



Agencia de Medio Ambiente y Agua  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO



# **INFORME FINAL DEL PROYECTO “CONSULTORÍA Y ASISTENCIA PARA EL DESARROLLO DEL PLAN ESTRATÉGICO DE ACTIVIDADES DE APOYO A LOS ACUÍFEROS DEL PONIENTE ALMERIENSE (NET965081)”**

## **Documento 6**

**Informe Final de la Partida 5 del Contrato: “Adaptación de las infraestructuras preexistentes de información hidrogeológica, y apoyo a otras actividades científico - técnicas que se precisen en el desarrollo de la Fase I del Programa.”**

**Octubre de 2014**



## **ÍNDICE DEL DOCUMENTO 6: INFORME FINAL DE LA PARTIDA 5 DEL CONTRATO**

**6.1.- DEFINICIÓN DE LA ACTIVIDAD 5 DEL CONTRATO Y SUS TAREAS**

**6.2.- RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD 5 DEL CONTRATO CON LOS OBJETIVOS Y TRABAJOS DE LA FASE I DEL PROGRAMA**

**6.3.- REPARTO DEL PESO DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 5 DEL CONTRATO**

**6.4.- INFORMES PARCIALES Y FINALES REALIZADOS DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 5**

**6.4.1.- Informes anuales sobre el desarrollo de las tareas de la Partida 5**

a) TAREA 1: ANÁLISIS SELECTIVO DE LAS INFRAESTRUCTURAS PREEXISTENTES DE ALMACENAMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE ESTE CONJUNTO DE ACUÍFEROS, Y MEJORA DE LAS MISMAS.

b) TAREA 2: ADAPTACIÓN DE LOS DATOS DEL REGISTRO HISTÓRICO DEL IGME A LAS NECESIDADES DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y EXPLOTACIÓN., COMPLEMENTACIÓN DE HISTORIALES CON INFORMACIONES PREEXISTENTES DISPERSAS, INCLUYENDO LOS DATOS DE LA FASE I.

b.1) Descripción detallada del desarrollo de esta tarea: ejemplo año 2010 (del Documento 113).

c) TAREA 3: APOYO A OTRAS ACTIVIDADES CIENTÍFICO-TÉCNICAS PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS DE LA FASE I EN FORMA Y TIEMPO.

c.1) Desarrollo en el año 2009 (del Documento 112)

c.1.1) Para el Trabajo 1A

c.1.2) Para el Trabajo 1B

c.1.3) Para el Trabajo 1C

c.2) Desarrollo en el año 2010 (del Documento 113)

c.2.1) Para el Trabajo 1A: evaluaciones del bombeo 2007/08 – 2008/09

c.2.2) Para el Trabajo 1B: diseño, seguimiento y elaboraciones de datos de nuevas campañas de medidas de campo realizadas en 2010.

c.2.3) Para el Trabajo 2C (Clasificación / elaboración documental de informaciones generadas en la Fase I).

c.2.4) Para el Trabajo 2D

c.2.5) Contribución a la Actualización del análisis de la problemática de los acuíferos inferiores

**c.3) Del Documento 146 del año 2011**

**c.3.1) Introducción**

**c.3.2) Antecedentes relativos al conocimiento de la situación del conjunto de acuíferos de la Comarca del Campo de Dalías**

**c.3.3) Problemática local del paraje Balsa del Sapo**

**c.3.4) Síntesis de la evolución del funcionamiento del ASC y su relación con el nuevo humedal**

**c.3.5) Análisis detallado de las causas de la aceleración del ascenso del nivel en la laguna, en el período: Septiembre de 2009 a Febrero de 2011.**

**c.3.6) Síntesis, conclusiones y recomendaciones**

## Informe Final de la Partida 5 del Contrato: “Adaptación de las infraestructuras preexistentes de información hidrogeológica, y apoyo a otras actividades científico - técnicas que se precisen en el desarrollo de la Fase I del Programa.”

### Documento 6

#### **6. 1.- DEFINICIÓN DE LA ACTIVIDAD 5 DEL CONTRATO Y SUS TAREAS**

Se definió esta quinta Partida del Contrato como: “Adaptación de las infraestructuras preexistentes de información hidrogeológica, y apoyo a otras actividades científico - técnicas que se precisen en el desarrollo de la Fase I del Programa”.

Por sus características, la realización de estas actividades, incluidas en las tres tareas que se exponen a continuación, hubo que adaptarlas a las necesidades de los Trabajos en desarrollo sobre estos acuíferos, así como a las circunstancias que se produjeron (derivadas tanto de las características técnico – administrativas directas de la Fase ), como externas a la misma, durante su ejecución (por necesidades de apoyo a informes de urgencia -como el solicitado por la Junta de Andalucía en relación con el problema de inundaciones en el entorno de la Balsa del Sapo en abril de 2011- las debidas a la ocurrencia de condiciones climatológicas excepcionales cuya influencia en los acuíferos resultó de gran interés estudiar (por tratarse de una oportunidad única), necesidad de complementación de tareas diversas, etc., lo que supuso la prolongación del proyecto (sin incremento en su financiación) durante el tiempo necesario para ello, etc..

Los resultados parciales y finales de cada una de las Actividades Administrativas del Convenio precisaron estar disponibles para cualquier Trabajo de la Fase I (tanto durante el periodo de ejecución de dicha fase, como para la siguiente del Programa) para lo que resultó necesario adaptar las infraestructuras de datos preexistentes (haciéndolos más operativos para estos Trabajos) e incluir en ellos la información que se considerara necesaria (del IGME y externa al mismo, previamente validada) para el desarrollo de todos los Trabajos definidos.

Esta partida del Contrato también incluyó el apoyo a otras actividades científico – técnicas de la Fase I del Programa, según se vio la necesidad desde la Dirección hidrogeológica del mismo, atendiendo a la buena marcha y coordinación de todos sus Trabajos.

Las tareas de la Partida 5 fueron tres. Se trata de:

- a) **tarea 1:** Análisis selectivo de las infraestructuras preexistentes de almacenamiento y explotación de la información hidrogeológica de este conjunto de acuíferos, y mejora de las mismas, de manera que resulten más operativas para el desarrollo y la coordinación de las distintas actividades de la Fase I.

- b) **tarea 2:** Adaptación de los datos del registro histórico del IGME a las necesidades de las infraestructuras de almacenamiento y explotación de mayor interés, complementando, en lo posible, dichos historiales con informaciones preexistentes dispersas, tanto del IGME como de otras entidades (una vez determinada la representatividad de estas últimas), e incluyendo los datos generados durante la Fase I que se consideren necesarios para el desarrollo del Programa.
- c) **tarea 3:** Apoyo a otras actividades científico-técnicas específicas que fuera procedente, a decidir por la dirección hidrogeológica de la Fase I del Programa, para alcanzar los objetivos de la misma en la forma y tiempo más adecuados a las necesidades

## 6. 2.- RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD 5 DEL CONTRATO CON LOS OBJETIVOS Y TRABAJOS DE LA FASE I DEL PROGRAMA

La quinta Partida del presente Contrato constituye, como el resto de las incluidas en el mismo, una serie de tareas desglosadas del conjunto de las correspondientes a los Trabajos que se definieron para la Fase I del Programa, realizadas coordinadamente con las otras tareas que asumieron las Partes para alcanzar los objetivos de esta fase. En este caso, se han realizado grupos de tareas tanto de diseño, como de ejecución y de control de calidad.

De las Actividades Administrativas del Convenio para la Fase I asumidas por la AAA (de la 8 a la 12) esta Partida 5 del Contrato equivale a la **Actividad Administrativa 12**. Como se indicó en la Memoria Final de la Fase I, la Actividad Administrativa número 12 (o quinta partida de este Contrato) estuvo implicada en varios objetivos:

- Objetivo 1: Actualización del conocimiento del estado de partida del funcionamiento del subsistema y de su infraestructura de uso.
- Objetivo 2: Selección de alternativas de bombeo de mayor interés (primera orientación) con reducción en acuíferos inferiores y aumentos en coberteras en zonas estratégicas escogidas.
- Objetivo 5: Resultados de la Fase I del Programa
- Objetivo 6: Dirección y coordinación hidrogeológica general de la Fase I del Programa.

En el **cuadro 6.2.1** se exponen todos los Trabajos de la Fase I, indicando en los que **quedó integrada** esta Partida 5. Se trata esencialmente de **9 Trabajos**. Fueron: los Trabajos 1A, 1B, 1D, 1E (del Objetivo Primero), los Trabajos 2B, 2C y 2D del Objetivo Segundo, así como el Trabajo 5A (del Objetivo Quinto) y el Trabajo 6A del último objetivo de la Fase I.

En el **cuadro 6.2.2** se reflejan también estas implicaciones de la Partida 5 del Contrato (o Actividad Administrativa 12) en los Trabajos de la Fase I.

<b>Trabajos del Objetivo 1</b>	
1A	Actualización de explotaciones
1B	Actualización del conocimiento de la piezometría
1C	Contraste / modificación del modelo geométrico del subsistema
1D	Detección de principales focos de contaminación por su potencial influencia en los acuíferos inferiores
1E	Actualización del conocimiento de la calidad general del agua en los principales acuíferos.
1F	Resultados del Objetivo 1
<b>Trabajos del Objetivo 2</b>	
2A	Selección preliminar de zonas estratégicas preferentes para la reorientación de extracciones
2B	Mejora del conocimiento de la calidad del agua en zonas estratégicas preferentes de los acuíferos
2C	Clasificación documental de informaciones hidrogeológicas preexistentes y generadas en relación con las zonas estratégicas y el funcionamiento general
2D	Análisis del conocimiento hidrodinámico de las zonas estratégicas y su mejora en las preferentes
2E	Actualización del análisis de la problemática de los acuíferos inferiores
2F	Análisis de la conveniencia / viabilidad de recargar en el AEBN, como medida protectora del AIO.
2G	Resultados del Objetivo 2
<b>Trabajos del Objetivo 3</b>	
3A	Investigación de multitrazadores para la evaluación cualitativa de los cambios en las tendencias negativas de la calidad del agua de los acuíferos inferiores, con las operaciones que se propongan
<b>Trabajos del Objetivo 4</b>	
4A	Coordinación de los resultados del Estudio hidrogeológico con las actuaciones de ACUAMED para el manejo de los distintos tipos de recursos
<b>Trabajos del Objetivo 5</b>	
5A	Memoria Final
<b>Trabajos del Objetivo 6</b>	
6A	Dirección, gestión y coordinación de los equipos técnicos y de la información

**Cuadro 6.2.1:** los Trabajos de la Fase I del Programa, resaltando aquellos en los que intervino la Partida 5 de este Contrato.

TRABAJOS DE LA FASE I	PRINCIPALES ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS IMPLICADAS
1A	Actividades 1, 4, 12 y 13
1B	Actividades 1, 3, 12 y 13. Entre 2012-2013 sólo IGME
1C	Actividades 4 y 13. Entre 2012-2013 sólo IGME
1D	Actividades 1, 4, 6, 8, 12 y 13
1E + 2B	Actividades 1, 2, 4, 8, 10, 11, 12, 13, 14 y 15. Entre 2012-2013 sólo IGME
2A	Actividades 9 y 13
2C	Actividades 3, 12 y 13. Entre 2012-2013 sólo IGME
2D	Actividades 1, 4, 6, 8, 12 y 13
2E	Actividades 4 y 13
2F	Actividades 1, 6, 13 y 17a
3A	Actividad 16
4A	Actividad 17b (EGMASA y Partes del Convenio)
5A	Actividades 8, 12 y 13
6A	Actividades 3, 8, 12 y 13

**Cuadro 6.2.2:** Actividades Administrativas implicadas principalmente en la ejecución los Trabajos de la Fase I, señalando en rojo la número 12 (Partida 5 del Contrato) y los Trabajos de la Fase I en que intervino.

### 6.3.- REPARTO DEL PESO DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 5 DEL CONTRATO

En el **cuadro 6.3.1** se observa cuál fue el desarrollo por períodos de esta Partida 5 del Contrato (del global y sus tareas, en 2008, 2009, 2010 y 2011-2014). Entre 2008 y 2010 el peso de su realización estuvo bastante repartido, con el valor máximo (35.5%) en 2009, año en que ya estaban en marcha todas las Actividades Administrativas que se ejecutaron de la Fase I. Al inicio de 2011 ya se había consumido cerca del 92% de la Partida.

PERIODOS →					2008	2009	2010	2011 - 2014
PARTIDA Y ACT. ADM.	precio (sin IVA) €	tarea		% aprox Partida	% ejecu- tado	% ejecu- tado	% ejecu- tado	% ejecu- tado
PARTIDA 5 = Act. Adm. 12	169839.66	infraest pree	1	20.0%	10.0%	5.0%	5.0%	
		datos	2	40.0%	13.2%	10.5%	16.1%	0.2%
		apoyos	3	36.0%		20.0%	11.0%	5.0%
		documento	4	4.0%			1.0%	3.0%
	169839.66	<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>23.2%</b>	<b>35.5%</b>	<b>33.1%</b>	<b>8.2%</b>

**Cuadro 6.3.1:** Desarrollo temporal de la ejecución de la Partida 5 de este Contrato (Actividad Administrativa 12 del Convenio) y de sus tareas, para los períodos: 2008, 2009, 2010 y 2011-2014.

Su primera tarea se ejecutó básicamente entre 2008 y 2010, cuando se habían obtenido ya la mayor parte de las informaciones básicas para el Objetivo 1 de la Fase I (asociados a muestreos de agua, registros, niveles piezométricos, características de la infraestructura de uso, etc.) de manera que había sido necesario llevar a cabo las actualizaciones de principales modificaciones y mejoras en las infraestructuras de explotación y almacenamiento.

El presupuesto existente para llevar a cabo la tarea 2 de esta Partida del Contrato finalizó prácticamente en 2010, con lo que desde entonces hasta el final del período de prórrogas de la Fase I sólo pudo proporcionar un apoyo a las actividades de carga de datos recogidos por el IGME entre 2011 y 2013. En cuanto a los apoyos necesarios a otros Trabajos de la Fase I (tarea 3 de esta Partida), se financiaron por la misma entre 2009 y 2011, y, como en el caso de la tarea anterior, quedó una parte pequeña para contribuir a necesidades que hubo que hacer frente en el período desde 2012 hasta la terminación de la Memoria Final.

### 6. 4.- INFORMES PARCIALES Y FINALES REALIZADOS DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 5

Entre **2008 y 2010** se llevaron a cabo **3 informes anuales** (de diciembre de 2008, diciembre de 2009 y diciembre de 2010, en los Documentos 111, 112 y 113 del Control Documental de la Fase I), conteniendo el desarrollo de cada una de las distintas tareas de este



Actividad 5 del Contrato que afectaron fundamentalmente a los Trabajos 1A, 1B, 1D, 1E, 2B, 2C, 2D, 5A y 6A de la Fase I.

Estos informes anuales englobaron, o actualizaron, los documentos realizados durante cada año, en los que se había participado desde esta Actividad Administrativa (Partida 5 del Contrato). En el apartado 6.4.1 se presentan, por tareas de la Partida 5, los resultados principales de los mismos.

Entre 2011 y 2014 las labores de esta Partida 5 se integraron en los documentos de resultados de los Trabajos 1A, 1B, 1D, 1E, 2B, 2C, 2D, 5A y 6A a los que estuvo asociada. Los apoyos al Trabajo 1D formaron parte del informe final del mismo (Documento 161, de 2011, en el Anexo 5 de la Memoria Final).

Los relacionados con el control de calidad del Trabajo 2D se incluyeron en sus informes finales (Documentos 179, 181 y 184, de 2012, en el Anexo 8 de la Memoria Final). Además, en relación con la temática del Trabajo 2D, pero fuera de los trabajos diseñados para la Fase I, se llevó a cabo el Informe “INFORME SOBRE LAS CAUSAS DE LA ACELERACIÓN DEL CRECIMIENTO DE NIVELES DE AGUA EN LA LAGUNA DE LA Balsa del SAPO EN EL ENTORNO DE LAS NORIAS (EL EJIDO, ALMERÍA)”, 17 de Marzo de 2011, realizado a solicitud de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta (Documento 146, en Anexo 13 de la Memoria Final).

Las tareas de esta Actividad 5 relacionadas con el control de calidad de tareas realizadas por las Partes para la consecución de los trabajos 1E y 2B, entre 2011 y 2012, se incorporaron a los Documentos 127, 191, 214 y 231 (todos ellos en el Anexo 6 de la Memoria Final).

Los resultados de la Actividad Administrativa 12 (Partida 5 del Contrato) en apoyo a la realización de los Trabajos citados (1A, 1B, 1D, 1E, 2B, 2C, 2D, 5A y 6A) quedaron, por otra parte, integrados en los 11 informes emitidos durante el desarrollo de la Fase I y sus prórrogas, entre 2009 y 2013, donde se fueron avanzando lo más destacable ya alcanzado de los objetivos principales de la Fase I (en el Anexo 13 de la Memoria Final). Se trató de los denominados: Documento 53 (de abril de 2009); 239 y 102 (de marzo y octubre de 2010); el 155 (de julio de 2011); los Documentos 176, 191, 199 y 203 (de febrero, marzo, julio y octubre de 2012); y los Documentos 224, 229 y 238 (de abril, septiembre y noviembre de 2013). Las últimas interpretaciones de todos ellos se incluyeron en la Memoria Final de la Fase I (Trabajo 5A): en el capítulo 6 para los Trabajos 1A, 1B, 1D, 1E y 2B; en el capítulo 7 para el Trabajo 2C y 2D, y en el capítulo 8 para el caso del Trabajo 6A.

#### **6.4.1.- Informes anuales sobre el desarrollo de las tareas de la Partida 5**

Ordenados por tareas de esta Partida se incluye el desarrollo de sus contenidos, que fue descrito en los informes aportados anualmente sobre las mismas.

**a) TAREA 1: ANÁLISIS SELECTIVO DE LAS INFRAESTRUCTURAS PREEXISTENTES DE ALMACENAMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE ESTE CONJUNTO DE ACUÍFEROS, Y MEJORA DE LAS MISMAS.**

El estudio de las infraestructuras de almacenamiento y explotación de la información hidrogeológica de este conjunto de acuíferos (que existían al inicio de la Fase I, con vistas a la mejora de su operatividad para el desarrollo y la coordinación de las distintas Actividades Administrativas y Trabajos de la Fase I) se llevó a cabo entre 2008 y 2010, quedando resumido en los informes anuales presentados de dichos años.

Para coordinar informaciones sobre los datos hidrogeológicos básicos a consultar, en 2008 se llevaron a cabo labores mediante las cuales se mejoraron los almacenamientos de datos y la explotación de los mismos.

A este respecto, entre las modificaciones llevadas a cabo destacaron las relacionadas con el diseño de gráficos para facilitar la realización de las tareas de análisis de la representatividad de puntos y datos, así como de series temporales del registro histórico.

Estas modificaciones, que se complementaron en 2009 y 2010 para optimizar la explotación de la información, permitieron llevar a cabo consultas rápidas a los almacenes de datos, y confeccionar gráficos de evoluciones de los contenidos piezométricos e hidroquímicos (hidrogramas y quimiogramas) en los que quedaron incluidas, de forma gráfica, informaciones sobre la recogida de datos en campo, imprescindibles para las interpretaciones recogidas en los distintos Trabajos de la Fase I.

Un ejemplo de los gráficos diseñados se presenta en la **figura a.1** para el punto de agua del ASC denominado 114-D, en su identificación de proyecto, o 224420077 según su número de inventario nacional. El gráfico refleja, en este caso, el historial de los contenidos catiónicos de las muestras de agua existentes en el registro histórico hasta 2007. En su parte inferior se indican las fechas de toma de las muestras, los minutos de bombeo para su recogida o las profundidades específicas de ello (en este caso sin datos: "Vacías"). No es un gráfico de tipo x-y sino un gráfico de líneas para comparación de las condiciones de recogida de las muestras. En el ejemplo del punto escogido, esta comparación de condiciones resulta fundamental, ya que se producen cambios sustanciales en los contenidos hidroquímicos cuando las muestras se recogen con tiempos de bombeo pequeños o en condiciones de reposo; los datos del registro histórico, derivados de estas dos circunstancias, no resultan comparables con los del resto del mismo.

En la **figura a.2** se presenta parte del contenido de la base de datos de análisis químicos (AGAQ) para ese mismo punto (esta vez desde 2007 a 2010). Se observa el diseño de la página de introducción a los datos del registro analítico (almacén AGAQ) que incluye, para cada análisis químico almacenado, tanto las condiciones de muestreo, como la identificación del laboratorio, la fecha de realización de los análisis, y los valores de determinadas variables (Conductividad eléctrica y temperatura del agua obtenidas en campo, concentraciones de cloruros, nitratos y sílice de las analíticas) de especial interés para chequear la calidad de nuevas mediciones, estudiar tendencias hidroquímicas, etc.

Durante 2009 y 2010 se llevó a cabo una complementación del modelo de datos utilizado por el IGME-Almería con el fin de correlacionar nuevas variables obtenidas y que no disponían de soporte. Para ello se realizó una revisión del modelo preexistente, así como de las correlaciones entre las distintas tablas (antiguas y nuevas), que permitió la integración/adequación de todas las nuevas variables de interés (figura a.3)

Así mismo se diseñó la estructura de una nueva base de datos, capaz de correlacionar los modelos de datos del IGME y REDIAM de modo que el trasvase de información de IGME a REDIAM, fuera rápido y eficaz; esta nueva base de datos, integrada en un sistema de información (SIG) es una herramienta técnica, utilizable tanto en la explotación de datos, así como, en su caso, en la toma de decisiones. También se diseñaron y modificaron formatos de presentación de resultados para hacer más eficaz el chequeo-depuración de los distintos parámetros obtenidos, tanto externos como internos a la Fase I.

224420077 / 114-D

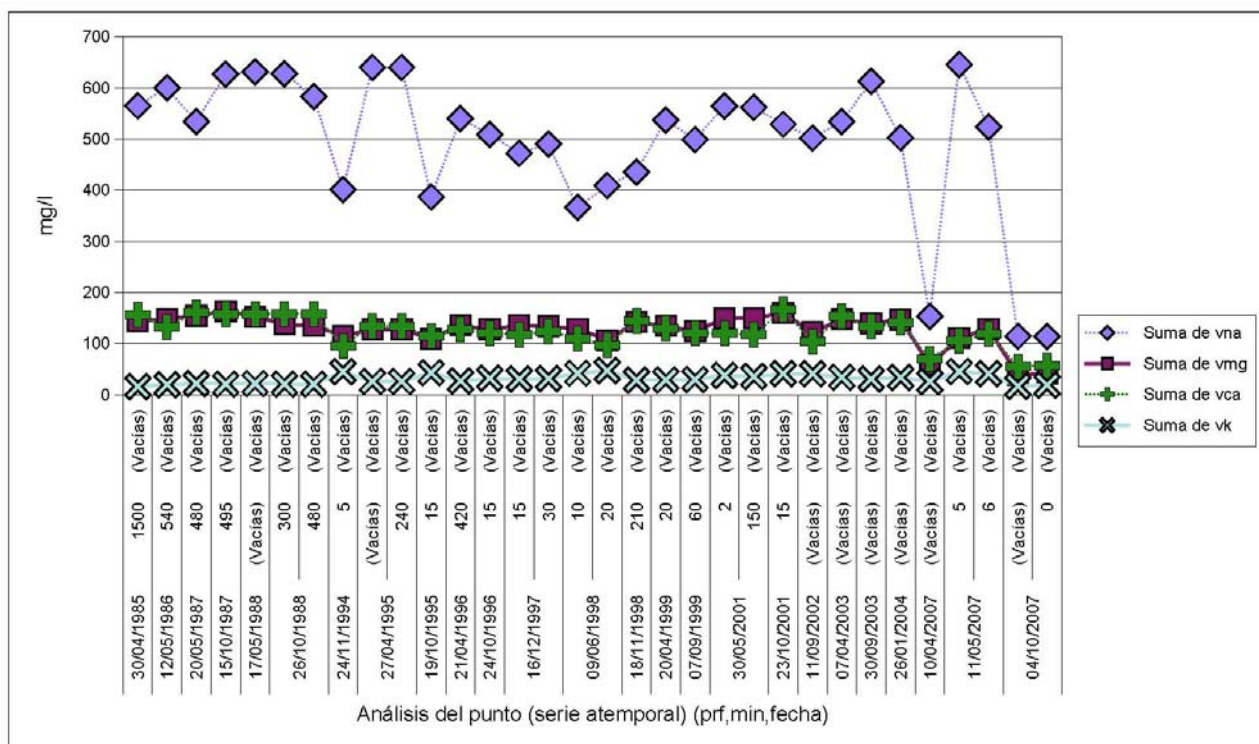


Figura a.1: Tipo de gráfico de trabajo creado para estudio de los contenidos químicos del agua de los puntos de los redes de observación en relación con las condiciones de extracción / profundidades específicas de los muestreos realizados.

IGME/pafm Referencias de puntos acuíferos

Num. Inv. Nacional: ROQUETAS DE MAR 2244 2 77  
 Num. Proyecto: 114 D DALIAS

224420077  
 114-D  
 16/02/1998

F. Entorno FICHA AGEX AGRI AGHD  
 Doc.Relac Propietario AGCA AGAQ AGPZ  
 Imágenes AGLI Bromuros Metales Salir

Observaciones: Red CMA

Toponimia: IGME/pafm Análisis químicos (AGAQ)

Acuífero: 224420077 114-D CDTA: 31.28

F. toma	Mu.	M.T.	F. análisis	Lab.	Prof.	Tiempo	Cond.	T °C	Cloruros	Nitratos	Silice
04/10/2007	01	B	10/12/2007	I			1124	25	198	20	20.3
04/10/2007	02	B		9			1140		192	21	18
16/04/2008	01	Z		9			1810	20	271	47	18
15/10/2008	01	Z		9			2470	22	445	117	22
18/11/2008	02	T	03/02/2009	I		60	3794	22	720	210	22.3
18/11/2008	01	T	03/02/2009	I		15	3974	22	830	240	20.9
15/04/2009	01	Z		9			2380	21	378	111	22
05/11/2009	01	Z		9			2320	24	339	106	23
06/04/2010	01	Z		9			1785	20	223	75	22
07/09/2010	01	Z		9			2115	23	311	121	21

NUM. PUNTOS: 1  
 Cuenca: 6  
 SISTEMA ACUIFERO:  
 Zonal //SUB1:  
 Subsistema //SUB2:  
 Acuífero //SUB3:  
 Área //SUB4:  
 NATURALEZA: 9  
 Pozo con sondeo  
 INSTALACION: 3  
 PERIMETRO: 0 No es base  
 ESCALA: 3 1: 50.000  
 CAMBIOS: 0 Primera instrucción de la ficha  
 FECHA CAMBIOS: 72

Gráficos Hidroquímicos Evoluciones Cerrar

Registro: 1 de 5 Sin filtro Buscar

Figura a.2: diseño de la página de entrada a la base de datos de análisis químicos (en azul).

224420077  
 114-D  
 16/02/1998

Buscar

CROQUIS

P. Entorno FICHA AGEX AGRI AGHD  
 Doc.Relac Propietario AGCA AGAQ AGPZ  
 Imágenes AGLI Bromuros Metales Salir



25/02/2011

Figura a.3: Nuevos almacenes de datos (FICHA, Propietario, P. Entorno, Imágenes, Bromuros y Metales) relacionados con los preexistentes (AGAQ, AGPZ, etc.) que fueron incluidos en la aplicación para su manejo en la Fase I.

En los requerimientos iniciales del modelo de datos se hizo referencia a:

- \* capacidad para tener relacionados todos los parámetros hidrogeológicos reunidos.
- \* versatilidad en el filtrado y manipulación de datos.
- \* conectividad con un sistema de información geográfica, desde el dato fuente, y así tener el acceso a los datos actualizados siempre al momento.

- \* formato de variables fijo que permita a los usuarios un manejo fácil o intuitivo.
- \* capacidad y flexibilidad para la creación de consultas y filtros, según demandas de la actividad.

El modelo de datos inicial fue definido en MS Office Access 2003, partiendo de la estructura de almacenamiento del IGME sobre la que se actualizaron/crearon las tablas de información. Se revisó/actualizó con el fin de adecuar, en lo posible, el modelo de datos a las demandas del trabajo científico –técnico. Como se ha dicho, esta nueva base de datos está integrada en un sistema de información (SIG), para su utilización como herramienta técnica, tanto en la explotación de datos, como en apoyo a la toma de decisiones que sea necesaria.

