



Jornada Técnica Agroalimentaria: ALMERÍA FRENTE AL RETO DEL AGUA.

FUNDACIÓN CAJAMAR. Almería. 15 marzo 2016

**DOCUMENTO COMPLEMENTARIO A LA PONENCIA:
SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ACUÍFEROS DE ALMERÍA: REFERENCIA A
LOS ACUÍFEROS DEL SUR DE SIERRA DE GÁDOR – CAMPO DE DALÍAS**

Unidad Territorial de Almería del IGME

INDICE DEL DOCUMENTO

1- ANTECEDENTES

2- EL CONOCIMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DEL SUR DE SIERRA DE GÁDOR – CAMPO DE DALÍAS Y SU RELACIÓN CON LA GESTIÓN

2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

2.2- Causas de la evolución de su funcionamiento: bombeos (principal) y usos del territorio

2.3- Consecuencias del uso de estos acuíferos: efectos en el nivel del agua y en la calidad general del agua

2.4- La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

2.5- Últimos datos sobre el estado de los Acuíferos Inferiores del Campo de Dalías.

2.6- Los avances en el conocimiento de estos acuíferos y su repercusión en las actuaciones de gestión

2.7- La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

- El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) llevó a cabo a finales de la década de 1960 y durante la de 1970 la **primera etapa de investigación básica** con criterio hidrogeológico sistemático y con seguimiento del uso de los acuíferos principales de la provincia de Almería. Con ella se estableció su caracterización general y la de su funcionamiento durante los primeros años de la utilización intensiva. En términos muy generales, los **principales acuíferos almerienses** están relacionados con cauces o el relleno de valles o llanuras litorales (constituidos por **materiales detríticos**: conglomerados, gravas, arenas, etc.), mientras que son mayoritariamente **fisurados** (calizas, dolomías, cuarcitas, etc.) los que se hallan en el dominio de las sierras o en sus bordes, a veces prolongados bajo los materiales de relleno en las llanuras colindantes.

- Entre los primeros, cabe destacar los de El Saltador, aluviales del cauce del Río Almanzora, Cubeta de Overa, llanura de la Ballabona, aluviales de la Cuenca del Andarax con pequeños detríticos neógeno – cuaternarios asociados (en el Nacimiento, La Calderona y Delta del Andarax), Campo de Níjar, Delta del Adra, etc., y otros detríticos asociados a acuíferos carbonatados que forman con ellos sistemas mixtos. **Casi todos los acuíferos de este primer grupo han sido sobreexplotados** (por sus reducidas entradas, dada la climatología almeriense, e intenso bombeo que fue provocando un progresivo consumo de sus reservas y pérdida de la calidad de sus aguas, en general mediocre, no siempre por formas de uso inevitables). Otros siguen aún resolviendo el abastecimiento a las discretas demandas a su cargo (Nacimiento, Calderona, Alto Aguas, Macael, etc.). En todos los casos debería erradicarse su uso ancestral como vertederos de residuos de todo tipo (incluso de salmueras de mini-dasalobradoras) en superficie, pozos abandonados, cauces, etc. La conservación de la calidad del agua que contienen todavía es de utilidad (aunque sea para mezclar con otras aguas dulces y obtener mezclas válidas para determinados usos).

- Del segundo grupo de acuíferos, los esencialmente fisurados, son destacables los carbonatos de las Sierras de María, Estancias, Filabres y Nevada. En general todos éstos son muy poco extensos y compartimentados; su uso no se desarrolló mucho al perder su antigua descarga natural y por galerías, de las que dependieron algunos usuarios, pasando después a ser explotados por bombeos limitados con niveles del agua muy deprimidos.

Con gran diferencia, de este segundo grupo destacan los acuíferos carbonatados del Sistema de Sierra de Gádor y sus cuencas marginales, donde se hunden totalmente bajo recubrimientos de materiales de cobertera neógeno – cuaternarios (Campo de Dalías), o parcialmente (Alto Andarax y Cuenca Media del Adra). De estas tres vertientes hidrogeológicas, la meridional constituye el conjunto de acuíferos más importante de toda la Provincia de Almería, objeto del presente documento.

- Si bien no recayeron en el IGME responsabilidades de gestión de los acuíferos (que correspondían desde la nueva Ley de Aguas – de 1985- a la Dirección General de Obras Hidráulicas por medio de los Organismos de cuenca), el conocimiento adquirido del estado de los mismos reclamaba seguir atendiendo a los efectos que estaban produciendo su forma de uso. Por ello, a la primera investigación citada siguió una **segunda etapa** para profundización del conocimiento y seguimiento de su evolución, en particular para aquellos que reunían mayor complejidad en su geometría y funcionamiento, así como una explotación muy intensa por corresponder a zonas almerienses con un rápido proceso de desarrollo agrícola y poblacional, con el que iban adquiriendo una importancia social y económica muy destacada.

- Los trabajos de esta segunda etapa del Estudio, con variable intensidad según los casos, y con apoyos puntuales notables de algunas administraciones (como en la etapa anterior) tuvieron continuidad hasta mediados de la década de 1990. Sus **resultados**, como siempre, se fueron difundiendo ampliamente a Administraciones relacionadas con la gestión y el uso de estos recursos hídricos (Organismo de cuenca, IRYDA, etc.) y a comunidades o entidades de usuarios aunque, cabe reseñar, que **con escasa repercusión real en los acuíferos afectados**.

- En la **tercera etapa** de investigación, ante la limitación de medios aplicables por el IGME a este Estudio, se adoptó la decisión de concentrar éstos en los acuíferos más importantes de la provincia: los del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías, intensificando su investigación y seguimiento posible, ya que sobre ellos venían concurriendo una serie de procesos (intrusión de agua de mar activa en sus acuíferos principales; un elevado bombeo para abastecer a casi toda la demanda del Campo y de Almería capital; la falta de recursos de sustitución para la previsible pérdida por salinización de los recursos subterráneos de la zona que se venían utilizando) sin existir, en la práctica, medidas aplicadas o en proyecto inmediato para corregir o retardar el avance progresivo de esta salinización.

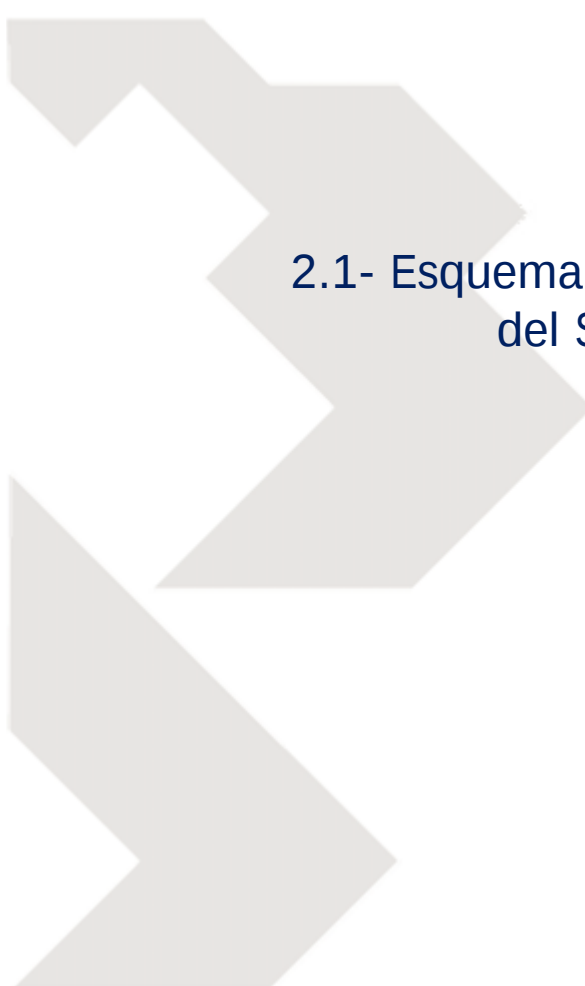
- Esta tercera etapa de trabajos incluyó un notable esfuerzo de difusión del conocimiento alcanzado acerca de la situación de los acuíferos de esta zona, cuyo resumen fue divulgado en Noviembre de 2003 con el folleto: “Resultados del Proyecto sobre conocimientos alcanzados de los Acuíferos del sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías. Avance – Resumen de la próxima publicación”, cuya edición de 10.000 ejemplares, ampliamente difundidos, fue cofinanciada por la Junta Central de Usuarios del Acuífero del Poniente (JCUAPA). Dicho hito de la investigación constituye, esencialmente, el punto de partida del contenido de la ponencia que se presentará en esta Jornada organizada por la Fundación Cajamar. Los datos sobre el resto de los acuíferos de la provincia son demasiado antiguos, las demandas que antes abastecían sus bombeos son actualmente atendidas por recursos hídricos de otro origen (de forma parcial o total), y se carece de la adecuada información sobre ellos. (El “Atlas hidrogeológico de Andalucía”, editado por la Junta de Andalucía y el IGME, puede satisfacer la curiosidad de los interesados en conocer las fuentes de suministro de agua de la segunda mitad del siglo XX).

- Como consecuencia de la transferencia de la entonces llamada Cuenca Sur (actualmente Cuencas Mediterráneas Andaluzas) a la Junta de Andalucía y de haberse puesto en marcha el Proyecto de desalación de agua de mar en Balerna (así como de la reciente divulgación del resumen del estado de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías, anteriormente citado) desde la Consejería de Medio Ambiente (a través del Instituto del Agua de Andalucía –IAA-) en 2006 se solicitó al IGME un Programa de apoyo al diseño de actuaciones técnicamente viables que, en lo posible, corrigieran o paliaran el preocupante proceso de salinización activo en estos acuíferos desde la década de 1980, una decisión de Gobierno en respuesta a la llamada de atención que planteaba la situación de tan trascendentales fuentes de suministro.

- Este Programa (que el IAA promovió como apoyo al Organismo de cuenca en la elaboración del Plan de Ordenación de estos acuíferos) fue acordado por dicha Consejería, ACUAMED, el IGME y la JCUAPA. Su Fase I (definida como la anterior a la disponibilidad del agua desalada en Balerma, prevista para 2009/10) fue ejecutada entre 2008 y 2011/12 y financiada por las tres Administraciones Públicas señaladas, con la colaboración de los citados usuarios.

- Tales actuaciones conjuntas (en apoyo a la gestión de los recursos subterráneos utilizados de esta comarca, de acuerdo con las políticas de aguas europeas, estatales y autonómicas) constituyeron una novedad de colaboración entre instituciones en la atención al proceso de salinización en marcha desde hacía décadas. Los resultados obtenidos en esta **Fase I, última etapa de la investigación al quedar interrumpido el Programa**, unidos a la información histórica acumulada por el IGME, fueron difundidos en una amplia Memorial Final, también dada a conocer en encuentros de distintos tipos y en diferentes ocasiones.

- En los últimos años, por parte del IGME únicamente se ha podido disponer de algunos nuevos datos, y continuar contribuyendo a la difusión de la problemática que plantea la progresión de la salinización de estos acuíferos (en distintos foros que lo han solicitado, como el de esta Jornada) algunas de cuyas ponencias resultantes se acompañan a este Documento.



2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

2.- CONOCIMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DEL SUR DE SIERRA DE GÁDOR CAMPO DE DALÍAS Y SU RELACIÓN CON LA GESTIÓN

El **conocimiento** de estos **acuíferos** es la **acumulación de resultados** de la **investigación histórica** del IGME, últimamente ampliados, y actualizados hasta principios de esta década, con los trabajos del citado **Programa de sostenibilidad** que promovió el IAA en 2006

Este conocimiento **permite fijar lo esencial** de la **constitución y disposición espacial** de los diferentes **materiales existentes**; la distribución de los **permeables e impermeables**; la **evolución del nivel y la calidad** del agua contenida en los primeros y, con todo ello: la **diferenciación de acuíferos**, y **la relación entre ellos y con el mar a lo largo de cinco décadas**



2.- CONOCIMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DEL SUR DE SIERRA DE GÁDOR CAMPO DE DALÍAS Y SU RELACIÓN CON LA GESTIÓN

CONOCIMIENTO DE LOS ACUÍFEROS DEL SUR DE SIERRA DE GÁDOR – CAMPO DE DALÍAS

se apoyó en:

El estudio y seguimiento directo continuo de **litologías** en superficie y captaciones; la evolución del **nivel y calidad** del agua en más de **1000 perforaciones**; en varias series de **campanas geofísicas** (sísmica, gamma natural, eléctrica..). En la realización de más de 6 series con **decenas de cortes hidrogeológicos** en el tiempo, con un **contraste** constante al disponer de nuevos datos; en el **intercambio** sistemático de informaciones con sondistas, relojeros, propietarios de pozos; etc.



Trabajo realizado por un **equipo propio** permanente en la zona, con varios técnicos y especialidades, apoyado por otros especialistas del Organismo y por consultores, en particular la E.N. ADARO.

Discusión de resultados con otros especialistas que se han interesado por estos acuíferos (nacionales y extranjeros)

2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Sobre un sustrato impermeable regional (materiales morados oscuros de la **Figura 1.1**) existe en Sierra de Gádor una potente capa acuífera (de hasta más de 1000 m de espesor) de rocas carbonatadas muy fisuradas, fragmentada en bloques. Aflora en la Sierra y tiene forma de bóveda de dirección E-O, con altitudes de hasta más de 2000 m. Hacia el Sur se hunde, y en la llanura queda oculta bajo materiales en general más recientes (coberteras), principalmente impermeables (los indicados como 1, 3, 4 y 5 en la **Figura 1.1**). En la zona meridional de la Sierra se produce su principal recarga (por infiltración de las precipitaciones y un probable trasvase subterráneo desde el Alto Andarax) que acaba acumulándose en sus partes más hundidas, como ocurre bajo la llanura del Campo y franja sur del macizo (su zona de acumulación), constituyendo los **acuíferos inferiores** por su posición estructural en la llanura. Sobre ellos, encima de las coberteras impermeables que los recubren, se encuentran tramos permeables que forman los **acuíferos de cobertera** (superiores o intermedios) de naturaleza porosa y mucho menos potentes.

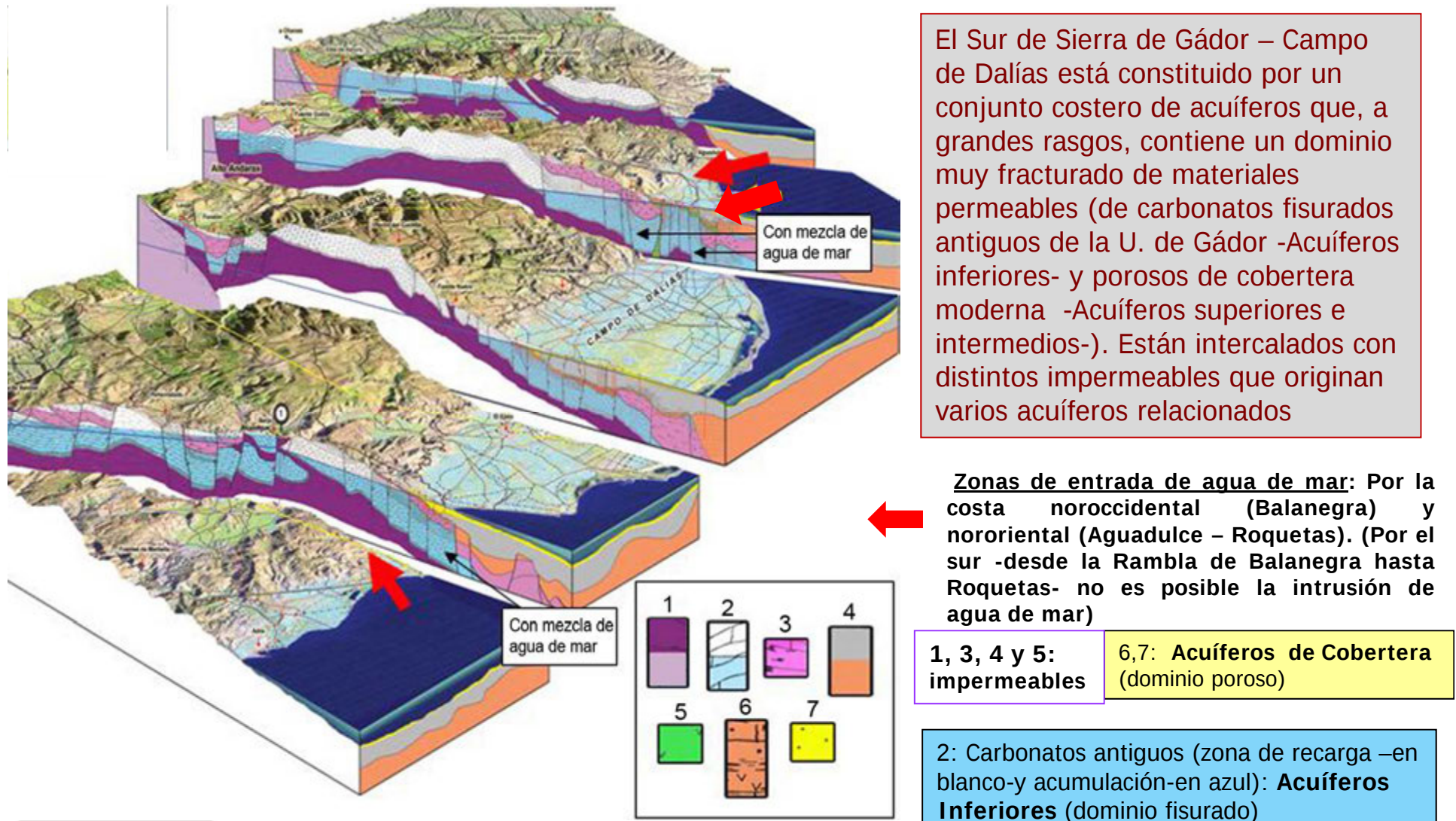
La distribución geométrica existente, de materiales permeables e impermeables, ha dado lugar a la conexión de la capa carbonatada (acuíferos inferiores) con el mar sólo en los extremos occidental (por Balanegra, de forma indirecta a través de un pequeño acuífero poroso, de importancia estratégica) y oriental (por Aguadulce, de forma directa, y desde un sector costero del noreste de Roquetas de forma indirecta a través de acuíferos de cobertera). La distribución espacial de los principales acuíferos se esquematiza en la **Figura 1.2**.

Para dar una mínima idea del conocimiento obtenido sobre el modelo geométrico y de funcionamiento de la zona, se muestran las **Figuras 1.3 a 1.8**, debiendo entenderse que, para alcanzar la interpretación contenida en cada una de ellas, ha sido necesario el seguimiento, estudio e interpretación de miles de datos a lo largo del tiempo. Así, mediante algunos cortes hidrogeológicos (cuya situación se muestra en la **Figura 1.3**) -seleccionados de las diferentes series realizadas y contrastadas sucesivamente, cuya fiabilidad funcional es muy alta- se indican la geometría y el funcionamiento de los acuíferos inferiores, con especial consideración sobre sus procesos de salinización en marcha. Estos cortes (**figs. 1.4 a 1.8**) representan la interpretación que corresponde a los datos de todo tipo (de geometría y de funcionamiento posible en las distintas situaciones históricas), plasmada con un criterio geológico convencional.

La **Figura 1.4** expone la geometría general de ambos acuíferos: el hundimiento del grueso paquete de carbonatos de la Sierra hacia el Sur, bajo la llanura, donde les cubren materiales impermeables modernos (margas y materiales volcánicos) que contienen algunos tramos permeables que forman los acuíferos de cobertera.

