

Ponencia: ESTADO ACTUAL DE LOS ACUÍFEROS DEL SUR DE SIERRA DE GÁDOR – CAMPO DE DALÍAS.

Presentada por Patricia Domínguez Prats en la Jornada de Riego: Los recursos hídricos del campo de Dalías. IFAPA “La Mojonera”. 20 de noviembre de 2014

En esta ponencia se difunden los últimos resultados de las investigaciones aplicadas del IGME sobre los acuíferos del Sur de Sierra de Gádor (o acuíferos del Campo de Dalías es su nombre simplificado), que desarrolla desde hace más de 40 años.

La exposición se centrará en las posibilidades de uso de estos acuíferos según el conocimiento de su estado actual. Son muy complejos y su conocimiento está poco extendido. Resultará difícil su explicación en un medio ajeno al especializado en aguas subterráneas. La información hidrogeológica realizada para el final de la investigación (la Fase I del Programa de actividades de apoyo a la protección – regeneración de estos acuíferos) contenida en la Memoria Final, mejorará la comprensión de esta exposición esquemática. Esta Fase I generó un notable avance de conocimientos sobre el estado de funcionamiento, al realizarse con mayores medios, por la cooperación de la Junta de Andalucía, Acuamed, la JCUAPA y el IGME.



Índice de la Presentación

INDICE DE LA PRESENTACION

- 1- Introducción**
- 2- Sobre el modelo de geometría y funcionamiento general de estos acuíferos**
- 3- Causas de la evolución de su funcionamiento: bombeos (principal) y usos del territorio**
- 4- Consecuencias del uso de estos acuíferos: efectos en el nivel y en la calidad general del agua**
- 5- Intrusión marina: el problema principal para la sostenibilidad, consecuencia del bombeo**
- 6- Últimos datos sobre el estado de los Acuíferos Inferiores del Campo de Dalías. Consideraciones acerca de la reordenación preliminar de bombeos, derivadas de la Fase I del Programa de sostenibilidad**
- 7- Algunas consideraciones finales**

Jornada de riego: Los recursos hídricos en el Campo de Dalías. IFAPA "La Mojonera". 20 Noviembre 2014

2

Figura 1: Índice de la presentación.



La presentación tocará 6 contenidos que se presentan en el índice (Fig. 1): el modelo de geometría y funcionamiento general de estos acuíferos; las causas de la evolución de su funcionamiento (los usos del territorio y los bombeos, éstos como causas principales); cuáles son las consecuencias de este uso (en cantidad y en calidad), dejando como apartado diferenciado la intrusión marina (el problema mayor para la sostenibilidad que es consecuencia del bombeo).

Pasaremos, después, a indicar los últimos datos sobre el estado de los acuíferos inferiores (los principales del Campo) y, teniendo en cuenta su diagnóstico y evolución histórica, su futuro previsible, y haremos algunas consideraciones para la reordenación preliminar de los bombeos, que se derivan de los trabajos de la Fase I del Programa de sostenibilidad (ya citado), terminando la ponencia con algunas consideraciones finales.

2.- Geometría y funcionamiento general de estos acuíferos

Bajo un sustrato impermeable (materiales morados oscuros de la parte superior de la Fig. 2) 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 oculto bajo materiales en general más recientes (coberteras), principalmente impermeables (los indicados como 1, 3, 4 y 5 en la Fig. 2). En la zona de 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 (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.

En el panel que se expone en la sala se presentan algunos de los cortes realizados del terreno (incluidos también en la documentación que se les ha facilitado) que explican esta estructura. Sus trazas se presentan en la parte inferior de la Figura 2).

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 Agudulce, de forma directa, y desde un sector costero del noreste de Roquetas de forma indirecta a través de acuíferos de cobertera).