Respecto a la conexión, se realizó en ArcGIS v.9.2 mediante una conexión OLE DB (*Object Linking and Embedding for Databases* o enlace e incrustación de objetos para bases de datos). Los proveedores de conexiones OLE DB vienen con ArcCatalog y, aunque su conexión es directa, es necesario seguir una serie de normas para evitar problemas, fundamentalmente si se quieren unir (“join”) tablas de Access a otra tabla/shape en ArcMap, de manera que:

- los nombres de los campos deben comenzar con una letra
- los nombres deben contener sólo letras, números y subrayados
- los nombres no deben exceder los 64 caracteres
- los nombres no deben contener palabras reservadas por Microsoft

Durante 2010 se realizaron dos trasvases de información para ver la correlación y adaptación de los formatos: el primero, realizado el 3 de junio de 2010, contenía como tablas principales las profundidades de agua y análisis químicos obtenidos desde el 1 de enero de 2008 a dicha fecha, que habían sido validados e informatizados, así como la tablas paralelas con las características de los puntos en los que se había realizado una medida de nivel del agua o tomado una muestra de agua, y todas las tablas de codificación necesarias para la traducción de los parámetros anteriores. El segundo trasvase de información se realizó el 19 de julio de 2010, con idénticas características que el anteriormente realizado, si bien a petición de EGMASA se incluyó una tabla con las características de todos los puntos conocidos en los acuíferos del Poniente Almeriense. Además se transfirieron capas (Shape) con la identificación de la masa de agua, las áreas de explotación de los acuíferos de la zona y la delimitación de áreas estratégicas preferentes, tanto de los acuíferos inferiores como de los de cobertera.

También en 2010, se inició la adaptación principal de INAQUAS, una pequeña aplicación diseñada por Luis Moreno Merino y Almudena de la Losa Roman, con ISBN 978-84-7840-779-8, en formato Excel para la ayuda en la interpretación de análisis químicos de aguas subterráneas destinadas al consumo humano, el envasado, al uso industrial o al riego.

La aplicación permite, además del almacenamiento ordenado de los datos analíticos, la elaboración de todos los gráficos de uso frecuente, en análisis hidroquímicos y de calidad; realizar cambios de unidades; hacer el cálculo de índices e indicadores; construir tablas de comparación con la legislación que regula la calidad del agua; exportar a formatos que otros programas de

interpretación de análisis emplean como entrada de información, así como la emisión de informes sencillos sobre la calidad del agua.

Se optó por esta aplicación dada su facilidad de uso y capacidad de gestión de datos, lo que solventa los habituales problemas de otros programas comerciales, así como la facilidad de actualización – implementación de su código. El manejo del programa sólo necesita, además de la formación hidroquímica mínima, un conocimiento a nivel de usuario de la hoja de cálculo Excel.

Se utilizó la versión 2.0 (2010) de esta aplicación, sobre la cual se implementó una conexión a una base de datos en formato MS Access 2003 con estructura de campos definida por la base de datos de la Unidad de Almería del IGME, que permitía, de una forma ágil, la adquisición de datos ya incluidos en las bases y un almacenamiento intermedio, en la propia hoja de cálculo, para permitir la acumulación de consultas y/o la decisión de uso de determinados análisis químicos. Ésta, a su vez, sirvió de acceso a los procedimientos definidos en INAQUAS.

La modificación llevada a cabo, necesaria para el estudio de los numerosos datos obtenidos en la Fase I, supuso básicamente añadir a la aplicación fuente nuevos módulos de funcionamiento en Visual Basic. No se realizaron modificaciones sustanciales o de funcionamiento sobre los módulos de cálculo originales, pero sí fue necesario realizar algunas modificaciones en los módulos originales de secuencia, adaptando los mismos a las nuevas necesidades de captura y automatismo de los datos.

Sin embargo, más adelante, algunos de los cálculos de la aplicación mostraron errores a lo largo de su uso (que habrá que solventar en fases posteriores del Programa), por lo que, finalmente, sólo llegó a utilizarse la aplicación para los cálculos de los parámetros principales y gráficos de los mismos.

#### **b) TAREA 2: ADAPTACIÓN DE LOS DATOS DEL REGISTRO HISTÓRICO DEL IGME A LAS NECESIDADES DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y EXPLOTACIÓN., COMPLEMENTACIÓN DE HISTORIALES CON INFORMACIONES PREEXISTENTES DISPERSAS, INCLUYENDO LOS DATOS DE LA FASE I.**

En 2008 se iniciaron estas tareas en relación con la inclusión, en los bancos de datos del IGME, de los resultados analíticos correspondientes principalmente a la información aportada por los puntos de las redes de observación de la Cuenca Mediterránea Andaluza de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías. Previamente a la carga de estas medidas en dichos almacenes de datos, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la representatividad de cada una de las variables existentes (y sus unidades) para hacerlas comparables con las incluidas en el registro histórico del IGME, y tras la carga - revisión de datos, se procedió a la validación preliminar de las medidas externas al IGME, mediante su comparación con las preexistentes del registro histórico.

A lo largo de 2009 y 2010 se continuó con la carga y depuración de las distintas informaciones obtenidas (directamente en el proyecto, desde el Organismo de Cuenca, así como de informaciones facilitadas por usuarios de estos acuíferos). Previamente a la carga, como se comentó para 2008, se realizó una validación de estas informaciones buscando, en lo posible, una homogeneidad con el registro histórico del IGME, a veces muy difícil de obtener por los diferentes controles realizados en el momento de la toma de los distintos parámetros, una exigencia para el caso de dicho Instituto, inexistente en el resto de las informaciones.

Se llevó a cabo la validación de las medidas externas al IGME incluidas en los bancos de datos, mediante su comparación con las preexistentes del registro histórico del IGME, utilizando para ello las herramientas gráficas específicas ya diseñadas (incluidas en la tarea 1 de esta Partida 5) y, si éstas resultaron de dudosa representatividad (tanto de la medida como, incluso, con falta de certeza sobre la identidad de los puntos observados) no fueron incorporadas a los bancos de datos.

Un ejemplo sobre las labores realizadas para la tarea 2 de la Partida 5 de este Contrato, con explicaciones de detalle sobre las mismas, se expuso en el volumen 4 del Documento 113, de diciembre de 2010; parte de sus contenidos se presentan en el apartado b.1.

Para el período de Prórrogas de la Fase I, prácticamente el presupuesto para esta tarea estaba agotado, de manera que el pequeño remanente se utilizó para apoyar a la carga de medidas obtenidas en 2011. La mayoría de la carga de informaciones de interés sobre los acuíferos del Campo de Dalías se llevó a cabo, en 2011 – 2013, con presupuesto del IGME ajeno al Convenio.

#### b.1) Descripción detallada del desarrollo de esta tarea: ejemplo año 2010 (del Documento 113).

Dentro de esta tarea 2 de la Partida 5 se realizaron diferentes labores. En cuanto a las **adaptaciones de datos de variables hidroquímicas internas a la Fase I (concentraciones medidas de metales / metaloides, sílice etc.)**, se comprobaron sus resultados con los datos del registro analítico histórico a través de la aplicación de la base de datos hidroquímicos, como se venía haciendo desde el inicio de las labores de esta tarea en 2008.

También surgieron otros errores y contrastes que hubo que acometer. Ya en el año 2009 se observaron **anomalías en las concentraciones de sílice** de las muestras de algunos puntos muestreados, por lo que se contrastaron esos análisis en el laboratorio mediante repeticiones de los mismos. Durante el año 2010, volvieron a detectarse anomalías en esta variable en los resultados analíticos y, tras la investigación realizada por el laboratorio del IGME, se concluyó que desde 2008, en algunos análisis, los resultados medidos habían sido superiores a los reales.

El laboratorio obtuvo un patrón de corrección de estas medidas (que implicaba la división del valor dado inicialmente entre 1.1 o entre 1.3, para rangos de sílice inferiores o superiores a 5 respectivamente) y, de esta manera, en el año 2010 se realizó, a partir de dicho patrón, la corrección de los datos de sílice afectados (los obtenidos desde 2008 hasta mediados de 2010).

También en relación con la base de datos hidroquímicos, durante la creación del almacén de datos de metales y metaloides en aguas en 2010, fue necesaria la **adaptación de las unidades de la concentración de hierro**, con el fin de que los resultados históricos pudieran ser comparables, ya que desde 2008 se produjo un cambio de unidades en los mismos (desde mg/L a µg/L).

Por otra parte, como en años anteriores, en la tarea 2 se incluyeron las **Cargas de datos obtenidos con la Fase I, de la DH Mediterráneo y de usuarios**, previamente chequeados y validados.

Durante la Fase I se fueron solicitando periódicamente a la Agencia Andaluza del Agua datos de precipitaciones, calidad de las aguas subterráneas y piezometría de los puntos controlados en sus redes, en la zona objeto de estudio, con la finalidad de unirlos a los datos obtenidos de la Fase I para, de esta forma, tener la máxima información posible a la hora de realizar todos los tratamientos e interpretaciones posteriores.

En el caso de la piezometría y de los datos de calidad química del agua, el procedimiento a seguir fue el mismo ya comentado: un chequeo previo de los datos recibidos, con el fin de confirmar que el tipo de datos, puntos y periodo de los mismos coincidían con la petición realizada; el análisis de su validez (por comparación con datos anteriores, simultáneos y posteriores existentes en el registro histórico); y la carga en la base de datos utilizadas en la Fase I (validando dicha carga comparando los datos incluidos en las bases con los datos fuente).

A continuación se describe cada tipo de datos, de las redes de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías de la AAA, objeto de este tratamiento.

### Carga de datos de la red de piezometría

Se trataron del orden de 1900 datos de piezometría, distribuidos en el periodo desde noviembre de 1998 hasta abril de 2010. En la **tabla b.1.1** se muestran los puntos de los que se han obtenido datos procedentes de la Agencia Andaluza del Agua.

Piezómetro	Descripción	CodUH	DenominaciónUH	Provincia	Municipio	UTMX	UTMY	Cota_m
485-BJ	Rambla de Balanegra	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Berja	509300	4067950	75
738-D	Tierras de Almería	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Ejido (El)	519550	4066500	50
739-D	Rambla Santa María del Águila	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Ejido (El)	520350	4070600	50
740-D	Castillo Guardias Viejas	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Ejido (El)	513400	4062000	40
741-D	Los Atajuelos	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Ejido (El)	512900	4072300	280
742-D	Piedras Negras	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Ejido (El)	515950	4073550	270
777-D	Rambla de Bernal	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Ejido (El)	524565	4073017	220
778-D	Rambla del Capitán	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Ejido (El)	518201	4073038	250
38-E	Barranco del Palmer	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Enix	541700	4076100	100
99-FE	Rambla de Carcauz	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Mojoera (La)	528100	4069700	60
270-RM	R. las Hortichuelas-C° los Castillejos	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Roquetas de Mar	535000	4077950	250
271-RM	Rambla las Hortichuelas (zona costera)	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Roquetas de Mar	537200	4072900	8
272-RM	Rambla las Hortichuelas	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Roquetas de Mar	536300	4073800	45
273-RM	Rambla del Algibe	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Roquetas de Mar	532250	4070200	35
274-RM	Cortijos de Marín	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Roquetas de Mar	530850	4068700	30
275-RM	Rambla Vínculo	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Roquetas de Mar	534500	4069900	5
169-VC	Rambla de Algibe	06.14	CAMPO DE DALIAS	Almería	Vícar	532550	4071800	56

**Tabla b.1.1:** Puntos con datos procedentes del DHM que fueron incluidos en nuestras bases.



## Carga de datos de la red de calidad del agua.

En 2010, se trataron del orden de 130 análisis químicos de los puntos de control que se muestran en la **tabla b.1.2**, muestreados entre 2002 y abril de 2009 (en muchos de los cuales existen del orden de 120 parámetros por análisis). De todos los análisis se cargaron los parámetros mayoritarios que constituyen el análisis normal, para poder adaptarlos al formato de la base del IGME y por ser los más necesarios para los trabajos en desarrollo. Dado que los datos se recibían con un desfase temporal, a la fecha del informe de 2009 estaban pendientes de carga los últimos recibidos (de noviembre de 2009, abril de 2010 y septiembre de 2010).

PUNTO	Descripción	DenominaciónUH	DenominaciónMA	Cuenca	Municipio	Subsistema	UTMX	UTMY	Cota	Escala 1:50000	Estado
546-BJ	Sondeo del canal alto de Balanegra	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Barja	III-4	508926	4067548	61,9	1057	En Activo
708-D	Sondeo cuenca Alacranes	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Ejido (El)	III-4	509996	4067747	78,6	1057	En Activo
609-D	Sondeo Puzosnicos	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Ejido (El)	III-4	515000	4070800	130	1058	En Activo
625-D	Sondeo E-3 La Cumbre	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Ejido (El)	III-4	520336	4066726	46,5	1058	En Activo
682-D	Sondeo Rambla de Bernal	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Ejido (El)	III-4	524662	4073586	237	1058	En Activo
159-VC	Sondeo La Canal o El Cañuelo	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Vicar	III-4	530400	4070700	65	1058	En Activo
86-FE	Sondeo en Rambla Carcaux	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Mejenes (La)	III-4	527100	4073400	214	1058	En Activo
92-FE	Sondeo en Venta al Cosario	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Mejenes (La)	III-4	528069	4072210	158,7	1058	En Activo
144-VC	Sondeo Casablanca	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Vicar	III-4	526700	4074250	265	1058	En Activo
216-RM	Sondeo C.R. San Judas	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Roquetas de Mar	III-4	536641	4075164	97,92	1058	En Activo
454-BJ	Sondeo Balverde	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Barja	III-4	508449	4069176	163,25	1057	En Activo
726-D	Sondeo Union de Todos	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Ejido (El)	III-4	514050	4068441	82	1058	En Activo
114-D	Sondeo las Norias	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Ejido (El)	III-4	522072	4068336	30	1058	En Activo
82-VC	Pozo Adrita	CAMPO DE DALLAS	CAMPO DE DALLAS-SIERRA DE GADOR	ADRA - ANDARA X	Vicar	III-4	533457	4072465	57,08	1058	En Activo

**Tabla b.1.2:** Puntos de la red de calidad del DH Mediterráneo.

Para este tipo de datos el procedimiento seguido fue el mismo que para la piezometría, con la particularidad de que el formato en el que se reciben no posibilitaba su carga de forma sencilla, sino que ha sido necesario modificar los archivos para darles un formato cómodo a la hora de introducir los datos en la base.

Lo anteriormente expuesto ha supuesto un trabajo bastante laborioso, que ha generado una importante inversión de tiempo (con el riesgo añadido de poder cometer más errores, al tener que manipular mucho estos datos fuente). Este riesgo, ha conducido a tener que realizar una validación aún más escrupulosa, si cabe, que en los demás tipos de datos, con la consecuente inversión de tiempo adicional para ello. Tras este procedimiento previo ha habido que seleccionar los parámetros a cargar y ordenarlos según el formato de la base para disminuir el riesgo de cometer errores en la carga.

### Carga de datos pluviométricos

Los datos pluviométricos tratados pertenecen a cuatro estaciones meteorológicas que se muestran en la siguiente **tabla b.1.3** (Felix, Mojonera de Felix, Laujar – Monterrey y Las Palmerillas). De estas cuatro estaciones, los datos de las tres primeras fueron aportados por la Agencia Andaluza del Agua y los de la estación de Las Palmerillas se obtuvieron a través de su página web.

Estacion	Descripcion	Provincia	Municipio	UTMX	UTMY	Altitud
0081	FÉLIX	Almería	Felix	530553	4080356	812
0129	MOJONERA DE FELIX (La)	Almería	La Mojonera	528738	4067716	80
0132	MONTERREY	Almería	Láujar de Andarax	509117	4097871	1280
	LAS PALMERILLAS	Almería	El Ejido	525276	4072789	155

**Tabla b.1.3:** Estaciones meteorológicas de la zona, de las que se han tratado datos de precipitaciones (Felix, La Mojonera de Felix, Laujar – Monterrey y Las Palmerillas).

A fecha de redacción del informe (Documento 113) se habán tratado los datos de precipitaciones desde junio de 2005 hasta septiembre de 2010, en el caso de las estaciones de Felix, La Mojonera y Monterrey, y desde enero de 2009 hasta marzo de 2010 para las Palmerillas, lo cual supuso un volumen total del orden de 2900 datos. Los datos anteriores a junio de 2005 estaban ya disponibles para las elaboraciones.

El tratamiento de los datos en este caso fue distinto al de los otros tipos de variables ya comentados. Se ordenaron en el tiempo y unificaron, dado que algunos venían en mm/día y otros en mm/mes, y se calcularon en todos los casos las precipitaciones en mm/año hidrológico. Estos datos fueron incluidos en gráficos para estudio de las variaciones anuales de las precipitaciones (del período 1940/41 a 2009/10 a fecha del informe).

### c) TAREA 3: APOYO A OTRAS ACTIVIDADES CIENTÍFICO-TÉCNICAS PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS DE LA FASE I EN FORMA Y TIEMPO.

Quedaron dentro de esta tarea distintas labores, seleccionadas según decisión de la dirección hidrogeológica de la Fase I del Programa, que fue necesario realizar para alcanzar los objetivos de la misma en la forma y tiempo.

Esta tarea se inició en 2009 y se desarrolló hasta 2011, con un pequeño remanente (menor del 0.5% de la tarea global) que se terminó de 2012, en apoyo al control de calidad del Trabajo 2D en lo referente a los datos históricos del IGME incorporados a dicho trabajo (llevado a cabo desde el año 2010), cuyos resultados quedaron integrados en los documentos finales del Trabajo (en Anexo 8 de la Memoria Final de la Fase I).

También incluyó, en 2011, un estudio específico para la **Zona estratégica c** (Entorno de la Balsa del Sapo) de diagnóstico de las causas del ascenso de los niveles del agua en la laguna de las Norias, que se realizó a solicitud de la Consejería de Medio Ambiente.

Desde 2010 a 2014 incluyó también la elaboración de la síntesis de todas las labores de esta Partida 5 del Contrato para su incorporación en la Memoria Final de la Fase I (que se anexa al presente Informe), en los capítulos y apartados correspondientes a los Trabajos 1A , 1B, 1C, 1D y 2D en cuyas tareas se colaboró con esta Partida del Contrato.

En lo que sigue se exponen los resúmenes sobre el desarrollo de esta tarea 3 de la Partida 5 del Contrato, obtenidos de los informes anuales de 2009 y 2010 (**apartados c.1 y c.2**), así como el informe elaborados en 2011 a petición de la Junta de Andalucía (**apartado c.3**).

#### c.1) Desarrollo en el año 2009 (del Documento 112)

Se trató de tareas complementarias sobre trabajos definidos de la Fase I, que se consideró necesario llevar a cabo para alcanzar los objetivos de la misma en tiempo y forma. Se integran aquí principalmente los apoyos a los tres siguientes Trabajos:

- la actualización de las explotaciones (1A):
- la actualización del conocimiento de la cota del agua (piezometría) (1B)
- el contraste modificación del modelo geométrico del subsistema (1C)

#### **c.1.1) Para el Trabajo 1A**

Se llevó a cabo un seguimiento pormenorizado de los datos del período 2000-2008 aportados por las grandes comunidades de usuarios, valorando la idoneidad de los mismos por comparación con los contenidos en el registro histórico del IGME (que abarca 20 años de informaciones mensuales por puntos, áreas y acuíferos principales).

Dicho seguimiento comprende, la localización de las captaciones primitivas y de nueva realización, así como la verificación de la representatividad de las mismas respecto al modelo conceptual de acuíferos, con el estudio de sus datos piezométricos, de calidad del agua y litoestratigráficos. Con estos objetivos, se han incluido los puntos de nueva ejecución referidos en los diseños de campañas de adquisición de nuevos datos realizadas durante 2009. También se incluyen en esta Partida los trabajos en desarrollo sobre los valores de caudales de bombeo en puntos de la red de explotaciones y su comparación con los procedentes del registro histórico del IGME.

### **c.1.2) Para el Trabajo 1B**

Ha sido necesario incluir otra campaña de toma de nuevos datos en campo para la observación de la distribución espacial de la cota del agua en los acuíferos de cobertera y zonas de borde de los inferiores, dado el retraso entre el final previsto para la Fase I (2009) y el que previsiblemente tendrá lugar (posterior a 2010).

El chequeo y control de ejecución de los valores medidos en esta campaña forma parte de la Actividad 5 de esta Asistencia. El número total de puntos controlados fue de 200. Fue necesario comprobar las cotas piezométricas obtenidas de cada punto a lo largo de la ejecución de esta campaña (julio-agosto de 2009) teniendo en cuenta el estado conocido sobre la distribución piezométrica (en la mayoría de los casos correspondiente al año 2008), de los entornos de bombeo, y de las características de cada punto medido. Como resultado de estos chequeos se detectaron anomalías que fueron debidamente verificadas en campo por los ejecutores de la campaña (correspondiente a la actividad 3 del Convenio). En el Anexo a este documento se adjuntan las tablas obtenidas para la realización de estas labores.

### **c.1.3) Para el Trabajo 1C**

Dada la necesidad de avanzar en la consecución de los resultados de este trabajo, que afecta a otros de la Fase I (por tratarse de la información sobre los puntos de observación), se estaba haciendo necesaria la comprobación detallada de las informaciones obtenidas durante la Fase I sobre las modificaciones de la infraestructura de captaciones llevadas a cabo por los usuarios desde el año 1999/2000.

Para contrastar las informaciones suministradas a este respecto (que afectan a unas 130 captaciones) se consideró el registro histórico y documentos ya elaborados por el IGME, así como las recabadas de las nuevas campañas de obtención de datos en campo (piezometría, características hidroquímicas, explotaciones, registros de salinidad, temperatura y gamma natural, etc.) muchas de las cuales se han ejecutado en 2009.

## c.2) Desarrollo en el año 2010 (del Documento 113)

### **c.2.1) Para el Trabajo 1A: evaluaciones del bombeo 2007/08 – 2008/09**

Se hizo necesario apoyar al Trabajo 1A, dado el desfase temporal entre la obtención de los datos de explotaciones de 2008/09, y el período de trabajos de dos de las asistencias técnicas – financiada por ACUAMED- vinculadas inicialmente al mismo.

De esta manera, fue necesario terminar de recabar los datos por captaciones y comunidades de usuarios de volúmenes de bombeo del año 2008/09, así como de las aportaciones al riego desde el Pantano de Benínar (Apartado A que se expone seguidamente).

Además, se evaluó el bombeo por puntos, áreas y acuíferos para los años 2007/08 y 2008/09, atendiendo a los valores existentes en el registro histórico e informaciones recabadas a lo largo de la Fase I, para las captaciones de aquellas comunidades que no han querido facilitar la información (de lo que se trata en el apartado B). Con todo ello se han calculado las extracciones para abastecer las demandas de la zona del Campo de Dalías desde los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías.

### **A) Actualización de informaciones sobre extracciones no suministradas a la Fase I con anterioridad a 2010**

#### 1. OBJETIVO

La presente labor tenía por objetivo la actualización de los datos de explotaciones, describiéndose a continuación las tareas llevadas a cabo para alcanzar este objetivo, así como el estado de consecución del mismo.

#### 2. TAREAS LLEVADAS A CABO Y TAREAS PENDIENTES

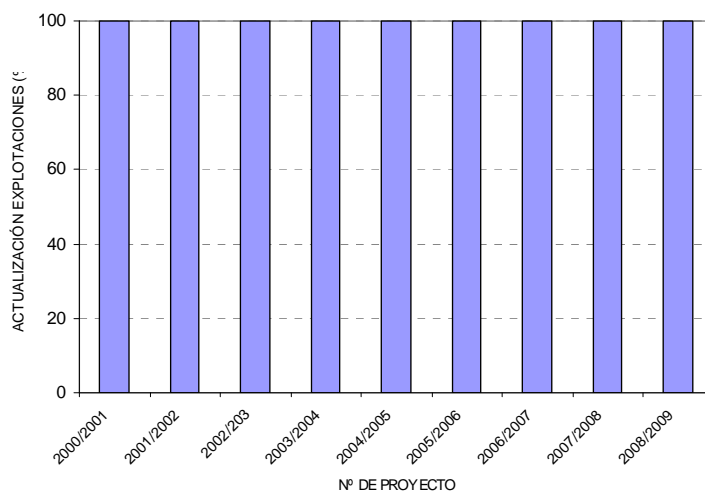
En primer lugar se ha realizado la revisión de los volúmenes de explotación recabados por las Asistencias Técnicas encargadas de tal fin, y en segundo lugar se han solicitado a las comunidades de usuarios pertinentes los volúmenes de explotación que faltaban por actualizar para obtener el historial 2007/08 y 2008/09.

En el Anexo 1 del volumen 4 del Documento 113 se recogían los datos aportados por ayuntamientos y comunidades de regantes, tratados para esta tarea, para obtener, los volúmenes de explotación por año hidrológico. A continuación se detalla el trabajo realizado.

#### Datos de AQUALIA: captaciones 682-D, 683-D, 700-D, 705-D, 706-D, 707-D, 708-D, 709-D

Se solicitaron a AQUALIA los volúmenes de explotación desde el año 2009 (los históricos ya se encontraban actualizados), y una vez se dispuso de estos datos, hubo que tratarlos para obtener los volúmenes de explotación por año hidrológico, ya que los datos aportados estaban referidos a volúmenes mensuales.

El siguiente gráfico (**Figura c.2.1**) muestra el porcentaje de actualización de los volúmenes de explotación desde el año 2000/2001, pudiendo observarse cómo hasta el año 2008/2009 todos los volúmenes de explotación están actualizados al 100%.



**Figura c.2.1:** Porcentaje de actualización pozos AQUALIA

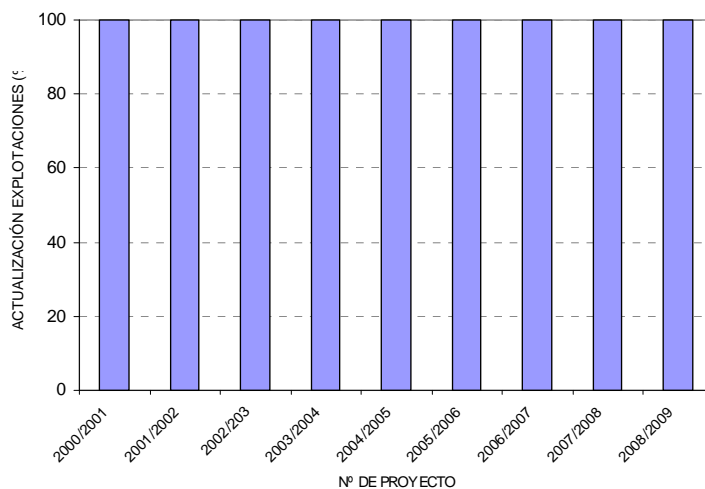
Datos de EL SUR: captaciones 268-D/763-D, 519-D, 609-D/784-D, 696-D

Se solicitaron a ELSUR los volúmenes de explotación desde el año 2000, y una vez se dispuso de estos datos hubo que realizar un tratamiento de los mismos para obtener los volúmenes de explotación por año hidrológico, ya que los datos aportados estaban referidos al volumen global por año natural. Dicho tratamiento consistió, en primer lugar, en la estimación, para cada punto y a partir de datos reales y conocidos del mismo, del porcentaje del volumen total anual correspondiente a los 3 primeros trimestres del año y del correspondiente al último trimestre del año. En segundo lugar, a partir de dichos porcentajes, se obtuvieron los volúmenes de explotación por año hidrológico.

En la **figura c.2.2** se muestra el porcentaje de actualización de los volúmenes de explotación desde el año 2000/2001, pudiendo observarse cómo hasta el año 2008/2009 todos los volúmenes de explotación están actualizados al 100%.

