



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 3

Informe Final de la Partida 2 del Contrato: “Trabajos iniciales para la selección previa de zonas estratégicas de mayor interés para la orientación de extracciones”

Octubre de 2014

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 3: INFORME FINAL DE LA PARTIDA 2 DEL CONTRATO

3.1.- DEFINICIÓN DE LA ACTIVIDAD 2 DEL CONTRATO Y SUS TAREAS

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

3.3.- REPARTO DEL PESO DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 2 DEL CONTRATO

3.4.- INFORMES PARCIALES Y FINALES REALIZADOS DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 2 DEL CONTRATO

3.4.1.- Año 2008 (basado en el Documento 111)

a) TAREA 1.- ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ZONAS ESTRATÉGICAS EN BASE AL CONOCIMIENTO SOBRE EL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DEL CONJUNTO DE ACUÍFEROS Y SUS TENDENCIAS, ASÍ COMO TENIENDO EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS O CIRCUNSTANCIAS CONCRETAS YA CONOCIDAS DE CADA UNA DE ELLAS.

a.1) Introducción

a.2) Planteamiento de esta tarea y trabajos llevados a cabo de la misma

b) TAREA 2.- ANÁLISIS Y SELECCIÓN PREVIA DE ZONAS DE MAYOR INTERÉS, CON INDICACIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS, CIRCUNSTANCIAS POR LAS QUE HAN SIDO ESCOGIDAS, Y PRINCIPALES PROBLEMAS E INCÓGNITAS A RESOLVER A LA LARGO DE LA FASE I, PARA MEJORAR SU CONOCIMIENTO CON VISTAS A CONFIRMAR SU VALORACIÓN COMO ZONAS PREFERENTES DE MODIFICACIÓN DE SU USO.

b.1) Introducción

b.2) Definición de zonas estratégicas

b.2.1) Zonas estratégicas de los acuíferos de cobertera

b.2.2) Zonas estratégicas en acuíferos inferiores

b.3) Indicación preliminar de zonas estratégicas preferentes

Informe Final de la Partida 2 del Contrato: “Trabajos iniciales para la selección previa de zonas estratégicas de mayor interés para la orientación de extracciones”

Documento 3

3.1.- DEFINICIÓN DE LA ACTIVIDAD 2 DEL CONTRATO Y SUS TAREAS

La Actividad 2 del Contrato quedó definida como “Trabajos iniciales para la selección previa de zonas estratégicas de mayor interés para la orientación de extracciones”.

Fue una de las actividades iniciales de la Fase I, ya que habría de proporcionar, ya desde el inicio de la Fase I, aquellas zonas para iniciar el estudio de mayor detalle, con el que conocer el interés de las mismas para la consecución del Objetivo 2 sobre la orientación preliminar de alternativas de bombeo de mayor interés, en relación con la reducción de extracciones en áreas de los acuíferos inferiores (donde dichas disminuciones produjeran reacciones más ventajosas) y aumentos de las extracciones en zonas estratégicas de las coberteras.

De ellas, posteriormente, habría que seleccionar, según los resultados que se fueran obteniendo con los distintos Trabajos de esta Fase I, las consideradas más adecuadas para la modificación de extracciones para la orientación inicial de la Fase I. Se definió

Las tareas definidas para esta Partida 2 del Contrato fueron dos:

- a) **Tarea 1:** El establecimiento de criterios de selección de zonas estratégicas en base al conocimiento sobre el funcionamiento hidrogeológico del conjunto de acuíferos y sus tendencias, así como teniendo en cuenta las características o circunstancias concretas ya conocidas de cada una de ellas.
- b) **Tarea 2:** Analizar y llevar a cabo una selección previa de zonas de mayor interés, con indicación de sus características básicas, circunstancias por las que se escogían, y principales problemas e incógnitas que se precisaban resolver a la largo de la Fase I para mejorar su conocimiento con vistas a confirmar su valoración como zonas preferentes de modificación del uso de los acuíferos.

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

Esta Partida 2 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, que estuvieron realizadas de forma coordinada con las otras tareas que fueron asumidas por las Partes para alcanzar los objetivos de esta fase.

En el Anexo Técnico 2 del Convenio de colaboración se incluyeron las Actividades Administrativas correspondientes a cada una de las Partes financiadoras de la Fase I. Como se ha dicho, la AAA asumió las numeradas de la 8 a la 12 (ver **cuadro 1.2.1**, en **documento 1** de este Informe) siendo esta Partida 2 del presente Contrato NET965081 la consignada con **el número 9**.

Como ya se ha dicho y se indicó en la Memoria Final de la Fase I, esta Actividad Administrativa número 9 estuvo implicada en el siguiente objetivo de la Fase I:

- 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.

Esta Actividad Administrativa asumida por la AAA principalmente se relacionó con el Trabajos 2A de la Fase I, que se resalta en **cuadro 3.2.1**, donde se exponen todos los Trabajos por Objetivos.

Trabajos del Objetivo 1	
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
Trabajos del Objetivo 2	
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
Trabajos del Objetivo 3	
3A	Investigación de multitracedores 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
Trabajos del Objetivo 4	
4A	Coordinación de los resultados del Estudio hidrogeológico con las actuaciones de ACUAMED para el manejo de los distintos tipos de recursos
Trabajos del Objetivo 5	
5A	Memoria Final
Trabajos del Objetivo 6	
6A	Dirección, gestión y coordinación de los equipos técnicos y de la información

Cuadro 3.2.1: los Trabajos de la Fase I del Programa, resaltando en rojo el Trabajo 2A, en el que intervino la Partida 2 de este Contrato.

Como indica el **cuadro 3.2.2**, es una de las dos principales Actividades Administrativas implicadas en dicho Trabajo 2A.

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 3.2.2: Actividades Administrativas implicadas principalmente en los Trabajos de la Fase I. La ejecución de la Partida 2 del Contrato corresponde al Trabajo 2A (señalado en rojo), llevado a cabo con esta Partida 2 –o Actividad Administrativa 9– y con la Actividad Administrativa 13 (la primera asumida por la AAA y la segunda por el IGME).

3.3.- REPARTO DEL PESO DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 2 DEL CONTRATO

Esta Partida (Actividad Administrativa 9 del Convenio) terminó su ejecución íntegramente en 2008, habiéndose avanzado parte de la misma en el segundo semestre de 2007. En el **cuadro 3.3.1** se presenta su desarrollo económico durante el Contrato.

PERIODOS →				2008	2009	2010	2011 - 2014
PARTIDA CONTRATO Activ. Adm	precio (sin IVA) €	tarea	% aprox de la partida	% ejecutado	% ejecutado	% ejecutado	% ejecutado
PARTIDA2 del CONTRATO = Actividad Administrativa 9		Criterios de selección	1 50.0%	50%			
		Selección zonas	2 50.0%	50%			
	13353.45	Total	100%	100%			

Cuadro 3.3.1: Desarrollo temporal de la Partida 2 de este Contrato y sus tareas, para los períodos: 2008, 2009, 2010 y 2011-2014. Se llevó a cabo íntegramente en 2008.

3.4.- INFORMES PARCIALES Y FINALES REALIZADOS DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 2

Se trata de un único documento, de diciembre de 2008, ya que, como se ha dicho, esta Actividad Administrativa finalizó en dicho año. Constituyó el informe 1 del Documento 111, donde se describen por tareas sus resultados. El texto que se presenta a continuación se basa en ese documento. Sus figuras vienen localizadas al final del mismo.

3.4.1. Año 2008 (basado en el Documento 111)

a) TAREA 1.- ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ZONAS ESTRATÉGICAS EN BASE AL CONOCIMIENTO SOBRE EL FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DEL CONJUNTO DE ACUÍFEROS Y SUS TENDENCIAS, ASÍ COMO TENIENDO EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS O CIRCUNSTANCIAS CONCRETAS YA CONOCIDAS DE CADA UNA DE ELLAS.

a.1) Introducción

Ante el grave problema de deterioro progresivo de los acuíferos del Campo de Dalías, ya reconocido y difundido por el IGME desde su inicio en la década de los 80, y experimentado por los propios agricultores, con la progresión de la salinización en las áreas que se iban afectando, al producirse la transferencia de la Cuenca Sur a la Junta de Andalucía pronto se planteó la necesidad de reconducir su forma de utilización actual hacia un cambio de la tendencia de empeoramiento (a la que tal uso les lleva) por otra que provoque en ellos un efecto lo más favorable posible, haciendo sostenible su explotación. Esta es la forma de gestión que, para el momento presente, resulta más racional y con mayor amplitud de beneficiarios actuales y futuros.

El citado cambio de tendencias indeseables en los acuíferos no resultaba posible abordarlo en el pasado, a falta de la concurrencia de nuevos recursos que fueran sustituyendo el bombeo excesivo, sin desatender las demandas que dependen del mismo. La situación ha empezado a cambiar con la puesta en marcha de proyectos que generarán dichos recursos de sustitución (en parte ya disponibles en la actualidad). Así, es indispensable ahora llevar a cabo el análisis de la situación actual de estos acuíferos y de sus diferentes áreas, con la finalidad de orientar las estrategias de cambios en las extracciones que se practican en ellas. Se trata de alcanzar la mayor eficiencia posible en la contribución del agua subterránea de la zona, para la mejor integración sostenible de estos recursos en su nueva gestión hídrica. Es decir, habrá que reunir y administrar lo mejor posible las distintas aportaciones hídricas necesarias que se vayan poniendo en disposición (como recursos de sustitución del exceso de bombeo a cancelar en los acuíferos inferiores) que sumadas al máximo bombeo sostenible de los acuíferos de este Campo, permitan cubrir las demandas generadas en el mismo.

En los primeros años de este siglo, los órganos de gestión e instituciones de apoyo a éstos tenían diseñado un plan estratégico que, por razones impuestas por la complejidad de sus estimaciones, tenía que tener un forzoso contenido experimental. En él figuran, además del máximo bombeo sostenible que sea viable de los acuíferos del Campo, y de la discreta aportación

media del Embalse de Benívar, tenía que gestionar, como recursos de sustitución de bombeos a cancelar, los procedentes de una desaladora de agua de mar, los que correspondan a aguas regeneradas de las depuradoras de la zona, así como la desalobración de aguas de mediocre calidad bombeadas de los acuíferos de cobertera del Campo (si ello resulta viable) tratadas convenientemente (mediante mezclas, desalobración, etc.). Como apoyo a este plan estratégico se llevó a cabo la Fase I del Programa de sostenibilidad de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías, con el fin de lograr la mejor regeneración - protección posible de los mismos, mediante el Convenio entre la AAA, Acuamed, la JCUAPA y el IGME, que ampararía la realización de la Fase I.

a.2) Planteamiento de esta tarea y trabajos llevados a cabo de la misma

La complejidad resultante del funcionamiento de estos acuíferos, de la evolución de éste y del estado de la distribución actualizada de calidades del agua en los almacenamientos subterráneos, siempre requerirá un profundo análisis de los datos y del conocimiento hidrogeológico preexistente, una actualización de las informaciones más necesarias, una continua mejora posible de conocimientos y el seguimiento permanente de la repercusión de las futuras actuaciones que con el tiempo se vayan llevando a cabo en los mismos; todo ello para contrastar, corregir y mejorar sucesivamente la eficacia real de tales actuaciones.

El conocimiento general de la geometría (**Figura 0**) y del funcionamiento, y su evolución, en el conjunto de acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías (o acuíferos del Campo de Dalías en sentido hidrogeológico), que constituye el fundamento de este estudio, proporcionará – si está convenientemente actualizado- las líneas esenciales para unas primeras ideas, a contrastar, en la búsqueda de los tipos de actuaciones más idóneas que deberán corregir en lo posible la indeseable tendencia negativa actual de deterioro progresivo general de los mismos.

La citada búsqueda tenía que resolver, además, la localización previa aproximada para la aplicación de las distintas actuaciones –dada la distribución irregular de las características del funcionamiento en el espacio tridimensional de este ámbito hidrogeológico- para lo cual se comenzó por discretizar el territorio en zonas con rasgos comunes en las que quepa actuar con objetivos parciales también comunes.

Basado en los trabajos que se han iniciado en esta primera fase del Programa -que forman parte entre otros de la actualización del estado del funcionamiento de los acuíferos (de sus estados piezométricos, de calidad y de utilización)- los correspondientes a este epígrafe, que son acordes con el conocimiento preexistente, proporcionan hasta ahora unos criterios para la definición de zonas estratégicas y sus correspondientes objetivos concretos.

El objetivo general que se persigue es la corrección alcanzable de las causas de la progresión de este deterioro de la calidad del agua subterránea de dichos acuíferos para paliar, minimizar y evitar, si es posible, este empeoramiento, reorientando su utilización hacia una forma sostenible.

Este objetivo general sobre la calidad se centra muy particularmente en los llamados acuíferos inferiores, que en las últimas décadas vienen soportando una explotación en torno al 80% de la atención al total de las demandas (incluida la de Almería capital) y, en los que, debido al funcionamiento al que se les ha forzado se van reduciendo progresivamente las áreas en las que el agua que contienen es aún utilizable directamente por dichas demandas.

En la búsqueda de actuaciones correctoras de esta situación de deterioro hay que empezar por analizar las razones de su origen. Este análisis conduce a la consideración conjunta de las características naturales de la estructura hidrogeológica y la evaluación de su funcionamiento en cada sector de estos acuíferos, y a las características de la actuación humana en los mismos, con la que todos ellos, superiores e inferiores, han experimentado históricamente importantes cambios en el almacenamiento del agua que contienen.