2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Figura 1.1- Esquema de estructura hidrogeológica del Sistema de Sierra de Gádor y cuencas marginales

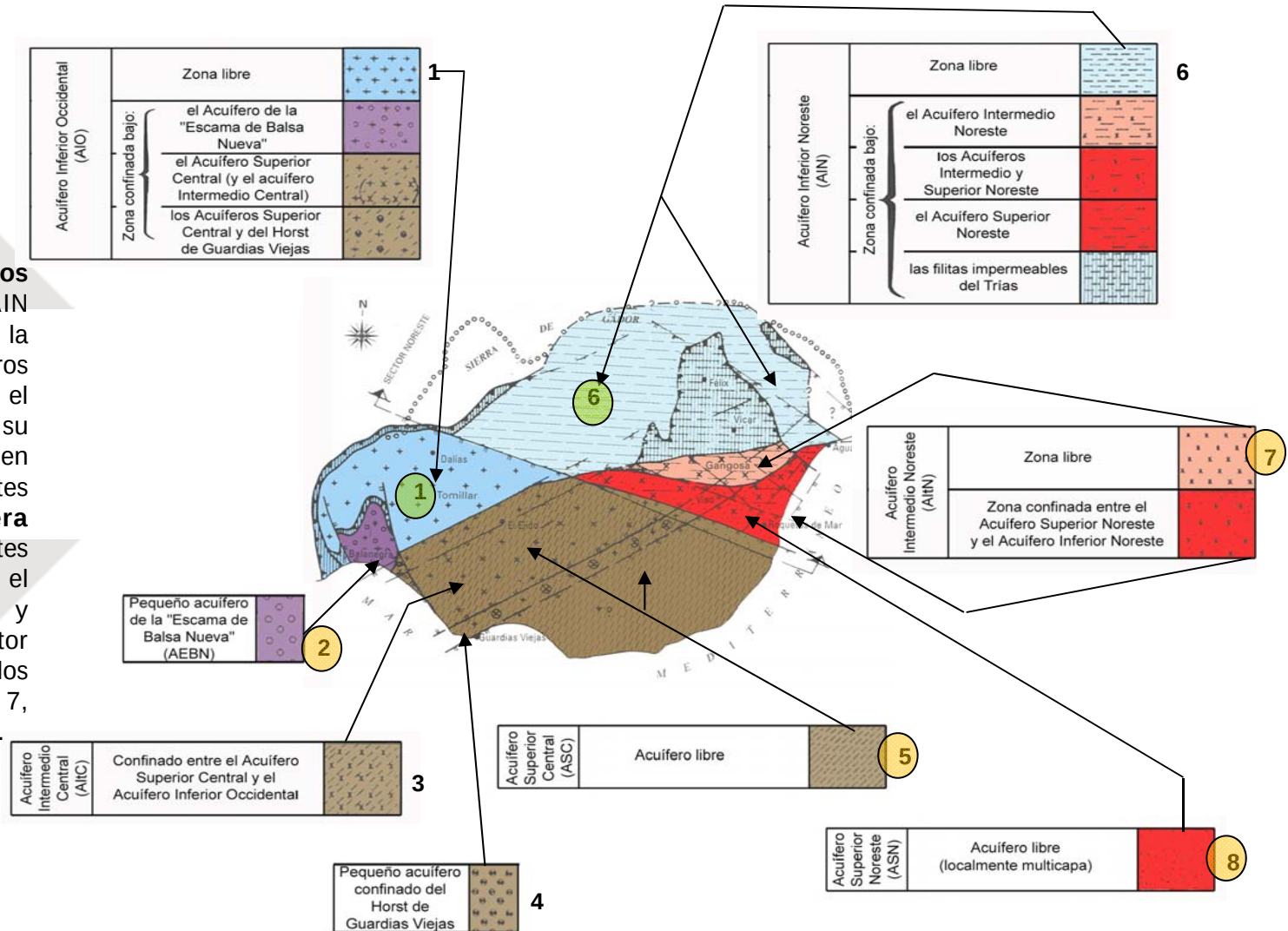


2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Figura 1.2- Distribución espacial de los principales acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Diferenciación de acuíferos

Se diferencian **2 acuíferos inferiores**: el AIO y el AIN (señalados con 1 y 6 en la figura). Son los acuíferos principales del Campo por el volumen de sus recursos, su calidad y el bombeo que vienen soportando. De los diferentes **acuíferos de cobertera** existentes los más importantes son: el AEBN y el ASC (para el Sector Centro – occidental), y el ASN y el AItN en el Sector Noreste (señalados con los números: 2, 5, 8 y 7, respectivamente en la figura).



2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

En la franja costera los materiales carbonatados quedan aislados directamente del mar entre la Rambla de Balanegra y el puerto de Roquetas de Mar según se explica en las **Figuras 1.4 y 1.5**: **no puede haber relación hidráulica entre el mar y los acuíferos inferiores por esta franja costera.**

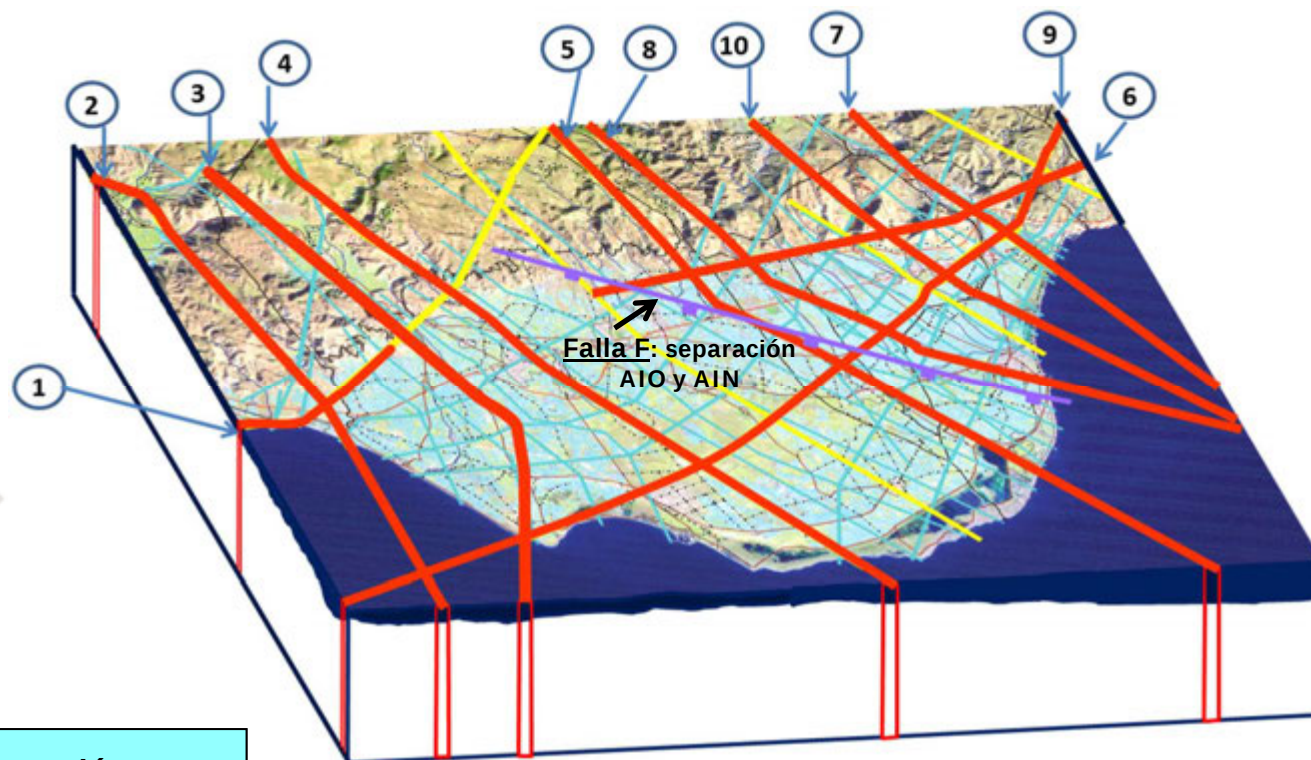
En las **Figuras 1.6, 1.7 y 1.8** se exponen las características y funcionamiento de las **zonas donde sí hay relación de los acuíferos inferiores (AIO y AIN) con el mar**. Se trata de la relación indirecta del AIO, a través del acuífero costero AEBN ya salinizado (**Fig. 1.6**) -que hasta antes de 1980 fue la zona de descarga de agua dulce del acuífero inferior al mar, pasando a constituir después la de entrada de flujos marinos al mismo-, así como de la relación con el mar del AIN por la costa oriental del Campo: directa por la zona de Aguadulce, e indirecta (a través de acuíferos de cobertera) desde la costa norte de Roquetas de Mar (**Figs. 1.7 y 1.8**, respectivamente).

2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Figura 1.3- Esquema de bloque director de cortes hidrogeológicos: contiene los perfiles seleccionados para este documento

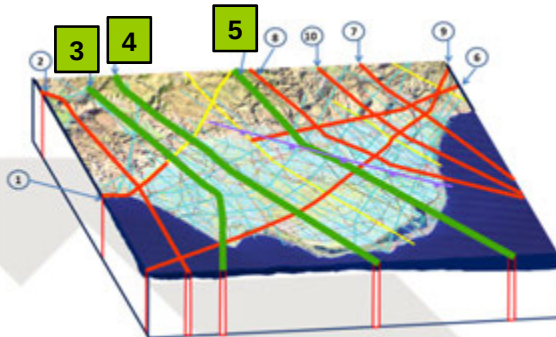
Mediante algunos cortes hidrogeológicos seleccionados de las diferentes series realizadas y contrastadas sucesivamente, cuya fiabilidad funcional es muy alta, se indica la **situación del estado actual** de los acuíferos, aquí limitada a los **acuíferos inferiores** por su especial importancia y estado de salinización

Estos cortes **representan la interpretación** que corresponde a **los datos de todo tipo** (de geometría y de funcionamiento posible en las distintas situaciones históricas), plasmada con un criterio geológico convencional



2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Figura 1.4- Con los cortes 3, 4 y 5, se observa:

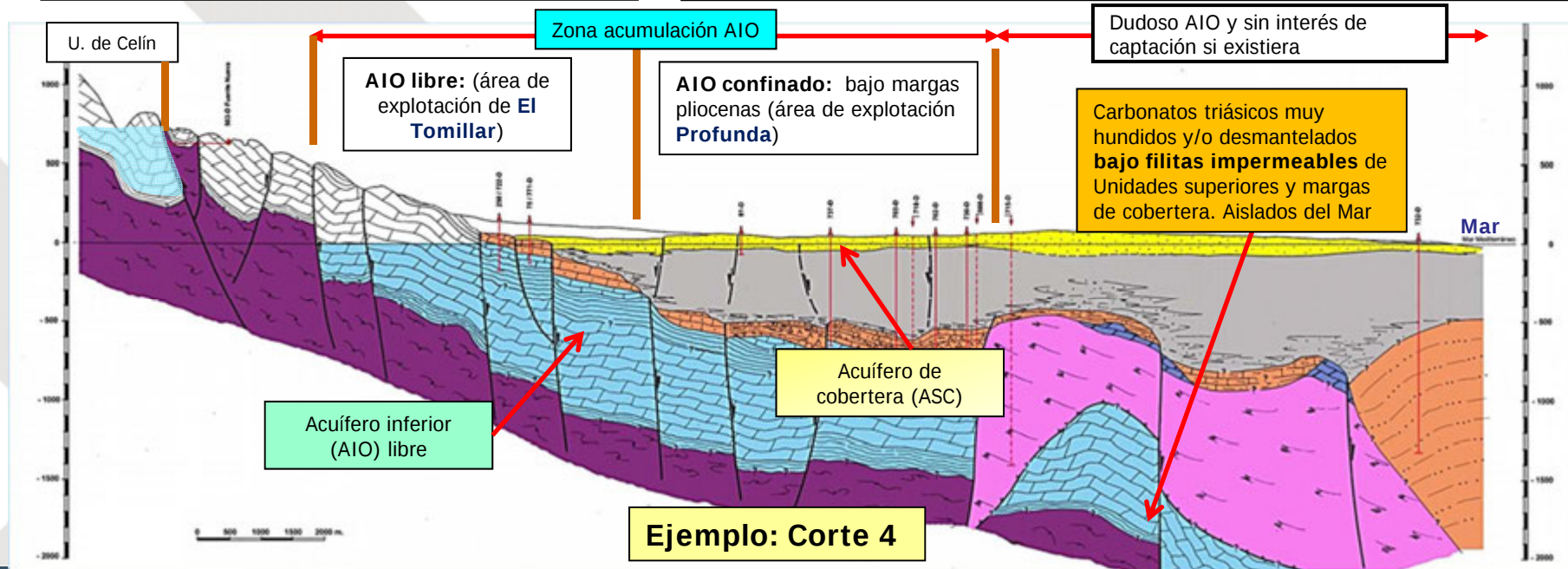


En la **franja costera**, representada por los **cortes 3, 4 y 5**, los **carbonatos triásicos** quedan **aislados directamente del mar**

Hundimiento del grueso paquete de **carbonatos de la Sierra** hacia el **Sur**, bajo la llanura; allí les cubren **coberteras impermeables modernas** (margosas y volcánicas) que contienen algunos **tramos permeables que forman los acuíferos de cobertera**

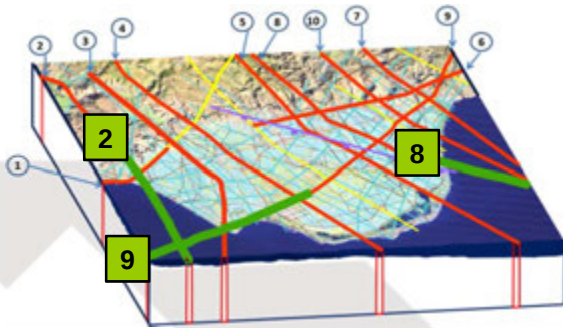
Por el Oeste y la mitad sur del Campo, a esos impermeables se suman otros materiales impermeables cabalgantes (**filitas**, etc.) de Unidades superpuestas a los carbonatos: los dejan **aislados del mar (fondo de saco)**

El **grueso paquete** de **carbonatos** del sur de la Sierra y su parte hundida bajo la llanura, forma los **acuíferos inferiores** mientras están **conectados**: la parte de Sierra es su principal **área de recarga**; bajo la llanura está la **zona principal de acumulación** (donde es posible su captación).



2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Figura 1.5- En la zona de costa de los cortes 2, 9 y 8 se observa:

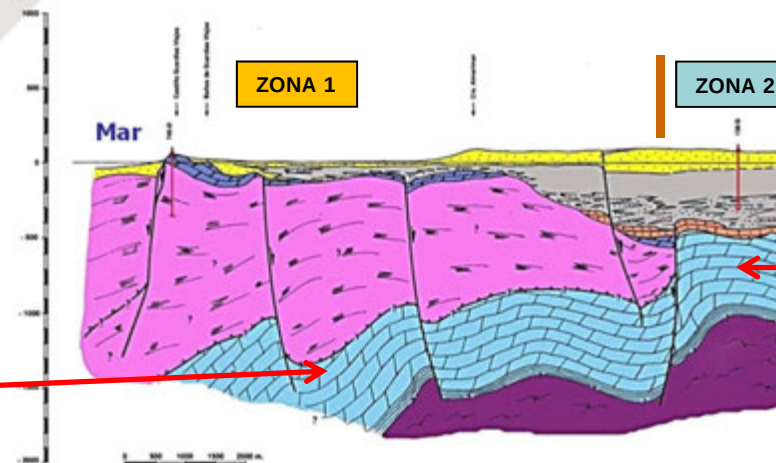


Tampoco hay **transferencia directa** de flujos entre los **carbonatos triásicos** y el **mar**, por las mismas razones de acumulación de centenares de metros de impermeables que lo impiden

En definitiva, el paquete de carbonatos triásicos, y por tanto **los acuíferos inferiores, entre la Rambla de Balanegra y el Puerto de Roquetas, no tienen contacto directo con el mar.**

Ejemplo: Corte 9 parcial

En la **Zona 1**: Carbonatos triásicos muy hundidos y/o desmantelados bajo filitas impermeables de Unidades superiores que los cabalgan. Aislados del mar



En la **Zona 2**: Acuífero inferior (AIO) confinado bajo margas pliocenas (área de explotación **Profunda**). Sin contacto directo con el mar

2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Figura 1.6- Por el tramo costero: entornos de la Rambla de Balanegra (corte 1), y parte litoral del corte 2, se observa:

Por este tramo de la costa de Balanegra **Sí se produce relación** del acuífero inferior (en este caso AIO) **con el agua de mar**, pero **no directamente** sino **desde el pequeño acuífero poroso de cobertera (el AEBN)** ya salinizado

- **Antes de 1980, el AIO se descargaba al mar** en el tramo costero entre las albuferas de Adra y el norte de Balerma (litoral del AEBN y noroeste del ASC)

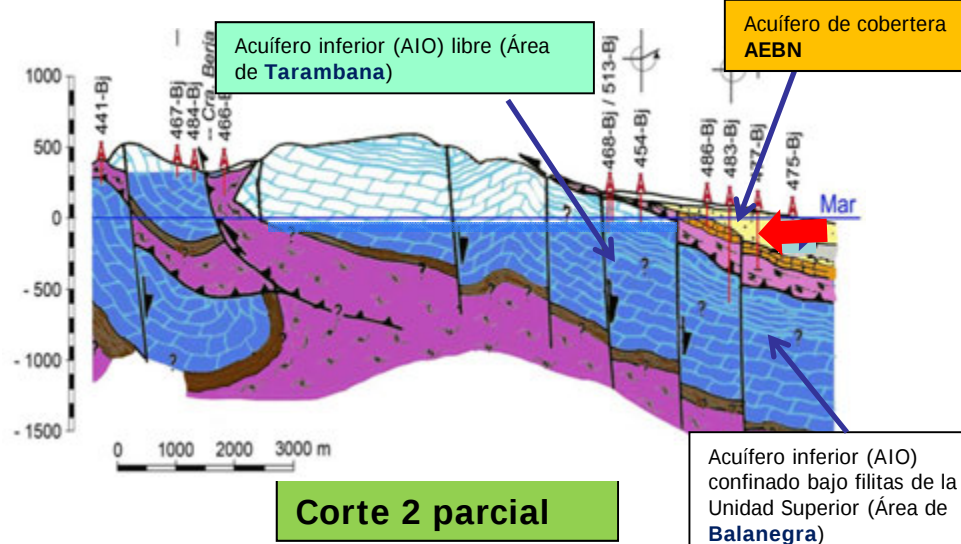
- **Desde 1980, dicho flujo de descarga al mar se invirtió, pasando desde el mar hacia el AIO (intrusión marina)** a través del tramo costero del AEBN

Acuífero de cobertera **AEBN** separado verticalmente del **AIO** por filitas impermeables, y conectado a él lateralmente hacia el Este

Acuífero inferior (AIO) libre esencialmente (Área de **Tarambana**)
Conectado lateralmente al AEBN

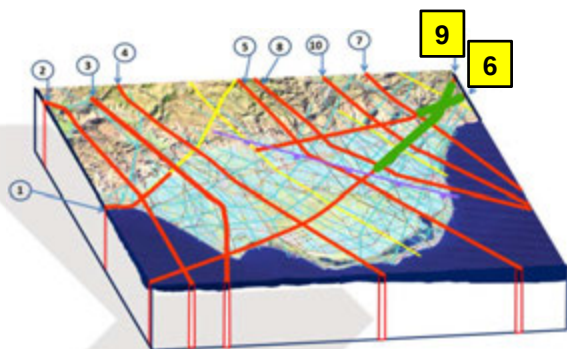
Acuífero inferior (AIO) confinado bajo filitas de la Unidad Superior (Área de **Balanegra**)

Corte 1 parcial



2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Figura 1.7- Los tramos orientales de los cortes 6 y 9 muestran:

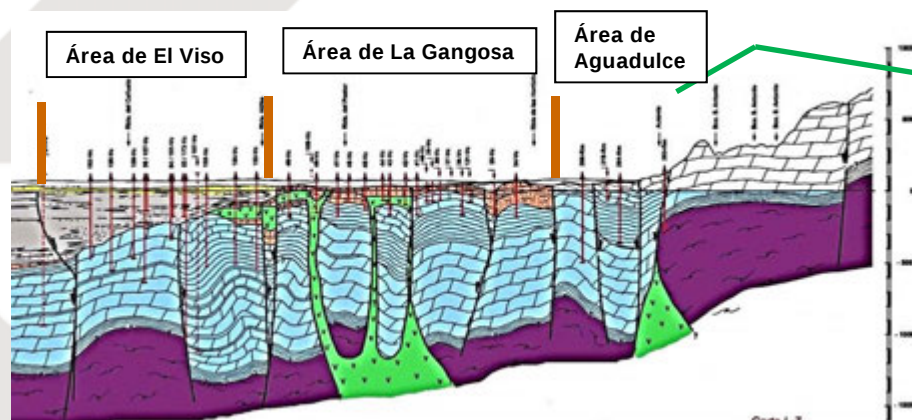


- **Sí** se produce la **relación del acuífero inferior (AIN) con el mar** por el extremo oriental del Campo
Es **directa** en el área de Aguadulce,
Es **indirecta** en el tramo costero al Norte de Roquetas

- La **relación directa del AIN con el mar**, **por la zona de acantilado y litoral contiguo de Aguadulce**.