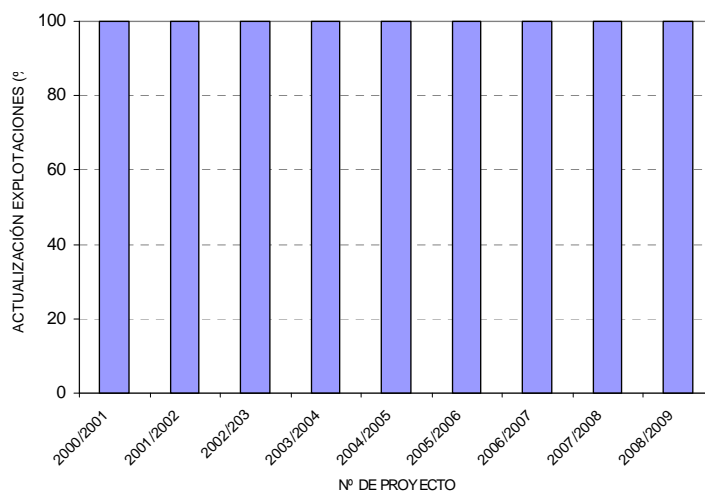
Datos de la Comunidad de Regantes SOL Y ARENA : captaciones 34-Vc, 156-Vc, 157-Vc, 162-Vc, 173-Vc, 77-D, 86-D, 719-D, 720-D, 66-D/768-D, 70-D, 74-D/769-D, 75-D/771-D, 723-D, 727-D, 754-D, 767-D y volúmenes utilizados del Pantano de Benívar

Se solicitaron a SOL Y ARENA los volúmenes de explotación desde el año 2008 (los históricos ya se encontraban actualizados), y una vez se dispuso de estos datos hubo que tratarlos para obtener los volúmenes de explotación por año hidrológico, ya que los datos aportados estaban referidos a volúmenes mensuales. En el año 2008, debido a cambios de personal en SOL Y ARENA, los datos de explotaciones se duplicaron, existiendo algunas diferencias (en la mayoría de los casos muy ligeras) entre los datos aportados por distintos técnicos. En los casos duplicados se optó por considerar los volúmenes de explotación más desfavorables. Además de los volúmenes de explotación se solicitaron a SOL Y ARENA los volúmenes utilizados del Pantano de Benívar de los últimos años hidrológicos.



**Figura c.2.2.-** Porcentaje de actualización pozos ELSUR

El gráfico de la **Figura c.2.3** muestra el porcentaje de actualización de los volúmenes de explotación desde el año 2000/2001, pudiendo observarse cómo hasta el año 2008/2009 todos los volúmenes de explotación están actualizados al 100%.



**Figura c.2.3:** Porcentaje de actualización pozos SOL Y ARENA

### 3. PERIODO DE EJECUCIÓN

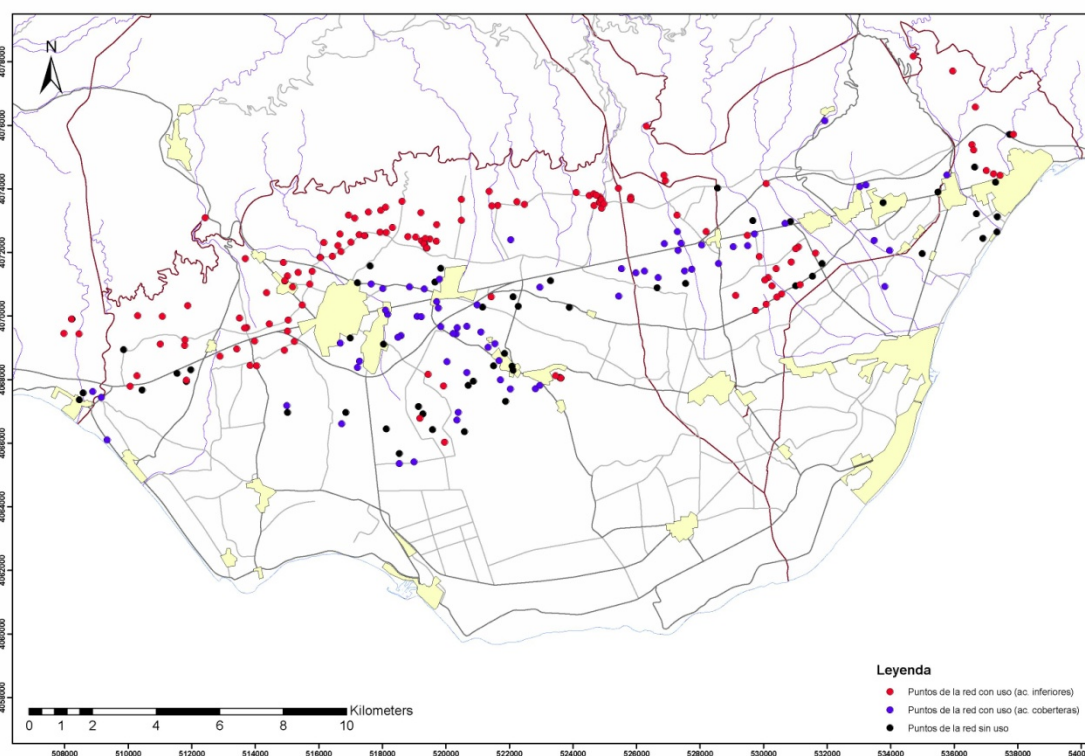
Si bien el seguimiento de explotaciones se viene realizando regularmente, la actualización y cierre de los últimos datos pendientes se ha realizado en el segundo semestre del año 2010.

#### 4. SEGUIMIENTO/VALIDACIÓN DE OPERACIONES REALIZADAS

Se ha realizado un seguimiento regular de los datos de explotaciones desde el año 2000/2001 así como una comprobación y validación de los nuevos datos obtenidos, en base a la comparación de dichos datos con los existentes en el registro histórico del IGME. En aquellos puntos en uso en los que no se han facilitado datos, aunque si se ha contado con información sobre que ésta no ha sufrido muy probablemente cambios respecto a años anteriores, ha sido necesario realizar una estimación del bombeo por comparación con los contenidos en el registro histórico del IGME para esa misma comunidad.

#### B.- Resultados obtenidos: volúmenes suministrados a las demandas desde los acuíferos objeto de estudio en 2007/08 y 2008/09

A partir de los datos obtenidos de forma directa de los puntos y del Pantano de Benínar, así como de las estimaciones realizadas, se han realizado los siguientes cuadros en el que se recogen los volúmenes de explotación por acuíferos y áreas de explotación. En la **figura c.2.4** se presenta el plano de situación de los puntos que conforman la red de explotaciones de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías, diferenciándose los que captan acuíferos inferiores de los que captan coberteras.



*Figura*

**Figura c.2.4:** Localización de los puntos de la red de bombeo por diferenciación de grupos de acuíferos. Incluye también puntos de esta red ya sin utilización. Años 2007/08 – 2008/09.



Los cuadros que se presentan seguidamente muestran los valores calculados de extracciones en 2007/08 y 2008/09 de estos acuíferos, para abastecimiento a las demandas del Campo y de Almería capital (de 120 – 126 hm<sup>3</sup>/a para los años hidrológicos de estudio). Se incluye como referencia el año 1999/00 por ser el último de la serie de veinte años de seguimiento detallado de explotaciones de estos acuíferos.

El **cuadro c.2.1** muestra los valores globales de las extracciones, comparando los correspondientes a los acuíferos inferiores con los de las coberteras. También se muestran las aportaciones del Pantano de Benínar a los riegos del Campo de Dalías, y los globales de demandas abastecidas con el agua subterránea más la superficial (145-147 hm<sup>3</sup>/a para 2007 – 2009). Se presentan además los volúmenes que se utilizaron por grupos de acuíferos: los inferiores suponen el 89% de la aportación a las demandas con agua subterránea. Para la zona, los acuíferos constituyen, en el período 2007/08 – 2008/09, como mínimo el 93% del origen del suministro global a las demandas, y el 100% del destinado a la demanda urbana.

El **cuadro c.2.2** muestra los valores de bombeo para los cinco acuíferos del sistema. Destaca el aumento de la extracción en el AIO. Para el caso del AIN se observa un descenso por el cambio de suministro del abastecimiento a Almería capital: dejan de bombearse 5 hm<sup>3</sup>/a de este acuífero, sustituyendo esta aportación por agua de la Desaladora de Almería (aún no utilizada en su mayor parte). En el AEBN, el ASC y el ASN los volúmenes de bombeo van descendiendo, mientras que el AltN se mantiene por la extracción que se produce en su capa profunda, de menor salinidad que la superficial ya inutilizable prácticamente para las demandas. Para los acuíferos inferiores, se ha realizado un tratamiento pormenorizado por puntos, comunidades principales de usuarios y áreas. El **cuadro c.2.3** refleja el del AIO.

### **C) Análisis de la evolución de las precipitaciones.**

Para el análisis de la evolución de las precipitaciones, con vistas a relacionarlo con la de los bombeos y demandas, se han elaborado distintos tipos de gráficos, entre los que destaca el de **figura c.2.5** (desviaciones acumuladas respecto a la media del período 1940-2010) donde se observan los ciclos secos y húmedos.

El estudio de la relación entre la distribución espacial y temporal de las extracciones en los acuíferos principales, y su incidencia en el funcionamiento y en sus problemas de salinización, se trata como Actualización de la problemática de los acuíferos inferiores. Algunos de estos aspectos se integraron en el apartado 5 de la Tarea 3 del Documento 113.

#### **c.2.2) Para el Trabajo 1B: diseño, seguimiento y elaboraciones de datos de nuevas campañas de medidas de campo realizadas en 2010.**

Pese a no estar prevista para la Fase I la realización en 2010 de campañas piezométricas, la prórroga del plazo de ejecución de trabajos correspondientes a la misma, hasta el final de 2011, obligaba a la inclusión de algunos controles esenciales para mantener el conocimiento del estado de funcionamiento de los acuíferos principales, entre ellos, de la evolución de los niveles piezométricos.

ACUÍFEROS	VOLUMEN (hm <sup>3</sup> /a)		
	AÑOS HIDROLÓGICOS		
	1999/2000	2007/2008	2008/2009
AIO + AEBN	68,11	76,15	71,30
AIN	54,70	50,21	49,06
<b>TOTAL Inferiores + AEBN</b>	<b>122,81</b>	<b>126,36</b>	<b>120,36</b>

Coberteras (excepto AEBN)	16,74	15,21	14,31
---------------------------	-------	-------	-------

<b>TOTAL EXTRACCIONES Sur S<sup>a</sup> de Gádor-C. Dalías</b>	<b>139,55</b>	<b>141,57</b>	<b>134,67</b>
--	---------------	---------------	---------------

PANTANO DE BENÍNAR			
Aportaciones del Pantano de Benínar	7,84	5,84	9,93

<b>TOTAL Acuíferos+Benínar</b>	<b>147,39</b>	<b>147,41</b>	<b>144,60</b>
--------------------------------	---------------	---------------	---------------

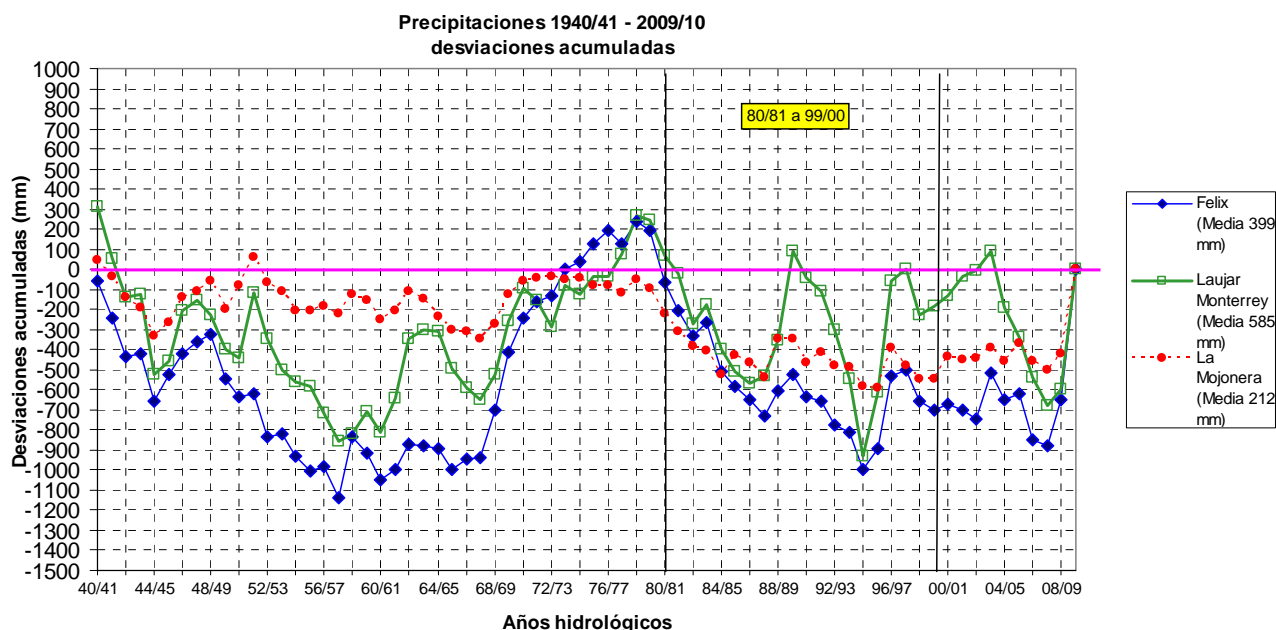
**Cuadro c.2.1:** Valores de extracciones por grupos principales de acuíferos para los años 1999/00, y 2007 – 2009. Se incluyen también aportaciones del Pantano de Benínar.

ACUÍFEROS	1999/2000	2007/2008	2008/2009
AitN	4,91	5,89	5,84
ASN	3,42	2,32	2,03
AEBN	1,15	0,33	0,33
ASC	8,41	7	6,44
AIN	54,70	50,21	49,06
AIO	66,96	75,82	70,97

**Cuadro c.2.2:** Valores de extracciones (hm<sup>3</sup>/a) por acuíferos para los años 1999/00, y 2007 – 2009.

ACUÍFEROS	Vol. 99/00	Vol. 07/08	Vol. 08/09	Vol. 09/10	OBSERVACIONES
<b>AIO. Tomillar</b>					
TOTAL	28,31	33,25	31,04	SD	S y A: Sol y Arena T d A: Tierras de Almería SD: sin datos
S y A	10,54	13,74	12,42	12,14	
T d A	6,43	7,82	8,09	SD	
TOTAL - S y A	17,77	19,51	18,62	SD	
<b>AIO. Pampanico</b>					
TOTAL	20,68	24,56	22,65	SD	S P: Sol Poniente
S y A	6,38	5,31	5,21	1,71	
S P	0	3,79	2,83	SD	
Abast Ejido	4,63	5,23	5,57	SD	
S y A + S P + Ab	11,01	14,33	13,61	SD	
TOTAL - (S y A)	14,30	19,25	17,44	SD	
<b>AIO. Tarambana</b>					
TOTAL	7,58	9,12	8,37	SD	NOTA: Norte: 469 Bj + 454 Bj + 468 Bj + 513 Bj + 533 Bj
S y A	0,39	0	0	0	
S P	0,01	<0,01	0,32	SD	
Norte (ver NOTA*)	1,87	2,57	2,45	SD	
Abast	0,63	1,14	1,49	SD	
TOTAL - S y A	7,19	9,12	8,37	SD	
<b>AIO. Profunda</b>					
TOTAL	10,39	8,88	8,91	SD	
711D+661D+714D+S.2D+685D	1,10	0	0	0	
<b>TOTAL AIO</b>					
<b>TOTAL AIO</b>	<b>66,96</b>	<b>75,82</b>	<b>70,97</b>	-	
<b>Total S y A (AIO)</b>	<b>17,30</b>	<b>19,47</b>	<b>17,62</b>	<b>13,48</b>	
<b>Total S P (AIO)</b>	<b>0,01</b>	<b>3,79</b>	<b>3,16</b>	<b>SD</b>	
<b>Beninar para S P</b>	<b>7,84</b>	<b>5,84</b>	<b>7,52</b>	<b>SD</b>	

**Cuadro c.2.3:** Ejemplo de análisis pormenorizado de extracciones por áreas y acuíferos para el AIO. Se incluyen también volúmenes por Comunidades para el caso de las principales.

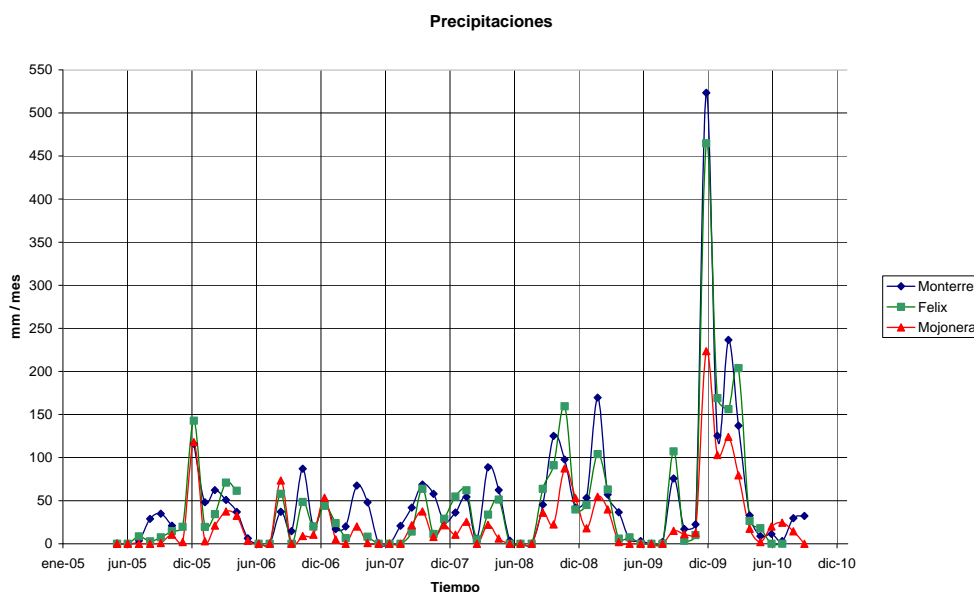


**Figura c.2.5:** Desviaciones acumuladas respecto a la media para las estaciones pluviométricas de la zona y el período 1940 – 2010.

A la consideración anterior se añadió la favorable circunstancia de iniciarse en diciembre de 2009 el período de lluvias que originaron que el año hidrológico (2009/10) sea el más húmedo del registro histórico (desde 1940/41) para este territorio, en el que los módulos de precipitación anual, para las estaciones que sirven de referencia, llegaron entre el 200% y 300% de la media anual, tanto en el ámbito de la Sierra de Gádor – Sierra Nevada, como en el de la llanura del Campo de Dalías.

La estrecha relación de la cantidad de precipitación caída sobre este medio físico con la cantidad de entradas por infiltración a los acuíferos que nos ocupan (carentes, como es sabido, de escorrentías superficiales más o menos continuas de las que puedan recargarse) suponía una oportunidad de añadir conocimiento (en muchos aspectos sobre los mismos) que no podía ser desatendida, empezando por las respuestas en cantidad, de recuperación de niveles en los distintos acuíferos, y sectores de los mismos (en la horizontal y vertical de sus secuencias litoestratigráficas, su disposición libre o confinada, etc.) y su relación con la ocurrencia de los picos de precipitación, así como sus características, generación de escorrentías en ramblas, duración de éstas, etc., etc..

Los datos mensuales de precipitaciones en los últimos años hidrológicos se presentan en la **figura c.2.6**.



**Figura c.2.6:** Precipitaciones mensuales en las estaciones estudiadas de la zona, para su comparación con los valores piezométricos observados en el mismo período.

Durante el mes de diciembre de 2009 se produjeron las precipitaciones más copiosas; se llevó a cabo una primera campaña extraordinaria de piezometría en febrero de 2010, cuyos datos de campo han sido proporcionados mayoritariamente por Asistencias Técnicas de la Fase I financiadas por ACUAMED. En julio- agosto del mismo año se llevó a cabo otra campaña, algo más reducida, para conocer la influencia de las precipitaciones a lo largo del período en los distintos acuíferos.

La realización de estos trabajos no programados fue posible por el apoyo del equipo del IGME, encargado del diseño de las dos campañas y, para la última de ellas, también del seguimiento y las elaboraciones de los datos obtenidos.

Además de los niveles del agua correspondientes a las dos campañas específicas citadas, durante 2010 se ha recogido este tipo de informaciones (aunque mucho menos numerosas que las del primer tipo) en relación con la ejecución de campañas de registros geofísicos verticales en sondeos mecánicos y de ensayos hidrodinámicos en captaciones.

El diseño de estas campañas se ha llevado a cabo por el IGME, como para el caso del resto de las campañas ejecutadas en la Fase I, atendiendo al conocimiento que tiene el equipo experto en zona tanto sobre el modelo conceptual de los acuíferos: su geometría y funcionamiento, como sobre la representatividad de los puntos disponibles para la realización de nuevas mediciones.

Como para el caso de los datos de calidad del agua, los puntos de medida del nivel del agua son, en un 95%, de propiedad particular. De esta manera, el estudio ha estado supeditado a las necesidades y requerimientos de sus propietarios, razón por la cual ha dejado de disponerse

de puntos de observación en algún sector de los principales acuíferos (caso del sector occidental del área de El Águila). Por todo el Campo se han quitado muchos tubos de medida del nivel e instalado otros dispositivos que no resultan de interés para estas investigaciones (por carecer de precisión para las mismas) imposibilitando la realización de mediciones en los puntos afectados.

En 2010, se han obtenido del orden de 450 medidas de los distintos acuíferos. Unas 160 de los acuíferos inferiores y el resto de las coberteras. El anexo del Documento 113 se presentó un listado de las mismas, por puntos, áreas y acuíferos, que ha sido necesario llevar a cabo para el seguimiento de la campaña extensiva de julio- agosto de 2010, y restantes datos de dicho año.

Entre 2006/07 y 2009/10 se han obtenido datos de piezometría en diversas campañas, tanto para los acuíferos de cobertera como para los inferiores. Para el caso de estos últimos, las observaciones se han estudiado por áreas de explotación. El estudio de las coberteras se lleva a cabo mediante la realización de un plano de isopiezas (para Febrero de 2010), y el análisis de la variación temporal de los piezómetros entre las campañas de febrero y de agosto de 2010.

Las elaboraciones de las medidas han permitido hacer una interpretación inicial sobre el comportamiento de cada acuífero durante 2010. Dicho comportamiento habrá de seguirse el resto del proyecto, para observar las tendencias de los principales acuíferos en sus áreas de explotación.

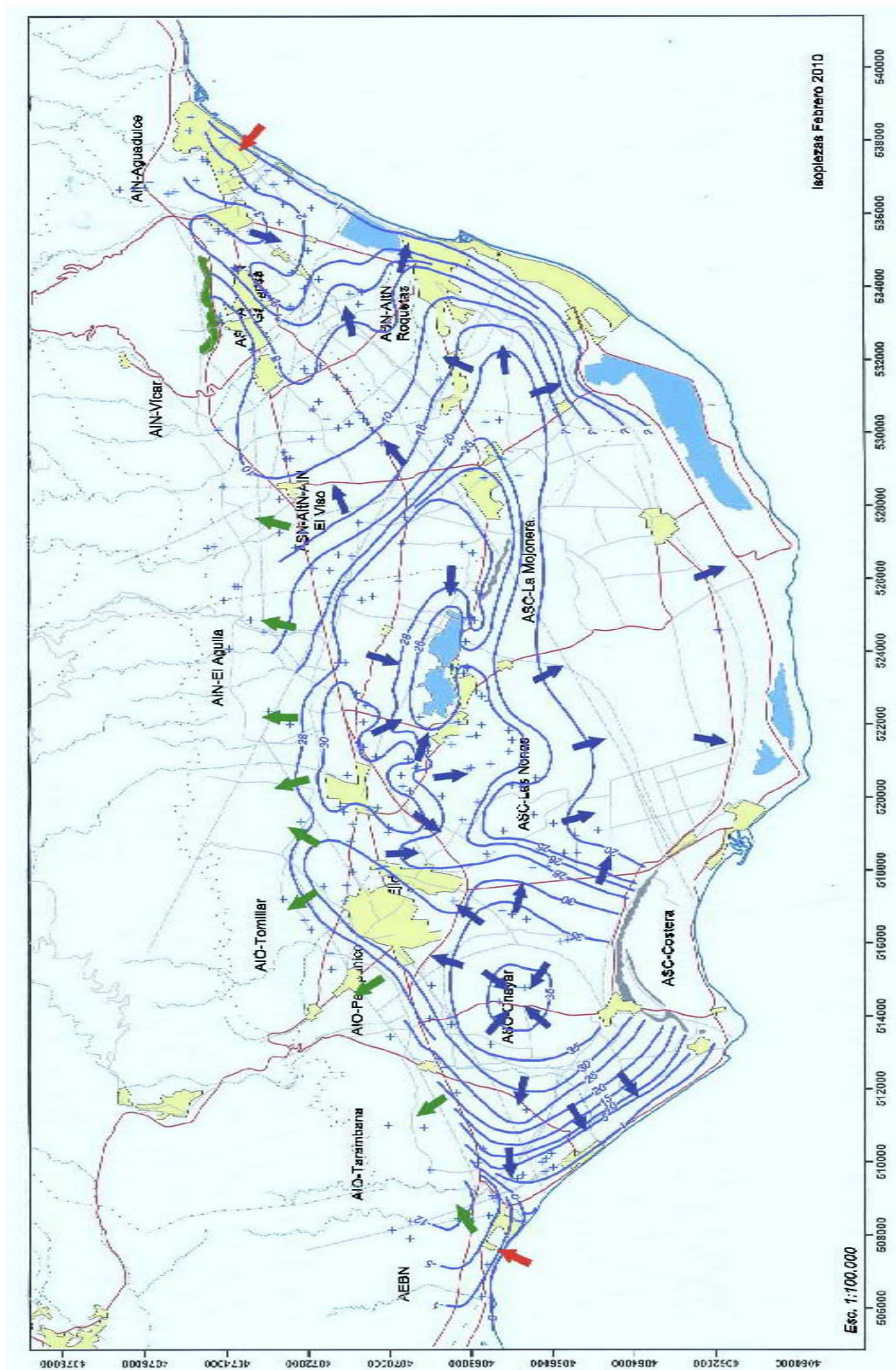
### Resultados obtenidos en 2010

A fecha de la redacción del informe (diciembre de 2010) se trataba de resultados provisionales, dado que no se contaba con todo el historial de mediciones llevadas a cabo en las redes de la AAA durante el año 2010, y se estaban llevando a cabo chequeos al final de ese año, que se prolongarían hasta el año 2011.

Para resumir los resultados de la campaña de febrero de 2010, a la que se dio el apoyo correspondiente, en lo que concierne a **los acuíferos superiores del Campo (ASC, ASN, AEBN y capa superior del AltN)**, se hace referencia al esquema piezométrico elaborado a partir de los datos de la misma (**figura c.2.7**).

Las características de estos acuíferos detríticos, y de su funcionamiento en los últimos años, originan una morfología resultante de este manto libre muy similar a la que se construyó para agosto de 2007 (incluida en el informe de 2008 Documento 111). Muestra una reconstitución de reservas generalizada, siguiendo la pauta de ascensos piezométricos lentos en casi toda su extensión.

Puede comentarse que este conjunto de acuíferos, cuya recarga natural se produce esencialmente por infiltración de la lluvia caída sobre su superficie y, de manera muy especial, de la que provocan las avenidas torrenciales de los cauces que, procedentes de la Sierra, se adentran en su ámbito, se descarga por casi todo su contorno y por bombeo. A las recargas referidas hay que añadir las forzadas por el uso agrícola y urbano, cuya importancia es muy notable como es sabido.