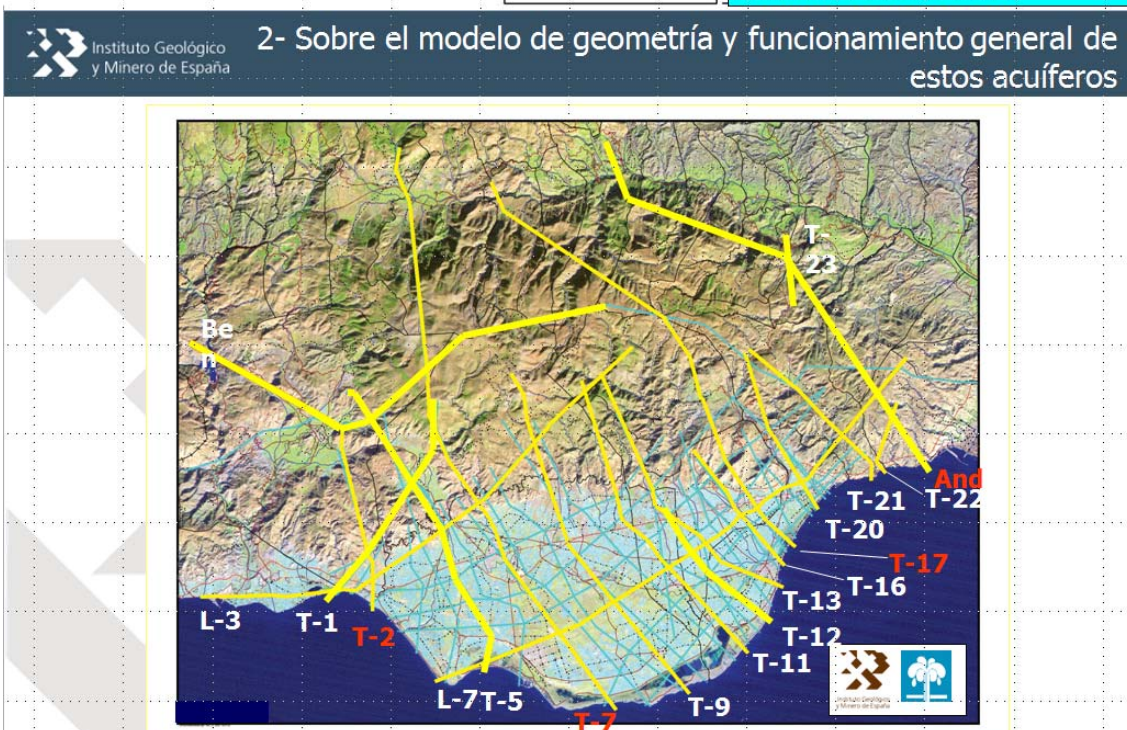