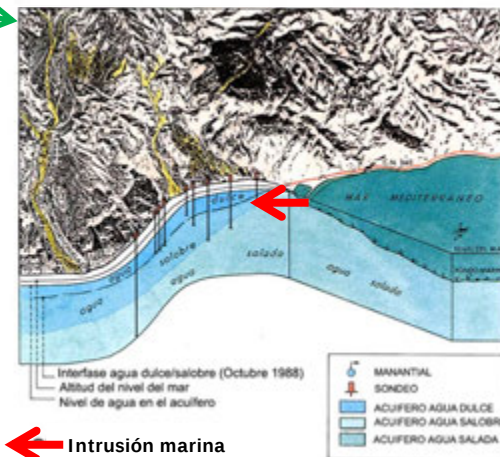
- **Antes del inicio de los 80**, el AIN esencialmente descargaba agua dulce al mar (con un manantial costero)

- **Desde los años 80**, domina la entrada del agua de mar (**intrusión marina**) al AIN



Ejemplo Corte 9 parcial: relación directa del AIN con el mar

Perspectiva de este entorno de Aguadulce con vistas del litoral y del acantilado: año 1988

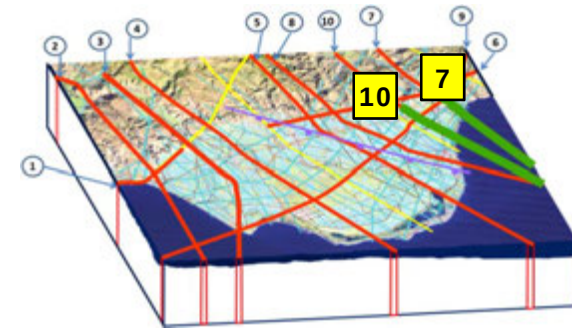


2.1- Esquema de la geometría y funcionamiento general de los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías

Figura 1.8- Los tramos más orientales de los cortes 10 y 7 muestran:

Reflejan la **relación indirecta** del AIN con el mar, **desde la costa al Norte de Roquetas**: a través de acuíferos de cobertera, esencialmente porosa (AItN) confinados excepto en su zona litoral, donde **se conectan con** tramos porosos costeros del acuífero superior (ASN) en **relación directa** con el mar (Corte 10)

Ejemplo: Corte 10 parcial: AItN en contacto con el ASN en la zona costera, y con relación lateral con los carbonatos triásicos

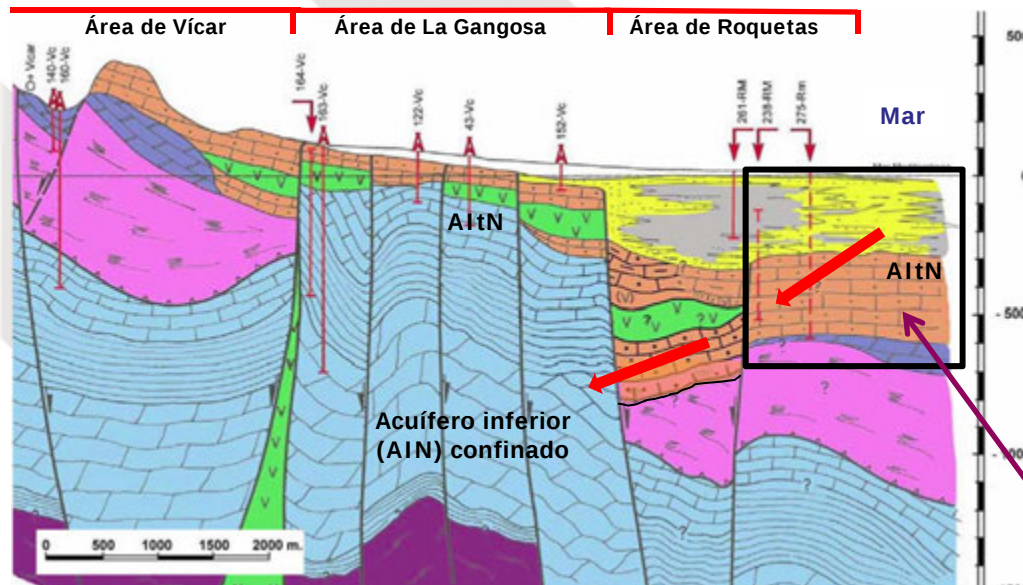


- Antes de los años 70, esta relación era de descarga de agua dulce del AIN al mar por esta zona

- Desde entonces **se fue produciendo la entrada de agua de mar al AItN – ASN** hacia las áreas de **La Gangosa y El Viso** (que estaban muy explotadas)

- Desde **inicios de los años 90**, con el fuerte bombeo en las áreas de El Águila y El Viso del **AIN**, se produce ya por esta vía la **intrusión marina** a este acuífero inferior

El AItN sobre filitas de Unidades Superiores, confinado bajo margas pliocenas, conecta directamente con el ASN en la costa, y lateralmente con los carbonatos de La Gangosa y de El Viso





2.2- Causas de la evolución de su funcionamiento: bombeos (principal) y usos del territorio



2.2- Causas de la evolución de su funcionamiento: bombeos (principal) y usos del territorio

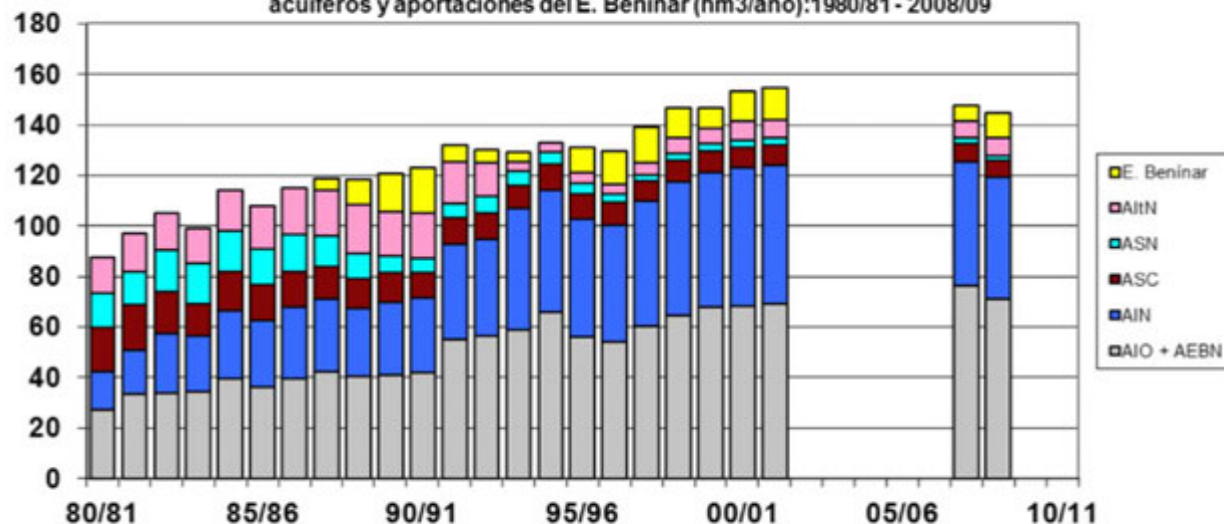
El bombeo como la causa principal de la evolución del funcionamiento de los acuíferos: datos de 1980/81 – 2008/09

Los importantes cambios que se han producido en el funcionamiento de este conjunto de acuíferos se deben principalmente al bombeo que han venido experimentando. La atención a las demandas (agrícolas y urbanas) se ha resuelto en todo el período de uso (desde hace más de 50 años) con sus bombeos, casi de forma exclusiva.

El bombeo ha aumentado en los acuíferos inferiores y ha disminuido en los acuíferos de cobertera.

La **Figura 2.1** muestra el seguimiento detallado de bombeos por acuíferos, de 1980/81 a 1999/00 y de 2007/08 – 2008/09. Los **volúmenes globales de los acuíferos** han aumentado (desde el orden de **90 hm³/año a 140 hm³/año**). También se indica (en amarillo) la **aportación del Pantano de Benínar** a los riegos del Campo, con un **valor medio en torno a 10 hm³/año**, entre valores de 0 y 28 (este último para 2010/11). El detalle del bombeo por áreas de los acuíferos inferiores y coberteras se expone en las **Figuras 2.2 y 2.3**, y **2.4** respectivamente.

Figura 2.1- Agua suministrada a las demandas del Campo de Dalías y ciudad de Almería: bombeo de los acuíferos y aportaciones del E. Benínar (hm³/año):1980/81 - 2008/09

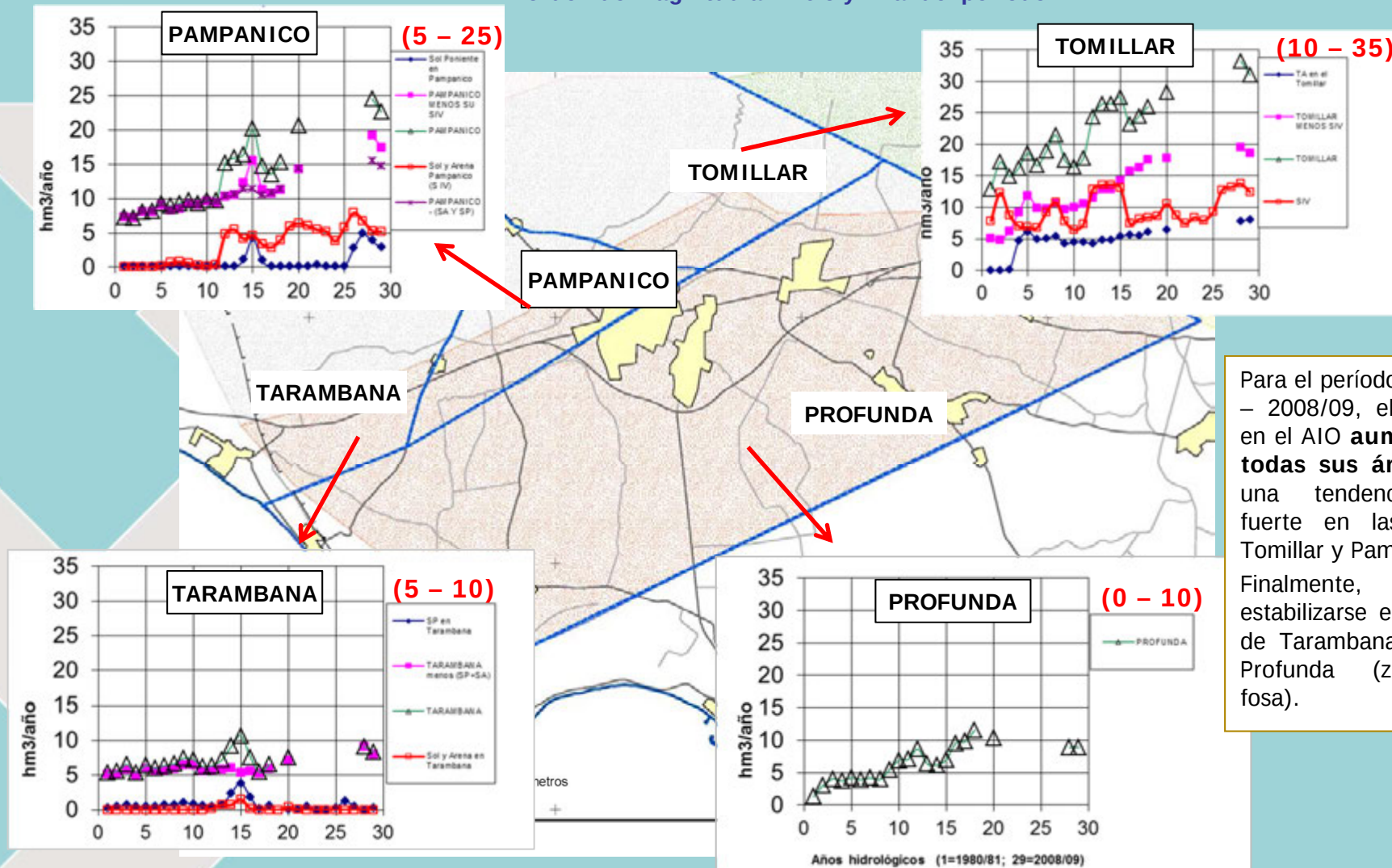


Los bombeos (90-140 hm³/a):
Principales causas de la modificación
del funcionamiento de los acuíferos
Aumento en inferiores
Disminución en coberteras

Aportaciones del Pantano de Benínar :
Media 11hm³/a
Mínima 0 y máxima 28 hm³/a (10/11)

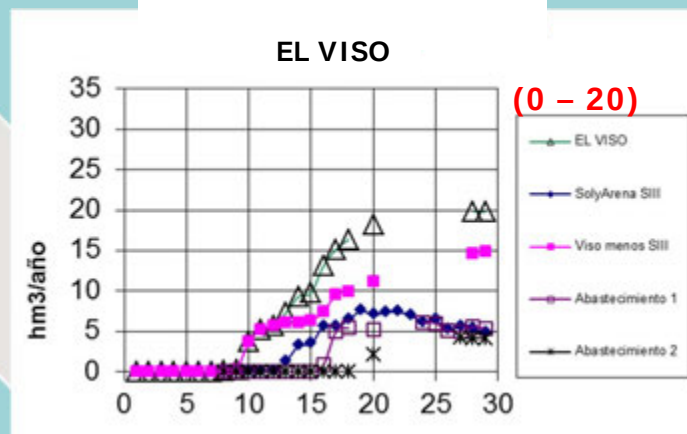
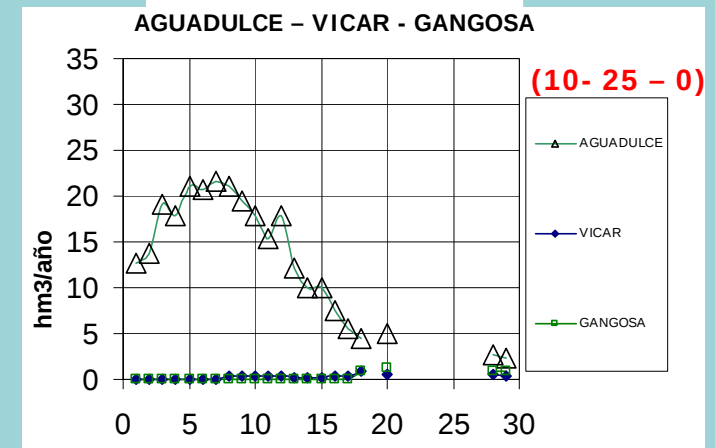
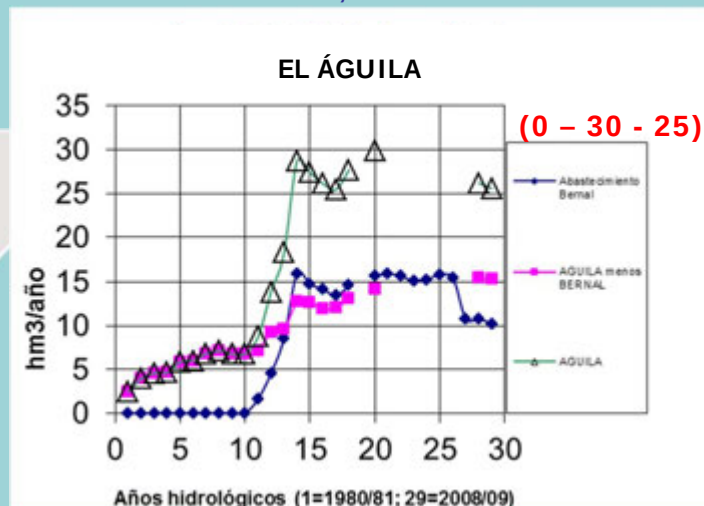
2.2- Causas de la evolución de su funcionamiento: bombeos

Figura 2.2- Evolución de las explotaciones por áreas del AIO (hm³/año) desde 1980/81 a 2008/09. (Año 1=1980/81; Año 29=2008/09). Se indican valores en orden de magnitud al inicio y final del período.



2.2- Causas de la evolución de su funcionamiento: bombeos

Figura 2.3- Explotaciones por áreas del AIN (hm³/año): 1980/81-2008/09. (Año 1=1980/81; Año 29=2008/09) Se indican valores en orden de magnitud al inicio y final del período, y máximos intermedios, en su caso.



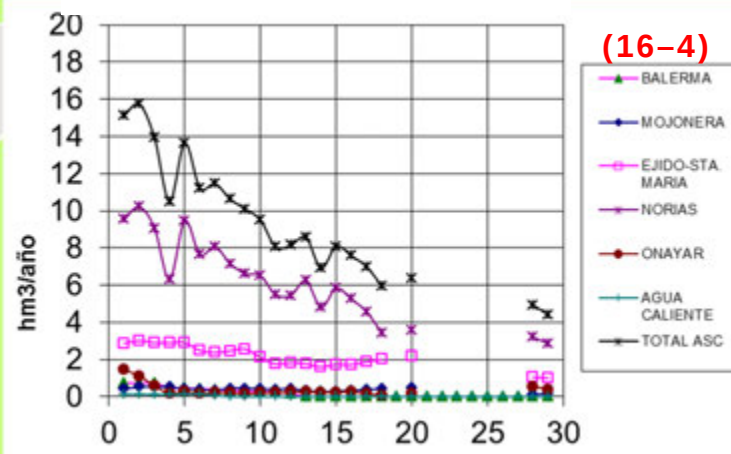
El bombeo **aumenta** en las áreas de El Águila y El Viso y **disminuye** (casi desaparece) en la de Aguadulce.

Espectacular aumento entre **1990/91** y **1993/94** en la de El Águila, e incremento progresivo desde 1989/90 a 1999/00 en la de El Viso

2.2- Causas de la evolución de su funcionamiento: bombeos

Figura 2.4 Explotaciones por áreas de los acuíferos de cobertura (ASC, ASN y AltN), en hm³/año: 1980/81-2008/09. (Año 1=1980/81; Año 29=2008/09). Se indican valores en orden de magnitud al inicio y final del período, y máximos intermedios, en su caso.

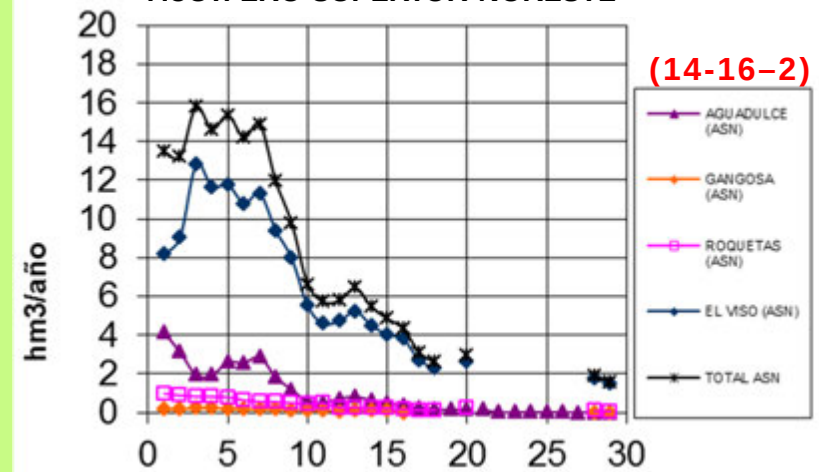
ACUÍFERO SUPERIOR CENTRAL



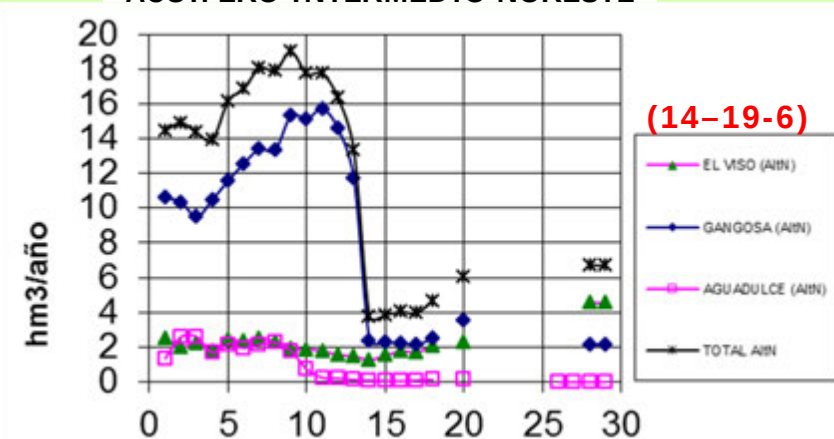
Tanto en el ASC, como en el ASN y en el AltN se observó una **disminución de la extracción**, hasta valores muy bajos, dejándose de utilizar algunas de sus áreas.