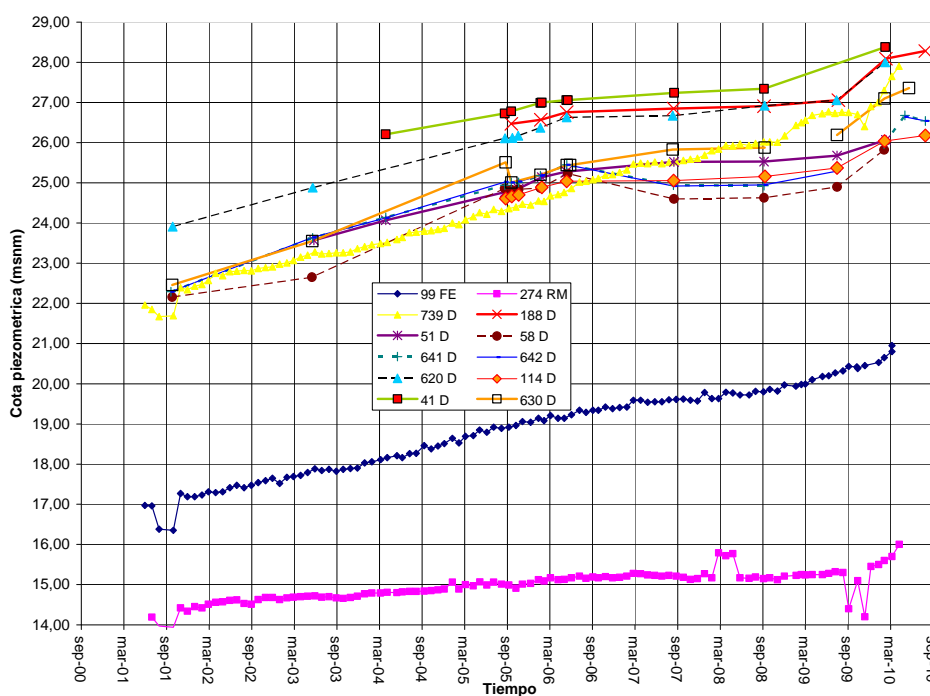


**Figura c.2.7:** Esquema de isopiezas de acuíferos de cobertura. Para el caso del AitN incluye la capa superior. Campaña de febrero de 2010.

De Oeste a Este, del funcionamiento de este manto cabe destacar, por su mayor interés: la continuidad de su descarga subterránea hacia el AEBN y el AIO; la recuperación de la antigua depresión piezométrica de Onáyar; la alimentación subterránea a las lagunas generadas en la Balsa del Sapo y en la Cañada de Ugíjar; la continuación de su descarga subterránea hacia los extremos noroeste y suroeste del ASN; y la recarga recibida en sus bordes septentrionales (por sus cauces y, de manera más diferida, por los aluviales de las ramblas más importantes) destacando la que provoca en su extremo noreste la Rambla de las Hortichuelas y, en el sector central de dicho límite, las del Aguila, Bernal, Carcáuz, Cañuelo, etc..

Se recuerda que uno de los objetivos de la Fase I consiste en llevar a cabo la estimación posible de la ubicación y rango de caudales que podrían bombearse de manera transitoria y permanente para, una vez hecho el tratamiento que convenga, utilizarlas como recursos complementarios de sustitución, en la operación de cancelación de extracciones en los acuíferos inferiores, para corregir su deterioro actual por salinización.

Como “test” del seguimiento de este manto detrítico superior del Campo, entre mayo y agosto de 2010 se controló el nivel piezométrico en algunos puntos –por su relación con el sector del ASC que afecta a la laguna de la Balsa del Sapo- para los que se representó su hidrograma (figura c.2.8) junto con el de varios piezómetros de las redes del D.H. Mediterráneo. Se aprecia el ascenso acentuado, aunque discreto, que provocó el pico de las lluvias del invierno anterior, dentro de la tendencia continua generalizada de subida de niveles de este acuífero (salvando los efectos locales que originan los bombeos que permanecen en el mismo).



**Figura c.2.8:** Hidrograma de doce puntos medidos en 2.010 en la zona del entorno de la Balsa del Sapo del ASC .Período: 2001 a 2010.



En cuanto a **los acuíferos inferiores (AIO y AIN)**, la respuesta piezométrica observada ha sido más espectacular, como corresponde a su carácter predominantemente fisurado. Los hidrogramas por áreas de explotación se presentan en las figuras siguientes (**figuras c.2.9 a c.2.15**).

A fecha de este informe, aún no se había concluido el análisis detallado de esta respuesta en las distintas áreas de estos acuíferos, a falta de datos de los controles mensuales en los piezómetros de las redes de la AAA, de la interpretación de otras medidas continuas (en algunos limnógrafos) y otros chequeos (estos resultados finales quedaron reflejados en el capítulo 6, subcapítulo 2 de la Memoria Final).

No obstante, en líneas generales la respuesta, a fecha del informe de 2010, era la esperable en cada una de las áreas y sectores de cada acuífero.

El AIN es el acuífero más importante del Campo por la magnitud de su cuenca de recepción y su capacidad de infiltración por la extensión de dichas zonas libres. En sus áreas libres (es decir las del Águila y Aguadulce), como en las confinadas, bien relacionadas hidráulicamente con ellas (parte de las de El Viso y Vícar), la respuesta de niveles ha estado muy ligada en tiempo a los episodios de las precipitaciones, alcanzando los máximos piezométricos en marzo – abril, para iniciar los estiajes ya en mayo – junio, que durante el año comentado aún continuaban (según medidas en su momento).

En cambio en el AIO, con una cuenca de recepción mucho menor y una zona libre muchísimo más reducida, la respuesta piezométrica ha sido más diferida, continuando aún en dicho año el proceso ascendente de sus niveles. Ello resulta lógico por tener una dependencia mayor, en sus mecanismos de recarga, de las características hidrodinámicas de las transferencias laterales, especialmente en sus zonas confinadas, incluso a su techo por sus sectores semiconfinados por coberteras porosas.

Señalando sólo algunos datos específicos de las respuestas observadas hasta ahora en las distintas áreas, cabe destacar (ver hidrogramas, **Figs. C.2.9 a c.2.15**):

- a) En el área de Aguadulce (la que presenta una conexión abierta al mar y por tanto un nivel impuesto por la presión de éste) las medidas de recuperación, según la situación de los puntos, han oscilado entre +2 y casi +4 msnm, cuando, anteriormente, estaban instaladas casi permanentemente bajo el nivel del mar (por lo que viene constituyendo este área la vía principal de intrusión marina que afecta al AIN). En la actualidad los niveles están ya en la fase de descenso.
- b) En el área de El Águila, las recuperaciones han sido del orden de 15 a 20 m en su momento más alto (marzo – mayo), estando aún, en el años de referencia, en fase de descenso, con los niveles actuales medios de varios metros sobre el del mar. Aún es preciso depurar niveles “anómalos” de algunos puntos medidos que han superado máximos de +35 msnm, relacionados con entornos locales ligados a escorrentías en

cauces, que han generado aguas colgadas que desvirtúan la realidad piezométrica del acuífero.

- c) En el área de El Viso, actualmente en período de descenso, con niveles varios metros bajo el del mar, la recuperación alcanzó un máximo hacia abril (de hasta +3 msnm), e incrementos globales que alcanzaron los 15 m.
- d) En el AIO, donde se habían alcanzado valores de -30 a -50 msnm, se han recuperado hasta el momento (año de referencia), unos 10 m como máximo, situándose aún en un rango por debajo de los -35 msnm.

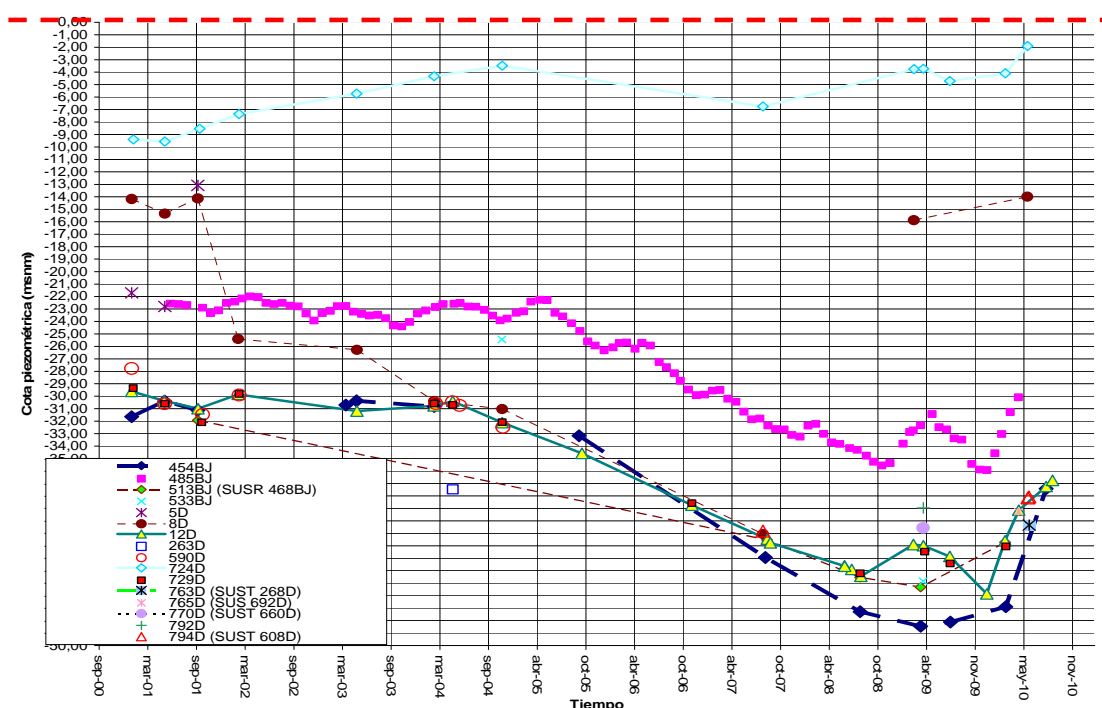


Figura c.2.9:- Hidrogramas del área de Tarambana AIO

Sin duda, por efecto de las lluvias de 2009/2010, las recuperaciones de niveles en los acuíferos principales han sido muy importantes, como cabía esperar, aunque, por lo ya observado, la situación global de los mismos ha quedado aún (o quedará con los próximos datos sobre su evolución) por debajo del nivel del mar.

Con respecto a la eventual mejora de la gravedad del problema de salinización, hay que atender, preferentemente, a la evaluación de la salinidad en profundidad (estudio tratado en el documento 4 de este Informe del Contrato), realmente el factor más limitante para el uso de estos acuíferos.

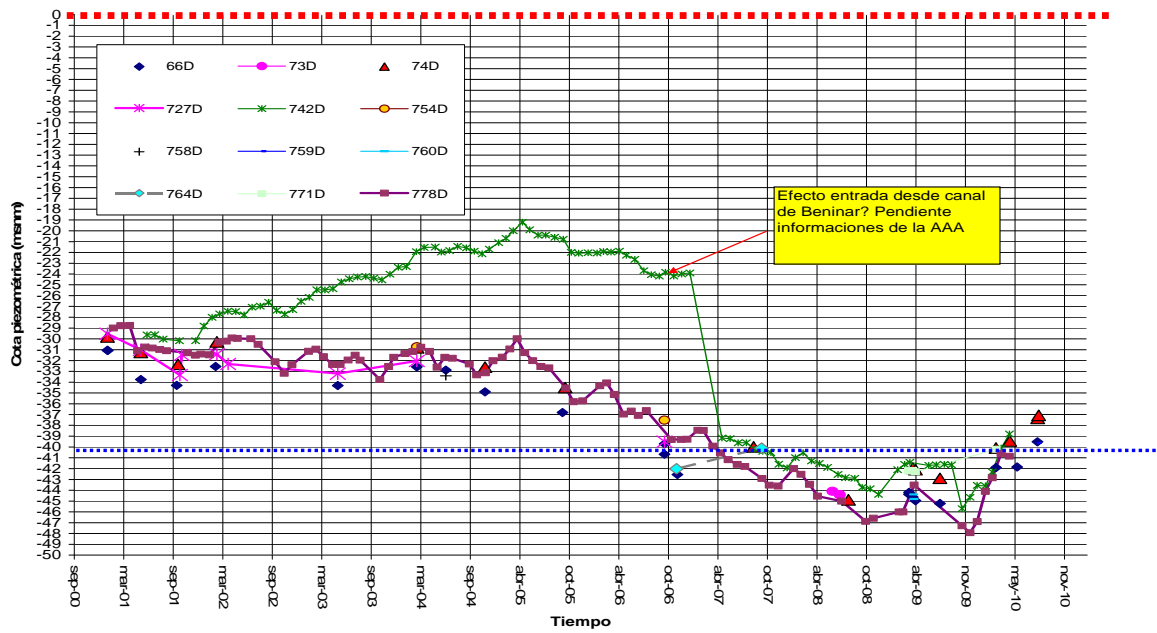


Figura c.2.10: Hidrogramas del área del Tomillar AIO

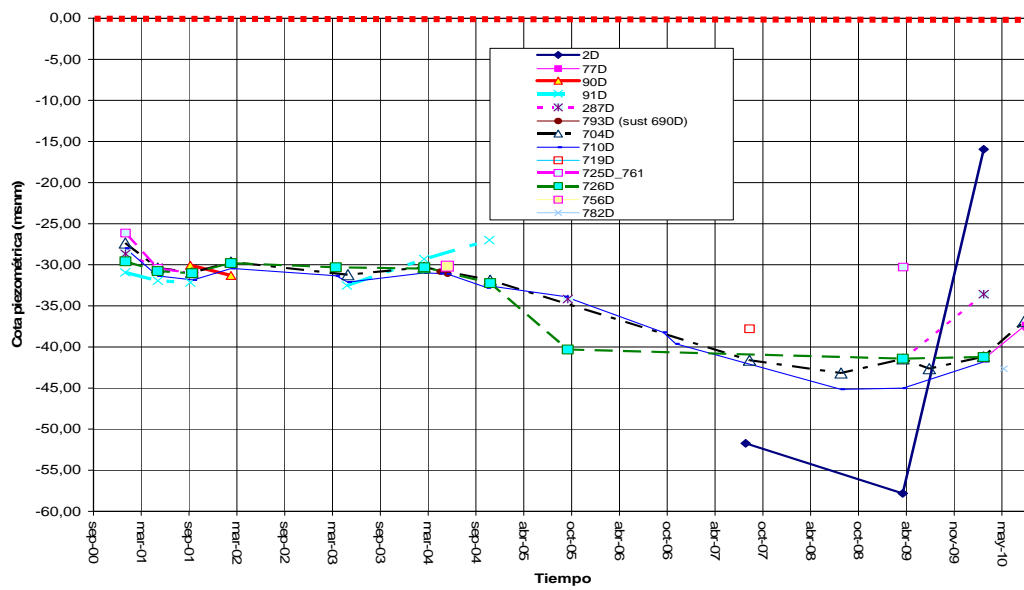


Figura c.2.11: Hidrogramas del área del Pampanico AIO

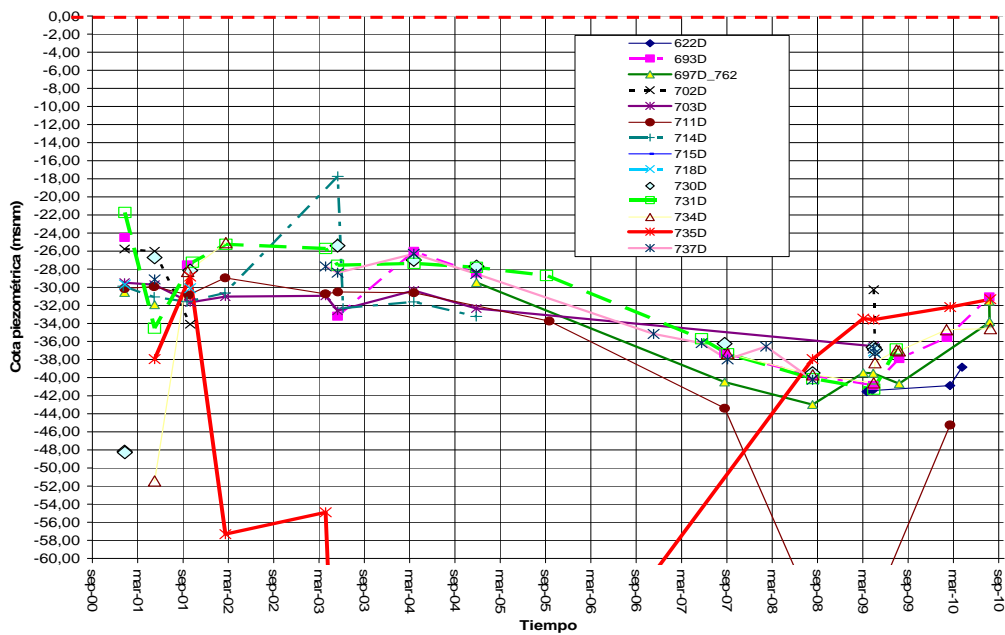


Figura c.2.12: Hidrogramas del área Profunda AIO

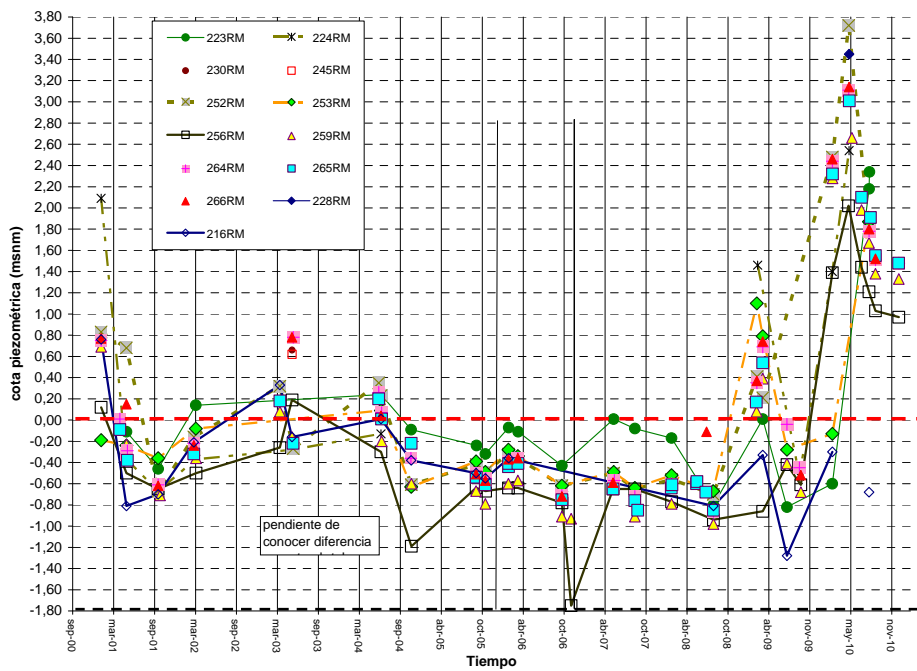


Figura c.2.13: Hidrogramas del área de Aguadulce AIN

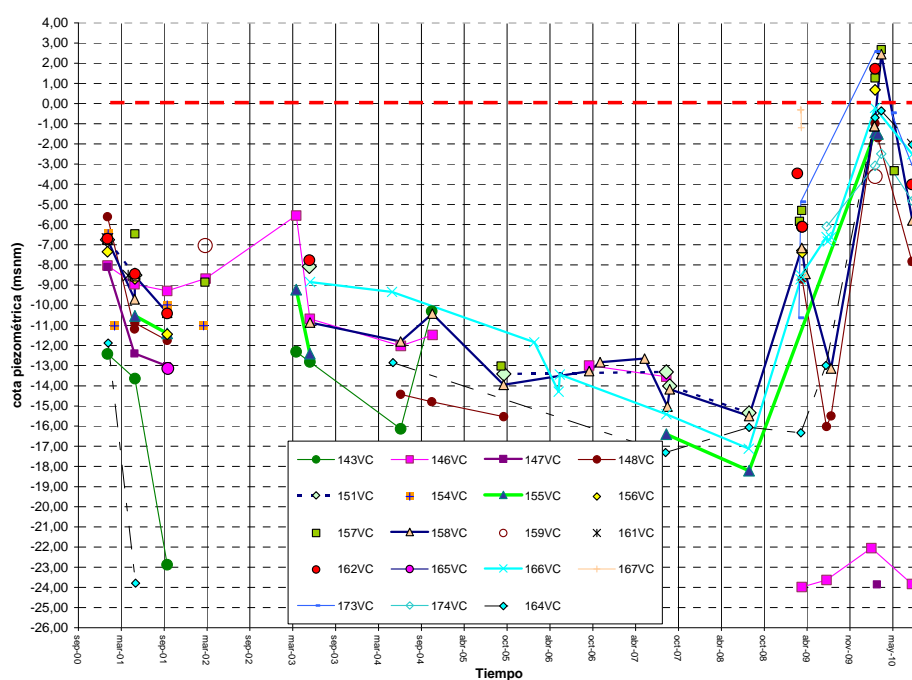


Figura c.2.14: Hidrogramas del área de El Viso AIN

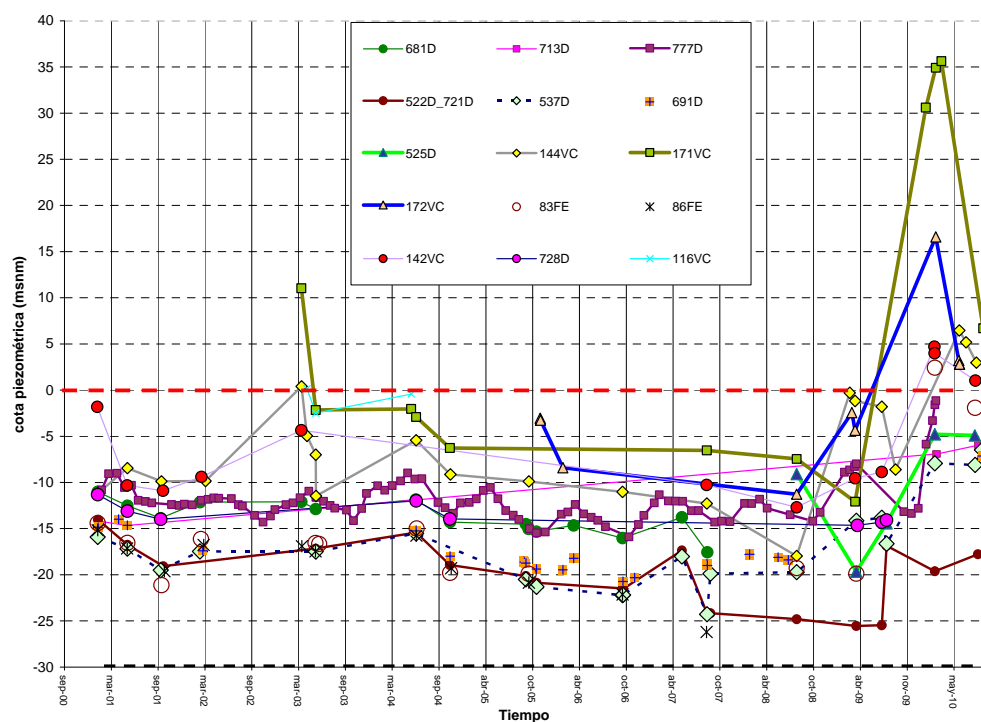


Figura c.2.15: Hidrogramas de las áreas de El Águila – Vúcar (puntos 142VC, 172VC) del AIN

### **c.2.3) Para el Trabajo 2C (Clasificación / elaboración documental de informaciones generadas en la Fase I).**

#### **1. OBJETIVO**

La presente tarea tiene por objetivo la clasificación y elaboración documental de las informaciones generadas en la Fase I, describiéndose a continuación las tareas llevadas a cabo para alcanzar este objetivo, así como el estado de consecución del mismo.

#### **2. LABORES LLEVADAS A CABO**

Toda la documentación generada se registra y se archiva físicamente en la Unidad de Almería del IGME. El registro de la documentación se realiza mediante un cuadro de control.

El cuadro de control documental recoge los siguientes datos:

- Número de orden del documento. A cada documento se le asigna un número por orden de registro, que caracteriza al documento y permite su localización en el archivo físico de forma rápida.
- Mes de entrega. Mes en el que el IGME recibe y registra la documentación.
- Fecha de entrega (en documento). En aquellos casos en que el documento ha de entregarse a ACUAMED, esta es la fecha en que se entrega.
- Trabajo de la Fase I. Trabajos de la Fase I a los que afecta el documento. Se muestra , a modo de ejemplo, un extracto del mismo en el **cuadro c.2.4**.
- Descripción. Título o breve descripción del documento, que permite su identificación de forma rápida.
- Actividad Administrativa. En aquellos casos en que el documento ha de entregarse a ACUAMED, esta es la actividad administrativa (de ACUAMED) a la que afecta el documento.
- Observaciones. Breves comentarios que aclaran o amplían la descripción del trabajo.
- Fecha de reunión de seguimiento de trabajos. Fecha de la reunión de seguimiento de trabajos entre IGME y ACUAMED.
- Tomo IGME. Número que indica el tomo en el que se encuentra archivado físicamente el documento, y que permite su localización de forma rápida.

El registro y el archivo documental se realiza de forma continua, encontrándose hasta la fecha actualizado al 100%.

Número de orden	Mes de entrega Trabajo	Fecha de entrega (en documento)	Trabajo de la Fase I	Descripción	Actividad administrativa (que afecta a ACUAMED)	OBSERVACIONES	Fecha reunión de seguimiento de trabajos IGME _ ACUAMED _ AT	TOMO IGME
95 (3)	sep-10	08/08/2010	1D	Trabajos llevados a cabo por AFLORAGUAS hasta el 31/08/2010	4	Fichas de focos de contaminación del Campo de Dalías	8 de octubre de 2010	22 (3 de 7)
95 (4)	sep-10	08/10/2010	1D	Trabajos llevados a cabo por AFLORAGUAS hasta el 31/08/2010	4	Fichas de focos de contaminación del Campo de Dalías	8 de octubre de 2010	22 (4 de 7)
95 (5)	sep-10	08/10/2010	1D	Trabajos llevados a cabo por AFLORAGUAS hasta el 31/08/2010	4	Fichas de focos de contaminación del Campo de Dalías	8 de octubre de 2010	22 (5 de 7)
95 (6)	sep-10	08/08/2010	1D	Trabajos llevados a cabo por AFLORAGUAS hasta el 31/08/2010	4	Fichas de focos de contaminación del Campo de Dalías	8 de octubre de 2010	22 (6 de 7)
95 (7)	sep-10	08/10/2010	1D	Trabajos llevados a cabo por AFLORAGUAS hasta el 31/08/2010	4	Fichas de focos de contaminación del Campo de Dalías	8 de octubre de 2010	22 (7 de 7)
96	sep-10	08/10/2010	1B	Listado de datos de la campaña de piezometría de agosto de 2010	3+IGME	Listado manuscrito. Contiene la campaña completa, así como los controles y revisiones posteriores (IGME)	8 de octubre de 2010	23
97	sep-10	08/08/2010	1E+2B	Informe final registros geofísicos en sondeos, con revisiones IGME	2+IGME	Campañas marzo-abril de 2009, de septiembre-octubre de 2009 y de abril-junio de 2010. Incluye modificaciones del IGME.	8 de octubre de 2010	23
98	sep-10	08/10/2010	1B + 2C	Trabajos llevados a cabo por TECNIA hasta el 31/08/2010	3	Estadillo de campo con las medidas piezométricas de la campaña conjunta IGME-TECNA de agosto de 2010 / Informe del diseño Del modelo de datos (versión 2) y hoja de versiones	8 de octubre de 2010	23
99	oct-10	08/10/2010	2D+2F	Análisis hidrodinámico preliminar de las zonas estratégicas preferentes de las coberturas / Caracterización hidrodinámica (30/09/2010)	6	Actualiza el documento 89, sin incluir las previsiones de ensayos que forman parte del documento 89	8 de octubre de 2010	23
100	oct-10	08/10/2010	2D+2F	Informe sobre realización de ensayos de hidrodinámica subterránea (30/09/2010)	6	Actualiza el documento 90	8 de octubre de 2010	23
101	oct-10	08/10/2010	1C, 1D, 1E+2B	Trabajos llevados a cabo por AFLORAGUAS hasta el 30/09/2010	4	Memoria resumen de las actividades realizadas / Fotocopias actualización fichas IGME / Muestras columnas sondeos / Fichas de seguimiento de sondeos T.M. El Ejido / Datos de los muestreos de septiembre	8 de octubre de 2010	24
102	oct-10	04/11/2010	6A	Ponencia "Estudios hidrogeológicos para la protección - regeneración de los acuíferos del poniente almeriense" realizada por el IGME en la Jornada Informativa Proyecto Plan Hidrológico Demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (14/07/2010)	IGME	Formato CD (nº registro 00714-00-00) Documento entregado en la reunión de 22 de julio de 2010 de la Comisión de Seguimiento del Convenio	4 de noviembre de 2010	24
103	jun-10	04/11/2010	1A, 1B, 1C, 1D, 1E+2B, 2D, 2E	Resúmenes de los trabajos de actividades 1,2,3,4 y 6 del Convenio para apoyo protección - regeneración acuíferos Campo de Dalías, llevados a cabo por las asistencias a ACUAMED.	1+2+3+4+6	Documento entregado en la reunión de 22 de julio de 2010 de la Comisión de Seguimiento del Convenio	4 de noviembre de 2010	24
104	oct-10	04/11/2010	1D	Memoria de la actividad 4.4: Detección de los principales focos de contaminación por su posible incidencia en los acuíferos inferiores del Campo de Dalías (octubre 2010)	4	Incluye CD de la actividad 4.4 completa (nº registro 00713-01-00)	4 de noviembre de 2010	25
105	oct-10	04/11/2010	1A, 1C, 1D, 1E+2B	Trabajos llevados a cabo por AFLORAGUAS hasta el 31/10/2010	4	Memoria resumen de las actividades realizadas / Explotaciones: embalse de Benínar revisadas / Fotocopias nuevas fichas IGME / Fichas de seguimiento de sondeos T.M. El Ejido / Datos de los muestreos de octubre. Incluye copia en CD	4 de noviembre de 2010	24
106	oct-10	04/11/2010	2D+2F	Análisis hidrodinámico preliminar de las zonas estratégicas preferentes de las coberturas / Caracterización hidrodinámica (30/09/2010)	6	Actualiza el documento 99, sin incluir las previsiones de ensayos que forman parte del documento 89	4 de noviembre de 2010	24

Cuadro c.2.4: Extracto del cuadro de control de documentación (2010).