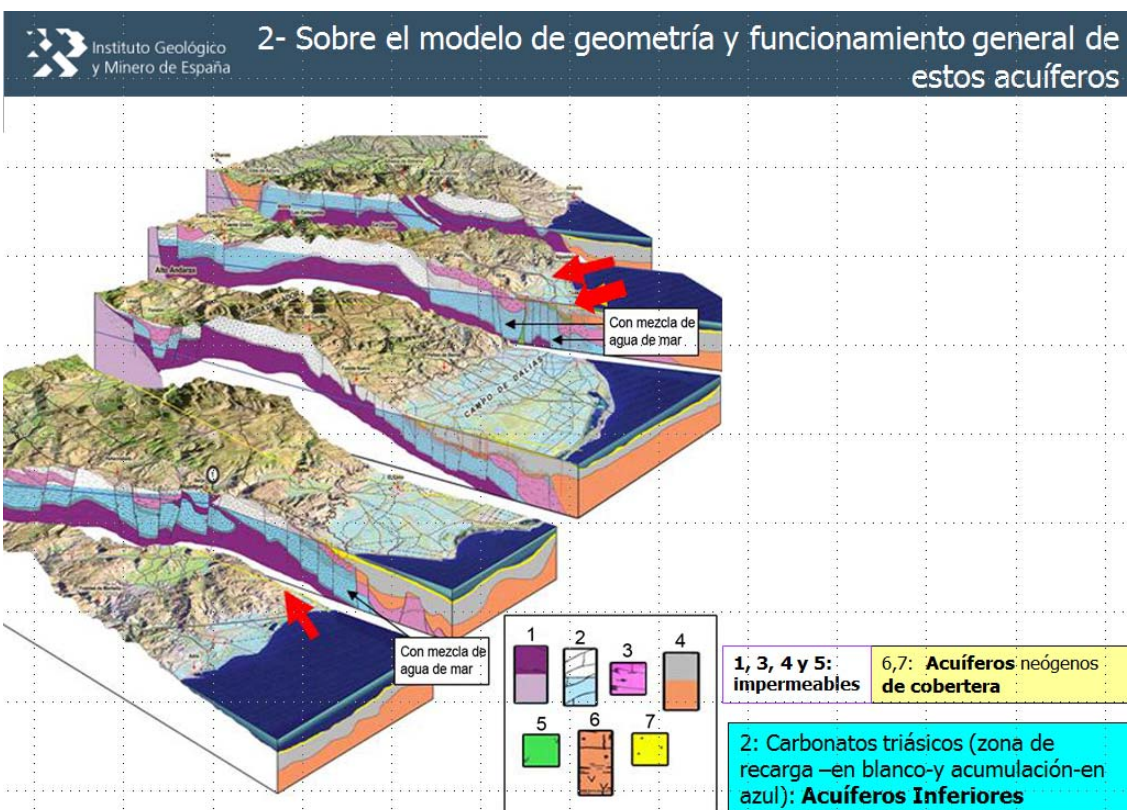