Los citados cambios han afectado a la cantidad de agua de los acuíferos (reflejados en la evolución de sus niveles piezométricos), a la relación de flujos subterráneos entre ellos y, en su caso, con el mar y, casi siempre en gran medida, en su calidad del agua. Este último cambio, en la generalidad de los casos del conjunto hidrogeológico, ha sido el que ha producido las mayores limitaciones al uso del agua subterránea, por haber ido alcanzando –como antes se ha dicho– valores de salinidad intolerables por las demandas.

En los incrementos de salinidad provocados en buena parte de estos acuíferos o áreas de los mismos, han contribuido, por un lado, la aportación inducida de flujos más o menos contaminantes que las prácticas de uso agrícola y urbano han producido directamente sobre estos almacenamientos subterráneos. También, y en mayor o menor medida, lo han hecho y siguen haciéndolo de forma importante las transferencias subterráneas laterales (y en parte verticales “vía sondeo”) desde acuíferos más salinos (por su naturaleza o estado de contaminación) que tienen mayor carga hidráulica, hacia acuíferos más dulces y con menor nivel del agua: que es el caso de las transferencias desde los acuíferos de cobertera a los inferiores por sus zonas de contacto.

Una de estas transferencias laterales de flujos subterráneos altamente negativa la constituye la intrusión marina, obviamente por la concentración de salinidad que impone a las mezclas resultantes en los acuíferos costeros receptores. Se señala ya que conviene recordar que las masas salobres generadas en los acuíferos, por estos procesos, se movilizarán hacia los acuíferos de su entorno (ya lo están haciendo) en función de las relaciones de cargas hidráulicas entre los mismos, aun en el caso de que ya no exista tal intrusión marina en los acuíferos costeros, por haber cambiado las circunstancias piezométricas que los provocaron.

Como ya se dijo, con el conocimiento histórico disponible de la evolución de la distribución general de flujos subterráneos y de las calidades del agua medias de los mismos en el ámbito del Campo, así como con el apoyo obtenido sobre esta distribución, en el presente, derivada de las actualizaciones preliminares que se han alcanzado hasta el momento con este estudio, para los distintos acuíferos se dispone de criterios suficientes con los que discretizarlos en zonas o sectores con características o problemáticas similares, aunque con distintos niveles de interés u

oportunidad de actuación. La definición llevada a cabo de estos sectores o **zonas estratégicas** para los objetivos planteados se incluye en el apartado b, que culmina con la selección preliminar de algunas de las mismas como **zonas estratégicas preferentes**.

En relación con el objetivo general de la necesaria reordenación, gran parte de estas zonas, de acuíferos de cobertera, tendrán como objetivo parcial principal el bombear en ellas recursos complementarios de sustitución, que además permitan, cuando sea procedente, disminuir sus vertidos contaminantes hacia los acuíferos inferiores. Por el contrario, los objetivos parciales del análisis de las zonas consideradas en los acuíferos inferiores responden a la necesidad de reconstituir parte del almacenamiento de los mismos, disminuyendo su bombeo actual. La selección preliminar como zonas estratégicas preferentes está sustentada ahora, esencialmente, en el historial piezométrico y de explotación de captaciones puntuales que ha podido reconstruirse. Deberá someterse, en lo posible, a sucesivas mejoras de estimación de su potencialidad para sus objetivos particulares, con los avances del conocimiento hidrodinámico e hidroquímico que se vayan alcanzando en actuaciones posteriores del Programa.- Se trata de obras necesarias para completar, mediante sondeos y ensayos, el conocimiento del potencial de bombeo complementario en áreas de cobertera actualmente sin datos para valorarlo. También para el seguimiento ineludible que se lleve a cabo con posterioridad a la aplicación de dicho bombeo complementario, especialmente en su etapa experimental.

Factores impuestos (temporales, económicos, logísticos, etc.) impedían a esta investigación previa (prevista para dos años), entre otras cosas la posibilidad de contar con mayor y más directa obtención de datos y conocimientos derivados de obras de investigación y ensayo que mejorarían notablemente las previsiones que en la programación inicial de la Fase I del Programa han podido hacerse. Así, el adelanto necesario que motivó esta selección de zonas estratégicas preferentes y sus actuaciones concretas, como primera orientación para la gestión de los nuevos recursos de sustitución, obligaba a dejar para la fase siguiente del Programa (pasados dos años de su inicio) las mejoras necesarias en la definición de estas zonas y del peso de actuaciones en las mismas. Es decir, la ejecución de dichas obras y ensayos que permitirá la redefinición de las propuestas y conclusiones provisionales que se han podido formular en esta fase inicial del Programa. También, si fuera conveniente, para la fase siguiente podrían acometerse mejoras de definición en otras áreas estratégicas que ahora no han sido seleccionadas como preferentes.

Conviene finalmente sentar algunos principios que han estado presentes y han de seguir estándolo en el futuro –tanto en esta Fase I como en las sucesivas- referidos a la naturaleza de la cambiante dinámica del funcionamiento del sistema de acuíferos (ya de por sí de difícil cuantificación), por la dependencia del régimen de precipitaciones y, más aún, por las alteraciones derivadas del uso impuestas por el hombre. La complejidad de esta dinámica en el historial de uso de estos acuíferos ha modificado, como se sabe, en determinados sentidos, su estado de equilibrio dinámico natural, pero ahora se pretende reconducir ese dinamismo a otra circunstancia de equilibrio dinámico que permita alcanzar un estado de funcionamiento más próximo a la estabilidad necesaria para un uso sostenible de su conjunto. Para ello, entre otros objetivos que eliminen los impactos evitables no deseados, hay que promover actuaciones que provoquen

modificaciones controladas del funcionamiento actual, a veces en sentido contrario al modo actual del mismo.

Alcanzar la forma de funcionamiento sostenible que se busca entraña servidumbres que deben tenerse presentes, entre las que se encuentran:

- el carácter inasequible del conocimiento detallado de la variabilidad espacial y temporal de los parámetros de calidad del agua almacenada, en las distintas zonas de los acuíferos, ya que las modificaciones del funcionamiento y el uso (en el tiempo y el espacio) han producido innumerables mezclas de agua de muy variados orígenes. Ello obliga a considerar rangos medios de calidad esperable al hacer referencia a esta característica de las masas de agua.
- la dependencia de la variable tiempo en las actuaciones a proponer. Las alteraciones del funcionamiento que se deseen implantar en determinados sectores de los almacenamientos de estas masas de agua subterránea, por su propia naturaleza y finalidad, deberán ir modificando su diseño en el tiempo, a medida que se vayan alcanzando las situaciones de nuevo equilibrio deseable. Como ejemplo, en el proceso de depresión del nivel en los acuíferos superiores mediante bombeo en sus áreas de contacto con los inferiores (si es que procede, para evitar el flujo de entrada lateral a éstos por su efecto potencialmente contaminante), a medida que se vaya alcanzando el objetivo deseado se tendrá que ir ajustando, en el tiempo, el volumen de recursos complementarios de sustitución que pueda obtenerse de los acuíferos superiores, mediante este bombeo concreto, para evitar efectos contrarios no deseados. La evaluación de estos ajustes sucesivos conllevará siempre una componente experimental, que es necesario aceptar con toda normalidad. Incluso cabe valorar dos alternativas iniciales: la que considere sólo un bombeo de su “exceso” actual de entradas, y la que provoque un consumo temporal de reservas, sin sobrepasar los límites que, en cada caso, convenga, para acopiar el máximo de recursos de sustitución (destinada a una cancelación inicial “de choque” del bombeo en los inferiores) reduciéndolos, cuando sea necesario para no inducir efectos indeseables.
- en la decisión final sobre zonas estratégicas prioritarias hay que tener en cuenta el grado de conocimiento de las características hidrodinámicas, piezométricas, hidroquímicas y de uso, en las diferentes áreas seleccionadas, ya que este nivel de conocimientos repercutirá, sin duda, en la bondad del diseño de la actuación que se vaya formulando en el tiempo sobre dichas zonas.
- las actuaciones que se decidan acometer sólo tendrán sentido en el marco de un compromiso global de cooperación entre las administraciones (la competente en la gestión y las demás interesadas) y los usuarios de la zona, ya que de poco serviría promover una actuación correctora si, paralelamente, se estuvieran realizando otras contrapuestas. La gestión y coordinación de estas actuaciones deberá estar controlada desde una unidad coparticipada que conlleve un seguimiento técnico detallado del uso del agua y de la evolución de la eficacia de las operaciones que se vayan aplicando.

b) TAREA.2.- ANÁLISIS Y SELECCIÓN PREVIA DE ZONAS DE MAYOR INTERÉS, CON INDICACIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS, CIRCUNSTANCIAS POR LAS QUE HAN SIDO ESCOGIDAS, Y PRINCIPALES PROBLEMAS E INCÓGNITAS A RESOLVER A LA LARGO DE LA FASE I, PARA MEJORAR SU CONOCIMIENTO CON VISTAS A CONFIRMAR SU VALORACIÓN COMO ZONAS PREFERENTES DE MODIFICACIÓN DE SU USO.

b.1) Introducción

La siguiente definición de zonas estratégicas y el análisis de sus características hidrogeológicas básicas, así como de las circunstancias y problemáticas comunes y más destacables de las mismas (por las que algunas de ellas han sido preseleccionadas como zonas estratégicas preferentes en este estado inicial de los trabajos de esta Fase I de Programa) están fundamentados en el conocimiento previo disponible de la geometría, de la evolución del uso y del funcionamiento de este conjunto de acuíferos, así como de la nueva información sobre la actualización de los mismos hasta ahora obtenida con otros trabajos de esta Fase del estudio, como se expone en el **apartado a** de este documento.

En dicho apartado también se incluyen los criterios y consideraciones a tener presentes al hacer referencia a estas zonas estratégicas, tanto en este estudio preliminar como en los que le seguirán, en las que se ha de ir mejorando la información, cuanto sea posible, dentro de esta primera y las siguientes fases del Programa. Los criterios de prioridad para llevar a cabo estos estudios específicos, necesarios para mejorar la definición de las distintas zonas y el diseño de las actuaciones en las mismas, su revisión, etc., dependerán del grado de conocimiento alcanzado, del interés que representen para el objetivo general propuesto, de los resultados que se vayan obteniendo, etc.. De acuerdo con lo expresado en el Programa general de actuaciones (incluido en el Anexo técnico I, apartado 2.2 del Convenio firmado entre las Partes, para apoyo a la protección regeneración de estos acuíferos):

“hay que tener en cuenta, para la comprensión de este Programa, que las operaciones a realizar tratan de provocar cambios de tendencias en el funcionamiento actual de los acuíferos, para ir minimizando, progresivamente, los problemas generados o previsibles en la situación presente. Conceptualmente, por tanto, entre otras razones que exijan cambios o correcciones en el diseño de dichas operaciones, en la medida que se vayan alcanzando objetivos, habrá que ir modificando tal diseño, en cada caso, para obtener un equilibrio que permita el uso sostenible buscado, sin pasar a otras tendencias, provocadas por los cambios introducidos, que puedan resultar indeseables”.

Así, el texto señala el carácter en buena medida experimental y más o menos cambiante que deberá tener el diseño de estas actuaciones, atendiendo al objetivo específico de las mismas, puesto que se propondrán cambios en los parámetros hidrogeológicos que condicionan el estado actual de la dinámica de flujos en dichas zonas, orientados a modificar las tendencias negativas que su uso y funcionamiento han generado, que deberán modificarse y ajustarse, de manera controlada, a medida que se vayan alcanzando los deseables estados del flujo subterráneo necesarios en cada caso.

Para cada una de las zonas estratégicas se indicarán los objetivos concretos que convendría alcanzar, cuya viabilidad, en lo posible, será objeto de estudio en estados más avanzados de esta Fase I (aunque sólo para el caso de las más prioritarias o preferentes para su atención inmediata, por disponerse en ellas de mayor información histórica que permita la formulación aproximada de las primeras propuestas de actuación) y/o en fases sucesivas del Programa. También se indicarán los principales problemas e incógnitas ahora detectados, a resolver en lo posible durante la Fase I para el caso de las zonas preferentes (al objeto de iniciar la modificación de su uso al término de la misma) y durante las fases sucesivas en todas ellas para mejorar, en su caso, la eficacia o el ajuste del diseño de actuación, tanto en las no afectadas por la selección como preferentes, como en éstas.