### 3. SEGUIMIENTO/VALIDACIÓN DE OPERACIONES REALIZADAS

El seguimiento y validación del control y archivo documental se realiza de forma continua y simultánea a su realización. A fecha del Documento 113 se encontraban registrados 115 documentos.

#### **c.2.4) Para el Trabajo 2D**

Se contribuyó, durante 2010, al análisis del conocimiento hidrodinámico en las zonas estratégicas, Trabajo que se encontraba en desarrollo desde septiembre de 2009, en relación con una asistencia técnica que financiaba ACUAMED, y que finalizó en 2012.

Los apoyos consistieron en:

- la contribución al diseño y a la ejecución material de ensayos hidrodinámicos en captaciones en uso de las zonas estratégicas preferentes (de los acuíferos de cobertera principalmente). Esta tarea fue terminada al final del verano del año de referencia.
- la elaboración / síntesis de información sobre el bombeo de los acuíferos de cobertera en años anteriores a 1980/81 (inicio del período en que se dispone de informaciones detalladas del bombeo). Se trata de hacer una estimación sobre los bombeos en los acuíferos ASC, ASN y AltN en las décadas de 1960 y 1970, para su correlación con los efectos detectados en la piezometría de estos acuíferos, algunos de los cuales quedaron reflejados en campañas piezométricas realizadas en la década de 1970. Esta tarea está en desarrollo en la actualidad (año de referencia).
- elaboraciones / síntesis de informaciones sobre las litologías atravesadas por las captaciones de los acuíferos ASC, ASN y AltN (síntesis de datos de columnas de sondeos, cortes hidrogeológicos y plano geológico) para relacionar tramos litológicos con los valores de parámetros hidrodinámicos obtenidos de los ensayos hidrodinámicos preexistentes y realizados durante 2010, actividad que se encontraba en elaboración dicho año.

#### **c.2.5) Contribución a la Actualización del análisis de la problemática de los acuíferos inferiores**

La contribución a este Trabajo pasa por muy diversas facetas, cuyos resultados han de discutirse de forma simultánea, para analizar el problema actual de estos acuíferos, orientado a la gestión racional de los mismos. En lo que sigue, se exponen actividades que se estaban desarrollando entonces (año 2010), apuntando resultados provisionales sobre las mismas

##### **A) Evolución de la calidad química del agua de los acuíferos para los distintos usos**

Esta tarea, basada en el registro hidroquímico disponible de captaciones seleccionadas de los principales acuíferos, tiene como objetivo evaluar el cambio sufrido en la calidad química del agua muestreada de estos acuíferos para el uso agrícola y urbano, con el fin de poder integrar este estudio en el análisis de la problemática de dichos acuíferos. No incluye la discusión de los resultados, ya que ello conlleva el análisis simultáneo de la evolución del funcionamiento hidrogeológico, la variación temporal de las extracciones, etc (lo que quedó integrado en la Memoria Final de la Fase I).



Para la selección de las informaciones de interés, se había tratado un volumen de unos 1700 análisis químicos, de los 128 puntos estudiados, teniendo en cuenta los datos hasta 2010 (de la Fase I o suministrados por los usuarios o la AAA) así como el registro histórico que se disponía para cada caso. Los datos se habían tratado a nivel de localización y captaciones de la misma, para estudiar la problemática de cada una de ellas y pasar luego a relacionar las de cada área del mismo acuífero.

La tarea estaba en desarrollo en el año de esta información, por áreas de explotación de los acuíferos inferiores. Para cada área de explotación, se sintetiza la evolución de la calidad química del agua desde el punto de vista de su uso agrícola y urbano. Se presenta, como ejemplo de la metodología empleada y tipos de resultados obtenidos, lo concerniente al área de El Viso del AIN.

**a) Evaluación de la evolución de la calidad química del agua en el AIN del área de El Viso.**

Para la agricultura

Para cada uno de los puntos objeto de estudio se han calculado una serie de índices agrícolas y se han representado sus datos en un diagrama de aptitud agrícola. Posteriormente, los resultados aportados por estos trabajos reflejaron algunas dudas en relación con los cálculos realizados (utilizando la aplicación INAQUAS) de manera que, en fases posteriores a la Fase I habrá que contrastarlos.

Los índices y parámetros de aptitud agrícola que se han considerado han sido los siguientes:

- Índice SAR (relación de adsorción de sodio).
- Concentración total de sales solubles.
- Relación de sodio (RNa).
- Carbonato sódico residual (CSR)
- Relación de Calcio (RCa)
- Coeficiente salino (índice Scott). Consiste en la determinación del coeficiente K, que tiene en cuenta el contenido de cloruros sodio y sulfatos expresados en mg/L (Cánovas, J., 1986).
- Índices contenidos en la propuesta de la FAO (2004). Estos no se presentan por estar aún en elaboración.

El diagrama de aptitud agrícola se basa en las Normas de L.V. Wilcox (1955). Este considera como índice para la clasificación del agua el porcentaje de sodio respecto al total de cationes, y la conductividad eléctrica en micromhos/cm a 25 °C. Establece las clasificaciones que se indican a continuación:

- Agua Excelente: Presenta valores de conductividad de 0 a 450 micromhos/cm y porcentajes de sodio hasta del 43%.

- Agua Buena: Presenta valores de conductividad de 450 a 1450 micromhos/cm y porcentajes de sodio entre 0 y 67%.
- Agua Regular: Presenta valores de conductividad de 1450 a 2950 micromhos/cm y porcentajes de sodio entre 0 y 85 %
- Agua Mala: Presenta valores de conductividad de 2950 a 5000 micromhos/cm y porcentajes de sodio entre 0 y 100 %
- Agua Muy Mala: Presenta valores de conductividad mayores de 5000 micromhos/cm y porcentajes de sodio entre 0 y 100 %.
- Agua Inutilizable: Presenta valores de conductividad de 0 a 6000 micromhos/cm y porcentajes de sodio entre 70 y 100%

Para describir el tratamiento de los datos llevado a cabo, se presentan las informaciones y elaboraciones de tres puntos a modo de ejemplo que son: el 143-VC, 157-VC y 162-VC. En la **cuadro c.2.5** se presentan las características de los mismos.

Según los datos obtenidos, el sondeo 143-VC presenta un claro ejemplo del empeoramiento de la calidad del agua desde el punto de vista de su uso en la agricultura. Al principio de los muestreos se observa que el agua presenta una salinidad y un contenido en sodio adecuado para el riego, pero con el paso del tiempo la salinidad aumenta, así como el contenido en sodio en detrimento del calcio y el magnesio, lo que hace que la calidad del agua empeore claramente.

PUNTOS	ÁREA DE EXPLOTACIÓN	ACUÍFERO	PENETRACIÓN	REGISTRADO 2009-10
143-VC	El Viso	AIN	-618	N
157-VC	El Viso	AIN	-638	S
162-VC	El Viso	AIN	-688	S

**Cuadro c.2.5:** Puntos del área del El Viso utilizados como ejemplo.

En la **cuadro c.2.6** se muestran los índices calculados para el punto 143-VC y en la **figura c.2.16** se presenta el diagrama de aptitud agrícola del mismo.

Dado el importante volumen de datos de que se dispone de este punto, se ha realizado una selección de los análisis más representativos de la evolución del punto, al objeto de incluirlos todos en el mismo diagrama de aptitud agrícola, facilitando así su visualización.

En el **cuadro c.2.7** se presentan los índices de calidad del agua para su uso agrícola del punto 157-VC y en la **figura c.2.17** se muestra el diagrama de aptitud agrícola correspondiente.

De igual modo que en el 143-VC, se han incluido en el diagrama análisis seleccionados de la evolución de este punto, para facilitar su visualización en un solo diagrama.

Se puede observar que, desde el principio de los muestreos finales de 1999, los datos existentes del punto se mantenían con una calidad excelente, en 2001 empeoró un poco y pasó a la zona 2, de buena calidad, pero a partir de 2007, las muestras están representadas en su mayoría en la zona 5, de muy mala calidad, e incluso en la 6, como es el caso de la de 26/05/2009.

Muestra	F_Toma	Riesgo de salinización		Riesgo de alcalinización		RNa	CSR	RCa	RMg	Normas Scott				
		C		S (SAR)										
143-VC	11/09/1985	541	C1	Bajo	0,74	S1	Bajo	0,20	-0,60	Adecuada	0,40	0,40	45,33	Buena
143-VC	10/09/1987	595	C1	Bajo	1,15	S1	Bajo	0,29	-0,53	Adecuada	0,36	0,36	34,00	Buena
143-VC	11/09/1987	541	C1	Bajo	0,74	S1	Bajo	0,20	-0,60	Adecuada	0,40	0,40	45,33	Buena
143-VC	13/05/1988	504	C1	Bajo	0,52	S1	Bajo	0,15	-0,51	Adecuada	0,40	0,45	72,86	Buena
143-VC	31/10/1988	525	C1	Bajo	0,66	S1	Bajo	0,18	-1,27	Adecuada	0,34	0,48	40,80	Buena
143-VC	31/10/1988	525	C1	Bajo	0,66	S1	Bajo	0,18	-1,27	Adecuada	0,34	0,48	40,80	Buena
143-VC	19/11/1990	471	C1	Bajo	0,39	S1	Bajo	0,11	-1,33	Adecuada	0,43	0,47	40,80	Buena
143-VC	12/03/1994	453	C1	Bajo	0,54	S1	Bajo	0,15	-0,88	Adecuada	0,39	0,46	61,82	Buena
143-VC	25/03/1995	576	C1	Bajo	0,53	S1	Bajo	0,15	-1,14	Adecuada	0,39	0,45	61,82	Buena
143-VC	31/08/1995	486	C1	Bajo	0,50	S1	Bajo	0,14	-1,04	Adecuada	0,29	0,57	49,76	Buena
143-VC	19/04/1996	506	C1	Bajo	0,62	S1	Bajo	0,17	-1,26	Adecuada	0,40	0,43	40,00	Buena
143-VC	29/08/1996	582	C1	Bajo	1,00	S1	Bajo	0,24	-1,32	Adecuada	0,35	0,41	27,57	Buena
143-VC	12/12/1997	1200	C2	Medio	2,19	S1	Bajo	0,36	-4,07	Adecuada	0,30	0,34	7,73	Tolerable
143-VC	02/06/1998	1363	C2	Medio	3,06	S1	Bajo	0,44	-5,52	Adecuada	0,24	0,33	6,00	Tolerable
143-VC	12/11/1998	1545	C2	Alto	3,07	S1	Bajo	0,41	-5,85	Adecuada	0,28	0,31	5,05	Mediocre
143-VC	13/11/1998	1540	C2	Alto	3,37	S1	Bajo	0,44	-5,88	Adecuada	0,27	0,28	5,34	Mediocre
143-VC	16/11/1998	1501	C2	Alto	3,42	S1	Bajo	0,45	-5,57	Adecuada	0,26	0,29	5,34	Mediocre
143-VC	16/11/1998	1512	C2	Alto	3,40	S1	Bajo	0,45	-5,48	Adecuada	0,26	0,29	5,47	Mediocre
143-VC	16/11/1998	1520	C2	Alto	3,43	S1	Bajo	0,45	-5,47	Adecuada	0,26	0,29	5,34	Mediocre
143-VC	16/11/1998	1487	C2	Medio	3,56	S1	Bajo	0,47	-4,99	Adecuada	0,24	0,28	5,47	Mediocre
143-VC	16/11/1998	2546	C2	Alto	5,31	S1	Bajo	0,53	-8,61	Adecuada	0,23	0,25	3,20	Mediocre
143-VC	16/11/1998	2436	C2	Alto	5,23	S1	Bajo	0,53	-7,98	Adecuada	0,23	0,24	3,43	Mediocre
143-VC	16/11/1998	2186	C2	Alto	4,33	S1	Bajo	0,49	-7,55	Adecuada	0,25	0,26	3,78	Mediocre
143-VC	16/11/1998	1673	C2	Alto	3,86	S1	Bajo	0,47	-6,13	Adecuada	0,26	0,27	4,63	Mediocre
143-VC	16/11/1998	1550	C2	Alto	3,80	S1	Bajo	0,48	-5,34	Adecuada	0,26	0,26	5,34	Mediocre
143-VC	16/11/1998	1538	C2	Alto	3,73	S1	Bajo	0,48	-5,22	Adecuada	0,26	0,27	5,47	Mediocre
143-VC	15/04/1999	2053	C2	Alto	4,08	S1	Bajo	0,49	-5,63	Adecuada	0,24	0,27	4,78	Mediocre
143-VC	02/09/1999	2142	C2	Alto	3,96	S1	Bajo	0,48	-6,23	Adecuada	0,25	0,27	4,18	Mediocre
143-VC	02/09/1999	2102	C2	Alto	4,02	S1	Bajo	0,48	-6,84	Adecuada	0,25	0,27	4,32	Mediocre
143-VC	02/12/1999	3444	C4	Muy alto	5,76	S1	Bajo	0,50	-14,02	Adecuada	0,21	0,29	2,20	Mediocre
143-VC	02/12/1999	1860	C2	Alto	3,98	S1	Bajo	0,46	-7,53	Adecuada	0,24	0,30	4,02	Mediocre
143-VC	02/12/1999	2074	C2	Alto	3,80	S1	Bajo	0,45	-7,78	Adecuada	0,24	0,31	3,86	Mediocre
143-VC	05/06/2000	3554	C4	Muy alto	5,52	S1	Bajo	0,47	-15,90	Adecuada	0,24	0,28	2,10	Mediocre
143-VC	05/06/2000	2264	C2	Alto	3,88	S1	Bajo	0,44	-9,47	Adecuada	0,25	0,31	3,09	Mediocre
143-VC	02/09/2000	2104	C2	Alto	3,45	S1	Bajo	0,41	-10,13	Adecuada	0,24	0,36	3,46	Mediocre
143-VC	02/09/2000	1773	C2	Alto	3,27	S1	Bajo	0,40	-9,45	Adecuada	0,24	0,36	3,71	Mediocre
143-VC	29/05/2001	2693	C2	Alto	5,83	S1	Bajo	0,53	-10,04	Adecuada	0,20	0,27	2,68	Mediocre
143-VC	30/05/2001	2493	C2	Alto	5,81	S1	Bajo	0,53	-10,34	Adecuada	0,20	0,27	2,58	Mediocre
143-VC	03/10/2001	2280	C2	Alto	5,67	S1	Bajo	0,53	-9,57	Adecuada	0,19	0,28	3,02	Mediocre
143-VC	08/05/2007	4184	C4	Muy alto	7,53	S1	Bajo	0,56	-15,52	Adecuada	0,20	0,24	1,65	Mediocre
143-VC	08/05/2007	3750	C4	Muy alto	7,65	S1	Bajo	0,57	-12,83	Adecuada	0,19	0,24	1,78	Mediocre
143-VC	20/11/2007	4564	C4	Muy alto	7,22	S1	Bajo	0,54	-17,46	Adecuada	0,21	0,25	1,50	Mediocre
143-VC	21/11/2007	4504	C4	Muy alto	9,95	S1	Bajo	0,63	-15,08	Adecuada	0,17	0,21	1,49	Mediocre
143-VC	12/11/2008	4524	C4	Muy alto	7,19	S1	Bajo	0,53	-17,20	Adecuada	0,21	0,26	1,57	Mediocre
143-VC	17/11/2008	4494	C4	Muy alto	10,41	S2	Medio	0,64	-13,84	Adecuada	0,15	0,21	1,53	Mediocre
143-VC	06/05/2009	4383	C4	Muy alto	11,51	S2	Medio	0,66	-14,97	Adecuada	0,16	0,18	1,32	Mediocre
143-VC	06/05/2009	4623	C4	Muy alto	11,57	S2	Medio	0,66	-15,75	Adecuada	0,16	0,18	1,29	Mediocre
143-VC	29/09/2009	4754	C4	Muy alto	10,87	S2	Medio	0,63	-17,47	Adecuada	0,17	0,20	1,29	Mediocre

**Cuadro c.2.6:** Índices de aptitud agrícola para las mezclas de bombeo del sondeo 143-VC

En 2009 y 2010 se tomaron muestras en profundidad según las cuales se observó que en 2009 la muestra tomada a 356 m se mantenía con buena calidad pero la tomada a 380 m ya estaba en la zona 5, y la de 460 m se salía del gráfico debido a su alta conductividad eléctrica; sin embargo, en 2010 las muestras correspondientes a 356 m y 380 m se encuentran en la zona 2, es decir, de buena calidad, y la de 460 m, en la 5, lo que hace necesario el estudio más adelante (con mayor detenimiento) de la situación de este punto, atendiendo conjuntamente a otras variables, lo que se realizó en años posteriores

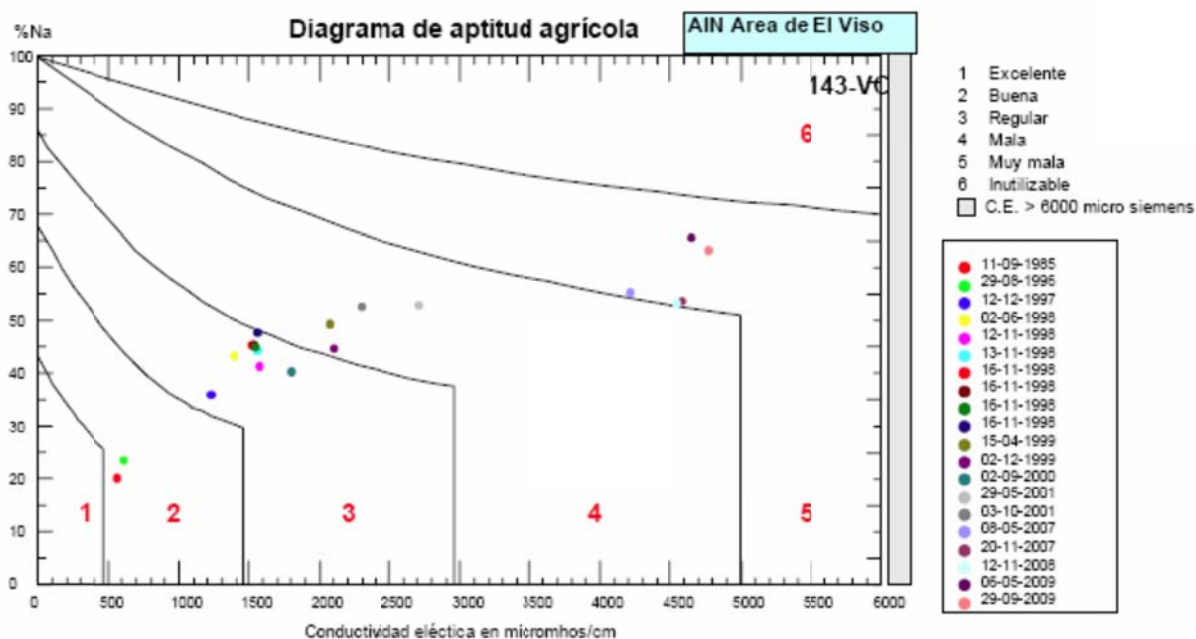


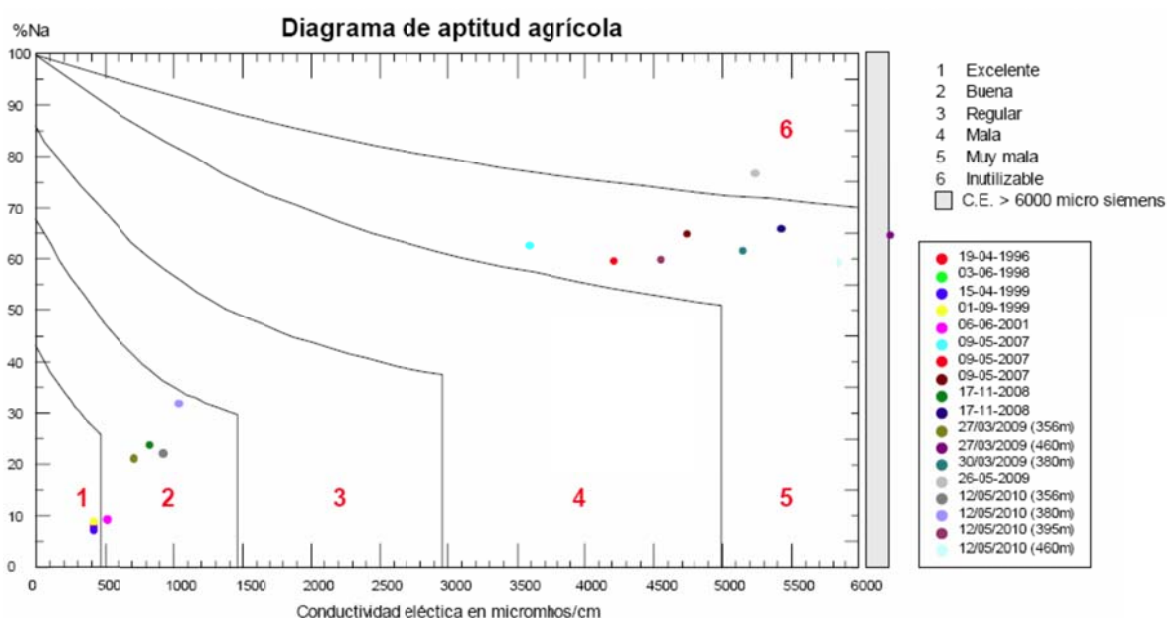
Figura c.2.16: Diagrama de aptitud agrícola de los análisis seleccionados de mezclas de bombeo del punto 143-VC, donde se observa su evolución temporal.

Muestra	F_Toma	Riesgo de salinización		Riesgo de alcalinización		RNa	CSR	RCa	RMg	Normas Scott				
		C		S (SAR)										
157-VC	19/04/1996	390	C1	Bajo	0,24	S1	Bajo	0,08	-0,66	Adecuada	0,44	0,48	127,50	Buena
157-VC	15/12/1997	420	C1	Bajo	0,21	S1	Bajo	0,07	-0,84	Adecuada	0,47	0,46	136,00	Buena
157-VC	03/06/1998	382	C1	Bajo	0,26	S1	Bajo	0,09	-1,08	Adecuada	0,38	0,54	156,92	Buena
157-VC	17/11/1998	389	C1	Bajo	0,22	S1	Bajo	0,07	-0,31	Adecuada	0,47	0,46	156,92	Buena
157-VC	15/04/1999	388	C1	Bajo	0,22	S1	Bajo	0,07	-0,53	Adecuada	0,45	0,48	156,92	Buena
157-VC	05/07/1999	389	C1	Bajo	0,21	S1	Bajo	0,07	-1,18	Adecuada	0,47	0,46	156,92	Buena
157-VC	01/09/1999	389	C1	Bajo	0,26	S1	Bajo	0,09	-0,64	Adecuada	0,41	0,50	156,92	Buena
157-VC	09/12/1999	382	C1	Bajo	0,22	S1	Bajo	0,07	-0,44	Adecuada	0,44	0,49	145,71	Buena
157-VC	05/06/2000	395	C1	Bajo	0,21	S1	Bajo	0,07	-0,71	Adecuada	0,56	0,37	107,37	Buena
157-VC	06/06/2001	486	C1	Bajo	0,34	S1	Bajo	0,09	-1,72	Adecuada	0,39	0,52	37,09	Buena
157-VC	09/05/2007	3564	C4	Muy alto	8,92	S1	Bajo	0,63	-10,70	Adecuada	0,15	0,22	2,04	Mediocre
157-VC	09/05/2007	4190	C4	Muy alto	8,97	S1	Bajo	0,60	-14,28	Adecuada	0,17	0,23	1,69	Mediocre
157-VC	09/05/2007	4714	C4	Muy alto	10,96	S2	Medio	0,65	-14,31	Adecuada	0,15	0,20	1,48	Mediocre
157-VC	17/11/2008	805	C2	Medio	1,14	S1	Bajo	0,24	-4,08	Adecuada	0,37	0,39	11,72	Tolerable
157-VC	17/11/2008	5404	C4	Muy alto	12,23	S2	Medio	0,66	-16,28	Adecuada	0,13	0,21	1,32	Mediocre
157-VC	27/03/2009	693	C1	Bajo	0,91	S1	Bajo	0,21	-2,98	Adecuada	0,37	0,42	17,29	Tolerable
157-VC	27/03/2009	6683	C4	Muy alto	12,40	S2	Medio	0,65	-19,55	Adecuada	0,15	0,20	1,09	Mala
157-VC	30/03/2009	5123	C4	Muy alto	10,09	S2	Medio	0,62	-16,91	Adecuada	0,16	0,23	1,47	Mediocre
157-VC	26/05/2009	5214	C4	Muy alto	15,59	S2	Medio	0,77	-8,21	Adecuada	0,17	0,06	1,53	Mediocre
157-VC	12/05/2010	895	C2	Medio	1,07	S1	Bajo	0,22	-4,62	Adecuada	0,40	0,38	10,30	Tolerable
157-VC	12/05/2010	1015	C2	Medio	1,79	S1	Bajo	0,32	-5,08	Adecuada	0,34	0,34	7,67	Tolerable
157-VC	12/05/2010	4530	C4	Muy alto	9,41	S1	Bajo	0,60	-16,98	Adecuada	0,18	0,22	1,48	Mediocre
157-VC	12/05/2010	5830	C4	Muy alto	10,37	S2	Medio	0,59	-22,36	Adecuada	0,18	0,22	1,14	Mala

Cuadro c.2.7: Índices de calidad del agua desde el punto de vista de su uso agrícola para los datos analíticos existentes del punto 157-VC.

A partir de los datos incluidos en el registro histórico, se puede considerar que el deterioro de la calidad en este caso es, incluso más grave que en el anterior, dado que al inicio de los muestreos la calidad era mucho mejor y la actual es, según el dato aportado el 26/05/2009, mucho peor que en el caso del 143-VC; sin embargo, habrá que estudiar la representatividad de este último análisis, debido a su carácter anómalo respecto al resto del registro histórico de ese punto.

Por último, en el **cuadro c.2.8** se presentan los índices agrícolas calculados de los datos disponibles del punto 162-VC y en la **figura c.2.18** el diagrama de aptitud agrícola correspondiente. En este caso, desde el inicio de los muestreos y hasta mayo de 2007, el agua era excelente para el riego. A partir de entonces, la mezcla de bombeo se deterioró un poco pasando a la zona 2 (buena calidad). Es muy probable que al final, el proceso de salinización en profundidad afecte al agua de bombeo de esta captación, como se observa en la muestra de 23/03/2009 a 530 m de profundidad, que ya se encuentra en la zona 3 del diagrama.