Estos cambios serán muy importantes para conocer la evolución del funcionamiento

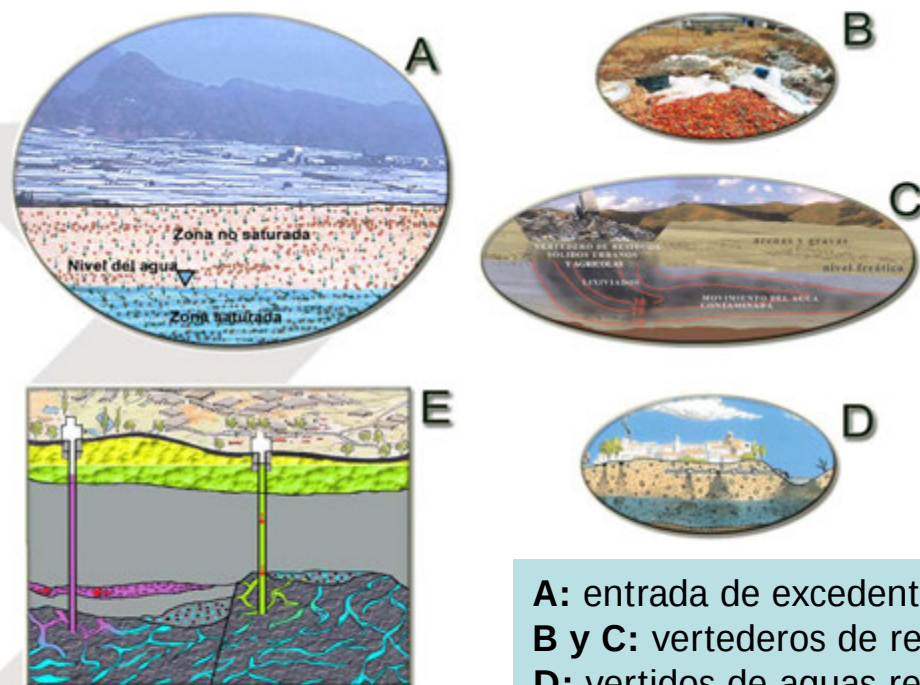
ACUÍFERO SUPERIOR NORESTE



ACUÍFERO INTERMEDIO NORESTE



Cambios del funcionamiento en relación con los usos del territorio



Los usos del territorio (Fig. 2.5) también han provocado cambios en el funcionamiento de los acuíferos: en la **calidad general** por los propios retornos (con entrada de sustancias transportadas por éstos) procedentes del exceso de las actividades humanas sobre la superficie que, por su volumen de recarga, generan también ascensos en los almacenamiento de agua de estos acuíferos libres, reflejados en el **incremento de sus niveles del agua**.

A: entrada de excedentes agrícolas
B y C: vertederos de residuos sólidos y líquidos
D: vertidos de aguas residuales
E: interconexión de acuíferos por sondeos

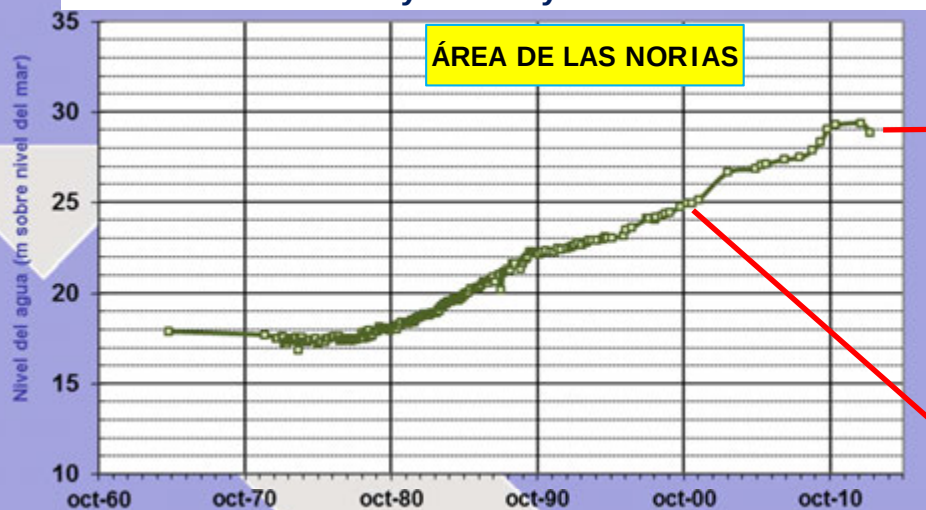
Figura 2.5: Usos del territorio que afectan al funcionamiento de los acuíferos (a su cantidad y calidad): entradas de excedentes agrícolas; vertidos de residuos sólidos y líquidos y aguas residuales; conexión de acuíferos mediante sondeos mecánicos



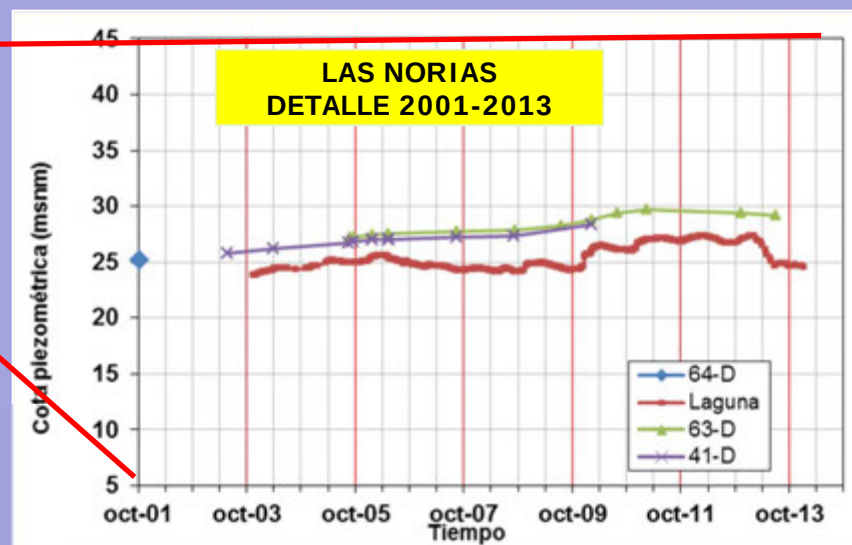
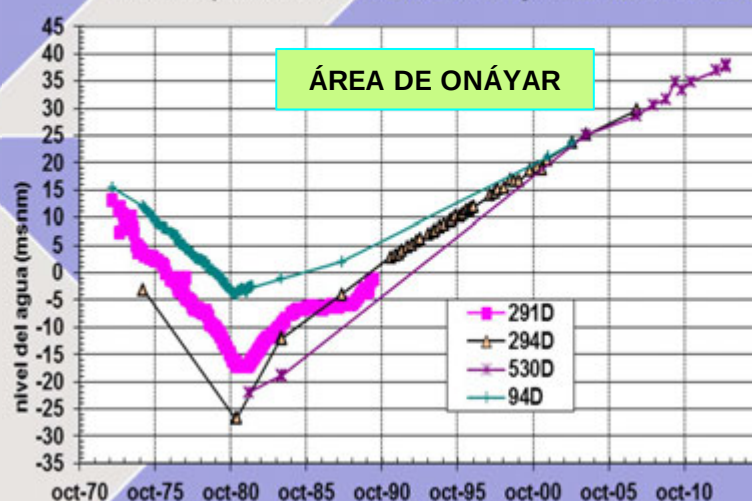
2.3 - Consecuencias del uso de estos acuíferos: efectos en el nivel del agua y en la calidad general del agua

2.3 - Consecuencias del uso de estos acuíferos: efectos en el nivel del agua de los acuíferos de cobertera

Figura 3. 1: Consecuencias del uso de los acuíferos de cobertera: variación del nivel (msnm) del ASC, en las áreas de Las Norias y de Onáyar. Período 1972-2013 y detalle 2001-2013



Evolución piezométrica en el área de Onáyar del ASC: 1972- 2013



Se trata de **ascensos del nivel del agua** derivados del descenso del bombeo y de la entrada de los excedentes de las actividades humanas sobre su superficie.

Se observaron aumentos del nivel en el área de Las Norias y recuperaciones de anteriores bombeos en Onáyar, ya desde inicios de la década de 1980, efecto del descenso del bombeo y del aumento de los excedentes de las actividades humanas sobre su superficie.

2.3 - Consecuencias del uso de estos acuíferos: efectos en el nivel del agua de los acuíferos de cobertera

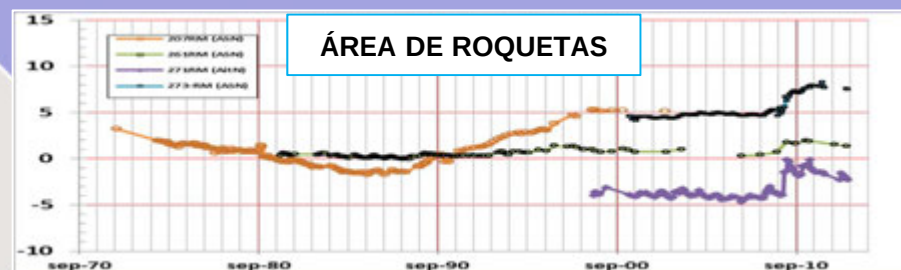
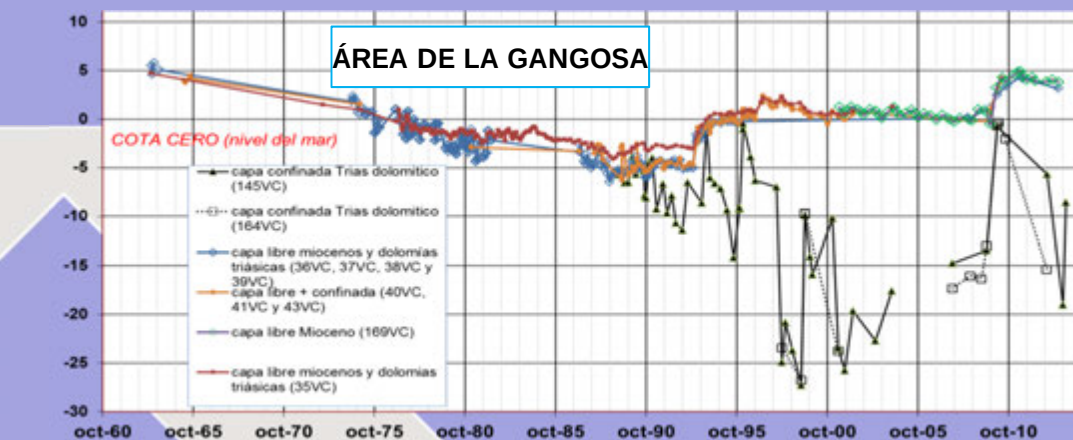


Figura 3. 2: Consecuencias del uso de los acuíferos de cobertera del Sector Noreste del Campo: variación del nivel (msnm) en el AItN y ASN, áreas de La Gangosa, El Viso y Roquetas

La evolución de niveles en las coberteras del Sector Noreste mostró **descensos importantes (hasta cotas negativas)** durante sus períodos de bombeo, y recuperaciones de niveles tras el abandono de extracciones, con el suplemento de entradas de los excedentes de las actividades humanas sobre su superficie.

Además, por el ascenso de los niveles en estos acuíferos y el descenso en el AIN, se produjo una **inversión de los flujos** entre acuíferos en 1993 (desde entonces con sentido local desde las coberteras al acuífero inferior).

2.3 - Consecuencias del uso de estos acuíferos: efectos en el nivel del agua en los acuíferos inferiores

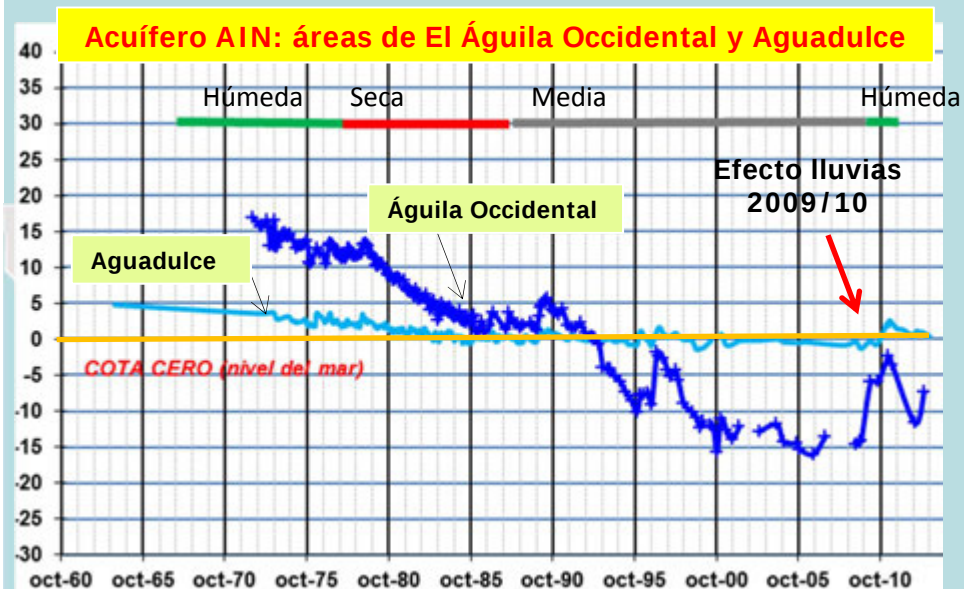
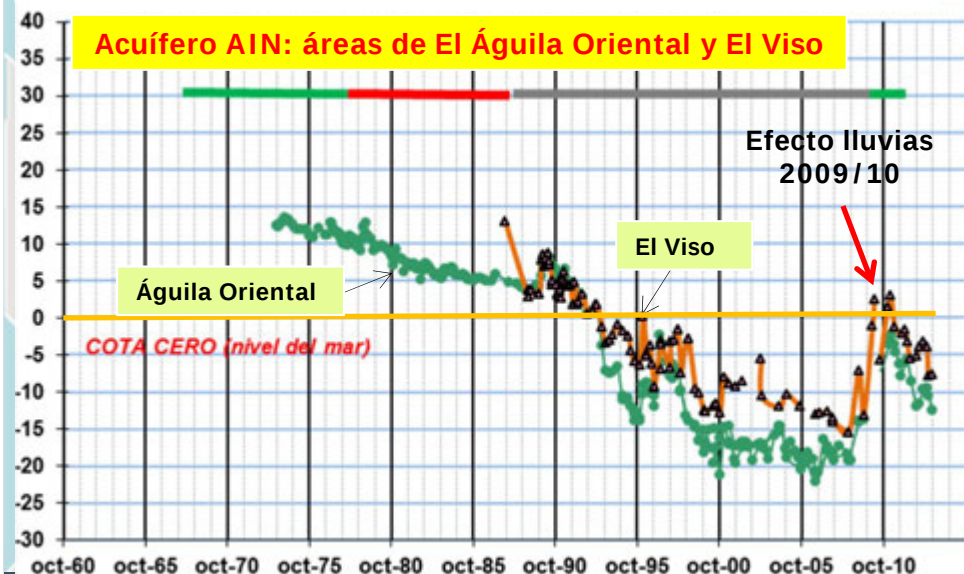


Figura 3. 3: Consecuencias del uso de los acuíferos inferiores: variación del nivel (msnm) en el AIO y el AIN

Los acuíferos inferiores reflejan el resultado del aumento de sus bombeos en el tiempo. En el AIO se alcanzaron cotas bajo la del mar desde 1980/81, y en el AIN costero se llegó a cotas negativas permanentes en distintos períodos, desde mediados de 1980. En el acuífero costero AEBN (en Balanegra) el nivel del agua pasó a cotas negativas también desde 1980/81. En el área del AIN de El Águila, el descenso del nivel alcanzó cotas negativas desde 1993, al igual que en el área de El Viso de este mismo acuífero. Se indican las recuperaciones por las lluvias extraordinarias de 2009/10 y los descensos posteriores



Acuíferos AIO y AEBN

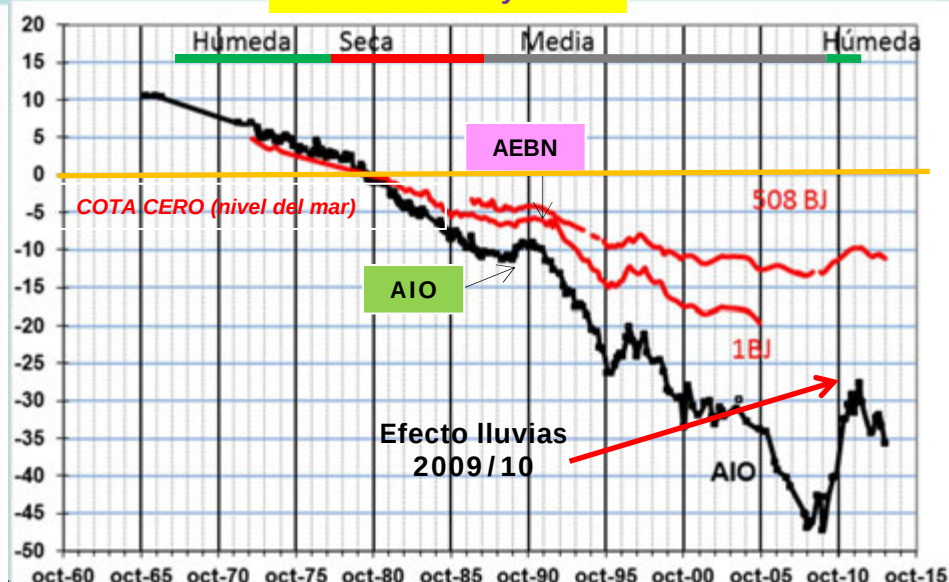


Figura 3. 4: Ejemplo de consecuencias del uso en la calidad del agua: entradas de nitratos derivados de los retornos del uso sobre los acuíferos



La **Figura 3. 4** muestra un ejemplo del efecto de las entradas desde las actividades antrópicas en la calidad del agua: la presencia cada vez mayor de **nitratos** en el agua de los acuíferos.

Por su importancia, la **intrusión de agua de mar** a los acuíferos, otro efecto de los usos de los acuíferos (del bombeo practicado) en la calidad del agua (por salinización de ésta) se trata en siguiente apartado.



2.4 – La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

2.4 – La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

Los cambios en el funcionamiento de los acuíferos por efecto del bombeo han tenido como consecuencia más importante la entrada del agua del mar (**intrusión marina**) en los **acuíferos inferiores**, los de mayor uso por su mejor calidad natural para las exigencias de las demandas de la zona.

Ya desde etapas tempranas del Estudio se conocieron los **sectores costeros** donde se podría producir la **entrada de agua marina** a los acuíferos inferiores (**fig. 4.1**). Como se ha dicho, ésta se produce por **3 sectores**: por la **costa noreste de Roquetas** (la más antigua), a través del AItN confinado, hacia las capas libres y confinadas de La Gangosa y El Viso; por **Aguadulce**: a través de las capas libre y confinada del AIN, hacia las capas libres y confinadas de La Gangosa – El Viso y de ésta a El Águila; y por **Balanegra**: a través de las capas libre y confinada del AEBN, hacia el AIO. Estos procesos se esquematizan en las **Figuras 4.2 y 4.3, y 4.4 a 4.6**, para el Sector Centro-occidental y para el Sector Noreste del Campo, respectivamente.