Figura 2: Superior: Estructura hidrogeológica del Sistema de Sierra de Gádor y cuencas marginales. Inferior: trazas de cortes del terreno (las amarillas corresponden a los que se exponen en el panel de la sala).

En régimen natural, los niveles del agua (circulante siempre por gravedad) eran más altos que la cota marina (cero msnm) y descargaban al mar. Como consecuencia de la explotación, con los niveles negativos (por debajo del marino) se produce la entrada de agua de mar a este potente acuífero carbonatado (Fig. 2). La disposición geométrica de los materiales también permite la relación entre acuíferos inferiores y de cobertera, por zonas determinadas, formando un complejo conjunto de acuíferos interrelacionados y en relación con el mar.

Diferenciación de acuíferos

Se diferencian 2 acuíferos inferiores: el AIO y el AIN (Fig. 3). 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 4: el AEBN y el ASC (para el Sector Centro – Occidental), y el ASN y el AITN en el Sector Noreste. A estas siglas y nombres nos referiremos en la ponencia.

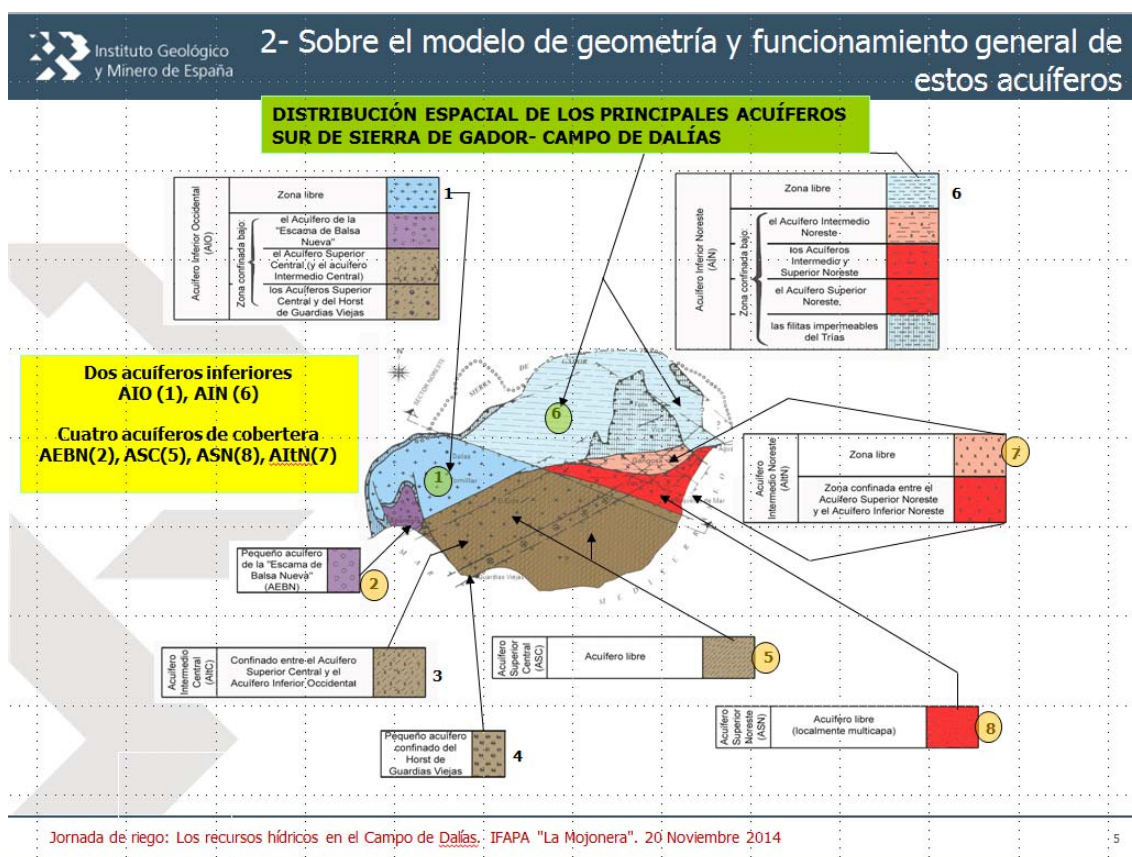


Figura 3: Esquema de distribución espacial de los acuíferos del Campo de Dalías, con indicación de sus zonas libres y confinadas (y en este último caso bajo que acuífero(s) se produce el confinamiento). Se destacan los dos acuíferos inferiores y 4 de los acuíferos de cobertera.

3.- El bombeo como la causa principal de la evolución del funcionamiento de estos 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.

La **Figura 4** muestra el seguimiento detallado de bombeos por acuíferos, de 1980/81 a 1999/00 y de 2007/08 – 08/09. 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 bombeo ha aumentado en los acuíferos inferiores y ha disminuido en los acuíferos de cobertera.