**Figura c.2.17:** Diagrama de aptitud agrícola para los datos del punto 157-VC.

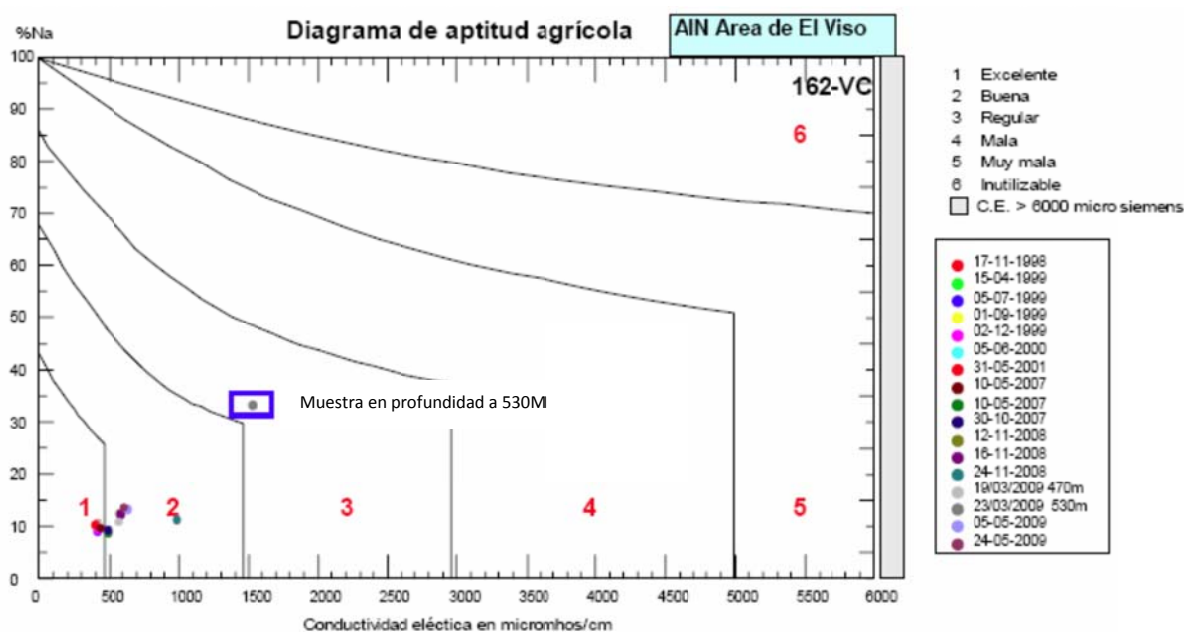
Se muestra en la **cuadro c.2.9** una síntesis de la situación ya en 2009, desde el punto de vista de la calidad del agua para uso agrícola del agua de bombeo de los puntos estudiados para la zona del Viso, teniendo en cuenta los últimos datos existentes de cada punto a la redacción de este documento.

En la **figura c.2.19** se muestran las categorías que se reflejan en los diagramas y en la tabla 3.5.5, en función del número de puntos de esta zona que se incluyen en cada una.

A la vista del **cuadro c.2.9** y de la **figura c.2.19**, se advierte que entonces había 5 captaciones con agua mala para su uso agrícola, una muy mala y otra con agua aparentemente inutilizable, aunque este último caso debe ser estudiado con más profundidad, por si se trata de un dato poco representativo del punto en cuestión.

Muestra	F_Toma	Riesgo de salinización		Riesgo de alcalinización		RNa	CSR	RCa	RMg	Normas Scott				
		C		S (SAR)										
162-VC	17/11/1998	392	C1	Bajo	0,32	S1	Bajo	0,10	-0,12	Adecuada	0,45	0,45	151,14	Buena
162-VC	15/04/1999	392	C1	Bajo	0,30	S1	Bajo	0,09	-0,73	Adecuada	0,46	0,45	151,14	Buena
162-VC	05/07/1999	382	C1	Bajo	0,27	S1	Bajo	0,09	-0,89	Adecuada	0,47	0,44	145,71	Buena
162-VC	01/09/1999	393	C1	Bajo	0,31	S1	Bajo	0,10	-0,63	Adecuada	0,46	0,44	151,14	Buena
162-VC	02/12/1999	387	C1	Bajo	0,28	S1	Bajo	0,09	-0,20	Adecuada	0,46	0,45	154,67	Buena
162-VC	05/06/2000	383	C1	Bajo	0,31	S1	Bajo	0,10	-0,52	Adecuada	0,54	0,36	135,10	Buena
162-VC	31/05/2001	374	C1	Bajo	0,33	S1	Bajo	0,10	-0,48	Adecuada	0,37	0,53	132,40	Buena
162-VC	10/05/2007	411	C1	Bajo	0,31	S1	Bajo	0,09	-1,63	Adecuada	0,41	0,50	60,00	Buena
162-VC	10/05/2007	461	C1	Bajo	0,28	S1	Bajo	0,08	-1,01	Adecuada	0,45	0,46	52,31	Buena
162-VC	30/10/2007	457	C1	Bajo	0,31	S1	Bajo	0,09	-1,68	Adecuada	0,40	0,51	43,40	Buena
162-VC	12/11/2008	561	C1	Bajo	0,45	S1	Bajo	0,12	-2,57	Adecuada	0,41	0,46	22,92	Buena
162-VC	16/11/2008	563	C1	Bajo	0,45	S1	Bajo	0,12	-2,72	Adecuada	0,43	0,45	23,72	Buena
162-VC	24/11/2008	968	C2	Medio	0,43	S1	Bajo	0,11	-2,59	Adecuada	0,41	0,48	24,00	Buena
162-VC	19/03/2009	554	C1	Bajo	0,38	S1	Bajo	0,11	-2,44	Adecuada	0,44	0,45	24,29	Buena
162-VC	23/03/2009	1498	C2	Medio	2,25	S1	Bajo	0,33	-8,01	Adecuada	0,32	0,35	5,00	Mediocre
162-VC	05/05/2009	613	C1	Bajo	0,51	S1	Bajo	0,13	-3,05	Adecuada	0,42	0,45	18,55	Buena
162-VC	24/05/2009	582	C1	Bajo	0,52	S1	Bajo	0,13	-3,13	Adecuada	0,43	0,44	17,74	Tolerable

**Cuadro c.2.8:** Índices de calidad del agua desde el punto de vista de su uso agrícola de las muestras del punto 162-VC.

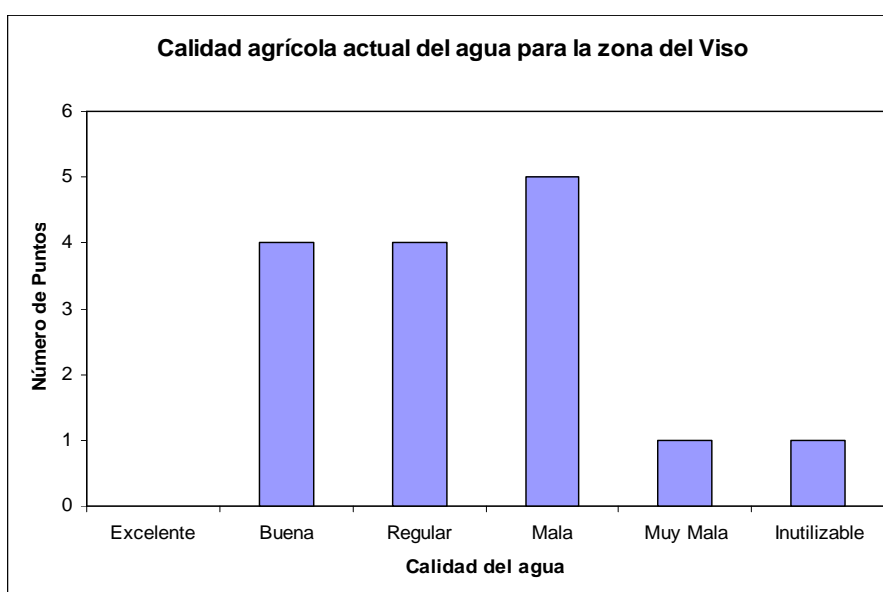


**Figura c.2.18:-** Diagrama de aptitud agrícola para el agua de bombeo y muestras en profundidad del punto 162-VC. Se señala la muestra obtenida a 530 m de profundidad con un recuadro.

El resto de los puntos mantienen una calidad para su uso en la agricultura, en general aceptable en esta zona. Pero, pese a esto, hay que tener presente, que la tendencia general, tanto de los puntos puestos como ejemplo, como del resto, es al empeoramiento de su calidad con el tiempo. Ello hay que relacionarlo con el proceso de salinización en profundidad que ya sufre esta zona del AIN por su relación lateral con la zona costera del AIN afectada por intrusión marina.

PUNTO	FECHA	CALIDAD PARA USO AGRICOLA
143-VC	sep-09	Muy Mala
146-VC	may-09	Buena
147-VC	may-09	Mala
148-VC	may-09	Regular
149-VC	may-09	Regular
155-VC	jun-09	Mala
156-VC	may-09	Regular
157-VC	may-10	Inutilizable? (Anómalo)
159-VC	may-09	Mala
161-VC	may-09	Mala
162-VC	may-09	Buena
165-VC	may-09	Mala
166-VC	may-09	Buena
170-VC	may-09	Buena
173-VC	mar-10	Regular

**Cuadro c.2.9:** Situación actual de la calidad del agua desde el punto de vista de su uso agrícola según los datos disponibles de mezclas de bombeo de captaciones del AIN en el área del Viso.



**Figura c.2.19:** Gráfico resumen de la calidad del agua para uso agrícola.

#### Para el uso urbano

Estos trabajos se encontraban, en la fecha de esta información, en desarrollo. Se incluyen en ellos resultados provisionales. En la tabla adjunta se muestra la clasificación por captaciones referida a los periodos de muestreo, en los cuales se observa un cambio en la calidad (**cuadro c.2.10**).

Para la elaboración de esta tarea se ha tenido en cuenta el RD 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de calidad del agua de consumo humano. Según los datos disponibles, la tendencia general, como se puede apreciar, es a un empeoramiento de la calidad, de forma que, en los últimos años, la mayoría de los puntos aquí presentados han dejado de cumplir con las normas de potabilidad establecidas por la legislación. Ello no implica que no se puedan utilizar realizando la mezcla adecuada con el agua de otras captaciones de buena calidad.

	POTABLE	NO POTABLE
143-VC	1996	1997
146-VC	2009	
147-VC	2001	2008
148-VC	2001	2008
149-VC		2007
151-VC	jun-2001	oct-2001
155-VC	2000	2001
156-VC	2009	
157-VC	2001	2007
158-VC	2004	2007
159-VC	2004	2007
161-VC	2001	2007
162-VC	2009	
165-VC	2001	2007
166-VC	2009	
170-VC	2009	
173-VC		2009

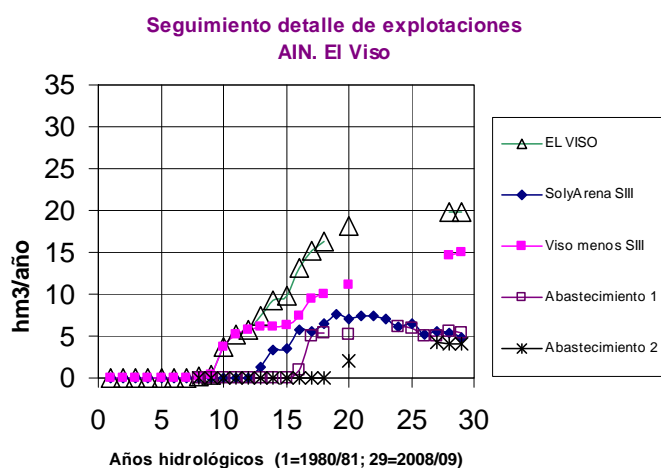
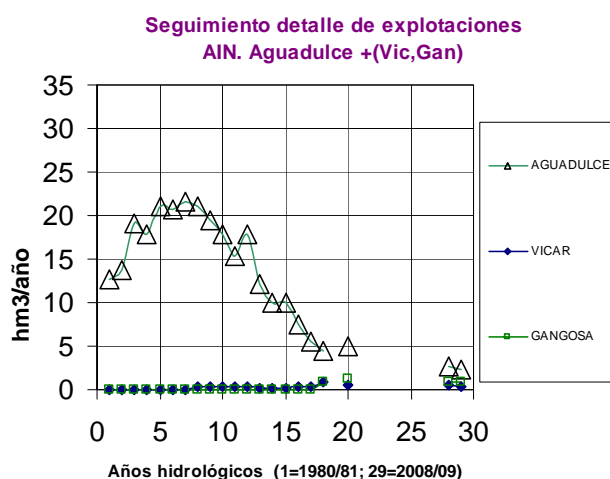
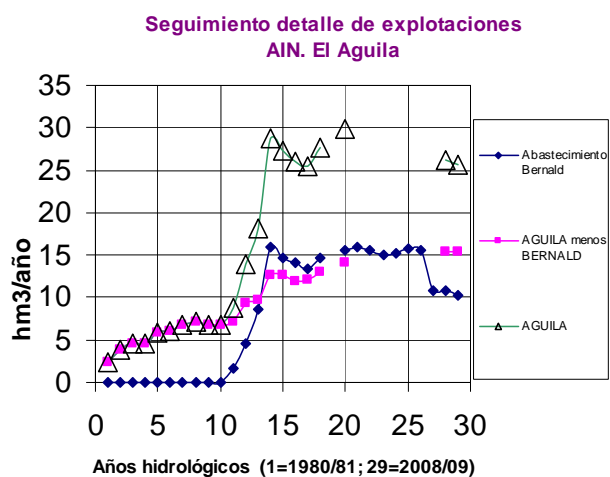
**Cuadro c.2.10:** Potabilidad del agua de bombeo (datos disponibles) de captaciones del área de El Viso del AIN. Las fechas se refieren a períodos de muestreo.

## B) Evolución de los bombeos en el sistema de acuíferos

La evolución de los bombeos de los acuíferos principales del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías incide en la evolución de la piezometría y, por tanto, de la salinización de los acuíferos inferiores, y su distribución espacial está ligada a la evolución de las calidades de las aguas presentes en las distintas áreas de explotación. También está relacionada con el grado de humedad del año, de manera que se producen descensos en el uso del agua subterránea en períodos húmedos en los que existen aportes de aguas superficiales para riego procedentes del Pantano de Benínar.

Sobre el efecto de la calidad del agua en la distribución espacial del bombeo en los acuíferos puede servir de ejemplo el caso de la evolución temporal del practicado en las distintas áreas del AIN; a él se refiere la **figura c.2.20**, donde se observa el aumento del bombeo en el Viso y el Águila desde el año 10 y el descenso simultáneo en Aguadulce desde aproximadamente el mismo año: las altas salinidades del agua de bombeo en la zona costera (por efecto de la entrada de agua de mar, consecuencia del descenso de niveles bajo el marino) no resultaban aptas para las necesidades de las demandas agrícolas y urbanas, que sustituyen estos volúmenes por los extraídos en las zonas interiores de este acuífero preservadas en ese momento de la salinización.





**Figura c.2.20:** Gráficos de detalle de la evolución del bombeo por áreas en el AIN entre 1980/81 (año 1) y 2008/09 (año 29)

El detalle de lo ocurrido desde aproximadamente el año 23 hasta el 29 (08/09), en el área de El Viso, ilustra el efecto de la progresión de la salinización en las captaciones utilizadas para el abastecimiento agrícola en dicha zona (de cuyas aptitudes se trató en el apartado anterior de este epígrafe). Así, el incremento de la salinidad de las mezclas de bombeo provoca una disminución de las extracciones de éstas para el riego, aumentando el bombeo en otras áreas de acuíferos inferiores (caso de las áreas del Tomillar y Pampanico del AIO en relación con los riegos de Sol y Arena). Sin embargo, el bombeo total del área del Viso se mantiene entre las dos fechas indicadas, al aumentar la extracción de otras captaciones del AIN en este área, al ser aptas para otras demandas, entre otras circunstancias.

También tiene interés observar en la **figura c.2.20** el descenso -en 5 hm<sup>3</sup>/a- ya desde 2006/07, en el bombeo desde el área de El Águila del AIN, por sustitución de parte de los volúmenes destinados a abastecer a la capital de la Provincia mediante agua de la Desaladora de Almería. Actualmente siguen consumiéndose del orden de 10-11 hm<sup>3</sup>/a desde el AIN para abastecer a la capital.

Para el caso del AIO (**figura c.2.21**), el seguimiento de las extracciones muestra un incremento del bombeo global de este acuífero hasta 2008/09. Los valores son mayores en el área más lejana a la zona de entrada de los flujos salados desde el AEBN (el área de El Tomillar) y menores en la más cercana a dicho contacto entre el acuífero inferior y el acuífero AEBN afectado por intrusión marina activa (área de Tarambana); esto se relaciona claramente con las diferentes calidades existentes entre ambas áreas, consecuencia del deterioro de las reservas dulces del AIO, que afecta a las penetraciones de las captaciones existentes. Es también la razón de que las grandes comunidades de regantes mantengan los mínimos suministros para sus riegos desde el área de Tarambana.

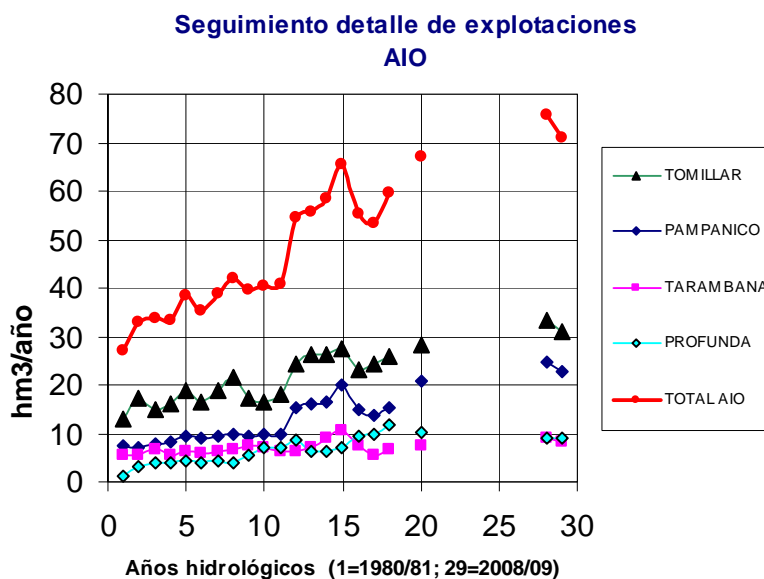
La extracción en los años 2007/08-09 se ha llevado a cabo en 190 puntos de bombeo, habiéndose tratado 378 datos anuales de volúmenes. El esfuerzo realizado en este trabajo ha sido considerable (**figura c.2.21**).

### **C) Evolución de la salinización en los acuíferos inferiores**

Un resumen de los resultados obtenidos a nivel de Fase I se incluía como anexo al volumen 2, tarea 6 del Documento 113; se trata de una versión modificada, en aspectos concretos, de la Ponencia presentada a la reunión de la Comisión de Seguimiento del Convenio, de 22 de julio de 2010.

Desde el año 2000, las tendencias negativas (en cantidad y calidad) de los acuíferos inferiores han dado lugar al abandono / modificación de la tercera parte de las 164 captaciones de explotación de estos acuíferos.

Se describió la evolución del nivel del agua a consecuencia de las excepcionales lluvias ocurridas desde diciembre de 2009, circunstancias de gran interés para analizar el comportamiento de la progresión del proceso de salinización en los acuíferos inferiores.



**Figura c.2.21:** Evolución temporal de bombeos en el AIO, con indicación de los correspondientes a sus diferentes áreas

Según lo ya expuesto en este informe, sobre las variaciones detectadas hasta ahora de la salinidad en profundidad, en los acuíferos inferiores, en este año de pluviometría tan alta, no se observa una disminución clara respecto a los anteriores (en algún caso la salinidad detectada es similar a la del 2008, mientras en otros supera la de 2009).

Los trabajos en curso (a fecha del informe 113) mejorarían la percepción de los cambios de salinidad en estos acuíferos, aunque los indicios apuntan a que la repercusión de estas entradas por precipitación en estos acuíferos profundos no va a ser muy significativa, a diferencia de lo que habitualmente ocurre en acuíferos superficiales (especialmente los de carácter aluvial).

### c.3) Del Documento 146 del año 2011

Se incluye en este apartado el “INFORME SOBRE LAS CAUSAS DE LA ACELERACIÓN DEL CRECIMIENTO DE NIVELES DE AGUA EN LA LAGUNA DE LA Balsa del SAPO EN EL ENTORNO DE LAS NORIAS (EL EJIDO, ALMERÍA)”. 17 de Marzo de 2011, como se ha dicho realizado a solicitud de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

#### **c.3.1) Introducción**

Con fecha 16 de febrero de 2011 se recibió, por medio del técnico de EGMASA Isaac Francés, la solicitud del Gerente de la Agencia Andaluza del Agua (AAA) en Almería, José Antonio Merino, de un informe resumido que, apoyado en todos los datos disponibles, recogiera la interpretación del IGME **sobre las causas de la extraordinaria aceleración del crecimiento de niveles del agua en la laguna de la Balsa del Sapo desde diciembre de 2009 hasta hoy**. Este

informe debe ser **“útil para tomar una decisión” sobre el problema de gestión creado por esta subida de niveles en dicha laguna.**

Aunque este Instituto tiene ya formada la idea sobre su origen, dada la repercusión social que está teniendo este problema local y el detalle que al parecer se solicita sobre la evolución del proceso, para responder al problema concreto que plantea la solicitud, se requirió el 22/2/2011, a través del mismo conducto, información detallada sobre datos recientes relacionados con el asunto que pudiera tener la propia AAA para complementar el análisis solicitado, al no haber recibido algunos de ellos desde abril de 2010. También se requirió al Ayuntamiento de El Ejido la aportación de los datos que pudiera suministrar sobre el particular.

A esta fecha, no se dispone aún de los datos sobre régimen de bombeos y de niveles diarios de la lámina libre del humedal, ni variación diaria de los parámetros físico-químicos de su agua, para profundizar más en el análisis solicitado y poder detectar, en su caso, otro tipo de incidencias marginales del problema. En cualquier caso, no parece que pudieran modificar mucho el diagnóstico realizado. Por ello, y en atención a la urgencia que se supone para la recepción de este informe, se emite el mismo por considerar suficientes los resultados obtenidos.

Con base en el conocimiento general del problema, para el análisis llevado a cabo se han relacionado:

- la distribución de las variaciones del nivel del agua en los distintos sectores del ASC y acuíferos contiguos (hidrogramas de sus piezómetros representativos) en la zona central del Campo que alberga la laguna de Las Norias, y en la lámina libre de ésta.
- el régimen de precipitaciones en la cuenca de recepción de la zona (hidrogramas de precipitación en Felix y La Mojonera, y desviaciones acumuladas en relación con la media, etc).
- la localización de dichos sectores de estudio de los niveles del agua con respecto a la laguna y a la Sierra de Gádor (principal frente de los flujos de recarga natural del ASC y de la laguna), apoyado con el plano de la zona con la laguna, de la piezometría de septiembre de 2005 y febrero 2010, situación de piezómetros usados, sectores, etc.
- las isopiezas de septiembre de 2005 y febrero de 2010.
- la situación de los piezómetros en relación con cauces actuales (y antiguos) de ramblas, que constituyen vías preferentes de circulación más rápida de los flujos superficiales y sub-superficiales en eventos de mayor precipitación y torrencialidad.
- Inicio del régimen de bombeos directos en la laguna (con hidrograma aproximado del nivel de la lámina libre).

Las **figuras anexas** a este informe (localizadas al final de este apartado) ilustran parte de las informaciones y datos enunciados, así como del análisis llevado a cabo para este informe.

Por razones de oportunidad -que se considera necesario tener presentes al decidir la adecuada gestión de este asunto- se incluyen seguidamente unas primeras referencias al contexto general desde el que se lleva a cabo el tratamiento dado en este informe al problema específico que se plantea en la solicitud.

### **c.3.2) Antecedentes relativos al conocimiento de la situación del conjunto de acuíferos de la Comarca del Campo de Dalías**

En el marco del estudio general de los recursos hídricos de la Provincia de Almería, que desarrolló el IGME en la década de los 70 –ante la evolución que se iniciaba en el funcionamiento de los flujos subterráneos en los acuíferos de esta Comarca, y las consecuencias socio-económicas que podrían derivarse de los mismos- este Organismo apreció la necesidad de dedicar, con los medios disponibles, un continuado esfuerzo económico destinado a la investigación y seguimiento de dichos acuíferos, cuya duración supera ya las cuatro décadas de estudio. Y todo ello, para adquirir un adecuado conocimiento hidrogeológico que permitiera proporcionar apoyos informados sobre esta problemática a los responsables de su gestión y a las organizaciones de usuarios, en una materia que no siempre ha recibido la atención que se considera acorde con su importancia, especialmente para este territorio.

Por la magnitud del problema global de los recursos hídricos subterráneos de esta Comarca y la imposibilidad de atender a todas las necesidades de información que su deseable conocimiento ha venido requiriendo, **este Instituto ha concentrado la mayor parte de su investigación en atender al principal proceso negativo que gravita sobre los mismos**, por afectar a los acuíferos inferiores, es decir a la actual fuente de suministro a más del 80% de la demanda existente (mediante un bombeo del orden de 130 hm<sup>3</sup>/ año para 2007/08). **Se trata de la penetración progresiva de agua de mar en dichos acuíferos, en profundidad. Esta penetración**, iniciada al principio de los años 80 por el extremo occidental del Campo -hacia el Acuífero de la Escama de Balsa Nueva (AEBN) y de éste al Acuífero Inferior Occidental (AIO)- y a mediados de esa misma década en el Acuífero Inferior Noreste (AIN) por el sector costero de Aguadulce – Roquetas, **ha venido avanzando hacia el interior y generando mezclas de alta salinidad que actualmente afectan a todo el fondo de las zonas de acumulación de dichos acuíferos**, algunas de las cuales ya han quedado inutilizadas, prácticamente, para la demanda (áreas de Aguadulce y La Gangosa – Vúcar, etc.), que va concentrando sus captaciones en los sectores aún dulces de dichos acuíferos inferiores.

**El referido proceso se considera un problema de máxima gravedad para el principal suministro de agua al abastecimiento urbano y a la agricultura de la zona, ya que afecta a la mayor parte de los usuarios de todo el Campo.** Así se ha venido transmitiendo a gestores y usuarios desde las primeras fases del proceso. A su estudio y difusión se ha destinado, consecuentemente, la mayor energía de medios disponibles y reclamado más medios necesarios para mejorarlo. Salvo excepciones, se ha reducido, por el contrario, la atención a los acuíferos de cobertera (superiores e intermedios) llevando a cabo sólo, tras su conocimiento general, un seguimiento de su evolución mediante la captación propia de datos y la utilización, tras su contraste, de los datos ajenos, como los proporcionados en su caso por la AAA. De acuerdo con el conocimiento de la evolución de estos acuíferos de cobertera, y guiados con criterio de contribución a su mejor uso,

sin mediar solicitud alguna o con ella, se han emitido informaciones a gestores y usuarios sobre aspectos concretos con ellos relacionados, en apoyo a la corrección de algunas actuaciones que no eran conformes con la realidad conocida de los mismos, o con su vulnerabilidad (como en el caso reciente de las primeras operaciones propuestas en el desalajo del agua bombeada en la laguna de la Balsa del Sapo) u otros documentos sobre ellos.

Por otra parte, y **desde el conocimiento contrastado de las interrelaciones entre acuíferos, y entre éstos y el mar, el IGME mantiene la firme convicción de que cualquier actuación que afecte a un acuífero concreto, debe atender no sólo al funcionamiento del mismo, sino también a la repercusión que puede generar en el funcionamiento general del sistema, debiendo quedar coordinada por la gestión global del conjunto.**

Esta concepción sobre la gestión global, coherente con la evolución actualizada del funcionamiento general del conjunto de acuíferos de esta Comarca, es la que fundamentó la formulación del Programa de Actividades de apoyo a la Protección – Regeneración de los Acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías que, en Enero de 2006, fue solicitada al IGME por la AAA, ACUAMED y la Junta Central de Usuarios de los Acuíferos del Poniente Almeriense (JCUAPA), cuya aceptación por las Partes originó la firma del Acuerdo de Intenciones para llevarlo a cabo en colaboración coordinada y financiada por las mismas. Tal Acuerdo dio lugar, en Abril de 2008, al Convenio AAA – IGME – ACUAMED – JCUAPA para ejecutar la Fase I del citado Programa, cuyo desarrollo se encuentra en su tramo final según se viene informando a sus firmantes y a los miembros de su Comisión de Seguimiento.