En adelante se da una definición preliminar de estas zonas estratégicas correspondientes al conjunto del Campo y borde Sur de la Sierra, haciendo un análisis previo de cada una de ellas, con la descripción sintética que sea oportuna, que permitirá justificar la elección de las llamadas zonas preferentes, o de mayor prioridad o interés de actuación entre todas ellas. Finalmente se señalarán las así consideradas en este momento.

b.2) Definición de zonas estratégicas

En la **figura 7** (situada al final de este documento) se destacan los límites aproximados de las zonas estratégicas ahora definidas con carácter preliminar (entendiendo que se trata de límites abiertos o mejorables), las cuales se pasan a describir a continuación, una por una, haciendo un breve análisis de lo esencial a considerar ahora en cada caso. Esta descripción pretende resumir la problemática de las distintas áreas, para facilitar una primera decisión sobre su grado de prioridad como zonas estratégicas preferentes, para concentrar en ellas la mayor mejora posible de conocimiento durante la Fase I, por su mayor interés para orientar la nueva gestión de ordenación de recursos hídricos del Campo.

b. 2.1) Zonas estratégicas de los acuíferos de cobertera

Zona a: Acuífero de la Escama de Balsa Nueva (AEBN) y extremo noroccidental del ASC en los Alacranes y Onáyar

La llamada “Escama de Balsa Nueva” en el sector de Balanegra, es responsable de la existencia del pequeño acuífero poroso de cobertera denominado Acuífero de la Escama de Balsa Nueva (AEBN en su notación abreviada), que se diferencia en la vertical del AIO (Acuífero Inferior Occidental) por la interposición entre ambos de las metapelitas permotriásicas, prácticamente impermeables, de la Escama, reconocidas (con un espesor de unos 250m mediante un sondeo de investigación) sobre las dolomías y calizas triásicas muy fisuradas del AIO; sobre estas metapelitas, que se hunden hacia el Sur desde su afloramiento en la Sierra al Norte de Balanegra, (Fig. 1) se encuentra una cobertera de sedimentos marinos miocenos y pliocenos –el material acuífero del AEBN- revestida de materiales cuaternarios. Esta cobertera porosa presenta tramos de diferente permeabilidad que alcanzan un espesor conjunto (por el norte de Balanegra) de hasta varios cientos de metros. Por el flanco oeste está en contacto directo con el mar, y por el oriental

conecta lateralmente, tanto con materiales idénticos de esta misma cobertera, que se apoyan directamente sobre los carbonatos triásicos del AIO, como con estos propios carbonatos triásicos (ver corte A, Fig. 1).

En régimen natural, por razones del estado de entonces de la relación de las respectivas cargas hidráulicas, este AEBN recibía por el Este un flujo de descarga desde el AIO, que por el Oeste transfería al mar. A medida que la explotación del AIO generó en el mismo niveles inferiores a la cota del mar, se invirtió el sentido del flujo subterráneo natural en el AEBN, iniciándose el proceso de intrusión marina en ambos acuíferos (mar → AEBN → AIO). El carácter poroso de este acuífero, interpuesto entre el mar y el acuífero inferior, ha impedido, afortunadamente, que esta entrada de agua salada haya alcanzado una velocidad similar a la que ha sufrido ya el área de Aguadulce del Acuífero Inferior Noreste (AIN), ya prácticamente sin poder utilizarse. El gran espesor de los materiales carbonatados, en la zona del AIO (área de Tarambana) que recibe el agua salada desde el AEBN, la disposición estructural de los mismos (muy hundida y con gran potencia conservada, etc.) y la mayor densidad de este flujo que la del agua dulce, hace que esta entrada salada tienda a hundirse hacia los sectores más profundos del acuífero receptor (AIO) y que, aparentemente, aún no se hayan manifestado sus consecuencias en el mismo a las cotas de penetración de los sondeos de captación existentes. Por esta razón no es posible llevar un seguimiento del proceso (con la infraestructura de observación existente), cuya ocurrencia es indiscutible, a pesar de su interés de primera línea por suponer un problema que gravita sobre uno de los dos almacenamientos de agua dulce más importantes del Campo, por su capacidad de renovación y su calidad natural. Sobre ello se trata en el volumen 3 del Documento 111, que incide en los procesos negativos que afectan a los acuíferos inferiores, en este caso la entrada de agua de mar.

La razón de la elección de este AEBN como zona estratégica (merecedora de atención especial por algún motivo concreto) queda explicada con lo expuesto anteriormente: se trata de un área necesitada de una actuación, si se considera viable, para la protección del AIO. De esta manera, los objetivos para la misma se centrarían en **estudiar el interés y la viabilidad / coste de generar –en el ámbito del material poroso del AEBN- una elevación o umbral de su nivel piezométrico actual, mediante recarga artificial en sondeos, con aguas derivadas de recursos complementarios que se puedan obtener**. Este umbral o barrera tendría que evitar o minimizar el flujo salino desde el AEBN al AIO, y la pérdida al mar de los recursos recargados. No se descartan, para el análisis de viabilidad, otras alternativas de actuación correctora de este problema.

Zona b: Entorno de Onáyar en el ASC

Este sector del Acuífero Superior Central (ASC), cuyos límites preliminares de la zona estratégica se señalan en la figura 7, se sitúa entre El Ejido y Matagorda, correspondiendo a la parte centro occidental de este acuífero. Se caracteriza por presentar, de techo a muro, un primer tramo calcarenítico de varias decenas de metros (relativamente rígido y con un cierto grado de karstificación) que, hacia la base, pasa a un segundo paquete de materiales areno-margosos, en tránsito a un potente tramo margoso-limoso de varios centenares de metros de espesor, prácticamente impermeable, base del acuífero plioceno marino aquí denominado ASC, que alberga

los dos tramos más altos de materiales antes señalados. De estos dos tramos, el superior presenta una notable permeabilidad por porosidad y en parte por fisuración (que le hace muy vulnerable a la contaminación por actividades sobre su superficie); el otro tramo tiene permeabilidad menor, por porosidad, y decreciente hacia la base, al ir incluyendo una componente cada vez mayor de margas en su matriz. Sobre las calcarenitas pliocenas existen discretos espesores de sedimentos detríticos cuaternarios, con diferentes orígenes y potencias.

La actividad neotectónica está muy marcada en esta zona, debido a la relativa rigidez de las calcarenitas, que presentan una gran diferencia con los tramos que las sustentan, especialmente el inferior margoso, muy plástico. Esta actividad tectónica ha producido una basculación general hacia el Norte del “banco” calcarenítico, y una fragmentación de éste en bloques, cada uno de ellos también basculados según el sentido de funcionamiento (de elevación o hundimiento) a ambos lados de las fallas que los generan.

La repercusión hidrogeológica de la naturaleza y geometría descritas se encuentra reflejada en el carácter general del funcionamiento del ASC en este sector, y en la heterogeneidad de la distribución vertical y horizontal de las características de sus parámetros hidráulicos (como la permeabilidad vertical y horizontal, los espesores saturados, la transmisividad, etc.) e hidroquímicos (ligados al tiempo de permanencia del agua que contienen, a la vulnerabilidad del acuífero ante los diferentes usos, etc.).

El funcionamiento general del ASC es el siguiente: se recargaba esencialmente por infiltración directa de la precipitación caída en su superficie y, en mayor cuantía, desde las escorrentías de las ramblas provenientes de la Sierra que le alcanzan (en ocasiones de elevada precipitación) con mayor o menor incidencia de avenidas torrenciales efímeras, visibles en sus cauces, y ocultas, con mayor duración, en el seno de sus aluviones.

Con el sorprendente crecimiento de las actividades humanas que se generaron en las últimas décadas, y las características específicas de las mismas, que conllevaron una evolución ascendente también espectacular de la aplicación del agua (casi toda ella bombeada de los acuíferos del Campo), a las entradas procedentes de la precipitación a este acuífero de cobertera (ASC) se incorporó una importante partida (los retornos de riego y urbanos) por ser los acuíferos de cobertera los principales receptores del agua aplicada y no consumida para los distintos usos.

Las descargas del ASC se producían lateralmente, de forma subterránea, hacia los acuíferos AIO y ASN (por sus bordes norte y este) y hacia el mar (por su sector occidental y meridional). En su período de utilización, se añadieron las descargas por bombeo. Tuvo una primera etapa de incremento de bombeos, seguida de otra de descenso de las extracciones, con la que vienen recuperándose, en general, los descensos acumulados. Pero, además, dicho ascenso está incrementado por la incorporación creciente de los retornos de las actividades sobre su superficie, que ha inducido una mayor descarga subterránea por los bordes.

Por sus características geométricas, hidrodinámicas y de funcionamiento, la morfología de este manto acuífero libre, en la zona del entorno de Onáyar, mantuvo hasta el inicio de su

explotación una situación relativa de altos piezométricos. Pero su fácil acceso mediante captaciones a profundidades discretas, dio lugar a la rápida proliferación de éstas en los primeros años de explotación de este acuífero; cuando captaban un buen tramo saturado de las calcarenitas alcanzaban unos rendimientos bastante notables (30-50 L/s por término medio). Pronto se hicieron notar limitaciones: según la mayor o menor extensión y conexión hidráulica lateral de los bloques de acuífero afectados por las captaciones. y la concentración de éstas, se produjeron respuestas en el nivel del agua que reflejaron la heterogeneidad de este manto: diferentes capacidades de recuperación, mayores o menores descensos y, a veces, hasta el agotamiento de sus reservas, como ocurrió en el sector central de esta zona de Onáyar. En dicho sector, la cota del agua llegó a pasar a valores muy negativos, y las pérdidas de rendimiento de las captaciones llevaron al abandono progresivo de las mismas; la evolución piezométrica, que se reflejó con el seguimiento de este entorno, demostró sus malas condiciones de recuperación, aunque lentamente ésta se va produciendo (ver Fig. 2 e isopiezas reflejadas en la Fig. 7).

Debido a sus características y emplazamiento, esta **zona b** viene siendo una de las de mayor impacto del uso agrícola y urbano. Por la calidad natural de sus aguas y el empeoramiento producido por los usos en la actualidad, el ASC cuenta con un volumen de explotación discreto; contiene un almacenamiento de agua subterránea en general creciente.

La definición de la **zona b** como estratégica se debe al análisis de sus peculiaridades y a la posibilidad y viabilidad, a contrastar, de bombear de ella un cierto volumen de recursos, en cantidad y tiempo variables, **utilizables como complementarios, con la idea de minimizar la descarga de este acuífero hacia el AIO (las áreas de Pampanico y Tomillar en éste)**, aunque teniendo en cuenta su posible incidencia negativa en relación con el eventual incremento de la velocidad de descenso de los niveles piezométricos del acuífero inferior. También se precisa **conocer el estado de calidad y la evolución general de ésta en la zona, así como la incidencia potencial de su contaminación interna desde eventuales focos que pueden existir, todo ello, para analizar la forma de anular los efectos que puedan derivarse de estos focos, y la incidencia de este empeoramiento de la calidad en los flujos de descarga al AIO.** Los volúmenes 3 y 4 del Documento 111 presentado en 2008, reflejaron esta misma problemática sobre el conocimiento de la calidad del agua; en el primer caso, en relación con las tendencias negativas generales en los acuíferos inferiores y en los de cobertera; en el volumen 4 del citado documento, al hablar sobre la mejora del conocimiento en las zonas estratégicas preseleccionadas del ASC y el AIO.

Zona c: Entorno de la Balsa del Sapo (ASC)

Se extiende (Fig. 7) a la parte centro-noreste del ASC del Campo, el acuífero mayor de las coberteras de esta llanura. Presenta una geometría y estructura general interna similar a la descrita del mismo para la **zona b**, aunque con mayor variación y espesor de facies litológicas. Su tipo de relación estructural con los acuíferos inferiores se representa en la figura 3, y su régimen de entradas – salidas es análogo al descrito para la zona del entorno de Onáyar, tanto en su primitiva situación natural, como en la influenciada por la intervención humana. El régimen de salidas es también análogo al de la **zona b**: descarga subterráneamente (ver Figs. 5 y 7, en las que se señala la distribución de flujos en esta zona y su entorno) por su borde norte hacia el AIO / AIN,

por su borde noreste hacia el ASN y, por el sureste, a través de la **zona estratégica f** y el sector costero del ASC, hacia el mar. En la situación actual, a dichas salidas hay que añadir las correspondientes a los bombeos y a la evaporación que tiene lugar en su lámina libre, de la laguna permanente que se ha generado en este entorno.

Una característica peculiar de esta zona estratégica es la de constituir una depresión endorreica en su parte central (denominada Balsa del Sapo) actualmente muy transformada por el hombre, a la que vierten principalmente las ramblas procedentes de la Sierra que alcanzan el Campo, entre el Ejido y La Mojonera, las cuales constituyen la mayor parte del drenaje superficial de la falda sur del macizo. Entre todas estas ramblas destacan las de El Águila, Bernal y Carcáuz, siendo esta última, con mucha diferencia, la de mayor cuenca de recepción, con un gran desarrollo en el sector de altitudes más elevadas y de mayores precipitaciones de esta vertiente de la Sierra, cuestiones a tener muy en cuenta en la prevención de riesgos de avenidas.

En régimen natural, las escasas ocasiones en que las escorrentías superficiales alcanzaban el fondo de esta zona, como consecuencia de lluvias torrenciales extraordinarias, el agua quedaba acumulada en la Balsa durante un tiempo, hasta su desaparición por evaporación y por infiltración en el terreno, en parte por zonas preferenciales en las calcarenitas pliocenas (dolinas y fracturas en bloques) constituyendo ésta una vía de recarga del Acuífero Superior Central (ASC) subyacente, cuyo nivel piezométrico no alcanzaba en cualquier caso las cotas actuales.

Con carácter esporádico, se originaba así una laguna de existencia más o menos efímera. No se dispone de referencias históricas sobre situaciones de desbordamiento de este embalse superficial natural, cuyo rebosadero, situado en el entorno de La Mojonera, se encuentra a cotas próximas a 40 msnm; teniendo en cuenta la documentación topográfica antigua, las descargas al mar por el mismo, en su caso, se producirían por pequeños cauces situados al SE y E de la Balsa (Bco. de la Huerta, Cañada del Algarrobo), hoy mal definidos.