1.- Intrusión marina en el Sector Centro-occidental del Campo:

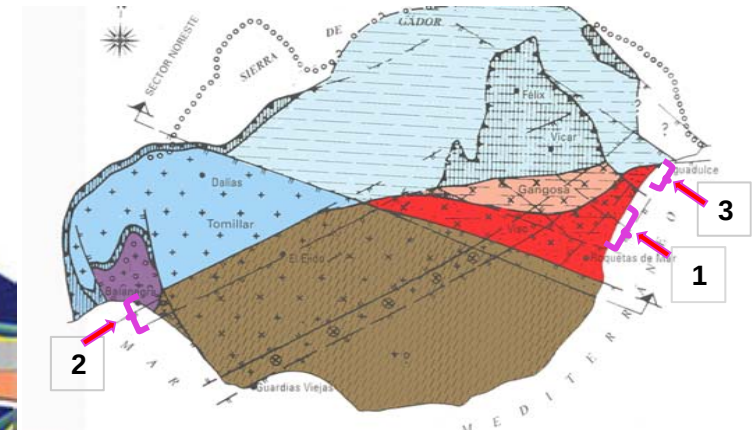
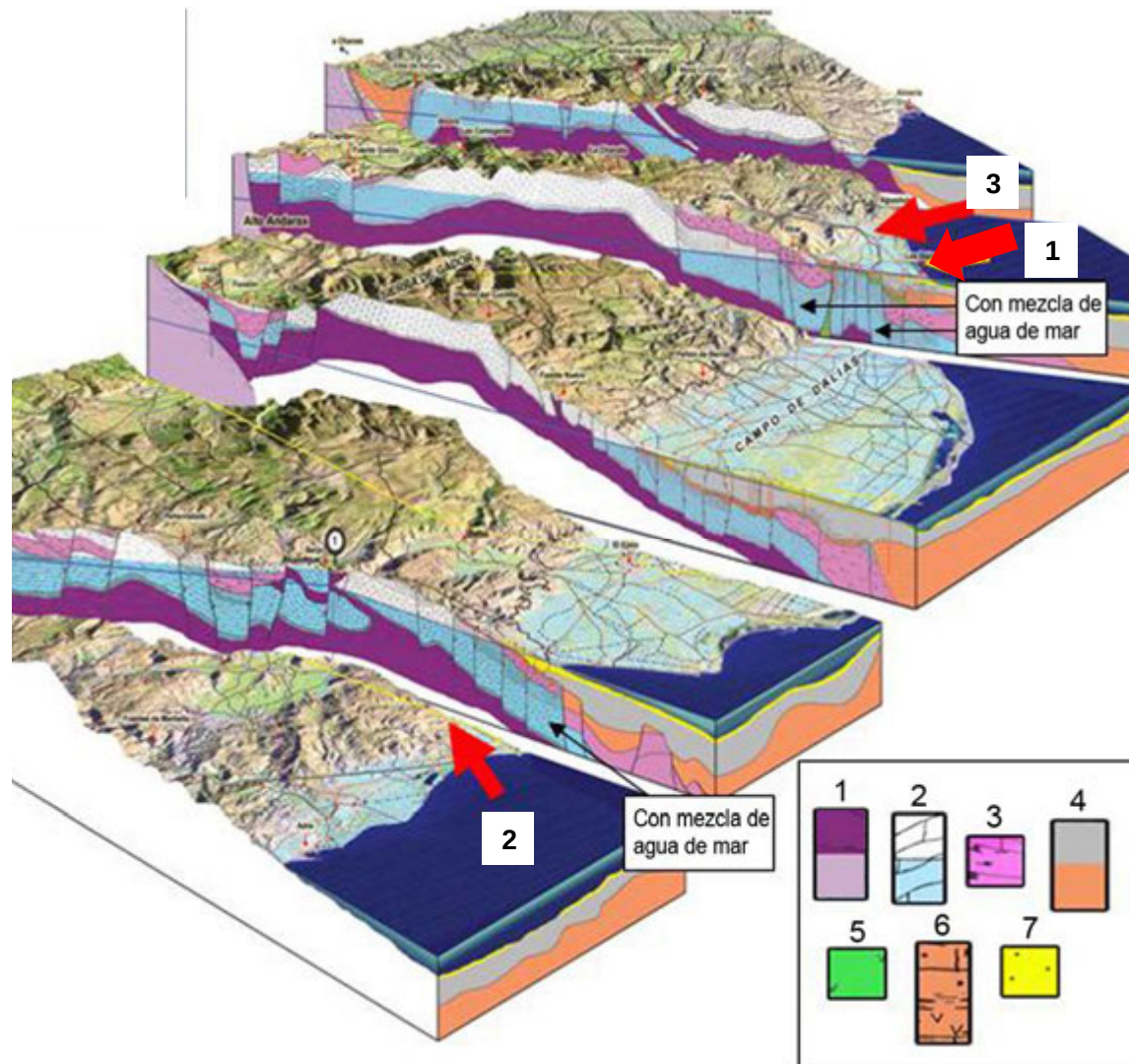
En la primera mitad de los años 80 **se descartó la conexión directa del AIO con el mar, y se demostró la intrusión marina en el pequeño acuífero costero AEBN y la trasferencia lateral de éste al AIO**, de todo el flujo de mezclas muy saladas generado en el mismo, el cual se viene produciendo durante más de tres décadas.

En la **Figura 4.2** se presenta un esquema sobre la transmisión del agua de mar desde el acuífero de cobertera AEBN hacia el acuífero inferior AIO y su evolución en el tiempo. Se refleja el AEBN totalmente salinizado (en rojo), así como el flujo salado hacia el potente AIO que va aumentando (se inició en 1980/81 y prosigue en la actualidad) y que ya tiene influencia en los fondos de los sondeos de captación de este acuífero (según se detectó en 2010 con los trabajos de la Fase I). En la **Figura 4.3** se detalla un esquema de disposición de la estructura en el corte del terreno que pasa por las áreas de Balanegra y Tarambana y la influencia de la salinización en el fondo de las captaciones (representada con una trama de puntos rojos).

En 2010 se observó esta influencia de la entrada de agua de mar, desde el AEBN al AIO, hasta más de 8-10 km de la costa de Balanegra (la situación de los puntos cuya agua de bombeo ya resultaba afectada en 2014 se incluye en la **Figura 4.3**). Se ha comprobado el avance de estos efectos en las captaciones hasta la actualidad.

2.4 – La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

Figura 4. 1: Localización de sectores de costa por donde únicamente ha podido producirse la entrada de agua de mar hacia los acuíferos del Campo de Dalías



Zona noreste

1: Sector Roquetas: vía AItN confinado hacia las capas libres y confinadas de La Gangosa y El Viso (ver Fig. 1. 8)

3: Sector Aguadulce vía AIN confinado y libre, hacia las capas libre y confinada de La Gangosa – Viso (ver Fig. 1.7)

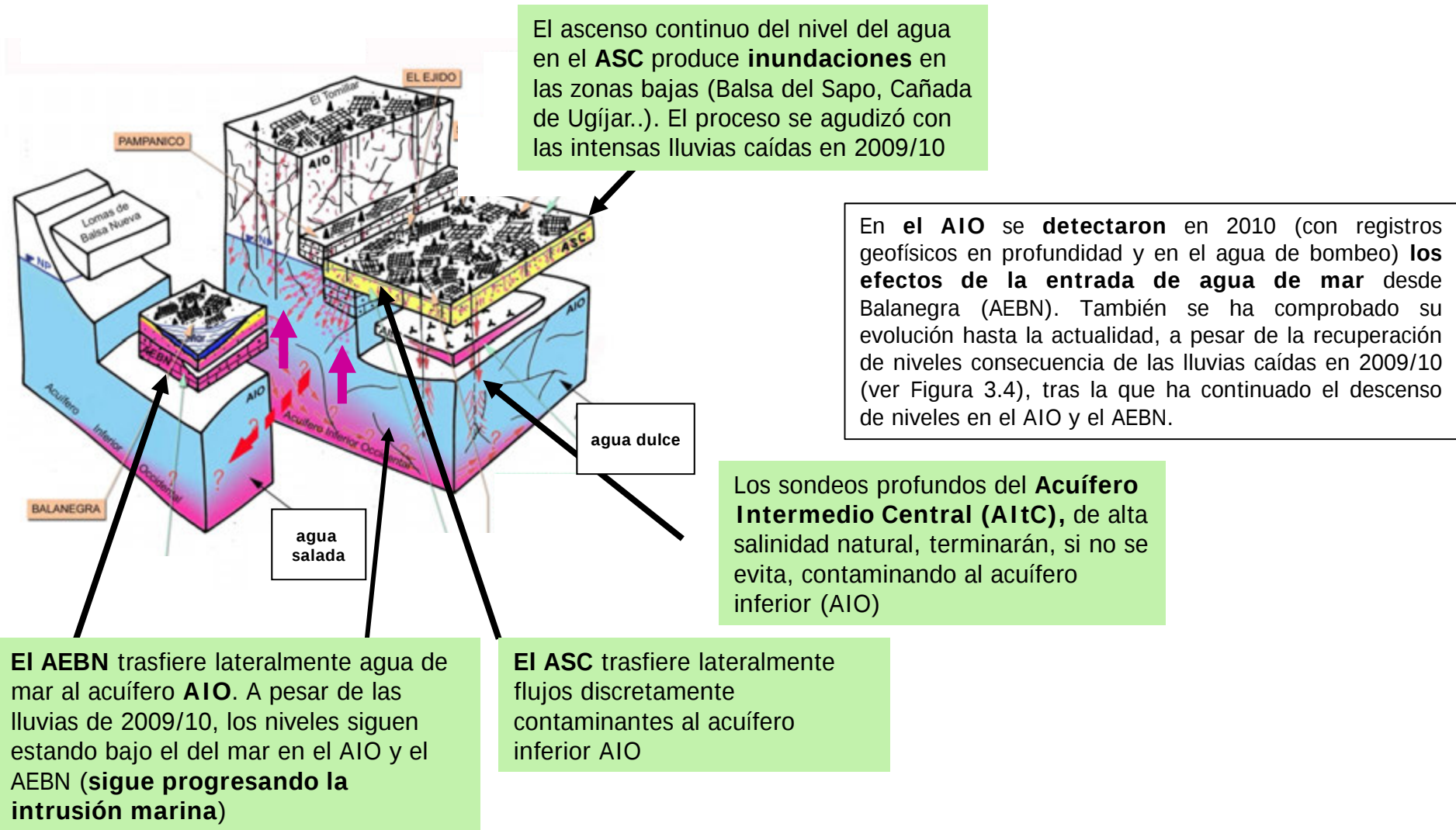
Zona centro - occidental

2: Sector Balanegra desde las capas libre y confinada del AEBN hacia el AIO (ver Fig. 1.6)

Zonas de entrada de agua de mar: Por la costa noroccidental (Balanegra) y nororiental (Aguadulce – Roquetas). (Por el sur -desde la Rambla de Balanegra hasta Roquetas- no es posible la intrusión marina).

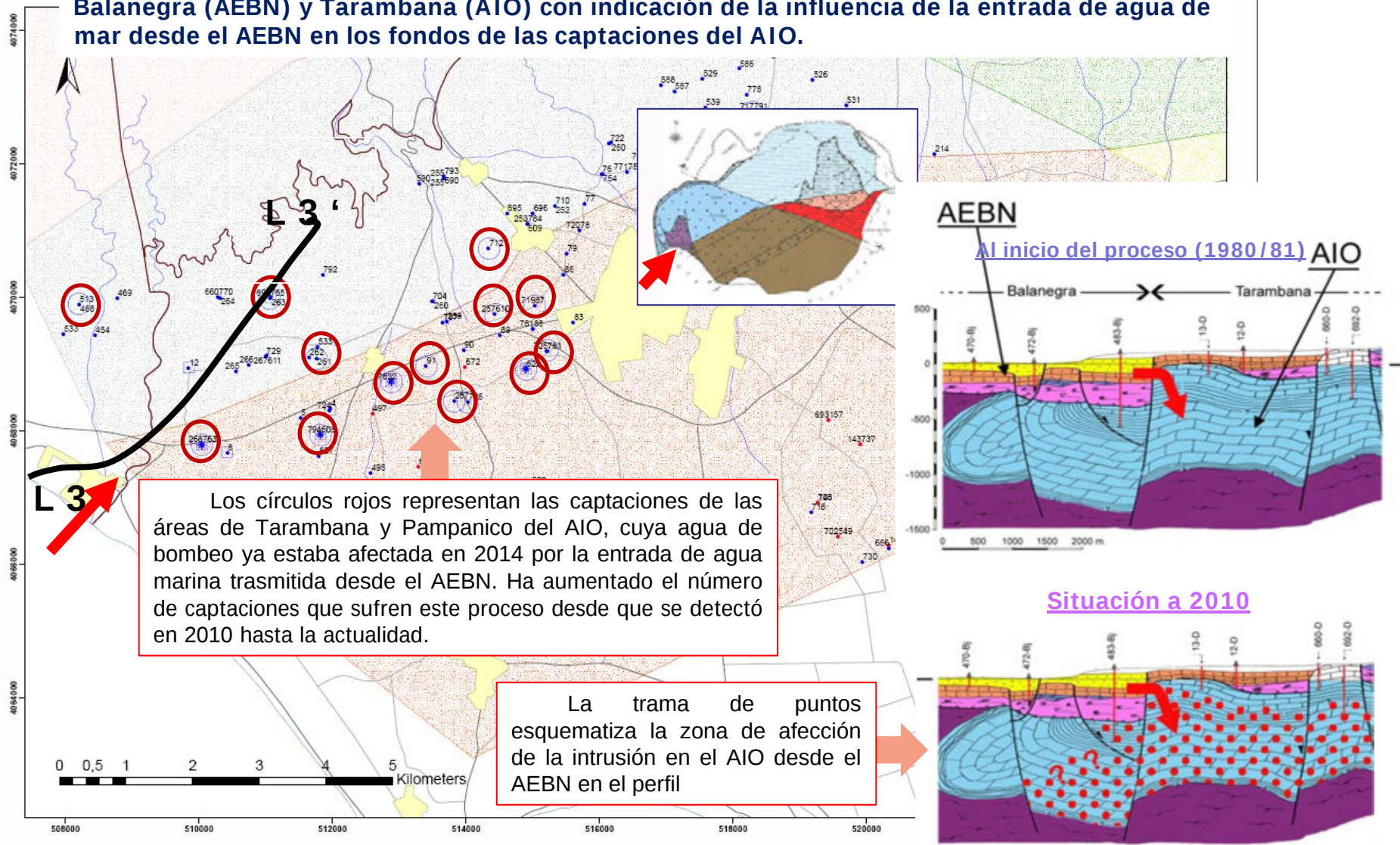
2.4 – La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

Figura 4. 2: Esquema del progreso de la salinización en el AIO, con descripción de otros procesos consecuencia del uso de los acuíferos en el Sector Centro – occidental del Campo: situación a 2012



2.4 – La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

Figura 4. 3: Geometría y salinización en la Zona Centro – occidental del Campo: áreas de Balanegra (AEBN) y Tarambana (AIO) con indicación de la influencia de la entrada de agua de mar desde el AEBN en los fondos de las captaciones del AIO.



2- Intrusión marina en el Sector Noreste del Campo:

La **Figura 4.4** muestra un esquema de estructura y situación del agua salada y dulce en el Sector Noreste del Campo, en 2006 y 2012/13. En **2006**, el bombeo en las zonas interiores de explotación del AIN era de agua dulce; con el aumento de la extracción, desde 2009 se pudo observar agua salada en profundidad en algunas captaciones de ambas zonas interiores.

El estudio de la entrada de mar en el Sector Noreste ha mostrado la complejidad de este proceso salinizador, producido en dos frentes. Para resolverlo, se analizaron, y relacionaron, los bombeos existentes, en distintos períodos, con los niveles del agua resultantes durante los mismos en las diferentes capas (de cada área y en sus contiguas) así como los efectos observados en las características hidroquímicas de los distintos tramos acuíferos y áreas relacionadas de los mismos.

Se consideraron 4 períodos: 1970-81, 1981-89, 1989-09 y 2009-13. En la **Figura 4.5** se describen las situaciones de los 2 primeros períodos: 1970-81 y 1981-89. Las flechas esquematizan el origen de los flujos, sus vías posibles de transmisión y la calidad del agua circulante en cada caso (en color rojo: flujos de agua de mar; color verde: con mezclas de agua marina; en azul: el agua dulce; y en color naranja: los flujos de calidad natural mediocre).

En el **período inicial (1970-1981)** ocurrió el proceso de **intrusión marina más antiguo** en el tramo litoral de Roquetas, hacia las **capas libres** de La Gangosa y El Viso (cuando en estas capas existía un bombeo que había generado una depresión bajo el nivel marino). También, posteriormente, la **entrada de agua de mar** desde la capa profunda de **Aguadulce** hacia La Gangosa (capa profunda).

En el **período 1981-89** se agrava la situación de salinización existente en el período anterior y, además, se intruyen las captaciones de la capa libre explotada del AIN en Aguadulce.

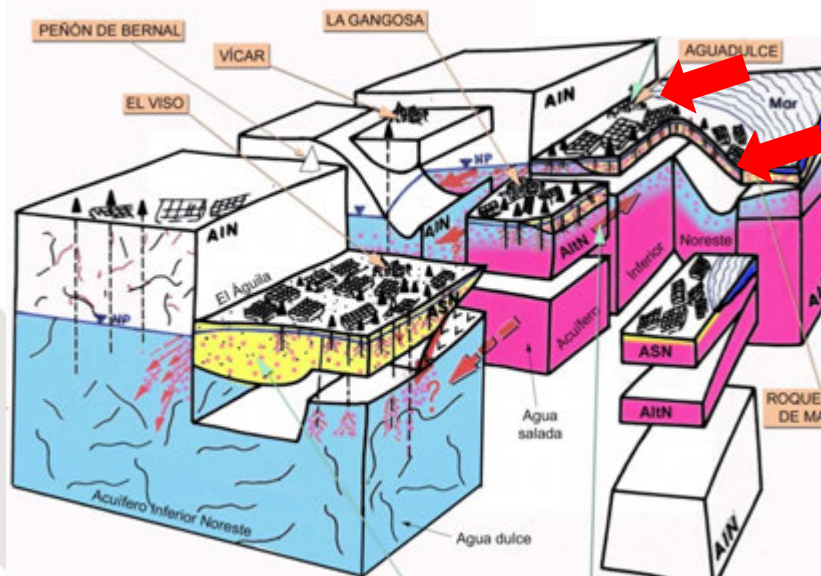
Para 1989-09 y 2009-13 (**fig. 4.6**), las captaciones fueron abandonándose en los acuíferos de cobertera de La Gangosa y El Viso y en el AIN libre de Aguadulce. En las coberteras fueron recuperándose los niveles del agua, que llegaron a cotas por encima de las existentes en los acuíferos inferiores. En el AIN de Aguadulce no se recuperaron los niveles. Casi la totalidad del bombeo del AIN de este área costera se trasladó a sus áreas interiores.

El **período 1989-09** se caracterizó por la **inversión del flujo** en las zonas de **El Viso y El Águila**, iniciándose la salinización de su AIN. Además, los **flujos de las coberteras**, ya contaminadas en períodos anteriores, se transfirieron a las áreas de explotación aludidas del AIN.