La programación y dirección de los trabajos de contenido hidrogeológico de esta Fase I, así como la función de coordinación e información a la citada Comisión y la secretaría del mismo, correspondieron al IGME (en la persona firmante de este documento). El intenso contenido técnico de todos los trabajos que conlleva esta Fase I, y la exigencia de atender desde el diseño hasta la dirección, supervisión de la ejecución y la interpretación acorde con el funcionamiento hidrogeológico local de todos ellos, no deja margen a la que suscribe para otros cometidos, por no desatender la dedicación requerida para lo que es, y esa Delegación de la AAA conoce, el problema principal que gravita sobre los recursos subterráneos del Campo que más preocupa y ocupa a la dirección hidrogeológica de estos trabajos.

En coherencia con este problema principal y dada la necesidad ya expuesta de atender cualquier actuación parcial que afecte a sus recursos hídricos en el contexto de la problemática global de los mismos, cabe recordar aquí que el objetivo general de los trabajos de esta Fase I del Programa consiste en actualizar el conocimiento del estado en que se encuentran los acuíferos existentes, para orientar, lo mejor posible, a sus gestores, acerca de las **dos líneas de actuación complementarias** para corregir el insostenible uso que se viene haciendo de sus recursos subterráneos. **La primera** trata de fundamentar **los criterios que deben conducir la aplicación más eficiente de los recursos de sustitución de bombeos en áreas de los acuíferos inferiores** con objeto de alcanzar la máxima corrección posible de su proceso de deterioro. **La segunda**, también imprescindible, deberá preseleccionar las **áreas de los acuíferos de cobertera donde se puedan obtener el máximo posible de recursos complementarios de sustitución** mediante el bombeo adecuado en ellos, con el mismo fin.

**Este objetivo de obtener el máximo posible de recursos complementarios de sustitución, deberá tenerse presente al diseñar las soluciones que se adopten para los problemas locales que concurren en los acuíferos de cobertera, como es el caso de los existentes en la zona de la Balsa del Sapo del ASC.**

### **c.3.3) Problemática local del paraje Balsa del Sapo**

**En el paraje de la “Balsa del Sapo” se superponen dos tipos de procesos que, por separado, representan un problema local para la población y las infraestructuras de la zona y requieren soluciones adecuadas, en ambos casos, al conocimiento del carácter y origen de los mismos.**

- **El primero de los procesos** (por su antigüedad) corresponde al **riesgo histórico potencial de ocurrencia de una precipitación torrencial de magnitud excepcional sobre la cuenca de recepción de esta zona deprimida** de la llanura, conocida desde siempre como “Balsa del Sapo”, por su carácter endorreico, con una notable extensión de su fondo desprovista de canal natural de drenaje superficial al mar por debajo de cotas cercanas a 40 m sobre el nivel del mar. De hecho, la propia denominación de la zona como “balsa” señala el encharcamiento que, con carácter esporádico, se originaba en el fondo de esta depresión, produciendo una laguna de existencia más o menos efímera (hasta su desaparición por evaporación e infiltración en el terreno) cuando avenidas torrenciales, de ocurrencia poco frecuente pero conocidas por la mayor parte de la población nativa de este territorio, alcanzaban dicho fondo. La información disponible permite (aunque no pueda asegurarse) deducir el hecho probable de no haber existido ninguna avenida torrencial de rango excepcional que haya provocado una inundación con desbordamiento masivo, por su mal definido rebosadero natural, hacia el mar, por el Este /Sureste de la depresión (entorno de La Mojonera). **Este riesgo, por tanto, siempre ha existido, aunque** con la diferencia de que **haya crecido progresivamente la magnitud de los daños que tal suceso** natural, si se produjera, **podría provocar**. La necesidad de evitar la eventual ocurrencia de estos daños, por parte de todos los implicados históricamente en su previsión, no es una percepción reciente para quienes conocen el territorio, sino que cada vez tal percepción resulta más evidente, como ha sido proclamado desde hace años a través de distintas instancias y documentos.

El tipo de solución técnica a este problema hidrológico queda fuera del marco de competencias del IGME y, por tanto, del alcance de los trabajos que han venido ocupando la atención del mismo en esta Comarca, lo que hace improcedente una mayor insistencia sobre este primer proceso en presente informe, salvo la de señalar la siguiente **recomendación**: que, **en la actuación que se diseñe para resolverlo se tenga en cuenta que no sea perjudicado el aprovechamiento máximo de los recursos complementarios alcanzables mediante el bombeo adecuado de esta zona del Acuífero Superior Central (ASC) que, por una parte deberá resolver los problemas de inundación producidos y atender a las necesidades del humedal y, por otra, contribuir a la solución del problema global de recursos hídricos del Campo, en defensa del máximo volumen de bombeo sostenible en sus acuíferos inferiores, como se señaló en el epígrafe anterior.**

- **El segundo de los procesos** que afectan al paraje de la Balsa del Sapo se refiere a la existencia, desde los años 90, de **la laguna permanente surgida en el entorno de Las Norias, cuyo origen está directamente involucrado con la evolución conocida del funcionamiento del Acuífero Superior Central**, acuífero definido por los trabajos del IGME sobre la Comarca. Se trata de un proceso generado en un ámbito hidrogeológico incluido en dichos trabajos, realizados como investigación general de apoyo a la gestión del conjunto de acuíferos de la misma. El conocimiento alcanzado por el IGME fundamenta el análisis y las conclusiones que se aportan en este informe.

#### **c.3.4) Síntesis de la evolución del funcionamiento del ASC y su relación con el nuevo humedal**

**El ASC**, dentro del conjunto del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías, **es por su estructura y funcionamiento hidrogeológico el más sencillo de todos ellos** y el que menos problemas de comprensión ha presentado en el seguimiento general de su evolución, durante casi el último medio siglo -prácticamente desde su estado natural de funcionamiento- por la utilización que se le ha dado.

**No ha tenido nunca problemas de intrusión marina, aunque sí ha soportado y soporta los impactos de la utilización humana** (en usos agrícolas y urbanos, no siempre inevitables) que han incidido en la calidad del agua que contiene, ya con notable salinidad natural. En gran parte de su extensión dicha calidad fue produciendo un rechazo en la demanda por no cumplir sus exigencias para la mayoría de los usos. Ello provocó que, tras un primer período de mayor explotación, fuera disminuyendo el bombeo del mismo (como en el resto de los acuíferos de cobertura de esta Comarca), mientras fue creciendo la extracción en los acuíferos inferiores, con mejor calidad natural del agua para abastecer tanto a las demandas ya existentes en su superficie y en el resto de la Comarca, como a las que, de forma continua, fueron ampliándose por las necesidades hídricas en el desarrollo de ésta. En las últimas décadas, para atender a estas necesidades (y a las de Almería capital) se mantuvo un bombeo de los acuíferos inferiores que ha venido superando el 80% del total del agua utilizada -del orden de 140 hm<sup>3</sup>/año- muy superior, con mucho, a la indeterminable media anual de entradas a los mismos. Ello ha provocado, en estos acuíferos inferiores, la ya citada progresiva entrada de agua de mar, generando mezclas inutilizables por las demandas.

Para la comprensión general de **los problemas de inundación de invernaderos y edificaciones en cotas bajas del entorno de Las Norias, y la relación de su origen con la evolución del funcionamiento del Acuífero Superior Central**, conviene recordar aquí algunas matizaciones aclaratorias del mismo, que pueden contribuir a centrar el análisis del proceso de crecimiento de la lámina libre del agua en la laguna y el de las medidas correctoras de sus efectos indeseables.

Entre otras **pueden señalarse**:

- **El ASC** -salvo en su extremo noroeste antes de la década de 1980- **no recibe transferencias laterales subterráneas desde las zonas saturadas de los acuíferos vecinos**, al mantener cotas del agua más altas que las de éstos en sus frentes de contacto.
- **La única recarga natural del ASC proviene de la infiltración, tanto de una parte del agua precipitada directamente sobre su superficie, como de la procedente de las escorrentías**



**superficiales y sub-superficiales que le alcanzan**, provenientes de la ladera meridional de Sierra de Gádor **a través de sus cauces** (avenidas esporádicas de ramblas y barrancos) **y de la red de aluviales actuales y antiguos** en los que éstos se prolongan bajo la superficie en aquellos eventos de precipitación que provocan escorrentías en dicha ladera.

- **La recarga actual de agua al ASC ha venido complementándose de manera creciente con el uso que se viene dando al mismo.** Se trata, por tanto de **dos componentes: la recarga natural**, ya citada, **y la procedente de los “retornos” de las actividades agrícolas y urbanas, incluyendo las recargas inducidas en dichos usos.**
- En los primeros años de transformación de este medio natural los retornos de estos usos humanos provenían del agua de captaciones localizadas en el propio ASC (una denominación apropiada, ya que equivalían a una disminución resultante del agua extraída del ASC). Más tarde fue abandonándose (hasta en un 60% entre 1980/81 y 2008/09) la mayor parte del bombeo alcanzado entonces de este acuífero, además de ir creciendo paralelamente, de manera muy notable (como en todo el Campo) ambas demandas (urbanas y agrícolas), que vienen siendo atendidas, principalmente, por la extracción creciente de los acuíferos inferiores, más adecuados por su calidad del agua a las exigencias de las mismas.
- De esta manera, **viene creciendo la recarga provocada en el ASC por la aplicación sobre el mismo del agua que abastece al uso agrícola y urbano, en su mayor parte, como se ha dicho, importada al mismo.** Este aumento provocado **de la recarga es el principal responsable del crecimiento progresivo del nivel del agua subterránea en el ASC**, efecto que se suma, en algunas de sus áreas, al de recuperación normal de niveles por cese de bombeos existentes en distintos sectores del mismo. Sin embargo buena parte de estos últimos efectos ya pueden considerarse del todo amortizados, según se deduce al comparar, para este acuífero, la evolución piezométrica con las distribuciones del bombeo y de las superficies ocupadas entre el final de los años 70 y la actualidad.

Por las razones expuestas, **en todo el ámbito del ASC** que no haya estado fuertemente influenciado por un bombeo coetáneo o reciente, **el nivel del agua ha venido ascendiendo desde hace décadas**, según los registros de datos disponibles. **En la zona de la Balsa del Sapo estos ascensos vienen siendo visibles para el estudio hace más de tres décadas**, y divulgados desde sus inicios en informes, Atlas y folletos (en IGME, 1982; IGME – Junta de Andalucía, 1998; IGME, 2005, etc).

Es decir, desde **mucho antes del afloramiento del agua en la laguna** (la actual lámina de agua libre del ASC), **ya se conocía el avance del crecimiento del nivel del techo de este acuífero.** Tal afloramiento, lógicamente, se produciría por las zonas de cotas más bajas de la topografía del fondo del paraje de la Balsa del Sapo, habiéndose adelantado esta ocurrencia por su profundización al haber sido excavado (y posteriormente ocupado en parte) junto al núcleo urbano de Las Norias para la extracción de áridos.

Conviene insistir en que **estas excavaciones sólo adelantaron la visibilidad de la lámina de agua, ya que el proceso de crecimiento**, que aún no ha concluido, **rebasará las zonas excavadas si no**

se aplican medidas correctoras, las cuales no deben requerir plazos muy largos para la complementación y adaptación al sistema ya implantado **de bombeo en la laguna por la AAA.**

**Desde el punto de vista de este estudio puede afirmarse que tal ascenso del nivel del agua del acuífero puede invertirse localmente con un adecuado planteamiento de bombeos en el mismo (y/o en la propia lámina de agua, siempre que no se trate de una precipitación excepcionalmente elevada de carácter torrencial). Con él tendría que alcanzarse el nivel de seguridad suficiente exigido para la necesaria corrección de los efectos de inundación producidos en construcciones e invernaderos, así como el de compatibilidad razonable con el ecosistema generado con su aparición.**

### **c.3.5) Análisis detallado de las causas de la aceleración del ascenso del nivel en la laguna, en el período: Septiembre de 2009 a Febrero de 2011.**

Para llevar a cabo el análisis propuesto, conviene tener presente las siguientes premisas:

- la **primera**: que **los mecanismos de recarga posibles del Acuífero Superior Central se reducen a sus entradas naturales**, antes enunciadas, **y a la infiltración de los -aquí impropriamente denominados- retornos del agua aplicada**, al ser en su mayor parte procedentes de aguas ajenas al mismo (esencialmente bombeadas de los acuíferos inferiores).
- la **segunda**: que **la incidencia en la variación del agua infiltrada en el acuífero, como consecuencia del uso, no tiene prácticamente correspondencia sensible con el régimen estacional de precipitaciones** en la zona, **siendo** su aportación al crecimiento de niveles del agua, en todos los acuíferos del Campo, una componente dependiente de la evolución de dicho uso, en general con **una tendencia de crecimiento uniforme. Por ello, aunque sea la principal causa de crecimiento uniforme** del nivel del agua en el ASC, esta segunda componente **no interviene directamente en la aceleración del ascenso de niveles en la laguna durante el período analizado** (septiembre de 2009 a febrero de 2011). Por el contrario, en las variaciones temporales de niveles (hidrogramas) de piezómetros representativos del funcionamiento de los diferentes acuíferos y de los distintos sectores de los mismos, así como en la información disponible de la lámina de agua en la laguna (**figuras c.3.2 y c.3.3**), **sí que se observa una muy buena correlación de la incidencia de los episodios más significativos de precipitaciones** (por su cantidad y tipología). Esto también se aprecia en las tasas de crecimiento anual del nivel del agua por períodos que integran distintos años hidrológicos (**figura c.3.5**), comparadas con los hidrogramas de precipitación en estaciones pluviométricas representativas de la zona (**figura c.3.1**).

Según todo ello se deduce que, **las fluctuaciones del crecimiento del nivel en el ASC (y en la laguna, su lámina libre) esencialmente se deben** (salvando las interferencias producidas por el bombeo) **al propio régimen de precipitaciones.**

Un análisis más detallado del proceso de crecimiento diferencial de niveles, con la precipitación, requiere considerar algunas de las características hidrogeológicas que lo explican: **la estructura interna del conjunto de materiales que constituyen el ASC** no es homogénea; existen variaciones

en la vertical y horizontal, de origen litológico o tectónico (que no procede describir aquí), las cuales provocan cambios en la distribución de la permeabilidad, o conductividad hidráulica, originando en el medio distintas velocidades en la circulación del flujo subterráneo que **permiten la presencia de “vías preferentes”**, tanto en la zona saturada como en la no saturada del acuífero. En cuanto a esta última, destacan los materiales cuaternarios, más abundantemente representados en este sector del acuífero por los conos de deyección y aluviales de ramblas, los cuales pueden alcanzar permeabilidades hidráulicas altas, lo que les confiere un papel predominante **en la velocidad de propagación de los efectos de recarga asociados a eventos de precipitaciones que llegan a provocar escorrentías superficiales** (visibles en los cauces) y **subsuperficiales** (que discurren por sus aluviales).

- La **tercera**: que **la componente del proceso de recarga del acuífero debida a la infiltración procedente de la precipitación adquiere mayor peso cuando las precipitaciones son más elevadas y torrenciales –al ser mayor la infiltración que se produce desde las escorrentías-** lo cual también incide en el proceso de entrada de agua a la laguna, que puede verse como un espacio excepcional (de permeabilidad infinita) en lámina libre del propio ASC.

**El análisis de algunos datos disponibles del nivel del agua en piezómetros del ASC cercanos al borde de la laguna, y los simultáneos del nivel del agua en la misma, indican una respuesta más rápida del ascenso en la lámina libre que en el sector contiguo del acuífero ante eventos de precipitaciones** del tipo antes señalados (**más copiosas y de carácter torrencial**), **durante los cuales la laguna recargará al acuífero** (lo mismo que se ha observado repetidamente entre acuíferos con grandes diferencias de permeabilidad dentro del Campo). **Tales circunstancias transitorias se invierten cuando cesa el aporte rápido de dichas escorrentías**, llegándose a la situación de régimen normal (de recarga del acuífero a la laguna). Es decir, **las aceleraciones y deceleraciones observadas en la variación del nivel del agua en la laguna dependen del régimen de precipitaciones en su cuenca de recepción**, a pesar de estar suavizadas o potenciadas, respectivamente, por el bombeo. Todo ello está superpuesto a la tendencia continua general al crecimiento del nivel del ASC provocada por los retornos, ya mencionada en el epígrafe anterior. Los efectos de disminución del nivel del agua de la laguna por el bombeo directo realizado en la misma, llevado a cabo desde mediados del año 2006 por la AAA, son evidentes cuando se comparan (**figura c.3.5**) las tasas de crecimiento del nivel del agua en los piezómetros del ASC del borde de la laguna entre el 10/05 – 9/09 (período con bombeo) y el 10/01 – 9/05 (anterior al mismo).

**El bombeo en la laguna empezó en mayo de 2006**, dentro de un período seco (según indica la curva de desviaciones acumuladas con respecto a la media del intervalo temporal 1940/41-09/10, **figura c.3.1**), que comprende desde 2004/05 hasta 2007/08. **El año 2006/07 fue muy seco: el bombeo en la laguna produjo los descensos deseables en el nivel del agua libre**, que repercutieron en una disminución del incremento de niveles en los piezómetros del acuífero localizados en el entorno de la laguna, respecto al registrado entre 2001/02 y 2005/06 (**figuras c.3.3 y c.3.5**).

Por su parte, el año **2008/09 correspondió a un año húmedo** (con un 156% y un 138% del módulo pluviométrico anual de las estaciones de Felix y La Mojonera, respectivamente): **en la**

**época de lluvias se alcanzó un rápido ascenso del nivel**, del orden de 1 metro, **que en el estiaje fue controlado por el bombeo en la laguna**, aunque sin llegar al descenso obtenido en el año hidrológico anterior.

Durante el siguiente año, **2009/10, se registraron las mayores precipitaciones de los últimos 70 años** (con módulos pluviométricos de 263% y 298% para La Mojonera y Felix, respectivamente, y valores diarios de 71 mm y 140 mm para cada una de dichas estaciones): **este pico de precipitaciones provocó escorrentías superficiales generalizadas en la zona, con una subida rápida de la lámina libre en el máximo diario (23 de diciembre de 2009) del orden de 1 metro**. Este rápido ascenso de la lámina libre de agua influye en un incremento del nivel del agua en el ASC en puntos del entorno de la laguna que, sin llegar a las cotas piezométricas alcanzadas en ésta, superan a las de otros piezómetros más alejados de ella; así, se **demuestra la existencia de una recarga más rápida en la lámina libre que en el acuífero**, lo que supone una alimentación a éste desde la laguna en las circunstancias expuestas. En todo el período de lluvias de este año 2009/10 siguió creciendo el nivel de la laguna, con un máximo anual en abril de 2010. **El bombeo en la misma** (de cuantía desconocida) **se mostró insuficiente para controlar este ascenso**, incluso en el estiaje de este año hiper-húmedo, con un decrecimiento, del nivel que alcanzó, este descenso sólo alcanzó del orden de 0,5 metros.

**En el año hidrológico actual (2010/11) el nivel en la laguna sigue ascendiendo**; en diciembre de 2010, se inicia un nuevo incremento que **alcanza en febrero de 2011 los valores más altos registrados** (según los datos aportados por el Ayuntamiento de El Ejido, que comprenden el período del 10/2003 al 2/2011), **poniendo de manifiesto la insuficiencia del caudal de bombeo aplicado en la laguna**. El volumen bombeado de la laguna (cuyo valor se desconoce) no ha podido controlar un ascenso del orden de 3 m producido desde aproximadamente Octubre de 2009 hasta la fecha.

### **c.3.6) Síntesis, conclusiones y recomendaciones**

Se diferencian **las de carácter general** (aplicables a todos los acuíferos de este sistema) **y las de carácter local**, referidas a esta zona del ASC (definida en la Fase I como Zona Estratégica Preferente “Entorno de la Balsa del Sapo”) que incluyen las relativas al problema existente en dicho paraje del ASC.

#### **1) De carácter general** (aplicables a todo el ámbito de la Comarca):

- **El problema principal** que gravita sobre los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías es la penetración progresiva de agua de mar en profundidad, en sus acuíferos principales, **los acuíferos inferiores**, que abastecen a más del 80% de las demandas de la misma (con un bombeo del orden de 130 hm<sup>3</sup>/año para 2007/08). Este proceso activo, que ya incide en todo el fondo de las zonas de acumulación de dichos acuíferos, va produciendo una reducción de las áreas de los mismos en las que aún se puede captar agua directamente utilizable por las demandas, por lo que **se considera de máxima gravedad e interés general**, al afectar a la mayor parte de los usuarios del Campo.

- Por otra parte, **cualquier actuación** que afecte a un acuífero concreto de este conjunto debe atender, no sólo al funcionamiento del mismo, sino también a la repercusión que puede generar en el funcionamiento general del sistema, **debiendo quedar coordinada por la gestión global del conjunto**, según se deduce del conocimiento contrastado de las interrelaciones entre acuíferos, y entre éstos y el mar obtenido por este Instituto.
- La concepción anteriormente expuesta es la que fundamenta el “Programa de Actividades de apoyo a la Protección – Regeneración de los Acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías”, cuya Fase I viene llevándose a cabo, desde 2008, en Convenio entre la AAA, el IGME, Acuamed y la JCUAPA, comprendiendo dos líneas de actuación complementarias: a) **fundamentar los criterios de aplicación más eficiente de los recursos de sustitución de bombeos en áreas de los acuíferos inferiores** con objeto de alcanzar la máxima corrección/protección posible de su deterioro; b) **la preselección de las áreas de los acuíferos de cobertera donde obtener el máximo posible de recursos complementarios de sustitución** mediante el bombeo adecuado en los mismos, **con el mismo fin**.
- De todo lo expuesto anteriormente se deduce que, **al diseñar las soluciones que se adopten para los problemas** locales que concurren en los acuíferos de cobertera, como es el caso de los existentes **en la zona de la Balsa del Sapo del ASC, deberá tenerse en cuenta el doble objetivo de solucionar el problema local y de obtener el máximo**, que resulte adecuado, de recursos complementarios de sustitución, para **contribuir todo lo posible a solucionar el problema general del Campo**.

2) **De carácter local** (referidas al ASC, principalmente a su zona central, y, más en particular, al paraje de la Balsa del Sapo).

- En el citado paraje desde hace años **se superponen dos tipos de procesos** que, por separado, representan un problema local para la población y las infraestructuras de la zona. Ambos casos **requieren soluciones adecuadas al conocimiento del carácter y origen de los mismos**.
- La identificación de cada uno de los procesos que actúan resulta necesaria para afrontar su análisis, que debe llevarse a cabo, siempre por separado, para facilitar el hallazgo del tipo de actuaciones correctoras más eficientes para cada uno, pero no sólo considerando la solución del problema local, sino también atendiendo a no perjudicar a otros ámbitos de la llanura y a la solución del problema general de abastecimiento de recursos hídricos que incide sobre el conjunto de acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías.
- **El primero de los procesos** (por su antigüedad) que inciden en el paraje de la Balsa del Sapo es el **riesgo histórico potencial de ocurrencia de una precipitación torrencial de magnitud excepcional** sobre la cuenca de recepción de esta zona deprimida de la llanura. Este riesgo **siempre ha existido**, aunque no se tenga referencia histórica de que haya sucedido tal evento. Las diferencias de ocupación de este territorio, con los años, han hecho crecer progresivamente la magnitud de los daños que tal suceso natural, si se produjera, podría provocar.

- El tipo de solución técnica a este riesgo histórico queda fuera del marco de competencias del IGME, salvo la de señalar, **como recomendación, que** en la actuación que se diseñe para resolverlo **se tenga en cuenta que no se perjudique el aprovechamiento máximo de los recursos complementarios alcanzables** mediante el bombeo adecuado de esta zona del ASC.
- **El segundo de los procesos** que afectan a este paraje se refiere a **la existencia**, desde los años 90, **de la laguna permanente** surgida en el entorno de Las Norias, **originada por la conocida evolución creciente del nivel piezométrico de Acuífero Superior Central**. Las excavaciones llevadas a cabo junto al núcleo urbano de Las Norias sólo adelantaron la visibilidad de la lámina de agua del ASC.
- Para la comprensión general de los problemas de inundación de invernaderos y edificaciones en cotas bajas del entorno de Las Norias, y la relación de su origen con la evolución del funcionamiento del **Acuífero Superior Central**, conviene recordar que este acuífero: a) **no recibe transferencias laterales subterráneas** desde las zonas saturadas de los acuíferos vecinos; b) **su recarga actual** tiene dos componentes: **la recarga natural y la procedente de los retornos** de las actividades agrícolas y urbanas, incluyendo otras recargas inducidas en dichos usos; c) la recarga procedente de los retornos de las actividades humanas viene creciendo por la aplicación sobre el ASC del agua que abastece al uso agrícola y urbano, en su mayor parte importada al mismo. **Este aumento provocado de la recarga es el principal responsable del crecimiento progresivo del nivel del agua subterránea en el ASC.**
- La incidencia en la variación del **agua infiltrada en el acuífero como consecuencia del uso** no tiene prácticamente correspondencia sensible con el régimen estacional de precipitaciones en la zona, siendo su aportación al crecimiento de niveles del agua, en todos los acuíferos del Campo, una componente dependiente de la evolución de dicho uso. Por ello, **aunque sea la principal causa de crecimiento uniforme del nivel del agua en el ASC, no interviene directamente en la aceleración del ascenso de niveles en la laguna.**
- La recarga natural del ASC procede de la infiltración de una parte del agua precipitada directamente sobre su superficie y, en mayor medida, de las escorrentías superficiales y sub-superficiales que le alcanzan desde la ladera meridional de Sierra de Gádor, a través de sus cauces (avenidas esporádicas de ramblas y barrancos) y de la red de aluviales actuales y antiguos en los que éstos prolongan su función bajo la superficie, en aquellos eventos de precipitación que provocan escorrentías.
- **La recarga natural adquiere mayor peso cuando las precipitaciones son más elevadas y torrenciales** –al ser mayor la infiltración que se produce desde las escorrentías- lo **cual también incide en el proceso de entrada de agua a la laguna**, que puede verse como un espacio de permeabilidad infinita en lámina libre del propio ASC.
- **El análisis de algunos datos disponibles** en piezómetros del ASC cercanos al borde de la laguna, y los simultáneos del nivel del agua en la misma, **indican una respuesta más rápida del ascenso en la lámina libre, que en el sector contiguo del propio acuífero, ante eventos de precipitaciones más copiosas y de carácter torrencial**, durante los cuales la laguna recarga

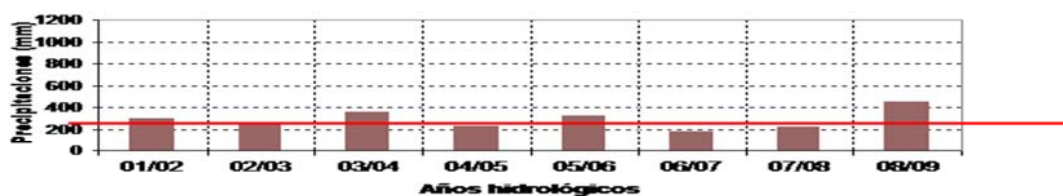
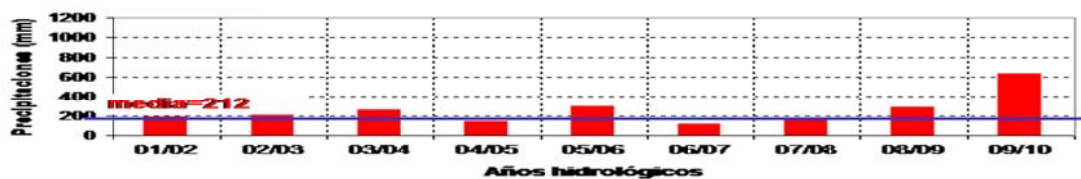
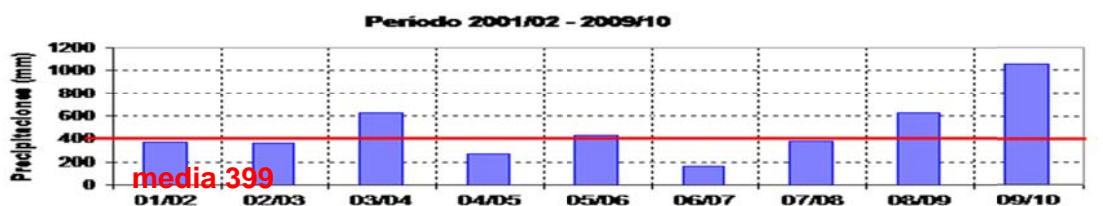
al acuífero. Estas circunstancias transitorias se invierten cuando cesa el aporte rápido de dichas escorrentías, llegándose a la situación de régimen normal en la que el acuífero recarga a la laguna.