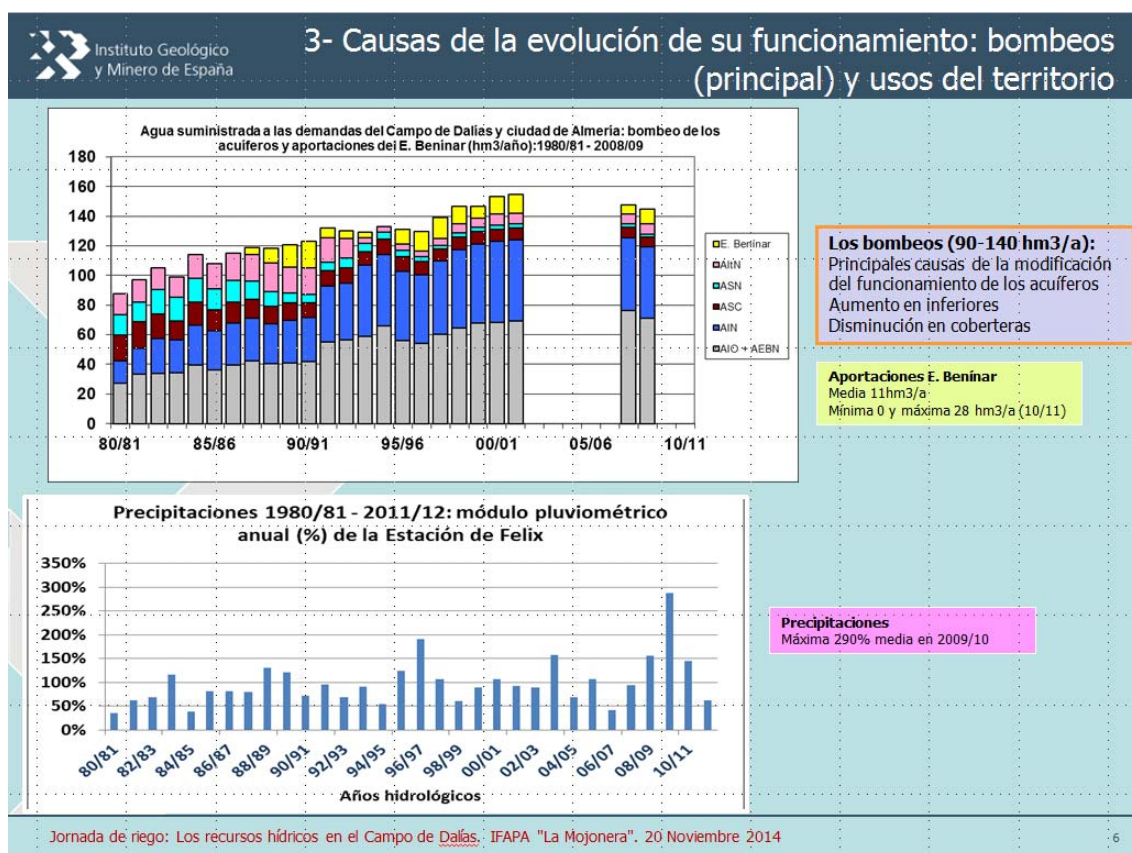


Figura 4: Superior: evolución (hm³/año) del bombeo global por acuíferos, y de las aportaciones del Pantano de Benínar para riegos del Campo: 1980/81 – 1999/00 y 2007/08-08/09. Inferior: precipitaciones en la estación pluviométrica de Felix, para el período 1980/81 a 2011/12 (100% corresponde al valor medio de la estación).

Se expone en la parte inferior de la **Figura 4** el carácter medio, seco o húmedo del período de observación (1980/81 – 2011/12) con los valores de casi 3 veces la media, en 2009/10 (el máximo de los últimos 73 años). En las siguientes figuras veremos el detalle del bombeo por áreas de los acuíferos inferiores.

Evolución del bombeo por áreas del AIO

Las evoluciones del bombeo en el AIO fueron: el aumento en todas sus áreas, de forma más acusada en la de El Tomillar y en la de Pampanico.