En el presente estado de funcionamiento, la lámina de agua de la laguna es aflorante, permanente y crece en altura y extensión. En efecto, como ya se ha señalado, el historial de uso de los acuíferos también ha cambiado el funcionamiento de la propia Balsa del Sapo: ahora, de manera permanente, el nivel del agua del ASC aflora en las áreas más bajas de esta zona endorreica (particularmente en las excavaciones que se hicieron para extracción de limos arenosos rojos que se utilizaron para el suelo artificial de los invernaderos), descargando hacia la laguna por la subida continua del nivel piezométrico de este acuífero (Figs. 4 y 5).

Así, se ha generado un humedal artificial (el cual pronto fue colonizado por fauna y flora típicas de estos ecosistemas, como se observa en la foto de la **figura 4**) que, por un lado, ofrece un aspecto positivo al mejorar la situación medioambiental del entorno de Las Norias; pero, en otro sentido, dicho crecimiento continuo del nivel de la laguna plantea un estado creciente de inundación de instalaciones agrícolas y urbanas (ya hay invernaderos con el agua prácticamente hasta el techo); además, requiere una especial atención por la transformación humana del contorno del humedal, la pérdida creciente de capacidad de laminación de avenidas extraordinarias, la falta de drenajes superficiales, etc.. En la actualidad los órganos de gestión

competentes están desarrollando medidas correctoras de este problema, llevándose a cabo un bombeo de la propia laguna. En régimen natural y, más aún en el modificado, la salinidad del agua de la laguna es variable (con valores de conductividades eléctricas del orden de 7 mS/cm para noviembre de 2008), no siendo utilizable directamente por la actual demanda de agua. El citado bombeo de la laguna está orientado a limitar los daños de inundaciones conservando el humedal por su valor ambiental indiscutible.

Como en el caso de la **zona b**, esta **zona c** presentaba una morfología del manto libre con altos piezométricos históricos, y las ya aludidas descargas por sus bordes norte, noreste y sur, aunque preferentemente por algunos sectores. Como ha demostrado el seguimiento de niveles piezométricos y el crecimiento de la lámina de agua de la nueva laguna permanente, la reserva de agua subterránea de esta zona del ASC está aumentando debido al menor bombeo actual (por ser un agua de calidad intolerable para las exigencias de las demandas) y al mayor volumen de retornos de origen agrícola y urbano de aguas importadas de otros acuíferos del Campo. De esta manera, ha aumentado el vertido subterráneo lateral de descarga hacia los acuíferos colindantes (como el AIO, AIN y ASN) u otras áreas del ASC.

La excesiva salinidad de esta masa de agua en la **zona c**, con grados variables de contenidos de distintos tipos de sustancias, en la vertical y en la horizontal, podrán requerir en general tratamientos previos para su reutilización potencial, pudiendo permitir que parte a determinar de este almacenamiento pueda utilizarse **para aportar un volumen de recursos complementarios de sustitución de bombeos actuales de los acuíferos inferiores, mediante el bombeo en sectores estratégicos** de esta **zona c**, sopesando el impacto negativo en la velocidad del descenso de niveles en dichos acuíferos inferiores que este bombeo pudiera provocar.

El posible interés y viabilidad de una actuación de este tipo en la **zona c**, justifica la definición de la misma como zona estratégica, y su posterior consideración como preferente, en principio, con la particularidad de **atender a los dos problemas que plantea su aumento de niveles del agua: inundaciones en Las Norias por crecimiento de la laguna y aumento del flujo contaminante de la descarga (directa o indirecta) desde el ASC hacia los acuíferos inferiores.**

Con las limitaciones que existen por la deficiencia de la información e insuficiente tiempo para plantear obras y ensayos con lo que pudieran obtenerse mejor y más amplia información, durante este estudio se ha iniciado la revisión de la información histórica y, en lo posible, la actualización de datos en el presente que sirvan para que se pueda dar una orientación preliminar del tipo y alcance de la actuación, sus fines, limitaciones, posibles alternativas, etc.. En el volumen 4 del Documento 111 se hizo alusión a la necesaria mejora del conocimiento de la calidad del agua de esta zona del ASC, por su repercusión sobre la valoración de la misma como zona de obtención de recursos complementarios, en la nueva reordenación de bombeos de los acuíferos inferiores, atendiendo a la calidad natural y a los efectos provocados por la actividad humana, tanto en esta zona como en otras de su entorno.

Zona d: coberteras del área de Viso – Roquetas, hasta el límite con la de La Gangosa (ASN – AltN)

En las **figuras 6 y 7** se presentan esquemas de sus límites aproximados y sus relaciones con los acuíferos del entorno. En la situación piezométrica actual, referida al acuífero más superficial o de cobertera integrado por el Acuífero Superior Noreste (ASN, constituido por calcarenitas, arenas y gravas pliocenas de carácter permeable) relevado localmente por el llamado Acuífero Intermedio Noreste (AltN, compuesto en esta zona por un conjunto muy complejo del Mioceno Superior en el que pueden presentarse calcarenitas y calizas pararrificales, volcanitas, etc., que se levantan hacia la vecina área de La Gangosa). Estas coberteras del sustrato se recubren a su vez por un manto de materiales cuaternarios.

En la **figura 6** se esquematizan las relaciones hidrogeológicas actuales de esta cobertera con el Acuífero Inferior Noreste (AIN) o acuífero del sustrato carbonatado triásico. Bajo esta **zona d**, dicho sector del AIN -que se ha denominado **zona h**, **Fig. 7-** está casi independizado de su cobertera, excepto en sus áreas de contacto, por interposición de las margas pliocenas y, localmente hacia el Este, por una colada volcánica miocena. En esta zona, el AIN confinado constituye un alto fondo entre la misma y el área de El Águila, una de las dos zonas libres del AIN, ambas separadas por una fosa (llamada fosa interior de la estructura) en la que la cobertera pliocena alcanza espesores muy superiores, como se presenta en la **figura 6**. En dicha figura se aprecian estos rasgos estructurales y el funcionamiento hidrogeológico actual, muy simplificado – en la representación del terreno de esta figura se han eliminado las margas pliocenas impermeables para hacerla más transparente y comprensible-.

Este funcionamiento, de forma muy simplificada, se reduce a que: el conjunto acuífero de cobertera se recarga por la infiltración directa de la precipitación caída sobre el mismo; más aun por lo que se infiltra desde las escorrentías superficiales y subterráneas en los cauces de ramblas provenientes de la Sierra que le alcanzan; y, lateralmente, por transferencias subterráneas desde el noreste del ASC (**zona c**). También recibe entradas, y de notable entidad, por retornos derivados del uso agrícola y urbano de aguas importadas de otros acuíferos (una recarga actual con la que no contaba en su régimen natural de funcionamiento), aunque en éste recibía una aportación notable desde el AIN, tanto desde la **zona g** de El águila, como desde la **zona h** de El Viso, que desapareció en los períodos de explotación de éstas, al quedar sus niveles piezométricos más bajos que los de la cobertera de esta **zona d**.

La descarga del conjunto acuífero de cobertera, en régimen natural, se producía hacia el sector costero oriental, y también por bombeo en el régimen de explotación posterior, que pasó de una etapa intensiva de extracciones (que le provocaron fuertes depresiones piezométricas bajo el nivel del mar y los consecuentes procesos de salinización), a una etapa de recuperación de niveles por abandono del bombeo, actualmente reducido a mínimos. La evolución negativa de su calidad, originada por causas distintas (movilización de aguas antiguas, contaminaciones asociadas a los usos actuales, e intrusión marina que se generó en toda esta cobertera, muy particularmente ligada a esta zona, donde se alcanzaron volúmenes de bombeo bastante importantes) ha provocado el abandono de sus bombeos y la consecuente elevación progresiva del nivel del agua del manto acuífero, lo que, unido a la importante depresión del nivel en las zonas del AIN (**zonas g**

y h) está generando casi siempre un flujo de recarga contaminante desde esta cobertera hacia dichas áreas de este acuífero inferior, a través de sus sectores de relación, que, por el impacto que genera, debe corregirse cuanto antes.

Lo expuesto aquí sobre el funcionamiento actual y sus causas, así como el problema que genera, constituyen las razones de la definición de esta **zona d** como estratégica y la posterior determinación de la misma como zona preferente. También se deduce la orientación a seguir en los inmediatos estudios para determinar o estimar el alcance de la posible actuación, que han de dirigirse a la búsqueda del equilibrio controlado de cargas hidráulicas, que impida la transferencia actual de flujos subterráneos, con lo que mejorará el problema de contaminación actual del AIN en las **zonas g y h** señaladas. Si procede un bombeo en esta **zona d**, buscando dicho equilibrio, se podría aportar otra dotación de recursos complementarios de sustitución, mediante el tratamiento adecuado del agua captada. El análisis de viabilidad / coste de este objetivo, atenderá a la necesidad de no superar el límite adecuado de la depresión alcanzable, para no inducir de nuevo otra intrusión de agua de mar desde el sector costero de Roquetas de Mar, ni la recepción de otras masas de aguas salinas indeseables ya incorporadas en esta cobertera, ni menos aún la pérdida inútil de recursos del AIN por descargas desde el mismo a esta cobertera. La evolución conocida durante Fase I indica que, tal vez, el deterioro ya alcanzado en este acuífero, haga inviable esta alternativa, cuyo complejo análisis tendrá que afrontar la incidencia de múltiples variables.

En el volumen 4 del Documento 111 se exponía la necesidad de mejorar el conocimiento de la variación espacial y temporal de la calidad del agua en las coberteras de esta **zona d**, para optimizar su valoración como zona de recursos complementarios. Habrá que atender a la incidencia de la transferencia de flujos excesivamente salados (desde La Gangosa o desde sectores meridionales del ASN con mezclas de agua de mar provocadas en la etapa anterior de explotaciones) forzados por el bombeo a diseñar, para esta **zona d**, ya que podría alterar de forma muy importante las expectativas de calidad aceptable para este bombeo, por lo que pudiera complicar el diseño y el coste de su correspondiente tratamiento.

Zona e: La Gangosa

La enorme complejidad de la estructura geológica de esta zona, y su consecuente funcionamiento hidrogeológico, desaconsejan por el momento adelantar alguna orientación acerca de cualquier eventual actuación que cupiera analizar, ya que en todo caso tendría que provenir de muchos más datos contrastados que los ahora disponibles, y de los estudios que pudieran avanzarse durante el desarrollo de la Fase I del Programa, como los de seguimiento de información fiable en la infraestructura de captaciones preexistentes que pueda llevarse a cabo.

No es posible, ni tiene interés, referir aquí en detalle los aspectos de la citada complejidad geológica, marcada por fracturas diversas con distintas direcciones y alcance de su repercusión, con las que están involucrados pliegues – falla, varias emisiones miocenas de materiales volcánicos -con distintas facies litológicas que se interrelacionan con sedimentos marinos-, así como una intensa fragmentación y elevación relativa del sustrato triásico carbonatado, que

configura un horst tectónico que se extiende hacia el suroeste por la **zona h** de El Viso y más allá de la misma. Entre este sector del horst en la transversal de El Viso, y la **zona g** de El Águila se intercala una depresión tectónica (la fosa interior) rellena de una potente cobertera neógena. En la transversal de La Gangosa, en cambio, al norte de este horst, el AIN se hunde a cotas muy por debajo del nivel del mar, estando recubierto por materiales permotriásicos metapelíticos impermeables del llamado Manto de Félix que, bajo el núcleo de Vúcar, alcanzan centenares de metros de espesor.

La elemental reseña anterior de rasgos geométricos sólo pretende motivar la comprensión de las complicaciones que presenta el conocimiento en detalle del funcionamiento hidrogeológico de esta **zona e**, en la que quedan muy interrelacionados los materiales de cobertera con los del sustrato, gracias a la fragmentación en bloques (situados a muy diferentes cotas) y también al escaso contraste de la información recabada de los muchos sondeos existentes, casi siempre indirecta, y por tanto con muy baja garantía para fundamentar interpretaciones de confianza. No obstante, se hace hincapié en dos motivos de atención: en primer lugar, que los distintos subacuíferos existentes (sectores del AIN, AltN y ASN del área de La Gangosa) están desde hace decenas de años en estado muy avanzado de intrusión marina (muy probablemente a diferentes niveles de su estructura, y desde el sur y el este de esta zona), por lo que es muy problemático el análisis de las actuaciones convenientes sobre la misma. Pero, por otra parte, esta zona, con aguas ya muy salinizadas (**Fig. 6**), linda por el oeste con áreas de explotación intensa del AIN, a las que por la información hasta ahora disponible (en 2008, al redactar este informe) parece que aún no ha llegado la contaminación desde sus zonas vecinas más orientales, frenada, hasta no se sabe cuando, por el efecto de barreras o semibarreras de permeabilidad generado por esta complejísima estructura local. Esta situación obliga a una situación especial de vigilancia que ha de ser objeto de la formulación de las propuestas correspondientes al final de esta Fase I.

En la **figura 7** se han señalado para esta zona unas curvas isopiezas muy simplificadas que conllevan una muy baja representatividad por integrar datos de distintas capas. Tómanse sólo como potenciales indicadores de los flujos contaminantes que pueden representar, dadas sus salinidades.