- De esta manera, **las fluctuaciones del crecimiento progresivo del nivel** (distintas velocidades o retrocesos) **en el ASC** -y en la laguna, su lámina libre- **se deben esencialmente** (salvando las interferencias producidas por el bombeo) **al propio régimen de precipitaciones**. Estas fluctuaciones están superpuestas a la tendencia continua general al crecimiento del nivel del ASC provocada por los retornos.
  
- Como se ha dicho, **el proceso de crecimiento del ASC** (y de la laguna, su lámina libre) **continúa activo y rebasará las zonas excavadas si no se aplican medidas correctoras**, las cuales no deben requerir plazos muy largos para la complementación y adaptación al sistema ya implantado de bombeo en la laguna llevado a cabo por la AAA.
  
- Desde el punto de vista de este estudio puede afirmarse que **el ascenso del nivel del agua del acuífero puede invertirse localmente con un adecuado planteamiento de bombeos en el mismo** (y/o en la propia lámina de agua, siempre que no se trate de una precipitación excepcionalmente elevada de carácter torrencial). Con él tendría que alcanzarse el nivel de seguridad suficiente exigido para la necesaria corrección de los efectos de inundación producidos en construcciones e invernaderos, así como el de compatibilidad razonable con el ecosistema generado con su aparición.
  
- **Del análisis que ha podido realizarse** con los datos disponibles sobre la evolución de los niveles del agua en la laguna y en piezómetros del ASC, relacionados con la información incompleta de precipitaciones en las estaciones pluviométricas de interés, **parece deducirse que el volumen bombeado de la laguna** (cuyo valor se desconoce) **no ha podido controlar el ascenso de la lámina libre del orden de 3 m producido desde aproximadamente Octubre de 2009 hasta la fecha**, lo que tendrá que tenerse en cuenta por los especialistas para la estimación del incremento de bombeo a practicar.
  
- Cabe considerar que, **al menos parte del bombeo necesario como complemento al ya establecido, pudiera ser más eficiente al realizarlo en el acuífero**, en la mitad norte del entorno exterior de la laguna, con objeto de ampliar la extensión horizontal de la depresión piezométrica del mismo más allá de la laguna. Con la eventual creación de una adecuada corona semicircular de bombeo en el ASC, diseñada en la franja Norte distanciada de la laguna, **se generaría una depresión del nivel del acuífero por el principal frente de alimentación continua hacia el humedal** (que se observa en las isopiezas de la **figura c.3.6**), lo que controlaría dicha recarga. Esta merma de entradas **mejoraría el mantenimiento del nivel del humedal en los mínimos deseables**; también **aumentaría la capacidad de laminación de entradas puntuales desde las escorrentías superficiales y sub-superficiales**.
  
- Se entiende que **cualquiera de las alternativas elegidas de aumento de la extracción**, en la laguna y/o en el acuífero, **tendría que conllevar el desalojo del agua obtenida con dicho**

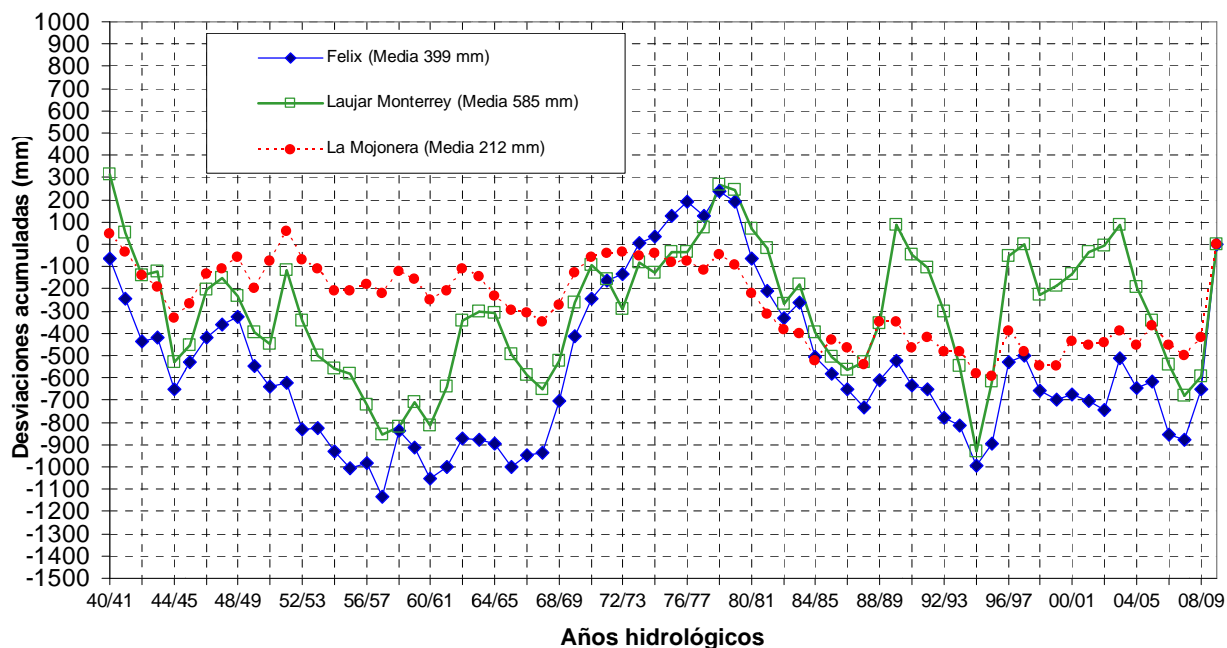
**complemento de bombeo y su aprovechamiento futuro, tras ser desalabrada, tal y como está previsto para la extracción actual.**



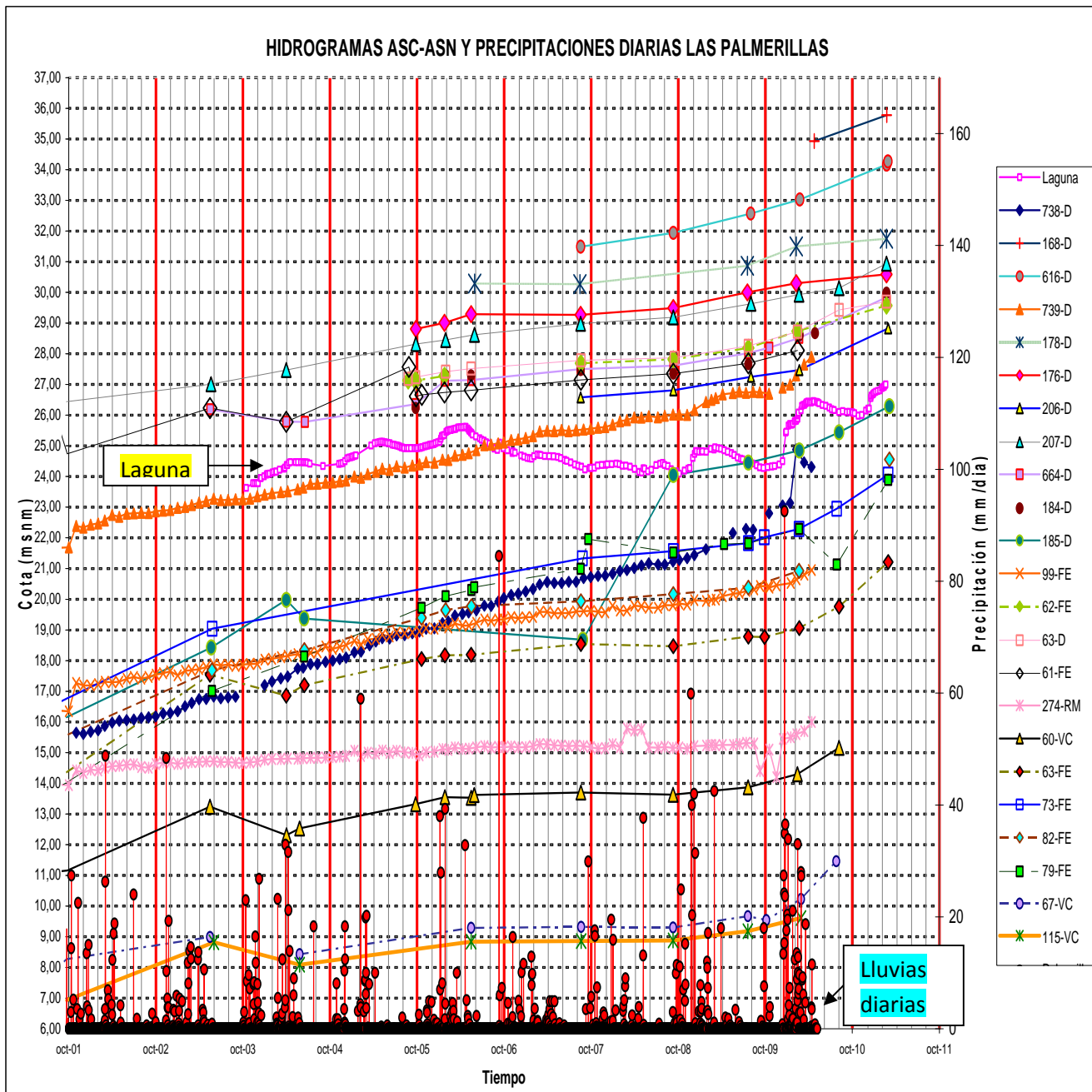
**ANEXO DE DATOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN (del Documento 146)**



**Precipitaciones 1940/41 - 2009/10  
desviaciones acumuladas**

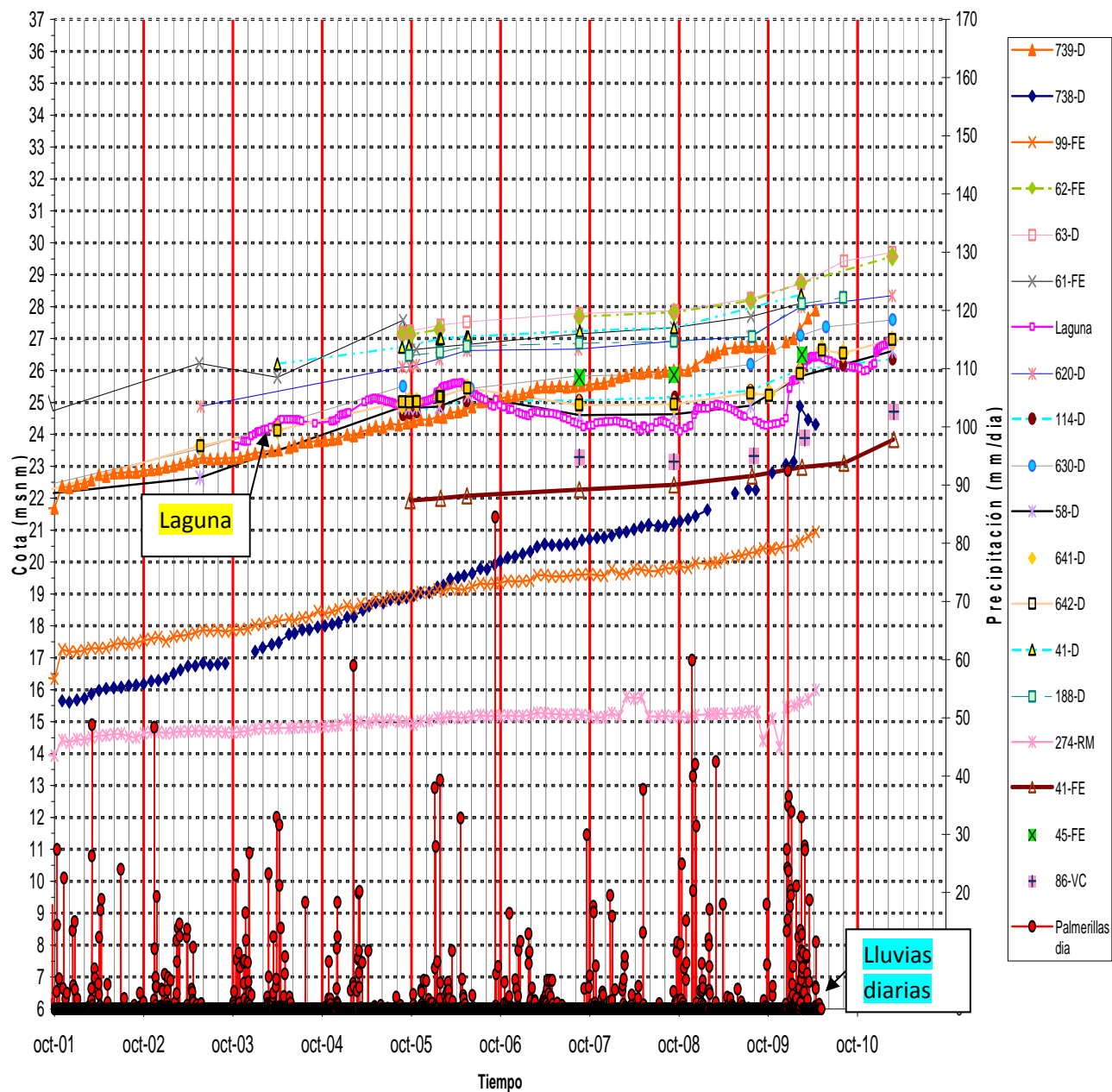


**Figura c.3.1:** Informaciones y elaboraciones de las precipitaciones anuales en las estaciones pluviométricas de interés para el estudio. Parte superior: precipitaciones anuales en el período 2001/02 – 2009/10; de arriba abajo: estaciones de Félix, La Mojonera y Las Palmerillas. Parte inferior: desviaciones acumuladas respecto a la media entre 1940/41 y 2009/10. En las Figuras 2 y 3 se observan datos diarios de precipitaciones coetáneos con los niveles del agua de los hidrogramas que se exponen.

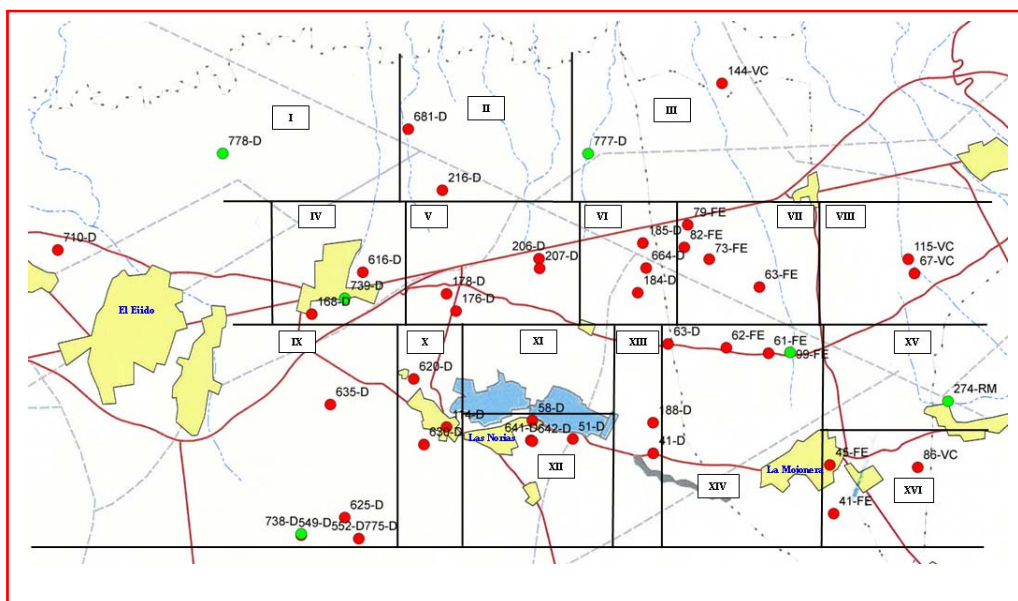
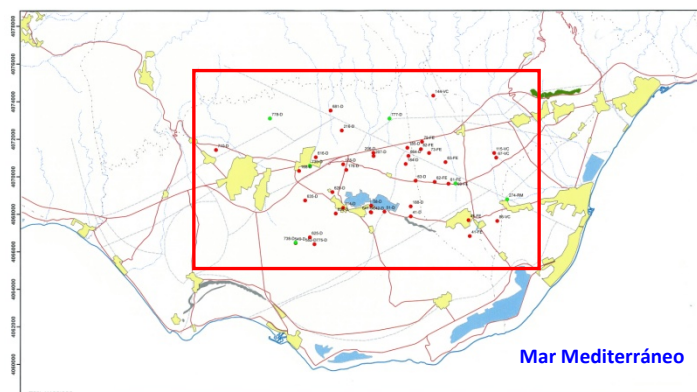


**Figura c.3.2:** Hidrogramas de piezómetros de mayor interés para el análisis (período 2001/02 – 2010/11). Ver su localización y asignación a sectores concretos de estudio en la Figura 4. Incluye las variaciones de la lámina libre de la laguna y en los piezómetros estudiados de las zonas: I a IX y XIV y XV, y valores diarios de lluvias en Las Palmerillas, en la parte inferior del gráfico).

### HIDROGRAMAS ASC-ASN Y PRECIPITACIONES DIARIAS LAS PALMERILLAS



**Figura c.3.3:** Hidrogramas de piezómetros de mayor interés para el análisis (período 2001/02 – 2010/11). Ver su localización y asignación a sectores concretos de estudio en la Figura 4. Incluye las variaciones de la lámina libre de la laguna y en piezómetros del ASC en sus entornos más próximos, además de las de puntos paramétricos de otras zonas y acuíferos, así como los valores de lluvia diaria en la estación de las Palmerillas.



Piezómetros estudiados para cada una de las zonas de análisis. Incluye la información sobre el nivel de la lámina libre en la laguna (Zona XI). Se indica su relación con cauces con (RR, RR?)

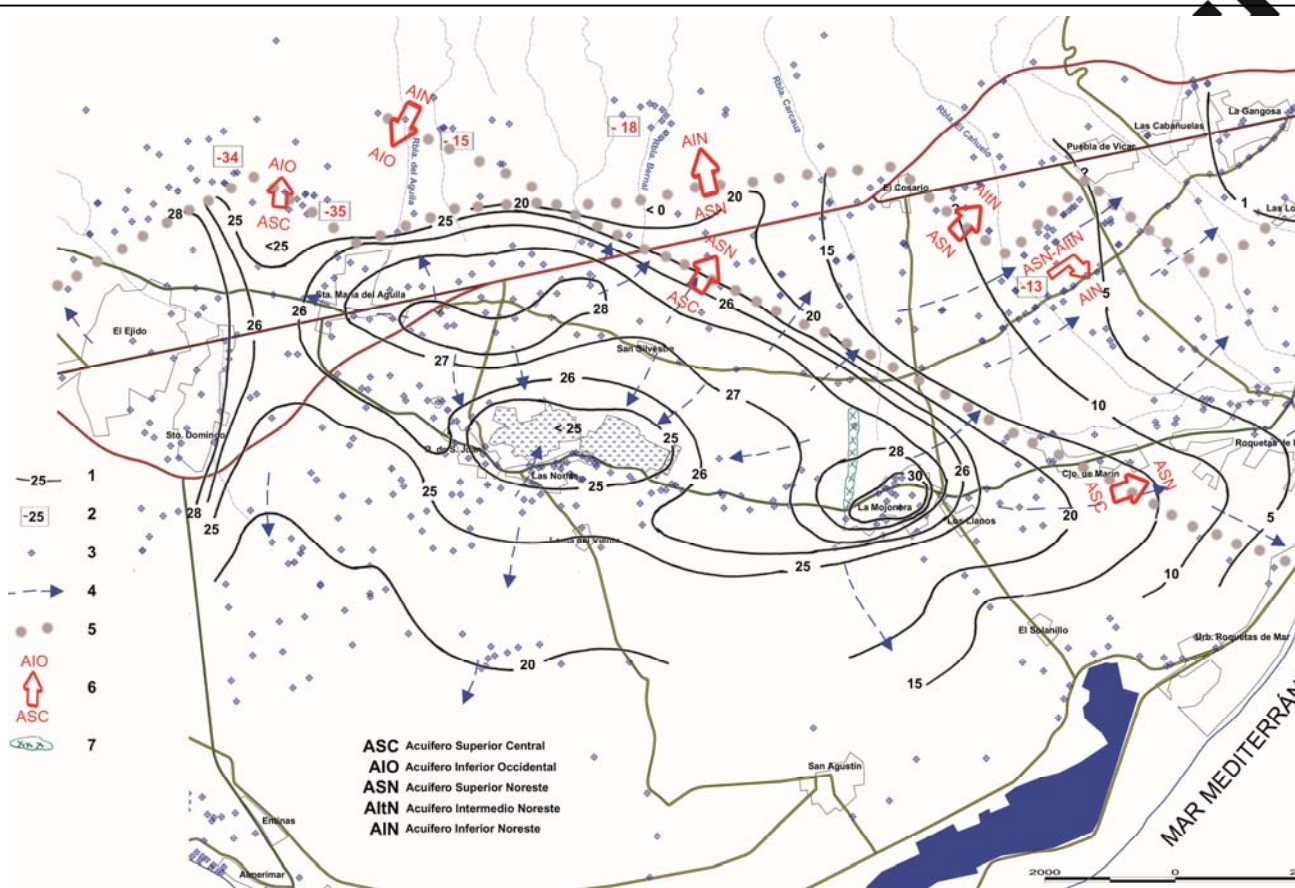
FRANJA NORTE	ZONA I	ZONA II	ZONA III			
	AJO - Tomillar - Pampanico	AIN-Aguila Occidental	AIN-Aguila Oriental			
710D 778D (parametrico) RR?	216D 681D	777D (parametrico) RR 144VC RR				
ZONA IV		ZONA V	ZONA VI	ZONA VII	ZONA VIII	
ASC -exterior NO		ASC-exterior N	ASC-exterior NE	ASN-sector NO	ASN - sector O	
739D (parametrico) RR 168D 616D	176D 178D RR 206D RR 207D RR	184D RR 185D 664D RR	63FE 73FE 79FE RR? 82FE RR?	67VC RR? 115VC RR		
FRANJA MEDIA	ZONA IX	ZONA X	ZONA XI	ZONA XIII	ZONA XIV	ZONA XV
	ASC -exterior O y SO	ASC -O/NO laguna	laguna	ASC-E/SE laguna	ASC-exterior NE	ASN -sector O
738D (parametrico) RR? 549D 552-775D 625D 635D RR?	114D 620D 630D	lámina libre (datos suministrados por el Ayto. El Ejido)	41D 188D	63D 61FE 62FE 99FE (parametrico) RR?	274RM (parametrico) RR	
		ZONA XII			ZONA XVI	
		ASC -S laguna			ASC-exterior E/SE	
		58D 641D 642D			41FE 45FE 86VC	

**Figura c.3.4:** Situación de piezómetros de la franja norte y media de estudio, y zonificación de los mismos. Correspondencia con los distintos acuíferos y sectores de análisis, y relación de los puntos de agua con cauces superficiales, en su caso (RR o RR?).

Tasas de variación (m/año) de las zonas analizadas, para los cuatro intervalos temporales seleccionados. RR significa influencia clara de cauces próximos. Valores de descensos indicados en rojo

FRANJA NORTE	ZONA I	ZONA II	ZONA III			
	AIO - Tomillar - Pampanico	AIN- Aguila Occidental	AIN-Aguila Oriental			
PUNTO PARAMÉTRICO	778D	-	777D			
Febrero 10 - Febrero 11	8,5; >=8,5	SD	SD			
Agosto 09 - Febrero10	5,7; 14,2	9,7	19,4; 34,6			
Octubre 05-Septiembre 09	-2,9	-0,6	0,3; -0,6			
Octubre 01 - Septiembre 05	-0,5; -0,6	-0,3	0; -0,7			
FRANJA MEDIA	ZONA IV	ZONA V	ZONA VI	ZONA VII	ZONA VIII	
	ASC -exterior NO	ASC-exterior N	ASC-exterior NE	ASN-sector NO	ASN - sector O	
PUNTO PARAMÉTRICO	738D	-	-	-	-	
Febrero 10 - Febrero 11	1,1; >=1,1 (RR)	>=0,3; 1,3 (RR)	1,4; 1,4 (RR)	1,6; 1,7	SD	
Agosto 09 - Febrero10	0,8; 1,1 (RR)	0,5; 1,1 (RR)	0,7; 1,7 (RR)	0,7; 0,8	0,7; 0,9	
Octubre 05-Septiembre 09	; 0,6 (RR)	0,3; 0,3 (RR)	; 0,4 (RR)	0,2; 0,6 (RR)	SD	
Octubre 01 - Septiembre 05	; 0,7 (RR)	; 0,5 (RR)	SD	0,9; 1,4 (RR)	SD	
FRANJA MEDIA	ZONA IX	ZONA X	ZONA XI	ZONA XIII	ZONA XIV	ZONA XV
	ASC -exterior O y SO	ASC -O/NO laguna	laguna	ASC-E/SE laguna	ASC-exterior NE	ASN -sector O
PUNTO PARAMÉTRICO	738D	-	LAMINA LIBRE	-	99FE	274RM
Febrero 10 - Febrero 11	1,3; 1,7	0,3; 0,5	0,9	SD	0,8; 1	SD
Agosto 09 - Febrero10	1,4; 5,3	1,2; 1,6	3,6	1,8	0,7; 1	0,6
Octubre 05-Septiembre 09	0,7; 0,9	0,2; 0,3	-0,2	0,15	0,3; 0,4	0,1
Octubre 01 - Septiembre 05	0,8; 1	0,8; 0,6	SD	SD	0,5; 0,7	0,3
			ZONA XII			ZONA XVI
			ASC -S laguna			ASC-exterior E/SE
	PUNTO PARAMÉTRICO		-		PUNTO PARAMÉTRICO	-
	Febrero 10 - Febrero11		0,8; 1		Febrero 10 - Febrero 11	0,8; 0,8 (RR)
	Agosto 09 - Febrero10		1,1; 1,7		Agosto 09 - Febrero10	0,5; 1 (RR)
	Octubre 05-Septiembre 09		0,02; 0,06		Octubre 05-Septiembre 09	0,2
	Octubre 01 - Septiembre 05		0,7; 0,7		Octubre 01 - Septiembre 05	SD

**Figura c.3.5:** Tasas de variación de niveles (m/año) en cada una de las 16 zonas del análisis realizado, para los períodos seleccionados: Octubre de 2001 – Septiembre de 2005 (antes del bombeo en la laguna); Octubre de 2005 – Septiembre de 2009 (antes de las precipitaciones máximas de la serie histórica); Agosto de 2009 a Febrero de 2010 (incluye las precipitaciones máximas de 1940/41 a 2010/11, ocurridas en Diciembre de 2009); y Febrero de 2010 a la actualidad. La Zona XI corresponde a la laguna. Las distintas zonas están localizadas espacialmente con relación a ésta. En rojo se reflejan las disminuciones (m/año) de niveles. Los valores afectados por la existencia de cauces próximos se indican con RR.



**Figura c.3.6:** Detalle de isopiezas (cota del agua, en msnm) y de flujos del entorno de la Balsa del Sapo. **Parte superior:** Septiembre de 2005: 1= isopieza y su valor (msnm) en los acuíferos de cobertera (ASC, ASN y capa superior de AItN); 2= valor de la cota piezométrica (msnm) en el AIO, y en el AIN en las áreas de El Águila y El Viso; 3= punto de apoyo a la interpretación piezométrica; 4= flujo subterráneo en los acuíferos de cobertera; 5= límite aproximado de la zona de conexión lateral entre acuíferos; 6= relación lateral de flujos entre acuíferos, con indicación del origen y el receptor de los mismos (la relación: del ASN - AItN al AIN semiconfinado del área de El Viso es vertical); 7= divisoria local aproximada de aguas superficiales en el entorno de la Mojonera. **Parte inferior** para Febrero de 2010. En esta última se indica la situación de piezómetros estudiados para este informe. El contorno de la laguna es aproximado (no incluye los límites actuales de la misma). Los niveles más altos del entorno se observan en el sector exterior Norte del ASC.