2.4 – La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

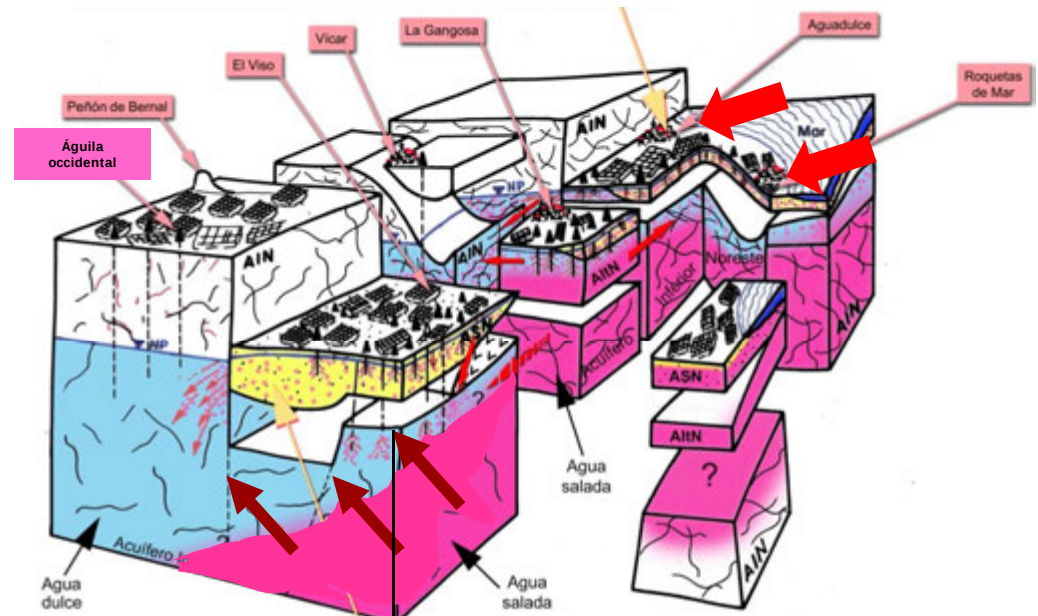
Figura 4. 4: Esquema del **progreso de la salinización en el AIN:** comparación de la situación existente en 2006 y en 2012/13

Situación a 2006



No se observó agua salada en las captaciones de las áreas interiores de explotación del AIN (El Viso, El Águila), ni siquiera en algunos sondeos muy penetrantes (como el de investigación realizado por la Junta de Andalucía, de 1200 m de profundidad, en el área de El Viso)

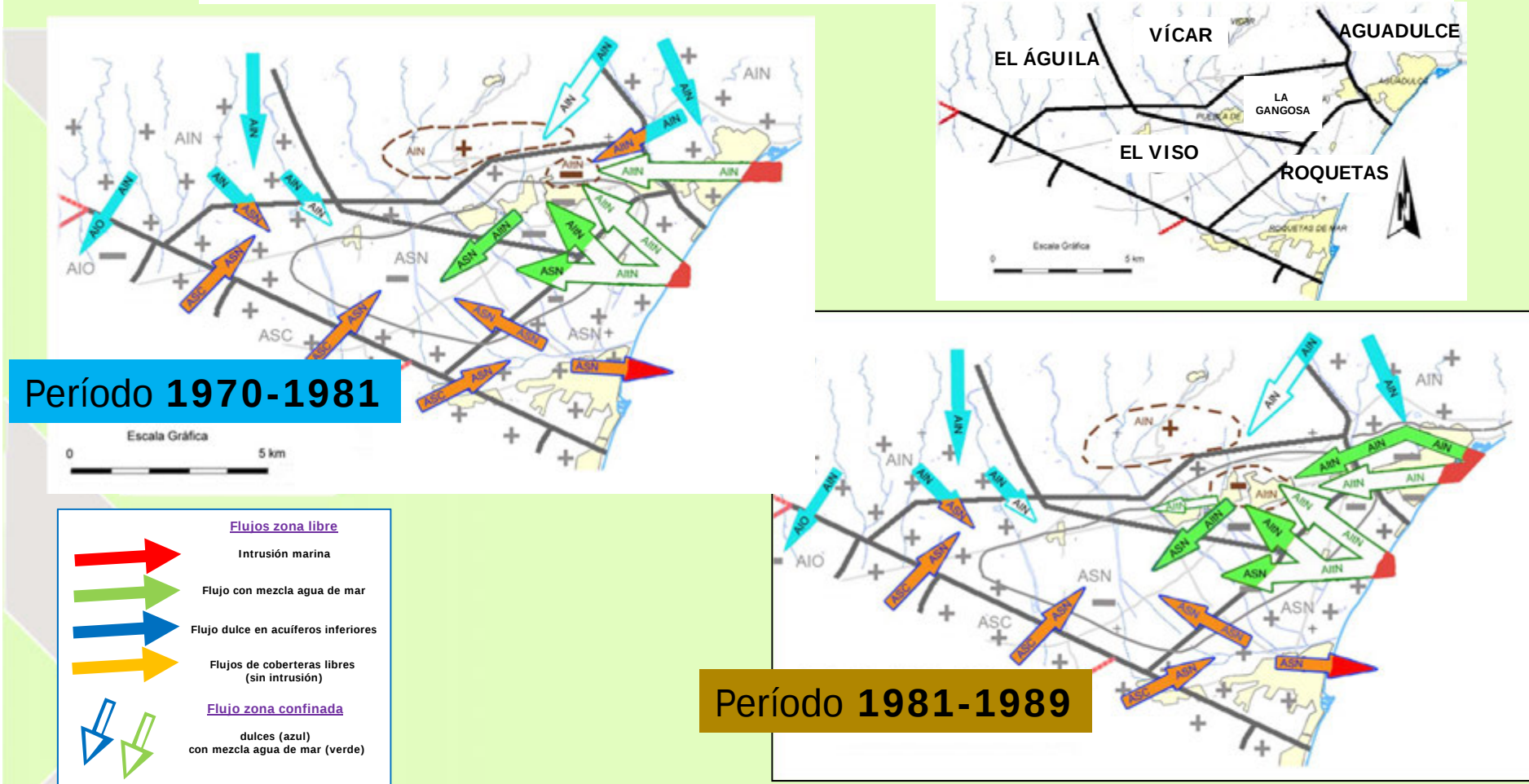
Situación 2012/13



Se detectó agua salada en profundidad en las áreas de explotación interiores. Se produjo aumento progresivo de la salinidad en el AIN de La Gangosa y El Viso (incluido el tramo penetrado del AIN por el sondeo profundo de investigación)

2.4 – La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

Figura 4. 5: Esquema de la compleja evolución de flujos con mezcla de agua de mar en las capas libres y confinadas del **Sector Noreste** del Campo, procedentes de intrusión marina (activa o antigua) por los tramos costeros de Roquetas y Aguadulce, períodos: **1970-1981 y 1981-1989**



2.4 – La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

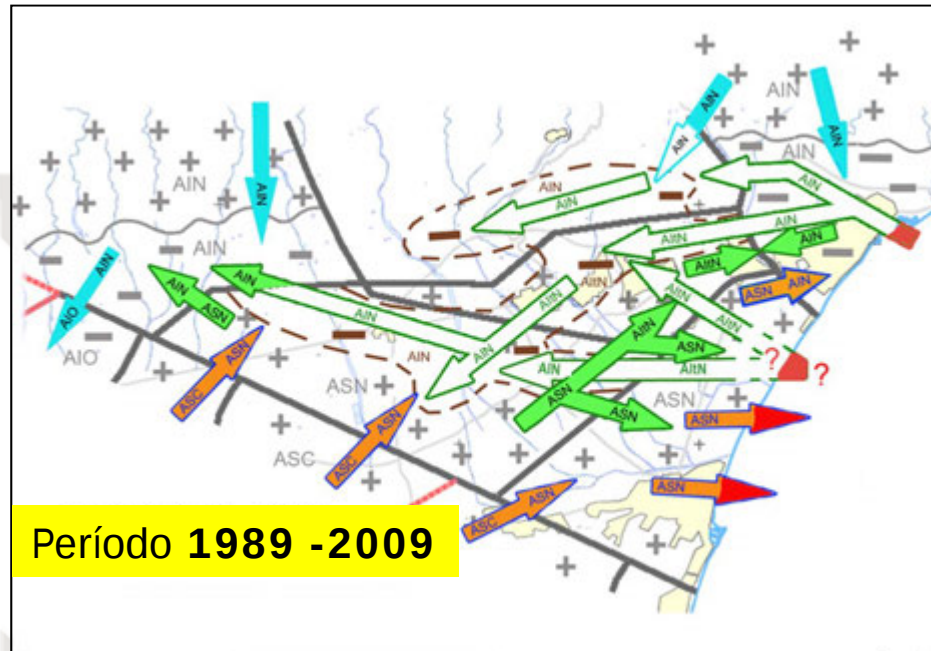
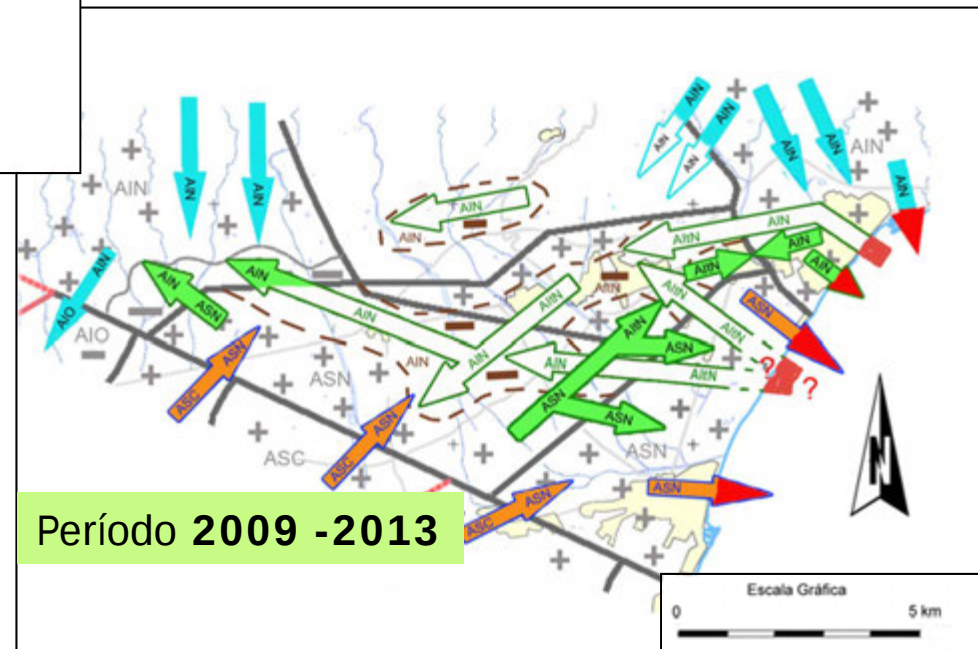


Figura 4. 6: Esquema de la compleja evolución de flujos con mezcla de agua de mar en las capas libres y confinadas del **Sector Noreste** del Campo, procedentes de intrusión marina (activa o antigua) por los tramos costeros de Roquetas y Aguadulce, períodos: 1989-2009 y 2009-2013.



2.4 – La intrusión marina en los acuíferos inferiores, el problema principal para la sostenibilidad del uso de los mismos

- Intrusión marina en el sector Noreste del Campo (continuación):

En el **período 2009-13** ocurrió la recarga extraordinaria a raíz de las precipitaciones de 2009/10 (el 300% de la media desde la década de 1940). Hubo recuperaciones de niveles del agua y mejoras localizadas de la calidad, pero siguieron los procesos de intrusión en las zonas ya afectadas del AIN en el período anterior, y sólo, en algún breve período y zona, las cotas subieron sobre la del mar (de forma transitoria). Desde entonces, los niveles de este acuífero inferior prosiguen su tendencia al descenso y se han producido abandonos de algunas captaciones por aumento en la salinidad del agua de bombeo.



2.5 – Últimos datos sobre el estado de los Acuíferos Inferiores del Campo de Dalías

En la **Figura 5.1** se muestran los últimos datos sobre el estado actual de los Acuíferos Inferiores. El esquema reflejado en la misma es una aproximación a una situación real indiscutible existente en la actualidad (en su diagnóstico general y en las tendencias previsibles de su evolución futura, si no se modifica el uso actual de estos acuíferos).

En síntesis se reflejan los siguientes datos en la figura. Para el año **2008/09** (último año con datos de bombeos), la **extracción total de los Acuíferos Inferiores** fue de **120 hm³**. De ellos, **71** correspondieron al **AIO** (por áreas: 8 en Tarambana; 23 en Pampanico; 31 en El Tomillar y 9 en su área de fosa), y **49** al **AIN** (26 al área de El Águila - Vícar; 20 a la de El Viso; 1 y 2 al área de La Gangosa y de Aguadulce, respectivamente). La aportación de **Benínar** al Campo en dicho año fue de **10 hm³ (su valor medio)**.

Los niveles piezométricos, correspondientes al final del año hidrológico **2013/14** (del seguimiento mínimo llevado a cabo por el IGME de la piezometría), en puntos de los acuíferos inferiores fueron: en el **AIO**, de **- 41 msnm** en todas sus áreas, excepto en la de fosa (con **-39 a -36 msnm**); y en el **AIN** fueron de **-13 a -18 msnm** en El Águila; de **-10 a -19 msnm** en El Viso; de **-7** en el área de Vícar; **-12** en la de La Gangosa; y **-0,1 msnm** en Aguadulce. Es decir, **todos los niveles de los acuíferos inferiores resultan negativos y con tendencia descendente desde 2009/10**.

Con estos valores, la situación de flujos entre las distintas áreas y acuíferos (de acuerdo con el conocimiento de la geometría y evolución del funcionamiento entre los mismos) se refleja en la **Figura 5.1. Siguen avanzando los flujos salados desde los tres frentes hacia los acuíferos inferiores**: del AEBN al AIO, por Balanegra; desde Aguadulce (AIN) hacia las zonas interiores de este acuífero inferior; desde la zona costera de Roquetas (AItN) hacia la capa profunda en La Gangosa – El Viso; hacia el AIN de El Águila desde la zona confinada de El Viso (AIN) y desde Aguadulce por la zona confinada del AIN bajo el impermeable del área de Vícar. **También, desde las coberteras de El Viso** (con aguas de intrusiones marinas antiguas) **hacia el AIN subyacente y hacia el AIN libre de El Águila** por sus frentes de contacto.

La **Figura 5.2** muestra esta situación, partiendo del sentido actual del flujo subterráneo, mediante un esquema de bloques representativos de las distintas áreas de los acuíferos inferiores y el mar, y de las coberteras que los relacionan. Se trata de porciones de terreno (como las de una tarta) con su correspondiente superposición de acuíferos y de materiales impermeables que los separan, así como la indicación de las actuales relaciones de flujos entre tramos acuíferos y con el mar (desde la costa de Balanegra y la del norte de Roquetas – Aguadulce). En la **situación actual, el AIN confinado de El Viso es el centro clave de recepción de las aguas salinas (activas y antiguas) procedentes de Roquetas y Aguadulce, desde el cual se transfieren hacia el AIN libre del área de El Águila y el AIO en su zona confinada** (área profunda).

2.5 – Últimos datos sobre el estado de los Acuíferos Inferiores del Campo de Dalías

Figura 5.1: Últimos datos disponibles del bombeo (año 2008/09), la cota piezométrica de los acuíferos inferiores (de septiembre de 2014) e indicación de transferencia de flujos con mezcla de agua de mar

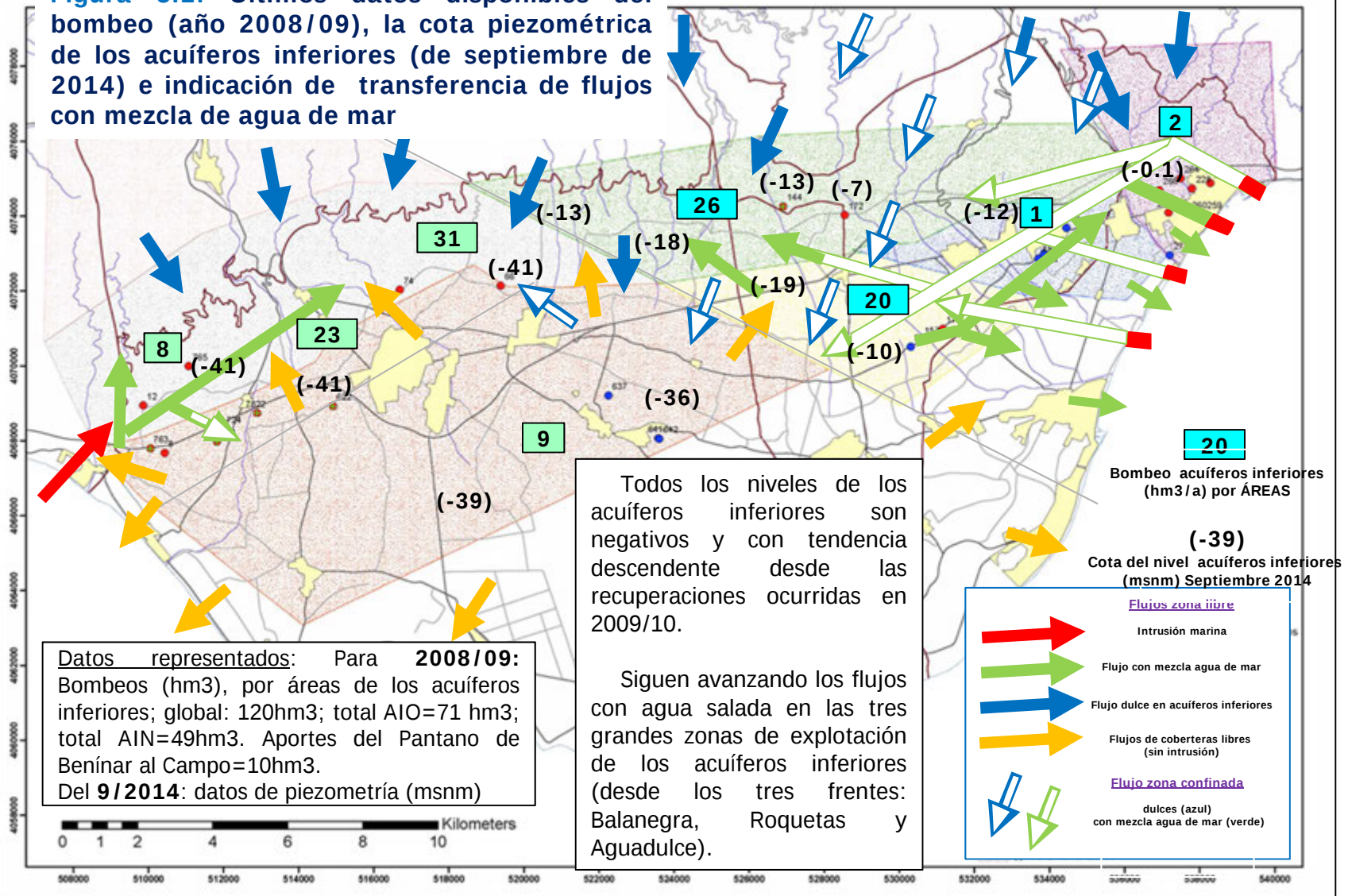
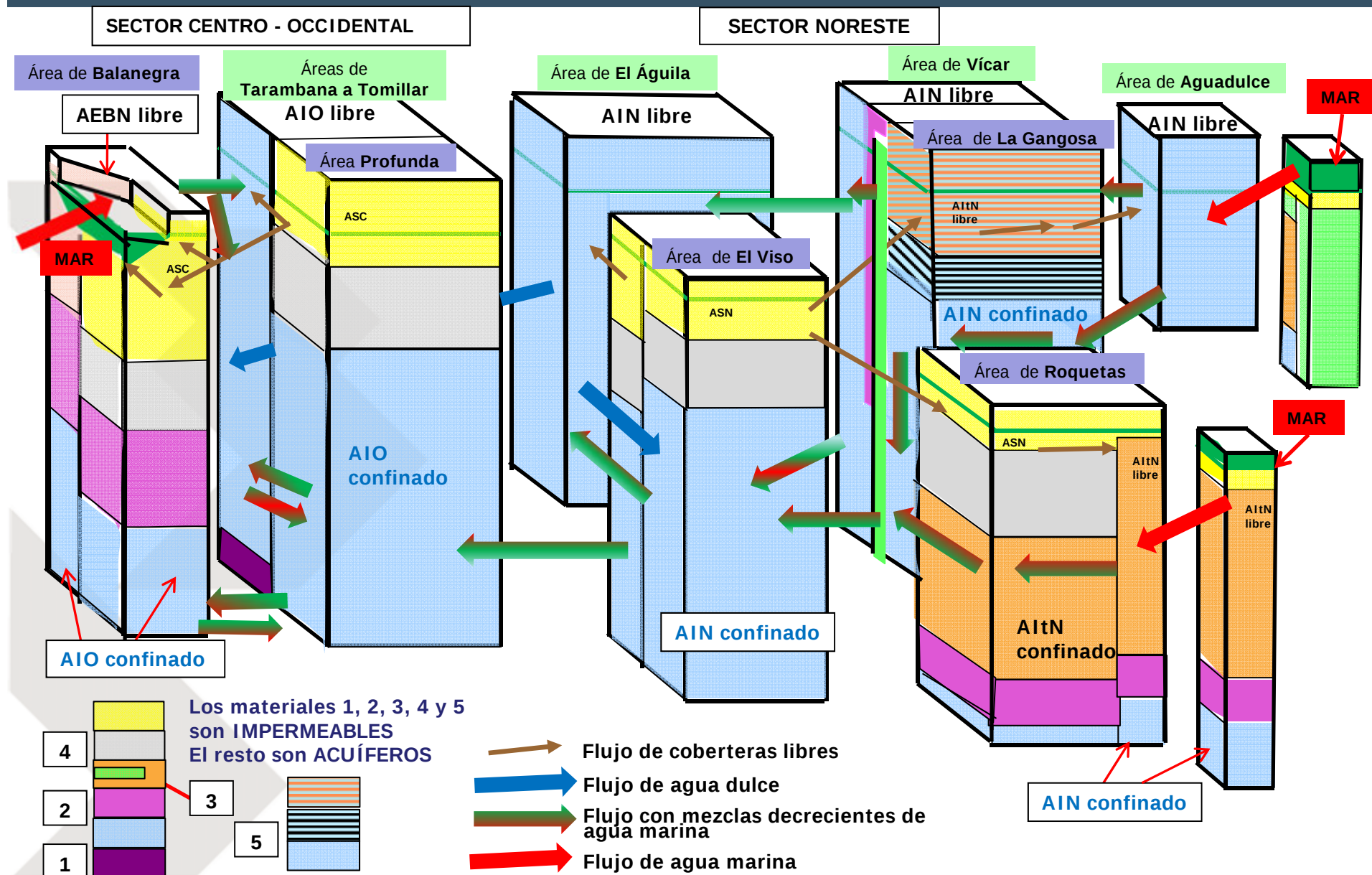


Fig.5.2 – Esquema de bloques, con sentido actual de flujos, entre áreas de los Acuíferos Inferiores y el mar, y de las coberteras que los relacionan





2.6 – Los avances del conocimiento de estos acuíferos y su repercusión en las actuaciones para su gestión



2.6 – Los avances del conocimiento de estos acuíferos y su repercusión en las actuaciones para su gestión

En la gestión del uso de los acuíferos, y más aún en el caso de los que son objeto de este documento, concurren diferentes puntos de vista (sociales, económicos, científicos, legales, etc.) a veces de difícil armonización.