Zona f: banda norte de San Agustín en el ASC

La definición de esta **zona f** del ASC como estratégica (**Fig. 7**) obedece, en primer lugar, a la consideración de una posible utilización de parte de su almacenamiento subterráneo para la captación de recursos complementarios de sustitución, aunque tal valoración por ahora presenta notables dificultades. Un tipo de éstas se refiere a la falta de información histórica, por no existir sondeos mecánicos para conocer, con cierto detalle, rasgos de su geometría, secuencia litológica, características hidrodinámicas, etc. Tampoco se dispone de datos adecuados que permitan conocer la incidencia de su descarga a los humedales costeros del sur del Campo, etc. Si pudiera disponerse de mejores informaciones se podría analizar el interés y la viabilidad / coste de bombear parte de dicho almacenamiento para el fin indicado, sin dañar el funcionamiento hidráulico adecuado, en cantidad y calidad, tanto de los citados humedales como el de reciente creación en Las Norias (**zona estratégica c**).

También tiene un interés añadido este estudio, que naturalmente requeriría de algunos sondeos de investigación – captación y ensayo, con los cuales se podrían resolver además incertidumbres de la estructura hidrogeológica de la franja sureste del Campo, reforzándose la interpretación del sustrato en dicha franja, ahora sólo disponible por datos indirectos. Obviamente esta zona tiene un interés de segundo orden comparado con el de otras zonas establecidas.

b.2.2) Zonas estratégicas en acuíferos inferiores

Zona g: El Águila - incluyendo el área de Vícar- del AIN

El área de El Águila (**Fig. 7**) es uno de los sectores más importantes del almacenamiento general del AIN que, como ya se sabe, es el acuífero con mayor potencial de recursos renovables y mejor calidad natural del agua de todo el conjunto de acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías. La razón de su mayor potencial de recursos se debe a que recibe la parte principal de la infiltración por precipitación del flanco sur de esta Sierra y, probablemente, también una fracción de la infiltrada en el sector noroeste del macizo. Por otra parte, al tratarse de un ámbito con muy bajo uso y ocupación humana, y presentar las mayores tasas de precipitación y una gran permeabilidad, se favorece una menor permanencia del agua en el terreno y, por todo ello, una calidad más aceptable por las demandas. Como contrapartida, las propias características del terreno, en su conjunto, le confieren un alto grado de vulnerabilidad a la contaminación potencial proveniente de las actividades humanas que se puedan desarrollar sobre el mismo.

Este área de El Águila, de carácter libre, al estar situada más lejos del mar que la costera de Aguadulce, ha contado con una mayor protección de las consecuencias derivadas de un exceso de bombeo, especialmente en los relativo a la salinización por intrusión marina que, desde hace años, ha inutilizado este sector costero para el bombeo que se practicaba en el mismo. Estas han sido las principales circunstancias por las que, desde hace tiempo, el área de El Águila haya sido una de las dos elegidas del AIN por la demanda (la otra ha sido la de El Viso) para situar en ella la mayor parte de las extracciones de este acuífero aún con agua dulce en este área, tanto para satisfacer nuevas demandas, como para dotar a otras preexistentes dependientes de captaciones de otras áreas u otros acuíferos del Campo (y de Almería capital) que fueron salinizándose.

Esta sobrecarga de extracciones ha ido produciendo los efectos esperables: un descenso importante en el nivel piezométrico del área que, dependiendo de la presión del bombeo en los distintos bloques del acuífero, alcanza cotas de una a dos decenas de metros bajo el nivel del mar.

La problemática que genera esta situación de carga hidráulica y la circunstancia de la interrelación existente con las áreas y acuíferos vecinos, es comprometida, si se tiene en cuenta que el AIN en las áreas de Aguadulce y la Gangosa ya está muy salinizado; que bajo la cobertera impermeable de permotrias existente en el área de Vícar, un sondeo en el AIN se abandonó por aumentar su salinidad (por lo que se incluye este área con la del El Águila); que en el área de El Viso se han abandonado (por ascenso intolerable de la salinidad) varios sondeos que captaban el AIN (**zona h**, parte suroriental); y, por último, que ya se conoce el creciente impacto contaminante

del AIN en las **zonas h y g** proveniente de las coberteras con niveles piezométricos ascendentes. La situación de esta zona de El Águila es ya suficientemente conocida en el diagnóstico de su problemática, y presenta un cuadro que requiere una reacción consecuente, con unas primeras acciones correctoras adecuadas a cada uno de los acuíferos que están involucrados, lo que justifica su definición como zona estratégica y, con el estado actual de información de la Fase I, como zona estratégica preferente, orientándola hacia tres objetivos parciales y convergentes en los futuros avances del estudio: mejorando las condiciones de vigilancia del progreso de eventual incidencia de contaminación por aguas de origen marino en las **zonas g y h**; reducción del bombeo en estas zonas; y bombeando los acuíferos de cobertera de la **zona d** (si se determina su conveniencia y viabilidad técnico económica, dado el estado de deterioro alcanzado al final de la Fase I), con el doble objetivo de eliminar su descarga hacia el AIN y de obtener recursos complementarios de sustitución.

En el volumen 3 del Documento 111 se expuso la problemática de la actualización del estado de conocimiento de la calidad general del agua del AIN (procesos de intrusión marina y otras tendencias negativas). En su volumen 4 se trató el planteamiento de mejora del conocimiento de los procesos que afectan a su calidad como zona estratégica preseleccionada como preferente para valorar lo mejor posible la actuación de disminución de su bombeo, al tratarse, junto con la zona h, de una de las áreas más necesitadas de protección.

Zona h: El Viso (zona confinada del AIN)

Los esquemas de distribución de zonas (Fig. 7) y de representación de la relación actual de flujos entre acuíferos (Fig. 6), muestran la situación aproximada de esta zona confinada del AIN, su posición contigua a sus vecinas: **zona g** por el norte, **zona e** por el Este, así como la **zona d** (cobertera del Viso), a techo del plioceno margoso y el mioceno volcánico que confinan al AIN en esta zona.

En las descripciones anteriores de estas áreas vecinas (a la de este sector confinado del AIN) se recogen todos los datos que interesan en la consideración de esta **zona h**: su pertenencia al acuífero más importante del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías; su constitución por materiales triásicos carbonatados muy permeables, por ser muy fisurados, que están muy compartimentados en bloques a diferentes escalas; su localización geométrica centrada en un alto fondo (en la estructura de hundimiento progresivo hacia el Sur del antiforme de Sierra de Gádor) tras un sector en su borde norte más hundido (fosa interior) que lo separa – aunque no lo aísla- del área de El Águila; su vecindad por el lado oriental con la complejísima zona de la Gangosa; su condición de confinado por la referida cobertera (**zona d**); etc..

También se ha hecho referencia a la presión que viene recibiendo por un bombeo intenso, y a los problemas que la pérdida de calidad del agua captada que, en varios casos, han obligado al abandono de sondeos muy profundos y costosos. Se ha hecho referencia a su contaminación proveniente de la cobertera, y a la inquietud que plantea la posible contaminación por transferencia lateral subterránea desde el área contigua de La Gangosa (muy salinizada y con carga hidráulica en crecimiento) en el caso de estar produciéndose un flujo lento (ralentizado por la

pérdida de permeabilidad generada por la propia complejidad estructural de la zona) pero altamente salino, que podría generar mezclas de agua inutilizables.

Esta situación muy especial ha condicionado la definición preliminar de esta zona como estratégica, y su selección como preferente para su consideración en los trabajos de esta Fase I del programa y en los que han de seguirle. Los objetivos que ahora cabe señalar para estos trabajos – similares a los de la **zona g** de El Águila – se refieren al grado de interés / estimación de la reducción del bombeo practicado; a la evaluación provisional del bombeo a practicar en los acuíferos de cobertera –una actividad ya orientada para la **zona d** a la que estos pertenecen; y al máximo partido que pueda obtenerse –con los medios y tiempo disponible- para la prevención / seguimiento de la eventual contaminación por mezclas con agua de origen marino (detectadas ya avanzada la Fase I). A este respecto cobra un valor añadido la referencia hecha para la zona f de algunos sondeos de investigación y control, en particular –como interés relativo a la **zona h** de El Viso- algunos que alcanzaran el sustrato, como testificación de su litología y papel que puede representar en la intrusión de agua de mar por este sector de la costa oriental del campo. No obstante, habría que investigar más intensamente este proceso muy posible de recepción de agua marina desde las zonas orientales más próximas a El Viso y a El Águila.

Zona i: área confinada del AIO

En la **figura 7** se sitúan los límites supuestos de esta extensa área confinada del Acuífero inferior Occidental (AIO) en el sector centro – occidental del Campo. Se trata de un sector hundido del AIO en una fosa tectónica a centenas de metros y recubierto por una cobertera, miocena en su base, de facies muy cambiantes (con reductos evaporíticos localizados en algunos entornos) más o menos relacionada con el AIO geométrica e hidráulicamente. Encima de este mioceno, que puede faltar localmente, se encuentran varios centenas de metros de margas pliocenas que le aíslan del ASC. Hacia el O y el S los materiales carbonatados triásicos que lo integran se hunden o desaparecen, seguramente desmembrados y desconectados del AIO a profundidades kilométricas. Por el N se relaciona, con mayor o menor dificultad, con la zona libre del AIO (**zona j**, **Fig. 7**). Es muy improbable que exista una relación hidráulica significativa con el área de El Águila y del Viso del AIN (libre y confinada, respectivamente) -**zonas g y h**-.

Este área profunda del AIO está muy deficientemente conocida. Se sabe que está conectada por el N con la zona libre del AIO (**zona j**) y que su relación con la cobertera miocena (Acuífero Intermedio Central, AltC) le genera serios problemas: las dificultades de ejecución de las captaciones para explotación del agua del AIO en esta zona profunda (con captaciones de hasta el millar de metros), particularmente en los aislamientos de los dos acuíferos de cobertera que han de atravesar (ASC y AltC), han llevado a los usuarios de las mismas al abandono de gran parte de los sondeos realizados (del orden del 50%), por la contaminación del AIO, vía sondeo, desde el ASC -con calidades mediocres y mayor carga hidráulica- y, de manera espectacular por su fuerte incidencia, desde algunos entornos mal conocidos del AltC que contienen salmueras fósiles originales en sus tramos evaporíticos que, en el mejor de los casos, han acabado perforando las tuberías y arruinando las captaciones.

La movilización de estas salmueras y la inyección de agua del ASC que han recibido vía sondeos (potenciando la carga hidráulica del AltC) pueden estar colocando en situación de riesgo, al menos a algunas captaciones de esta zona profunda del AIO que aún no han sufrido esta afección a su calidad y, lo que es más preocupante, que pueden avanzar hacia la zona libre del AIO – **zona j**- y provocarle una transferencia de agua muy salina a través de algunos de sus bordes de contacto.

En el volumen 3 del Documento 111 se planteó el problema general de estas contaminaciones en el AIO por mezclas con agua de otros acuíferos, así como el de las tendencias negativas en dichos acuíferos contaminantes que hay que conocer, para tratar de controlar y evitar. Este problema de mezclas se ha detectado desde hace tiempo en esta **zona i**, por su espectacular repercusión en la salinidad del agua resultante en las captaciones afectadas por la mezcla con el AltC. Conocer su distribución es difícil (ya que se desconocen las localizaciones concretas del AltC, y no se conocen de forma fiable los acondicionamientos de las captaciones que le atraviesan); de esta manera, las acciones para evitar las citadas mezclas pueden resultar inviables (técnica o económicamente), pero en todo caso resulta importante su observación, por lo que puedan afectar a las zonas libres del AIO (**zona j**). Tiene interés profundizar en el análisis de los mecanismos por los que se han producido estas mezclas, para ver la manera de actuar sobre los sondeos afectados y tratar de inmovilizarlas.

Lo anterior justifica la definición de esta peculiar zona como estratégica, hace una breve referencia a los problemas que tiene planteada su explotación y orienta hacia la necesidad de mejorar su conocimiento y analizar las actuaciones oportunas que en su día puedan llevarse a cabo, en cuanto a la modificación de su bombeo, tratamiento de sus perforaciones, y protección ante la movilidad de las masas de agua del AltC, como potenciales focos contaminantes.

Zona j: áreas libres del AIO en la llanura

Esta zona del AIO comprende una franja de llanura en el sector noroccidental del Campo, limitada convencionalmente por el cambio de pendiente del borde de la Sierra y una alineación, subparalela a este borde, entre Balanegra – Los Alacranes y el entorno norte de El Ejido – Sta. María de El Águila, extendiéndose entre la Rambla de Balanegra y los Llanos de El Águila. Se trata de la zona libre del AIO dentro de esta llanura, en gran parte recubierta por una cobertera porosa de calcarenitas y calizas conglomeráticas miocenas, relativamente consolidadas, a la que puede superponerse un tramo plioceno de arenas y calcarenitas, oculto bajo los paquetes cuaternarios conglomeráticos de los abanicos aluviales, aluviones de ramblas, terrazas, etc..Entre esta cobertera porosa y el sustrato calizo y dolomítico triásico, principal tramo acuífero del AIO, no existe (por lo general) ningún impermeable en esta **zona j**, aunque sí diferencias de transmisividad muy notables, a favor del sustrato triásico, por ser mucho mayor la permeabilidad y el espesor de éste (en su secuencia completa se han considerado potencias en torno a los 1000 m). Está muy compartimentado en bloques a diferentes escalas, aunque dentro de la zona no se han encontrado importantes barreras de permeabilidad entre ellos (como la que limita por el E el AIO del AIN). De hecho, resulta impracticable la ejecución de isopiezas en este ámbito del mismo.

