecto:

- Validar las hipótesis sobre el funcionamiento hidrogeológico del nivel cuaternario y plioceno conectado.
- Evaluar la distribución lineal de la descarga de dicho nivel al Mar Menor a lo largo de la línea de costa, en cuanto a caudal de agua subterránea y carga contaminante, en particular de nutrientes que puedan contribuir a la eutrofización de la laguna. Se simulará el escenario configurado por los datos sobre variables de estado y acciones externas en el último ciclo anual de ejecución del proyecto. También se simularán distintos escenarios de climatología y producción agrícola en condiciones normales y extremas.
- Simular la eficacia de distintas alternativas para la solución que evite el transporte de nutrientes al Mar Menor.

El modelo matemático y la red de control de piezometría y calidad específica desarrollados en este proyecto constituirán en el futuro los instrumentos para monitorizar la descarga subterránea de agua y contaminantes al Mar Menor.

Se desarrollará una interfaz para la carga de datos en el modelo y simulación por personal no especializado, así como otra para la generación de gráficos e informes en un formato válido.



4.11.- Informe final.

La fase final del proyecto será la redacción de un informe recopilatorio, un resumen y unas conclusiones, que comprenderá el diagnóstico del estado cualitativo y cuantitativo de las aguas subterráneas, la definición de las inter-relaciones acuífero-Mar Menor, las alternativas analizadas y comparadas que se proponen para mejorar las interacciones entre ambos sistemas y las conclusiones. Todo ello con el apoyo de los mapas elaborados al efecto y los mapas de conclusiones.

Este informe final incluirá, entre otros, los siguientes apartados:

- Caracterización y funcionamiento hidrogeológico de las formaciones permeables cuaternarias y pliocenas conectadas del acuífero Campo de Cartagena en la franja costera.
- Cuantificación de las descargas subterráneas de agua y contaminantes al Mar Menor y distribución de las mismas a lo largo de la línea de costa.
- Definición de las alternativas de solución para evitar el transporte de contaminantes al Mar Menor a través de las aguas subterráneas
- De las posibles alternativas que se analicen deberá definirse y concretarse su ciclo completo de manera que, en caso de que las soluciones impliquen la existencia de excedentes de agua subterránea, se defina su destino.

Todo ello con objeto de disponer de información a considerar en el "Análisis de soluciones para objetivo del vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena"

La información recopilada o generada se organizará de forma distribuida en bases de datos, ficheros Excel, sistema de información geográfica ARCGIS y ficheros de carga del modelo matemático, etc., y además se presentará toda ella en formato papel y CD.

5.- CONDICIONES DE TRABAJO

5.1.- Encomienda, justificación e idoneidad