Desde la parcial perspectiva de quienes se han dedicado a investigarlos, conscientes de tal concurrencia de puntos de vista y aspectos, se ha señalado siempre la necesidad de someter las conclusiones que se han venido emitiendo (a lo largo del estudio histórico realizado) al **análisis pluridisciplinar** por terceros, como apoyo a la compleja gestión de estos recursos. En este sentido, el **escaso eco** que con algunas excepciones **han tenido las informaciones emitidas desde el conocimiento hidrogeológico** adquirido por este Instituto **como apoyo a la gestión de estos acuíferos** (especialmente en las que se refirieron al problema que podrían generar los procesos de intrusión marina ya iniciados hace décadas) podría entenderse mejor si se hubiera explicado en qué se fundamentaban las consideraciones dadas a aspectos que, con mayor peso, habían prevalecido en las decisiones de gestión, circunstancias difíciles de comprender al no haber sido dadas a conocer.

La incidencia previsible de estas salinizaciones fue la razón para la implicación del IGME en su Estudio, a instancias inicialmente de los responsables del INC – IRYDA de la transformación en regadío de esta Comarca y, después de la Ley de Aguas, también de otras instituciones del Estado y de la Junta de Andalucía. Esta sintonía no se ha dado entre este Estudio y los centros de decisión histórica que han gestionado los acuíferos de la zona, en relación con actuaciones sugeridas para la protección de los acuíferos inferiores ante el proceso de salinización por agua de mar que les viene afectando, sin que se hayan conocido las razones hidrogeológicas, o de otro tipo, de esta falta de respuesta.

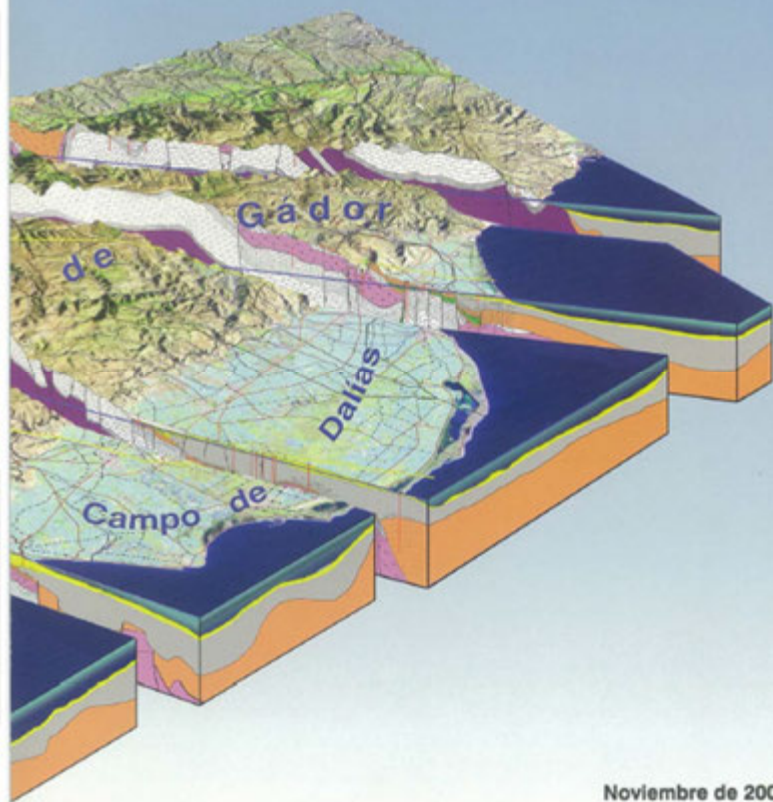
Se recuerda en primer lugar la **conveniencia** formulada por este equipo del IGME **de abordar el estudio de la posible corrección de la entrada de agua de mar al AIO desde el** acuífero costero existente en Balanegra (**AEBN**) –que incluso se inició a finales de la década de 1980 en colaboración con el responsable para esta comarca del antiguo Servicio Geológico de Obras Públicas- y que, como en ocasiones posteriores, no prosperó. La importancia dada a esta actuación, que requería la concurrencia de la Administración hidráulica, se basaba en la notable posibilidad de alcanzar dicho objetivo, por la extraordinaria trascendencia que su éxito tendría para la protección del AIO, el acuífero más importante y explotado de la provincia. Ello justifica, bajo el punto de vista del Estudio, que también se haya incluido en la actualidad entre las actuaciones más prioritarias como orientación de protección que, con carácter provisional, los promotores del Programa de apoyo a la protección – regeneración de estos acuíferos pidieron a la Fase I (ver Figura 7.1, en el apartado 2.7 de este documento).



2.6 – Los avances del conocimiento de estos acuíferos y su repercusión en las actuaciones para su gestión

Resultados del Proyecto sobre conocimientos alcanzados de los Acuíferos del sur de Sierra de Gádor - Campo de Dalías.

Avance - Resumen de la próxima publicación.



Noviembre de 2003



El **documento divulgativo** ya citado, que emitió el IGME en **2003** (cuya portada se incluye en la figura a la izquierda), insistía en la necesidad de **atenciones de gestión de estos acuíferos para frenar o invertir los procesos de intrusión** (que ya parecían posibles ante la inminente puesta en marcha del Proyecto de Desaladora en Balerna). Proponía unas líneas esenciales de actuación para proteger de la salinización a los acuíferos inferiores, consistentes en:

*-“la **disminución de bombeos en los acuíferos inferiores** (para llegar a la recuperación necesaria), y la **sustitución racional de parte de los mismos por nuevos recursos. Los más asequibles se obtendrían de la desalinización de agua de mar - al parecer ya decidida- complementados con las extracciones ponderadas, en acuíferos de cobertera, que sean necesarias para corregir las tendencias indeseables ya conocidas (sin generar otros problemas)**”*

El documento añadía:

*-“**estas extracciones de acuíferos de cobertera deberán ubicarse en zonas estratégicas, basadas en el modelo conocido de su funcionamiento, atendiendo a la mitigación – corrección de los procesos indeseables que se vienen originando (transferencias de contaminantes a los acuíferos inferiores, inundación de zonas bajas, intrusión marina, afección en vertederos, etc.) respetando, todo lo posible, humedales naturales y provocados por el hombre (caso de Las Norias)**”.*



2.6 – Los avances del conocimiento de estos acuíferos y su repercusión en las actuaciones para su gestión

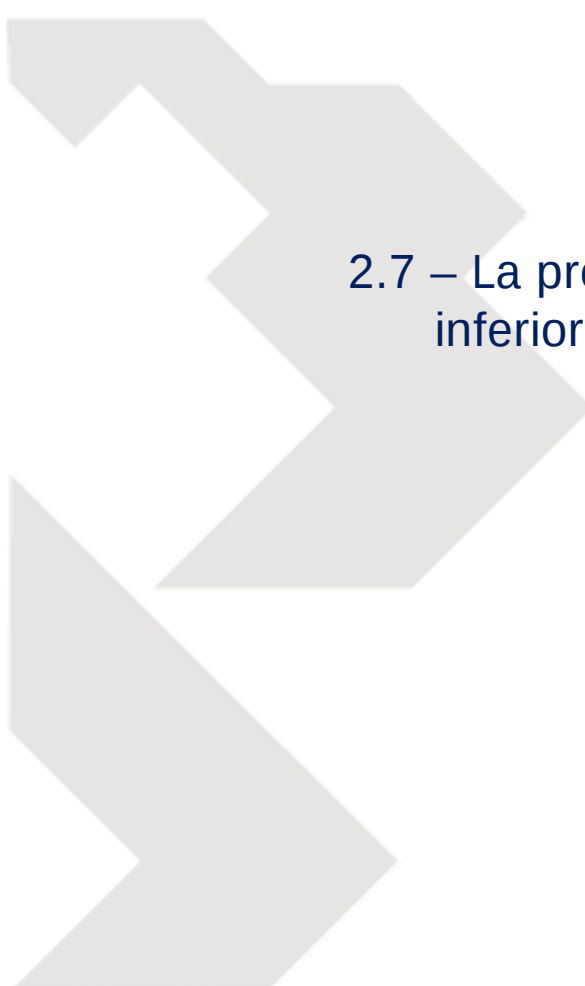
Años más tarde, en **2006**, el **Planteamiento del Programa de apoyo a la protección – regeneración consideraba viable una notable corrección del proceso activo de destrucción de las reservas aún dulces de los acuíferos inferiores por intrusión marina** (entonces sólo detectada en captaciones del AIN del extremo nororiental y únicamente deducida para el AIO en el noroccidental) **si se actuaba con urgencia y en coherencia con la evolución bien contrastada del funcionamiento, pasado, presente y futuro** de este conjunto de acuíferos, **eliminando cuanto antes, en todo lo posible, las causas que venían provocando sus continuos procesos históricos de salinización.**

- La situación existente de flujos salinizadores activos se invertiría si se pudieran eliminar, en un plazo corto, dichos desniveles hidráulicos, para tratar de proteger los volúmenes aún dulces del agua almacenada. Pero el volumen de acuífero desaturado bajo la cota cero, a reponer, es muy elevado (especialmente en el AIO), y tampoco es posible a corto plazo disponer transitoriamente (para acelerar esta inversión) de los recursos de sustitución necesarios para cancelar todo o la mayor parte del bombeo de estos acuíferos inferiores (hasta unos 120 hm³/año). Tendrían que establecerse prioridades para el alcance del objetivo deseable, atendiendo a la eficiencia de las actuaciones con base en el conocimiento actual del funcionamiento hidrogeológico.

- Ello requería realizar, con la mayor urgencia técnicamente posible, una importante reducción de bombeos (la máxima alcanzable) en los acuíferos inferiores, adecuadamente aplicada. Ésta podría llevarse a cabo con la provisión a las demandas de la zona de los correspondientes recursos de sustitución: los obtenidos por la desalación de agua de mar –que estarían disponibles en 2009/10 según la previsión- complementados con los necesarios volúmenes procedentes de bombeos (a añadir a los ya existentes) en zonas estratégicas de los acuíferos de cobertera del Campo, y con aguas regeneradas, en ambos casos convenientemente tratados. También realizar, cuanto antes, el análisis de viabilidad de evitar / minimizar la entrada de agua salada al AIO desde el acuífero poroso interpuesto entre el mar y este acuífero fisurado (el de mayor explotación de la zona) desde la costa noroeste del Campo.

- Los requerimientos de continuidad, urgencia, medios económicos y humanos especializados, etc., del Programa (previstos para hacer viables sus objetivos) corresponderían a las necesidades de mejora / adecuación de las infraestructuras de observación, necesarias para el correcto proceso de adquisición y seguimiento de datos, así como para los trabajos que necesitara la interpretación informada de la evolución del funcionamiento del conjunto de estos acuíferos, al objeto de poder diseñar/evaluar la idoneidad de las medidas de corrección – protección a adoptar y su eficacia una vez aplicadas.

Aunque fuera con carácter preliminar, los gestores y usuarios requirieron a esta Fase I del Programa unas **orientaciones iniciales** fundadas en el conocimiento al que se hubiera llegado y en las disponibilidades máximas técnicamente alcanzables de dichos volúmenes de sustitución (agua desalada, agua regenerada, agua extraída de las coberteras, máxima importación del sistema Benínar – Fuente Marbella, etc.). En consecuencia, **además de las conclusiones y recomendaciones finales de la Fase I del Programa**, en cumplimiento de dichas exigencias **se fueron aportando indicaciones preliminares como apoyo a la aplicación de todos los recursos de sustitución.**



2.7 – La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

2.7 – La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

Ante una gestión futura de los acuíferos inferiores, conviene **recordar algunas circunstancias de esta salinización**, como las características de estos procesos (que **se fueron conociendo y difundiendo** con la investigación histórica realizada por el IGME **desde los años 80**). Inicialmente fueron rechazados o ignorados, aunque más tarde fue creciendo su comprensión al comenzar el abandono de sondeos ya salinizados, lo que ha ido sucediendo hasta la fecha y continuará produciéndose de mantenerse dichos desequilibrios hidráulicos entre zonas explotadas y el mar. Con los **últimos avances en la investigación** realizada entre 2008 y 2011, se constató **su progresión generalizada**, que **empieza a afectar a captaciones** del Sector Occidental del Campo (**en el AIO**, el principal acuífero por el agua que almacena) **y de las dos áreas de bombeo aún dulces del AIN** en el Sector Oriental – El Águila y El Viso- el acuífero con mayores entradas por precipitación.

La situación **sigue evolucionando negativamente** (como no podía ser de otra manera por mantenerse las causas que la provocan) con lo que su corrección aumenta las dificultades técnicas y sus costes. Las **circunstancias** existentes en la **situación de partida** y las **actuales son muy distintas** (sólo se ha mantenido, prácticamente, el bombeo) lo que **genera incertidumbres sobre las expectativas de corrección alcanzables** del problema. Entre dichas **diferencias** se tienen las que siguen.

1.- Circunstancias en la situación de partida

A **principios de 2006** se diseñó el referido Programa, basado en datos de inicios del 2000, en la decisión de sus promotores de desarrollar las actividades necesarias para el mismo (sin interrupción y con medios suficientes para ello), así como en las previsiones sobre la llegada del agua desalada (para sustitución de parte de los bombeos de los acuíferos inferiores) en un corto plazo (en 2009/10). Con esta situación de partida **parecía posible la corrección / reducción del proceso de salinización**, el problema principal de estos acuíferos, ya que, técnica y administrativamente las circunstancias lo podían permitir, por las razones siguientes:

- Según los datos existentes a inicios de la década de 2000, aún no se había detectado agua salada en el fondo de las captaciones del AIO e, incluso, en el AIN de El Viso, se había reconocido agua dulce en toda la penetración del AIN de un sondeo de investigación de la Consejería de Agricultura de 1200 metros de profundidad. El espesor saturado de los carbonatos en las zonas de explotación de ambos acuíferos podía alcanzar muchos centenares de metros. También, en condiciones estructurales sin grandes interrupciones, el agua salada más densa tendería a ir ocupando las zonas más profundas de estos carbonatos y dada la penetración relativamente discreta de las captaciones en la zona saturada de las áreas en explotación de estos acuíferos inferiores, la salinización aún no había alcanzado ni a las más profundas de ellas, pese a la gran fisuración de estos materiales.
- Los tiempos de progresión de la salinización no se conocían (no se disponía de puntos de observación adecuada). Se tuvieron en cuenta las características de estos acuíferos, entre ellas la fisuración de sus materiales soporte, que favorece, en general, la transmisión relativamente rápida del flujo subterráneo con su carga salina (como ocurrió en el área de Aguadulce del AIN donde se fue reconociendo su propagación en las captaciones).

2.7 – La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

No obstante estas características imponían una diferenciación entre los dos acuíferos, por su repercusión en dicha transmisión, que justificaran la tardanza observada en llegar del agua marina a sus captaciones de la zonas de explotación. Éstas eran las que siguen.

➤ Al **AIO** sólo podía entrar un flujo restringido de agua salada, condicionado por la discreta capacidad de paso desde la limitada sección de entrada a través de los materiales porosos del AEBN (el acuífero costero que funcionaba como un tapón filtrante entre el mar y este acuífero inferior, el cual, sin embargo, sí tenía una gran capacidad en su seno para transmitir dichos flujos al tener, en este caso, una “cierta tranquilidad estructural”, al menos en su zona libre, aunque podía tener centenares de metros de espesor sin penetrar por sus captaciones para ir recibiendo los flujos más salinos y densos).

➤ Por el contrario, el **AIN** del área de Aguadulce, en contacto directo con el mar, se sabía que se salinizó en sólo unos años de la década de 1980, cuando se provocó la depresión de su nivel del agua bajo la cota cero. Pero la transmisión del proceso se ralentizó al tener que atravesar un área (la de La Gangosa / Vúcar) estructuralmente muy compleja (incluidas interpenetraciones de materiales volcánicos de escasa a nula permeabilidad) razón por la que, a inicios del 2000, aún no había llegado la salinización al AIN del área confinada contigua de El Viso, aunque ya hacía 7 años que sus niveles piezométricos eran más bajos que el del mar (ni a profundidades superiores a los 1000 metros en el referido sondeo de investigación).

Todo ello podía permitir unos años de margen de llegada de la salinización a las zonas de explotación, dada la disponibilidad del agua desalada en un corto plazo. **Las citadas circunstancias**, de cada uno de los acuíferos inferiores, **en la situación de partida**, proporcionaban **cierta confianza al valorar la viabilidad del Programa**, si se ejecutaba con los **requerimientos** de medios, la continuidad y la diligencia técnicamente posibles.

2.- Circunstancias en la situación actual

Se han producido **modificaciones importantes** de diversos aspectos, **en sus contenidos técnicos y administrativos**, tales como los siguientes.

- Con los resultados de la investigación de la Fase I del Programa (2008-2011) se constató, como se ha dicho, que, en las tres zonas de explotación aún vigentes de los acuíferos inferiores, ya se detectaban mezclas con agua de mar, que revelaban el principio del alcance de la salinización de las mismas (incluida la columna de agua en el AIN del sondeo citado de 1200 metros de la Junta de Andalucía). Como consecuencia, el uso de algunas captaciones ya se ha abandonado, total o parcialmente. Esta aparición inicial del proceso indica que cada una de estas zonas de bombeo ya se ha conectado con la “avanzadilla” del frente de mezclas con agua de mar, y que su futuro uso está en claro riesgo: su situación podría depender, en parte, de su gestión posible, ya que a las mayores dificultades técnicas para invertir el proceso desde hace años se añaden otras de tipo administrativo.

2.7 – La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

- Al haberse interrumpido definitivamente el Programa en 2012, desde entonces no se cuenta con la información adecuada sobre las características del actual avance del proceso de salinización en cada uno de estos acuíferos inferiores.

- Sí se sabe que, a pesar de las fuertes precipitaciones de 2009/10-10/11 (del orden del 300% de la media de los últimos 70 años), **los niveles piezométricos continúan actualmente con valores negativos muy bajos**, lo que implica la permanencia de la situación de salinización activa por intrusión marina (y, en algunas zonas, la entrada de flujos salinos desde coberteras salinizadas con intrusiones antiguas, cuyos niveles ya positivos siguen creciendo).

Estos hechos podrían utilizarse para comprender la **urgencia de aplicar las medidas correctoras (y sus prioridades)** cuya orientación fue dada en su día durante la Fase I, si se decidiese de nuevo esta actitud de gestión.