Este embalse subterráneo (AIO) puede considerarse como el segundo en importancia entre todo el conjunto de acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías, por la entidad de sus entradas; desde hace al menos cuatro décadas soporta el mayor bombeo de todos estos acuíferos del campo, habiendo alcanzado, desde hace más de 20 años, cifras de extracción creciente entre 40 y más de 60 hm³/año. El nivel piezométrico ha descendido a más de 40 m bajo el nivel del mar, habiéndose librado de una rápida intrusión marina por la interposición del pequeño acuífero poroso AEBN –ya descrito como **zona a**- entre el fondo marino y el tramo carbonatado triásico del extremo occidental del AIO en el área de Tarambana. La intrusión de agua de mar se está produciendo, como lo evidencia el descenso continuo del nivel piezométrico en el extremo oriental del AEBN (sin bombeo desde hace décadas), arrastrado por el descenso que se ha producido en el AIO debido a su intensa explotación.

La problemática más destacable que está planteada en esta zona del AIO ha de tener tres focos de atención: el primero se refiere a su relación con el AEBN por la incertidumbre que supone el desconocimiento del tiempo que transcurrirá hasta aparecer la contaminación de fondo, por la ascensión de la masa del agua dulce mezclada con agua de mar transferida desde esta **zona a**, desde inicios de la década de 1980, ya que se carece de sondeos profundos de reconocimiento y seguimiento del proceso de ascenso de la misma hacia las cotas de captación. Otro foco objeto de análisis lo acapara la necesidad de conocer la situación y movilidad de la masa de agua salina contenida en el AltC de la zona profunda (**zona i**) y su potencial relación de vertido de eventuales salmueras hacia esta zona libre del AIO, por su relación, actual y futura, de cargas hidráulicas, a través de sus sectores de conexión hidráulica. Esta incertidumbre, como la anterior, debe eliminarse cuanto antes, por los graves problemas que puede acarrear a esta zona libre del acuífero. El tercer foco de atención corresponde a la evaluación del grado de contaminación proveniente del vertido de descarga lateral subterránea desde el ASC, analizando las circunstancias de la incidencia de las mezclas de agua que se van generando con el mismo (tanto para las demandas de abastecimiento urbano, como para las de riego). También debe estimarse la repercusión en el AIO por incrementos del descenso del nivel debido a las pérdidas de entradas al mismo, en el caso de reducir de manera forzada estas descargas desde el ASC (formando parte del análisis de las actuaciones en el ASC de las **zonas b y c**).

Con lo expuesto, que justifica sobradamente su definición como zona estratégica, se destaca la necesidad de corregir la situación en que se encuentra esta importante zona libre del AIO para protegerla, por lo que esta **zona j** ha de constituir una de las zonas estratégicas preferentes para orientar preliminarmente la investigación hidrogeológica en la actual fase del Programa (y en las que han de seguirle), atendiendo a los siguientes propósitos:

- señalar y definir una red mínima de control o seguimiento de la contaminación por agua de mar –desde la **zona a**, así como por la eventual entrada de salmueras desde el AltC en la **zona i** o desde mezclas salinas desde el mismo AIO de esta área confinada, trasferidas desde el AEBN o del AltC.
- realizar una ampliación del conocimiento y seguimiento de la calidad del agua, en el espacio y en el tiempo, en todo el ámbito de esta zona libre del AIO, sin olvidar el frente de

descarga del propio acuífero desde la **zona l** (Fig. 7), por su borde N, a esta **zona j**, aunque con particular atención en los frentes de recepción de entrada de mayor salinidad que las originales de este sector del acuífero, tendentes a evaluar la importancia real o potencial de sus impactos en la calidad propia de esta zona;

- también a valorar la repercusión (positiva o negativa) que tendría el balance conjunto de efectos, por los derivados de la reducción forzada de la descarga a esta zona del AIO – desde el ASC- que se analizará en el caso de las **zonas b y c**;
- y, por último, la evolución del efecto a provocar, en el nivel piezométrico, con distintas tasas de reducción de bombeos del AIO en esta **zona j**, compensadas con aportaciones de nuevos recursos de sustitución.

En el volumen 4 del Documento 111 se hizo referencia a la necesaria mejora del conocimiento de la calidad de esta importante zona del AIO aquejada por los diversos procesos, anteriormente descritos, que afectan a la valoración de la misma en cuanto a la reordenación de extracciones en este acuífero y los de su entorno. En el caso de la **zona j** el estudio del problema reviste una especial complejidad por la conjunción de procesos que tienen lugar de forma simultánea y por las características temporales de cada proceso. No se ha dispuesto de sondeos específicos para estudiarlos, sino que la investigación histórica se ha estado basando en la información aportada por los puntos de explotación existentes, no diseñados para diferenciar estos procesos. En la banda de contacto entre la **zona j** y la **zona b** y la **zona i**, existen, desde el inicio de la explotación, sondeos que conectan el sustrato con la cobertera, que impiden la observación de datos individualizados de cada acuífero.

Zona k: Aguadulce (AIN)

Esta zona libre del AIN, del área de Aguadulce (Fig. 7), ha sido históricamente la que más recursos hídricos ha recibido dentro del AIN que, como se ha dicho, es el acuífero más importante de todo el conjunto del Campo y borde sur de la Sierra. En régimen natural de funcionamiento constituía el principal sector de descarga de este acuífero, que transfería al mar, de manera subterránea, bien directa y preferentemente a través de los propios materiales carbonatados fisurados (en contacto directo con el fondo marino) como indirectamente por mediación de muy variados tipos de coberteras: miocena, pliocena y cuaternaria. Esta gran permeabilidad representó un factor negativo más tarde por el exceso de bombeos que, en el conjunto del acuífero, han llegado a alcanzar el entorno de los 50 hm³/ año (y casi la mitad en esta misma zona costera). La consecuencia ha sido que este área del AIN esté experimentando una salinización, iniciada hace ya décadas, de manera que hoy prácticamente no se explota en este entorno porque sus aguas no son tolerables por las demandas (Fig. 6).

Las características de esta zona del AIN en la situación actual no sugieren de momento ninguna actuación correctora, sino sólo de seguimiento de sus estados piezométricos y de calidad y de utilización. De esta manera, el problema de la actualización del conocimiento de su calidad

del agua forma parte de la Partida 3, y se hizo referencia al mismo en el volumen 3 del Documento 111.

Zona I: entorno de Dalías (AIO)

De este sector del AIO (Fig. 7) se carece de una información hidrogeológica de confianza. La mayor parte del agua utilizada proviene de las descargas del entorno de Celín, apoyadas ahora con un complemento derivado de la Pantaneta próxima a esta barriada. Hace décadas se construyeron bastantes sondeos; varios de ellos se utilizaron y posteriormente se abandonaron, aunque realmente no se tiene la certeza necesaria para interpretar su historial, una laguna de conocimiento pendiente de resolver.

La zona se sabe que pertenece al AIO: el límite N de este acuífero está determinado por la estructura que levanta la base permotriásica impermeable del acuífero y marca una divisoria hidrogeológica por el sur de Alcaudique (carretera de Dalías – Berja) – Celín, con la cuenca hidrogeológica del Adra, desde la que el agua infiltrada se dirige hacia el Sur, a las zonas de cotas más bajas, para terminar acumulándose en los sectores de menor cota del AIO. La importante explotación del AIO ha generado una depresión histórica de su nivel del agua (mayor de 50 m para las cuatro últimas décadas) reflejo de una desaturación importante del mismo, que ha hecho regresar hacia el S la intersección del límite de las zonas desaturada y saturada del AIO con su fondo impermeable, que desde su afloramiento en la citada divisoria ha ido hundiéndose hacia el mar. Esta desaturación generalizada ha debido ser la causa principal del referido abandono de captaciones en esta **zona I**.

La definición como zona estratégica de este entorno del AIO en Dalías está referida a la conveniencia de mejorar la información sobre la misma. Desde el punto de vista de la orientación preliminar que corresponde a la Fase I, se señala, con la prioridad que quepa darle, la ejecución de un inventario de puntos acuíferos históricos, de los distintos usos actuales y anteriores del territorio, con referencia a calidades y eventuales contaminaciones del agua. El interés de esta zona está asociado esencialmente a la protección de la calidad de las aguas subterráneas en su ámbito, así como a la necesidad de protección de la calidad del agua que, desde éste, se descarga subterráneamente, por el sur, hacia la zona libre contigua (**zona j**). Lo expuesto sobre el estado deficiente de su información, teniendo en cuenta el escaso tiempo disponible para el desarrollo de la Fase I del Programa, no aconsejan su inclusión como zona preferente durante la misma.

b.3) Indicación preliminar de zonas estratégicas preferentes

Dentro del interés general de la gestión del conjunto de todos los recursos hídricos que necesita la atención a las demandas de este territorio, es necesario considerar la integración racionalizada de los acuíferos que existen en el mismo. Para ello, deberían llevarse a cabo las indicaciones orientadoras sobre mejora del conocimiento en todas las zonas estratégicas que se han descrito. No obstante, el poco tiempo con el que se cuenta para el desarrollo de esta Fase I impide abordarlas todas desde ahora. Sólo pueden atenderse, en lo posible, algunas de ellas que

reclaman mayor interés o necesidades de atención, por incidir con más intensidad en los criterios de gestión y toma de decisiones más adecuadas para la distribución inicial de recursos de sustitución que han de adoptarse por los órganos de gestión desde el final señalado para esta primera fase. Por ello, han de seleccionarse las zonas mínimas necesarias como zonas estratégicas preferentes para la posible ampliación de conocimientos (en tan corto período de tiempo) limitándose en ellas a aquellos objetivos que permitan apoyar, de la mejor manera posible, el establecimiento de una primera ordenación de recursos totales en el Campo, que incluya un principio, informado lo mejor posible, de corrección del uso de los acuíferos, para reconducirlos a un uso sostenible, sin perjuicio de la atención a las demandas existentes dentro de este territorio.

En atención a los criterios anteriores, con carácter preliminar, y a mejorar en lo posible, con los resultados de los trabajos de esta Fase I y en fases posteriores, se señalan como zonas estratégicas preferentes las siete siguientes:

- De las zonas estratégicas de las coberteras (Fig. 7): las **zonas a, zona b, zona c y zona d**: AEBN, Entorno de Onáyar, Entorno de la Balsa del Sapo y coberteras del área de El Viso – Roquetas, respectivamente.
- De las zonas estratégicas de los acuíferos inferiores: **zona g, zona h y zona j**: El Águila – Vícar, El Viso, y áreas libres del AIO en la llanura.

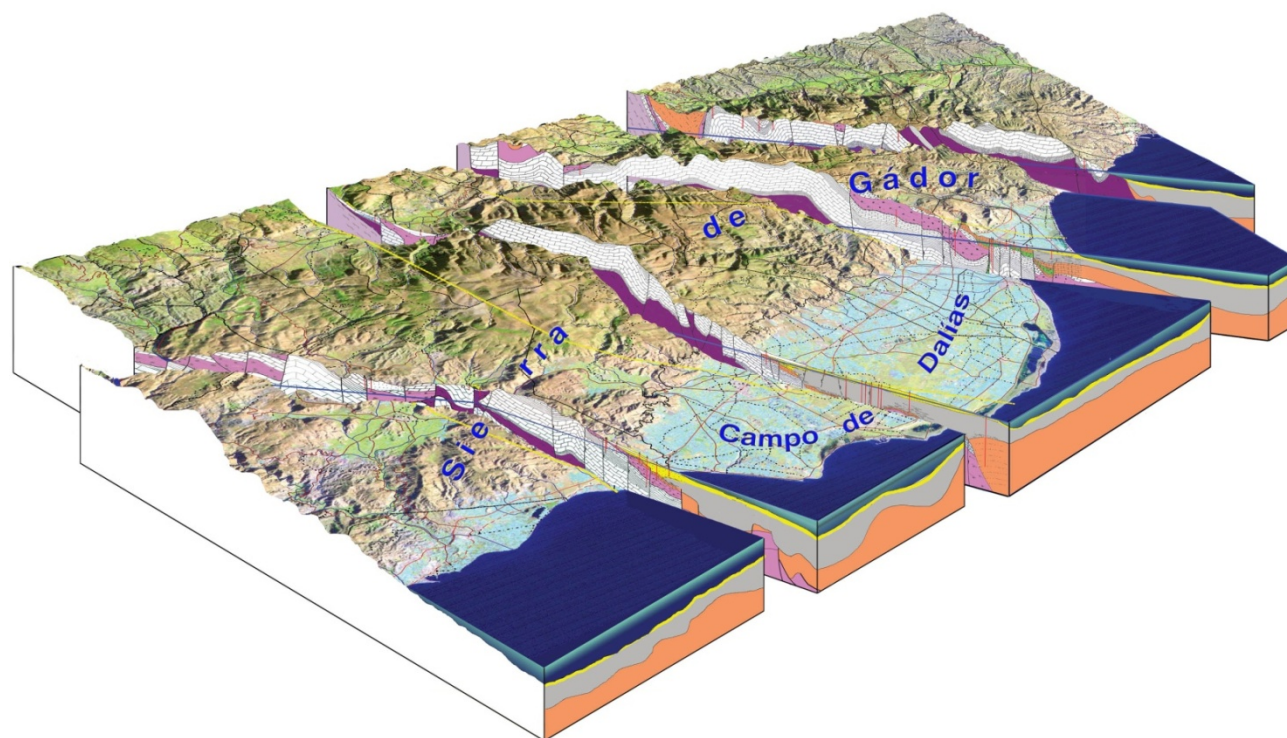


Figura 0: Esquema de bloques de la geometría del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías.