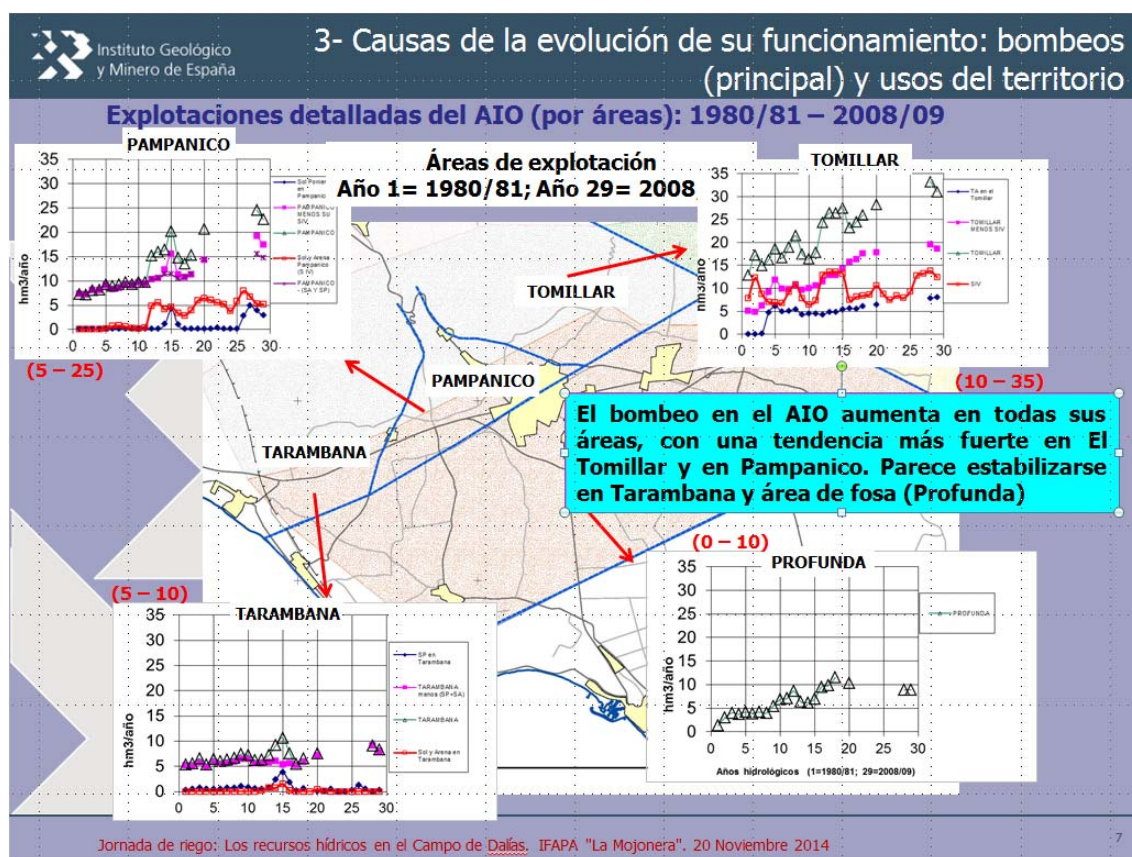


Figura 5: Extracciones del AIO, entre 1980/81 y 2008/09, por áreas de explotación (Tarambana, Pampanico, Tomillar y Profunda). El rango entre paréntesis indica, en cada caso, la variación temporal del bombeo en órdenes de magnitud. Año 1=1980/81; Año 29: 2008/09.

Evolución del bombeo por áreas del AIN

Las explotaciones del AIN se muestran en la **Figura 6**: en este acuífero inicialmente las extracciones se realizaban en su zona costera de Aguadulce. En ella, el bombeo quedó muy disminuido por aumento de la salinidad, pasando las extracciones de este acuífero a las áreas interiores, principalmente de El Águila (con aumento muy importante entre 1990/91 – 93/94) y de El Viso (con aumento progresivo entre 1989/90 y 1999/00).