- La interrupción del Programa, por decisión del Organismo de cuenca, supone una incertidumbre de peso, que se añade a las dificultades actuales por lo avanzado del proceso de salinización, para la aplicación de medidas de protección aún posibles de estos recursos.

-En la situación actual, aún no se dispone del volumen previsto de agua desalada como recursos de sustitución para cancelar parte de los bombeos de los acuíferos inferiores. Tampoco resulta claro que dicho volumen sea suficiente para satisfacer el objetivo previsto para la misma.

-Los bombeos complementarios en los acuíferos de cobertera (previstos en el Programa para aumentar los citados recursos de sustitución) no resulta posible gestionarlos por no aceptarlo el Organismo de cuenca.

- La inercia experimentada de los procesos administrativos y la decisión de los responsables de la gestión dan lugar a unos **tiempos imprevisibles para la aplicación con éxito** de medidas que pudieran programarse. Resultan urgentes porque el tiempo en que siga avanzando el proceso de salinización está en contra de este objetivo.

Todo ello acumula niveles de **incertidumbre** que pesarán **en la toma de decisiones**, cuyas **dos alternativas extremas** son las siguientes:

a) Si **se mantiene la situación actual de uso y de inexistencia real de medidas destinadas a corregir o reducir el efecto de la salinización**, a los acuíferos inferiores se les conduce a **la salinización de sus zonas aún dulces** de las tres áreas de explotación (representaría la continuidad de la práctica histórica en la gestión de los mismos).

2.7 – La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

- Con los volúmenes previstos de agua desalada y agua regenerada, más el aportado desde el Pantano de Benínar y el que vaya quedando utilizable del bombeo de los acuíferos (aún no afectado por la salinización progresiva), incluyendo la cancelación (aún incierta) de extracciones para Almería capital desde los sondeos de Bernal, **no parece asegurarse el abastecimiento a la actual demanda**: los tiempos para la aplicación efectiva de todos estos recursos de sustitución y la posible insuficiencia del volumen previsto de los mismos pueden hacer inalcanzable el equilibrio deseable entre recursos disponibles y demandas.

b) La **alternativa opuesta**, de adoptar como objetivo la **conservación de toda el agua aún dulce** de las zonas de explotación actual de los acuíferos inferiores, retomando las líneas esenciales que marcó el Programa en su día (mediante el empleo de medios económicos y técnicamente posibles), **resulta ya impensable** considerando: los cambios habidos en la determinación de los promotores del Programa en cuanto a: las actuaciones en él previstas para su desarrollo, el tiempo transcurrido desde su interrupción, las inercias inherentes a los procesos administrativos, etc., y el avance ya alcanzado de la salinización (favorecido por todas estas circunstancias).

Respecto a la decisión de gestión que pueda tomarse entre gestores y usuarios, podrán adoptar un mayor o menor acercamiento a una de las dos supuestas alternativas extremas ya que la aplicación del agua desalada (y de los otros recursos de sustitución previstos) más o menos pronto, aliviará la presión del bombeo. Con ello, el nivel de éxito de la misma (la seguridad del suministro a la actual demanda) **dependerá del grado de entendimiento** entre estos agentes de gestión de los recursos de la zona (convenientemente apoyado en una valoración multidisciplinar de los aspectos que conlleve dicha decisión, para optimizarla en lo posible), **reconsiderando los datos y posicionamientos que fundamentan las previsiones de balance establecidas en magnitudes y en tiempos**, teniendo en cuenta lo incierto del tiempo en que irá avanzando el proceso de salinización que, se insiste, está jugando en contra del objetivo perseguido.

En este sentido, al IGME únicamente le cabe aportar su apoyo a las decisiones que sean adoptadas, por gestiones y usuarios, siempre que sean compatibles con el conocimiento hidrogeológico alcanzado sobre esta zona. Este eventual apoyo, basado en dicho conocimiento, implica la protección posible de los acuíferos inferiores, hasta ahora no considerada por la adopción de los criterios que se vienen aplicando por los responsables de su gestión. Estos criterios, desde el conocimiento hidrogeológico de la zona, no se pueden compartir sin discusión de los aspectos científico-técnicos que corresponden al campo de competencia de este Instituto.

Discusión de los criterios que se vienen aplicando por los responsables de su gestión, que, desde el conocimiento hidrogeológico alcanzado de la zona, no se pueden compartir:

- La “masa de agua” que integra al conjunto de acuíferos del Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías es tratada como si fuera un depósito o embalse único, con evolución en una sola dirección del volumen que contiene (en cantidad y calidad) punto de vista que, para quienes lo sostienen justifica que, si un sector del mismo deja de ser utilizable directamente por la demanda, todo el embalse debe darse por perdido por carecer de solución.

2.7 – La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

-**Dicha concepción**, que puede ser útil desde una interpretación generalista, **no es válida para casos de acuíferos complejos como el del conjunto existente en esta zona**, cuyas características y relaciones entre sí y con el mar han permitido ver (con criterio hidrogeológico) que se trata de “compartimentos” con un funcionamiento, en cantidad y calidad, independiente –aunque interrelacionado- como consecuencia de su distinta naturaleza y del uso específico que se les ha dado. La **utilización del conocimiento bien contrastado** durante décadas **del funcionamiento de este conjunto de acuíferos**, y de sus áreas, **permite modificar tendencias inconvenientes** con la **aplicación a tiempo de actuaciones que las inviertan**, en algunos casos, las **minimicen o las retrasen** en otros (objetivos del Programa que se interrumpió).

Desde un punto de vista hidrogeológico informado sobre esta zona, **no se encuentra sentido técnico ni económico** (comparado éste con lo que se viene dedicando al sistema Benínar – Aguadulce para una aportación media al Campo de 10 hm³/año) **al rechazo histórico** decidido por los gestores de estos acuíferos **a llevar a cabo actuaciones** propuestas por esta investigación del IGME (promovida y participada en su etapa final por la propia Consejería de Medio Ambiente), **orientadas a la conservación máxima posible de los recursos del AIN** (cuya posibilidad de utilización irá disminuyendo si no se evita, además de generar otra entrada de aguas salinas al AIO desde el sector oriental del AIN) **y a reducir / eliminar la recarga** (indirecta) desde la costa de Balanegra **al AIO, a través del** acuífero poroso **AEBN intruido** de agua de mar, cuyo éxito posible contribuiría eficazmente a la protección de los recursos del AIO, la cual puede ser inalcanzable únicamente con la recuperación conseguida al cancelar parte de sus bombeos.

3.- Criterios orientativos, dados en su día, derivados de la Fase I, y sus prioridades para entonces, en caso de que se adoptara por los gestores la alternativa conservadora de protección posible de las zonas aún dulces de los acuíferos inferiores.

Para el caso de que se adoptara por los gestores (aunque ya con excesivo retraso) la alternativa conservadora de protección posible de las zonas aún dulces de los acuíferos inferiores, se recuerdan los **criterios orientativos** dados en su día (**derivados de la Fase I**) y **sus prioridades para entonces**, en función de su grado de eficacia: resultaba apremiante evitar la continuidad de entrada de flujos salados a las áreas de explotación, lo que desde hace años viene requiriendo actuar con diligencia (se insiste en que el tiempo que transcurre juega en contra del alcance de este objetivo) en todas y cada una de las siguientes operaciones:

- estudio /ensayo sobre la viabilidad de eliminar / minimizar la entrada al AIO del agua salada procedente del acuífero AEBN.
- estudios y obras para favorecer la acumulación máxima de volúmenes de sustitución de distinto origen (agua desalada y desalobrada, aguas regeneradas, aumento del bombeo adecuado en zonas de acuíferos de cobertera, máxima importación del sistema Benínar – Fuente Marbella, etc.) para cancelación selectiva de bombeos en acuíferos inferiores.
- aplicación de estos recursos de sustitución, como se ha dicho, según prioridades marcadas por su mayor eficacia para el objetivo definido. La propuesta de actuaciones en los acuíferos inferiores y asociados requiere complementar al máximo los recursos de sustitución previstos (agua desalada y regenerada) con el volumen mayor viable de bombeo en determinadas zonas de acuíferos de cobertera.

2.7 – La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

La situación **de flujos objetivo entre estas áreas y con el mar (derivados de los resultados de la Fase I)** se expone en los esquemas de las **Figuras 7.1 y 7.2** (usar como referencia para éstas la **Figura 7.3**) para el Sector Centro-occidental y Noreste del Campo, respectivamente. Se trata de propuestas que habrían de ser actualizadas para el análisis multidisciplinar de su viabilidad. En su día, eran las que se exponen a continuación.

En relación con el Sector Centro – occidental del Campo (fig. 7.1): la ejecución de ensayos de recarga en sondeos ya existentes (que se perforaron hace décadas para este fin en el acuífero poroso costero AEBN de Balanegra, que es el que trasfiere agua salada al AIO) sigue considerándose, por sus aparentes posibilidades de éxito, como actuación prioritaria, al ser una opción potencialmente muy positiva para proteger del proceso de salinización al AIO, el más bombeado y más importante de los Acuíferos Inferiores por su volumen de agua dulce. Las **aguas de recarga temporal** para estos ensayos podrían aportarse: desde el complejo Benínar / Pozo Picón (al pie del Canal del trasvase al Campo de Dalías) en épocas en desuso del mismo; con bombeos de acuíferos de cobertera; etc. Se trata de la propuesta antigua, ya citada, que sigue manteniéndose por la investigación, ya que no ha sido discutida técnicamente y que podría constituir una actuación muy eficiente para alcanzar el objetivo buscado, aunque el tiempo transcurrido haya rebajado muy considerablemente sus expectativas (en su caso, la pérdida al mar del agua de recarga sería discreta y decreciente).

Para el caso de las áreas de El Viso y El Águila (fig. 7.2): las únicas aún explotables a gran escala del AIN, la opción de conseguir la inversión del flujo subterráneo para dirigirlo del acuífero al mar es, según indicaban los datos en su día, bastante más asequible teóricamente: su recarga media natural por precipitación es más importante, y su volumen desaturado es mucho menor (durante las precipitaciones de 2009/10 - 2010/11 el nivel del agua reaccionó con recuperaciones rápidas y en gran parte sobre la cota cero, especialmente en el área libre de El Águila).

- El área de El Viso es, pues, **la más favorable para tratar de invertir el sentido actual de los flujos salinos** (ahora desde el mar a estas dos áreas del AIN). Siempre a discutir desde todas las perspectivas convenientes, además de las técnicas, **la actuación** que parece factible consistiría en **suprimir** (hasta alcanzar el objetivo del nivel del agua en el entorno de la cota +1 msnm) **todo el bombeo en el AIN de El Viso y todo, a casi todo, en El Águila**, lo que representa una prioridad de primer orden para proteger el AIN.

- Teniendo en cuenta los datos más recientes disponibles, esta última cancelación de bombeos **necesitaría unos 50 hm³/año** de volúmenes de sustitución para atender las demandas actuales de ambas áreas, de las que, una vez controlada la situación, se determinaría el volumen y la estrategia de extracción admisible en cada caso.

- La **provisión de dichos recursos** sería técnicamente alcanzable con la **cancelación cuanto antes del bombeo** practicado **destinado al abastecimiento a Almería capital** (para el que, hace años, se puso en servicio la desaladora del Andarax) **y a otras poblaciones del Campo** (a las que se destinará agua desalada en Balerna), así como con el **incremento de agua bombeada del acuífero ASC**. Este incremento de bombeo, por otra parte, es **ineludible para evitar inundaciones** provocadas por las entradas consecuencia de los retornos del uso en toda su superficie (en **Balsa del Sapo, Cañada de Ugíjar**, etc.).

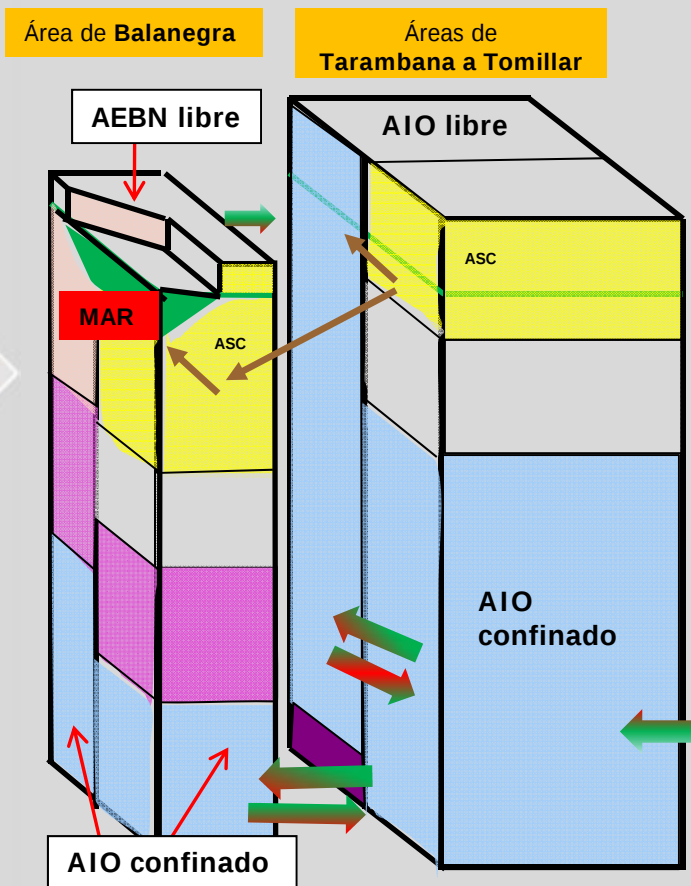
2.7 – La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

Figura 7. 1: Explicación de la propuesta preliminar de actuaciones prioritarias seleccionadas (caso de adopción de la alternativa conservadora de las zonas aún dulces de los acuíferos inferiores): situación objetivo de flujos en el Sector Centro-occidental del Campo (AEBN – AIO y sus relaciones). Leyenda de materiales y flujos en Figura 7.3 (usar para comparación con ésta).

PROPUESTA:

1) La más prioritaria (por su eficacia en caso de éxito): **el análisis de la probable viabilidad de reducción / eliminación del paso de flujos salados del AEBN al AIO** (retomar la antigua propuesta de ensayos de recarga, y terminar el modelo de flujo para analizar esta viabilidad, apoyado con ensayos de recarga con pozos existentes en el AEBN. Este modelo se inició en la Fase I del Programa. En su caso, aplicarla cuanto antes).

2) Reducción posible de bombeos en el AIO, en Tarambana – Pampanico. Su eficacia como única actuación es reducida.



El AIO es el acuífero de más bombeo y reservas aún dulces, y de menor recarga natural. Desde 1980 es un almacén estanco, con nivel actual del agua por debajo de 40 metros bajo el del mar.

El **objetivo deseable** sería restituir su nivel sobre la cota cero, pero es **problemático**, ya que no es viable cancelar todo su bombeo, y necesitaría un plazo largo (por el gran volumen consumido de sus reservas) durante el que, si no se pueden evitar, seguirían entrando flujos salados desde el AEBN que podrían hacer inútil la operación.

2.7 – La progresión conocida de la salinización de los acuíferos inferiores y alternativas para su gestión futura

Figura 7. 2: Explicación de la propuesta preliminar de actuaciones prioritarias seleccionadas (caso de adopción de la alternativa conservadora de las zonas aún dulces de los acuíferos inferiores). Situación objetivo de flujos en el Sector Noreste del Campo (AIN y sus relaciones). Leyenda de materiales y flujos en Figura 7.3 (para comparación con ésta).

En el **área de El Águila**, el AIN es libre y recibe directamente importantes entradas en su extensa zona de recarga. En el **AIN del área de El Viso**, actual centro de recepción de las aguas salinas procedentes de la intrusión marina desde Aguadulce y Roquetas, el AIN está confinado: sólo recibe actualmente los flujos de entrada transmitidos desde las áreas de La Gangosa y Roquetas.

En las **áreas de El Águila y El Viso** del AIN sí se dan las condiciones para obtener con éxito, en un plazo discreto, la **recuperación de niveles sobre la cota cero** mediante la aplicación, con diligencia, de las **medidas que se proponen**: la **cancelación total del bombeo del AIN en El Viso** y de gran parte de la **extracción de El Águila (sondeos de Rambla Bernal y otros)**.

Si no se aplican estas medidas en el AIN se producirá la salinización de estas áreas del acuífero, prácticamente irre recuperable en El Viso, y quedando sólo con un uso discreto y discontinuo la de El Águila.

Con un bombeo controlado en el ASN de El Viso, se evitarían las pequeñas descargas indeseables de este acuífero de cobertera al AIN de El Águila.

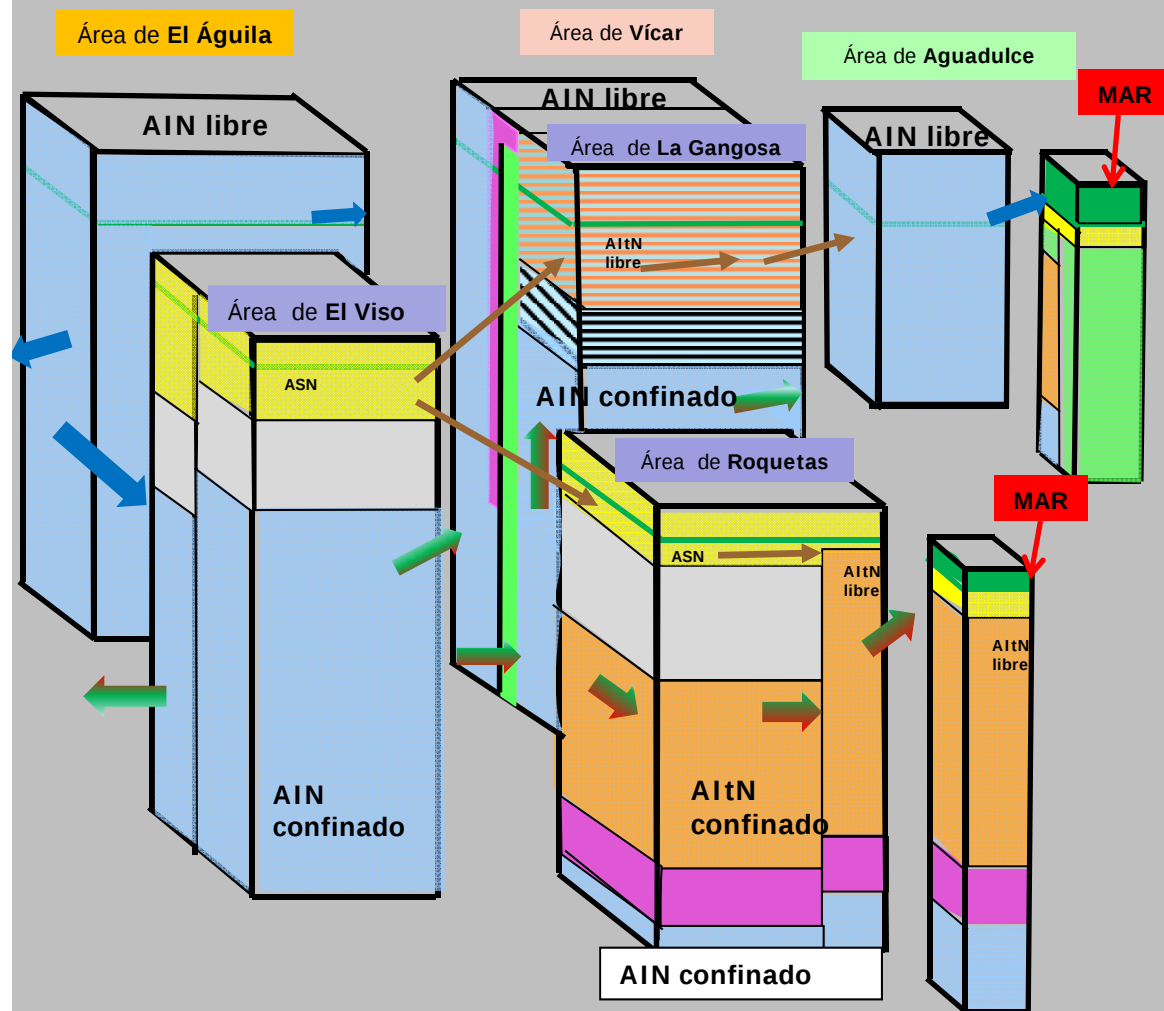


Fig.7.3 – Esquema de bloques, con sentido actual de flujos, entre áreas de los Acuíferos Inferiores y el mar, y de las coberteras que los relacionan