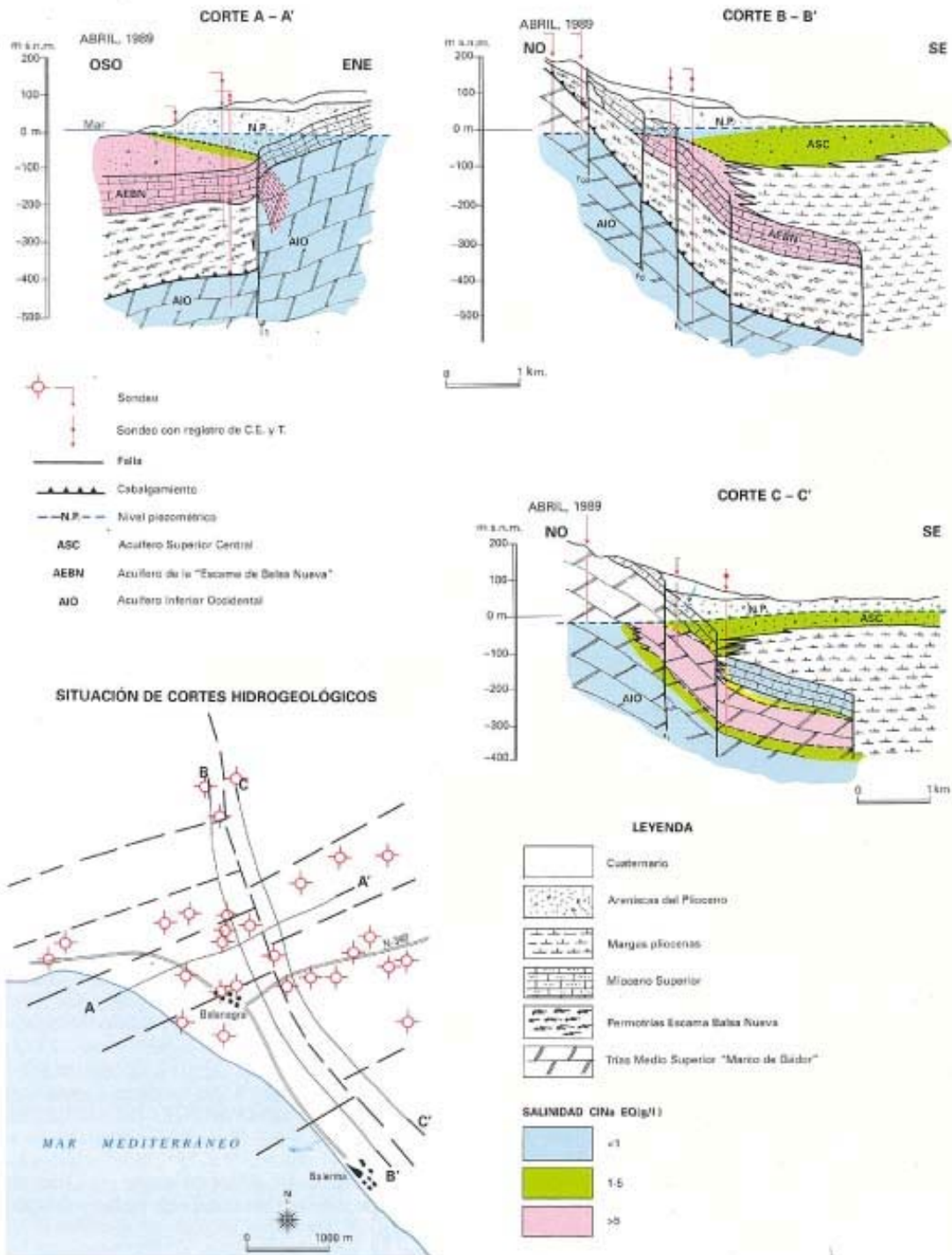


Figura 1: Esquema de funcionamiento de la intrusión marina en el entorno de Balanegra

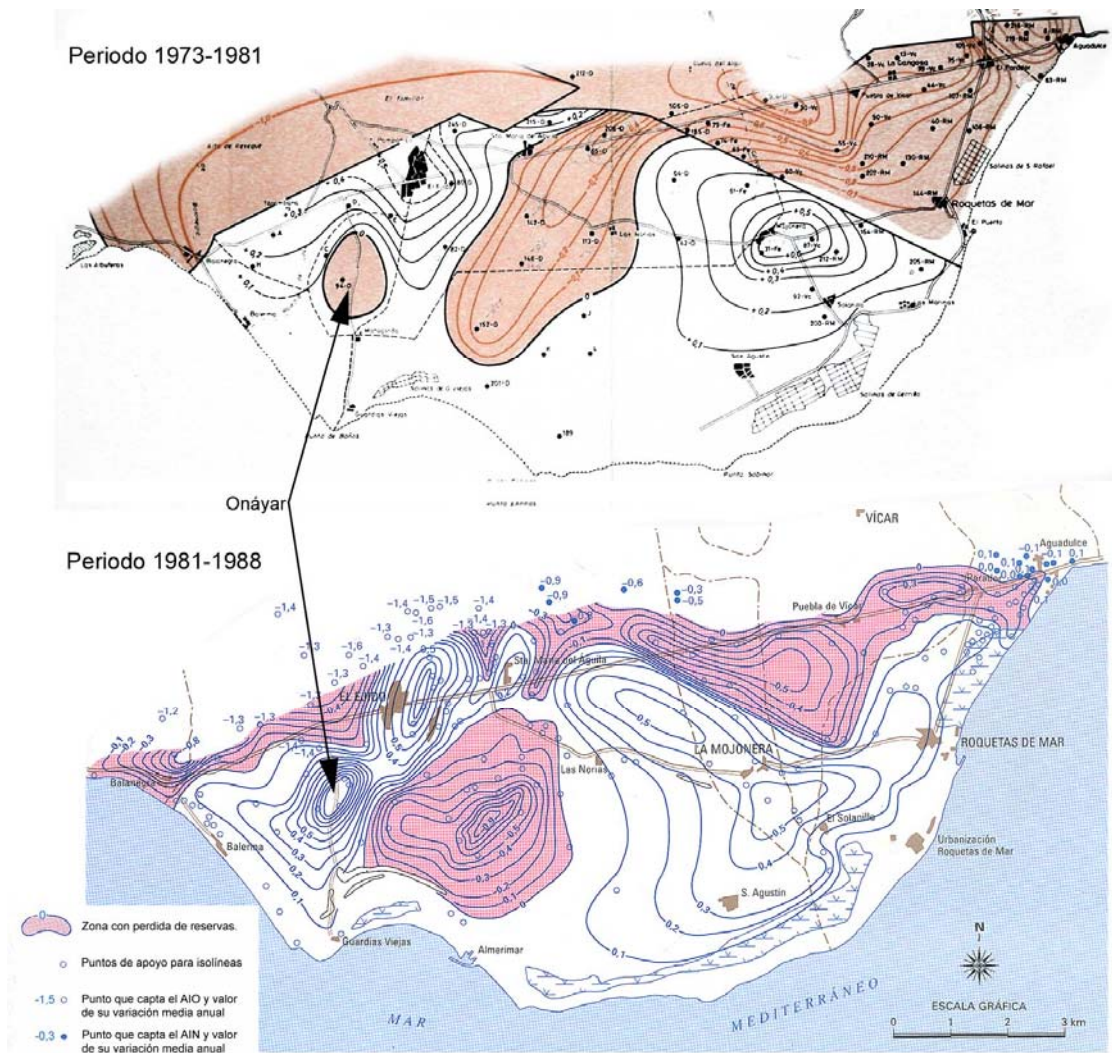


Figura 2: Variaciones medias en el nivel del agua (en metros al año) para los períodos: 1973-81 (**superior**, de IGME, 1982) y 1981-88 (**inferior**: IGME, 1998). Entre los dos planos se puede destacar: en Onáyar, la tendencia al descenso (arriba), que pasa (abajo) a una recuperación continua del nivel del agua, tendencia que prosigue en la actualidad. En La Mojenera, la tendencia ascendente del nivel (por efecto de los retornos y la disminución de los bombeos) va expandiéndose en los dos períodos considerados, invadiendo, en el segundo con mayor ritmo, las zonas bajas de Las Norias (Balsa del Sapo).

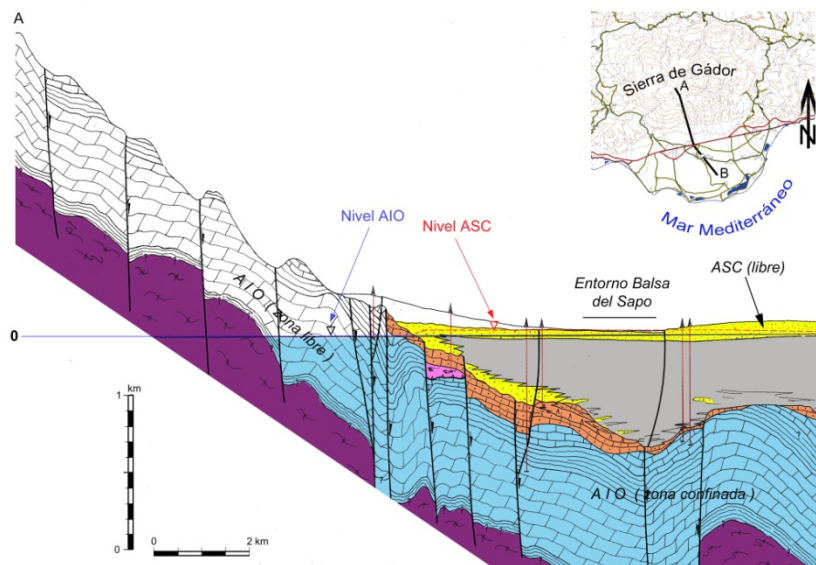


Figura 3: Perfil hidrogeológico del entorno de la Balsa del Sapo, con los acuíferos presentes: el Acuífero Superior Central (ASC), libre, formado principalmente por calcarenitas y arenas pliocenas (en amarillo), cuyo nivel del agua aflora dando lugar a la laguna permanente actual; está en la zona de llanura, sobre el Acuífero Inferior Occidental (AIO) -en azul y naranja-, separado hidráulicamente de éste por margas pliocenas (representadas en color gris). El AIO, constituido principalmente por calizas y dolomías triásicas, queda confinado (tapado) en la zona de llanura y libre en la de sierra; se indica su nivel de saturación en la zona libre (queda sin colorear su zona no saturada); también se indica (en rojo) el nivel del agua en el ASC.



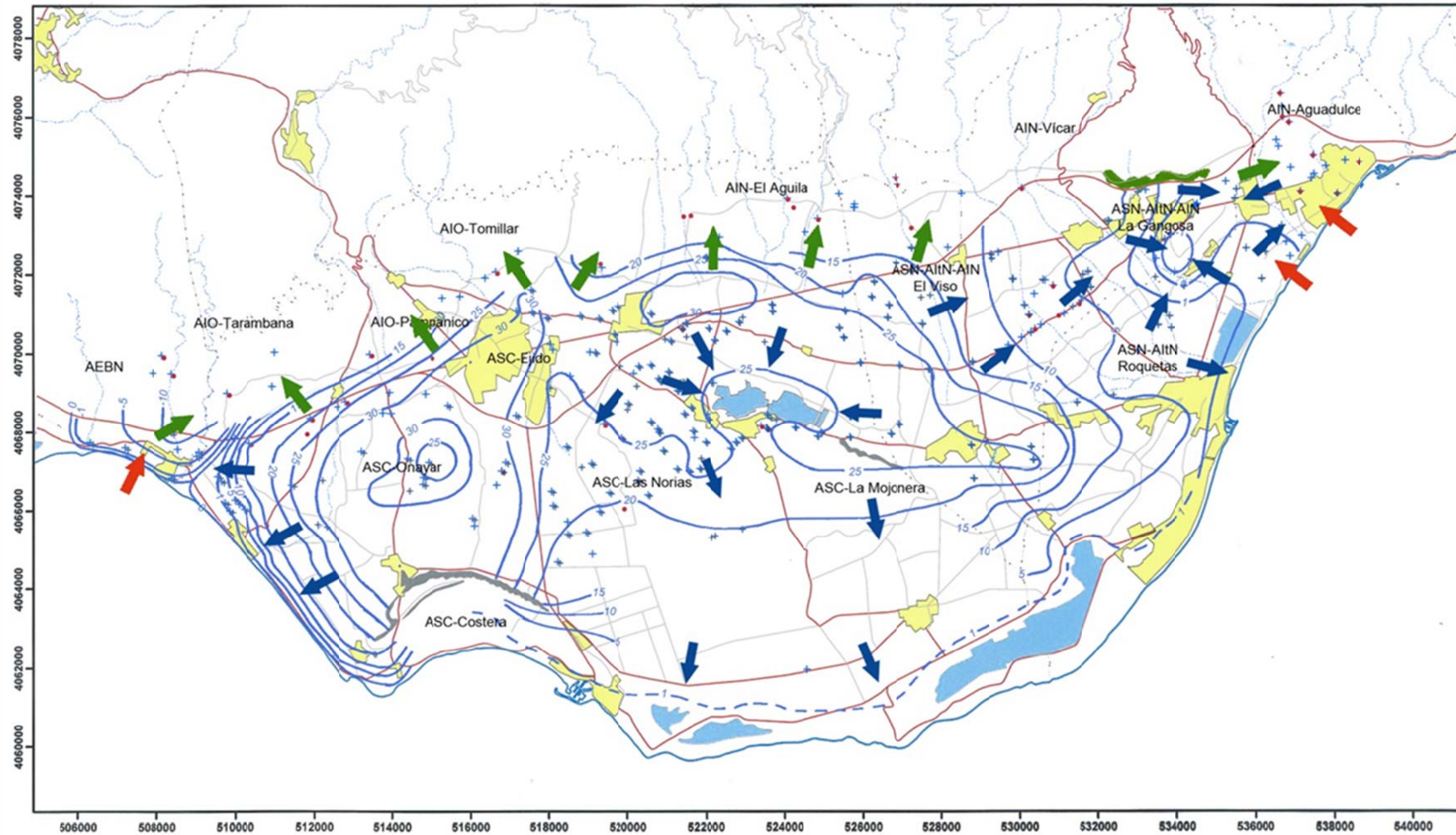


Figura 5: Esquema de isopiezas y distribución de flujos de los acuíferos de cobertera para agosto de 2007. Isopiezas de las coberteras en líneas azules; las cruces indican los puntos medidos en los mismos, y los puntos rojos los medidos en acuíferos inferiores en la misma campaña. Con flechas azules se indica la distribución de flujos en las coberteras; las verdes corresponden a sus relaciones con los acuíferos inferiores, mientras que las flechas rojas representan la entrada de agua de mar (directa o indirecta) a estos últimos acuíferos. Figura del Documento 242.