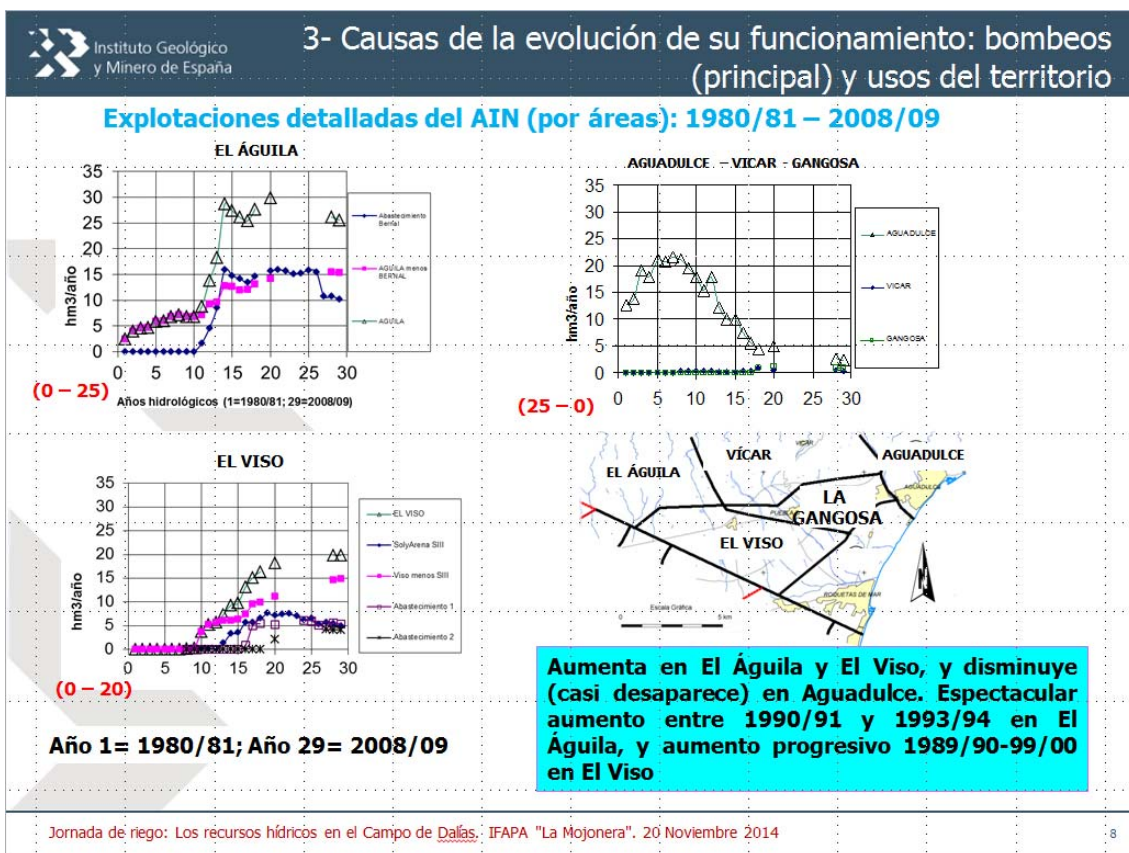


Figura 6: Extracciones del AIN, entre 1980/81 y 2008/09, por áreas de explotación (Aguadulce – Vícar - La Gangosa; El Águila y El Viso). El rango entre paréntesis indica, en cada caso, la variación temporal del bombeo en órdenes de magnitud. Año 1=1980/81; Año 29: 2008/09.

Evolución del bombeo en los acuíferos de cobertera: ASC, ASN y AItN

Tanto en el ASC como en el ASN y el AItN, se observó una disminución de la extracción, hasta valores muy bajos (Fig. 7). Estos cambios en los bombeos serán muy importantes, como se ha dicho para conocer la evolución del funcionamiento.

Cambios del funcionamiento en relación con los usos del territorio

Los usos del territorio (Fig. 8) también han provocado cambios en el funcionamiento de acuíferos: en la calidad general por los propios retornos (con entrada de sustancias transportadas por éstos) procedentes del exceso de los usos 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.