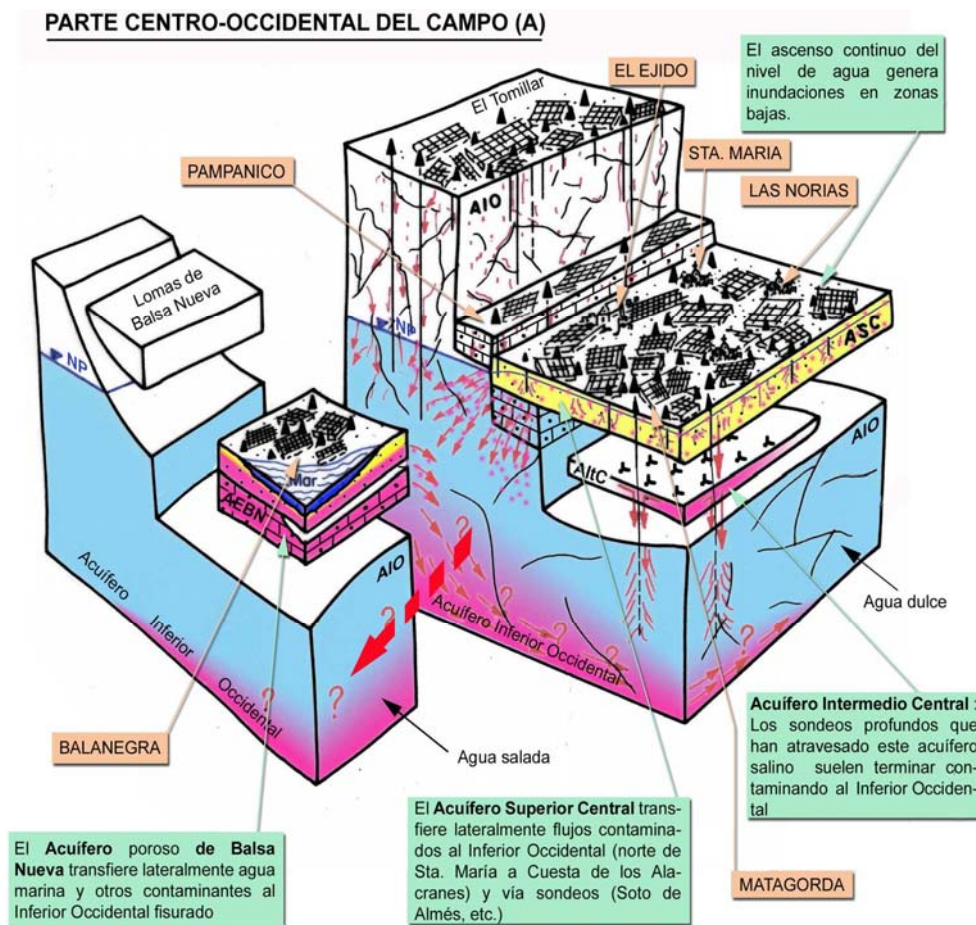


Figura 6. Parte A: Esquema de los principales problemas actuales de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor - Campo de Dalías: parte centro-occidental del Campo. En azul se representa el agua dulce, en rojo: el agua salada. Se reflejan flujos contaminantes entre acuíferos con flechas y penachos rojos. Desde la superficie, los potenciales contaminantes viajan, con los excedentes de agua de las actividades agrícolas y urbanas, hacia el nivel del agua de los acuíferos de cobertera y de las zonas libres de los acuíferos inferiores; en éstos con mayor facilidad donde afloran en superficie -zonas de Sierra-, cada vez más ocupadas por invernaderos. Los contaminantes también pueden alcanzar la zona saturada de los acuíferos de forma directa, con las transferencias de flujos contaminados desde acuíferos de cobertera hacia los inferiores; entre áreas de estos últimos ya salinizadas y otras dulces en explotación; y mediante sondeos profundos que conectan los dos grupos de acuíferos. La parte centro-oriental del Campo (**Fig. 6 B**), se presenta en página siguiente.

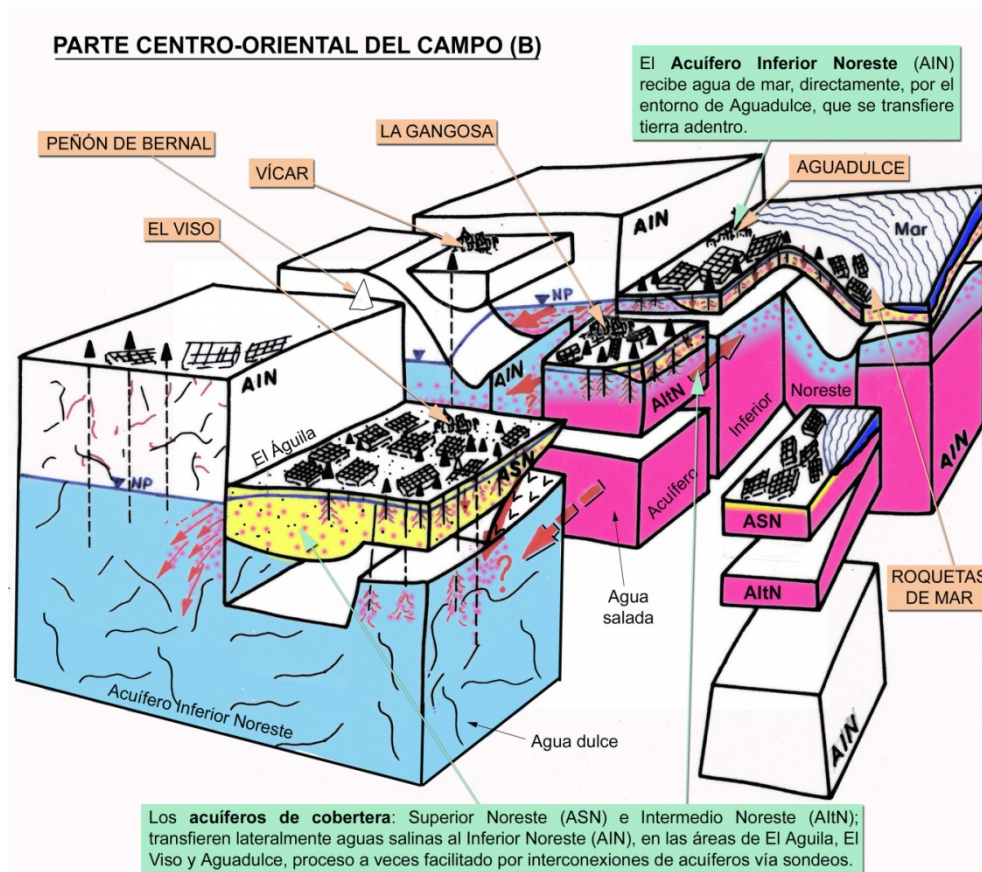


Figura 6. Parte B: Esquema de los principales problemas actuales de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor - Campo de Dalías: parte centro-oriental del Campo. Ver su explicación en la **figura 6, parte A** (página anterior).

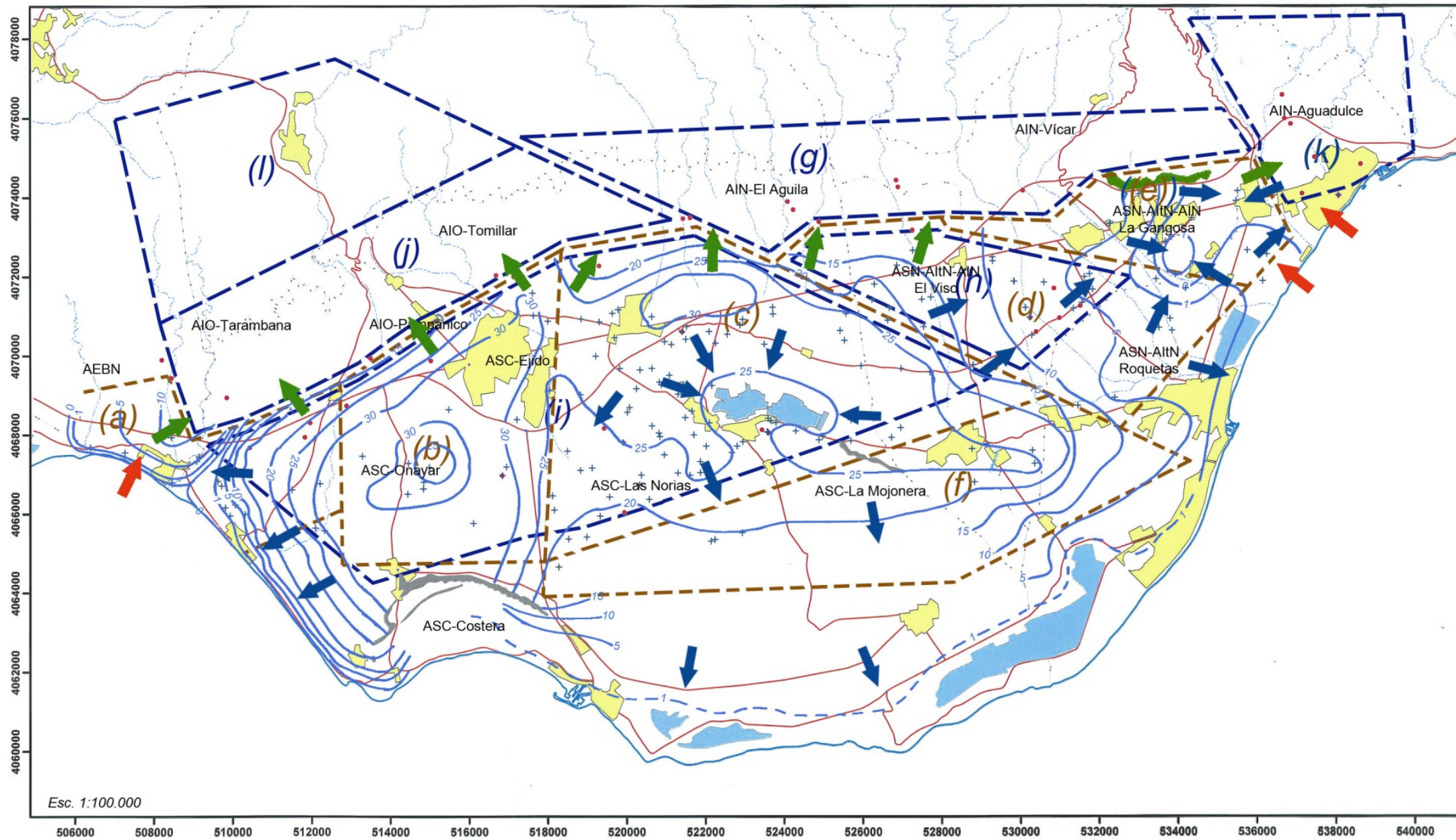


Figura 7: Situación de todas las zonas estratégicas definidas para la reorientación de extracciones. Los límites marrones corresponden con las zonas correspondientes a los acuíferos de cobertera (zonas de la (a) a (f)), mientras que los azules pertenecen a la zonas definidas de los acuíferos inferiores. Estas delimitaciones están superpuestas al esquema de isopiezas y distribución de flujos entre acuíferos realizado para agosto de 2007 (Fig. 5). Se trata de las zonas siguientes. **Acuíferos de cobertera:** zona (a) AEBN y extremo noroccidental del ASC en los Alacranes y Onáyar; zona (b) entorno de Onáyar en ASC; zona (c) entorno de la Balsa del Sapo (ASC); zona (d) coberteras del área de El Viso – Roquetas hasta el límite con la de La Gangosa (ASN-AitN); zona (e) La Gangosa; zona (f) banda norte de San Agustín en el ASC. **Acuíferos inferiores:** zona (g) El Águila (incluyendo el área de Vícar) del AIN; zona (h) El Viso (zona confinada del AIN); zona (i) área confinada del AIO; zona (j) áreas libres del AIO en la llanura; zona (k) Aguadulce (AIN); zona (l) entorno de Dalías (AIO). Figura del Documento 242.