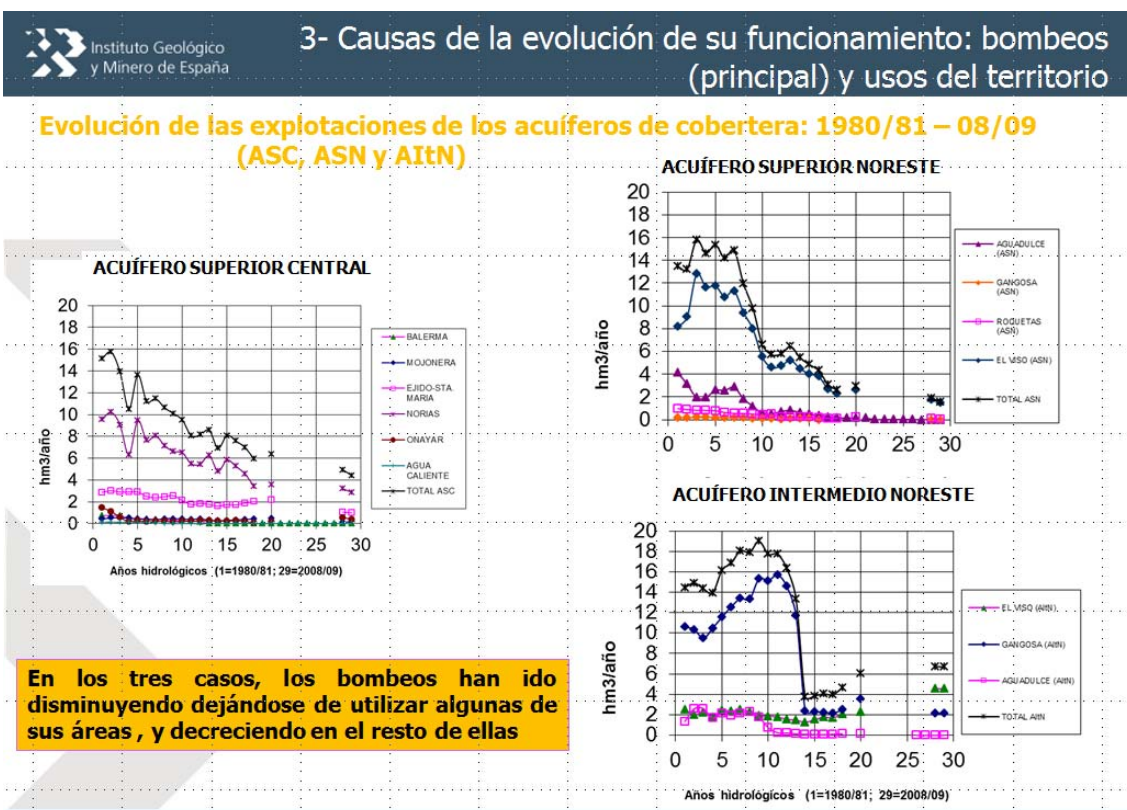


Figura 7: Extracciones en los acuíferos de cobertera entre 1980/81 y 2008/09, por áreas de explotación en cada caso. Año 1=1980/81; Año 29: 2008/09.

4.- Consecuencias del uso de estos acuíferos: efectos en la calidad general del agua

En la parte inferior de la **Figura 8** se muestra un ejemplo del efecto de las entradas desde las actividades antrópicas: la presencia cada vez mayor de concentración de nitratos en el agua de los acuíferos.

Por su importancia, la entrada de agua de mar, otro efecto de los usos de los acuíferos (del bombeo) en la calidad del agua (por salinización de ésta) se trata en un apartado específico, como se ha dicho.

Efecto del bombeo en la variación del nivel del agua de los acuíferos

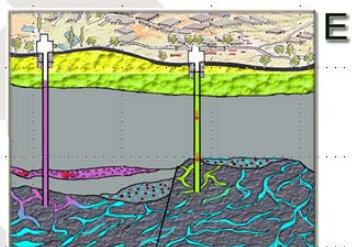
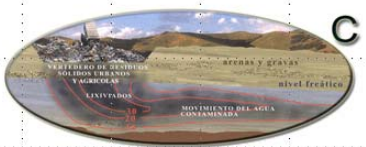
Los bombeos han tenido una repercusión muy importante en los niveles de los acuíferos.

Variación del nivel del agua del ASC

En la parte superior de la **Figura 9** se presentan los valores históricos del nivel del ASC (acuífero de cobertera).

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

Usos del territorio que afectan al funcionamiento (cantidad y calidad)



- 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

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

Ejemplo de consecuencias del uso en la calidad del agua: entradas de NITRATOS derivados de los retornos del uso sobre los acuíferos

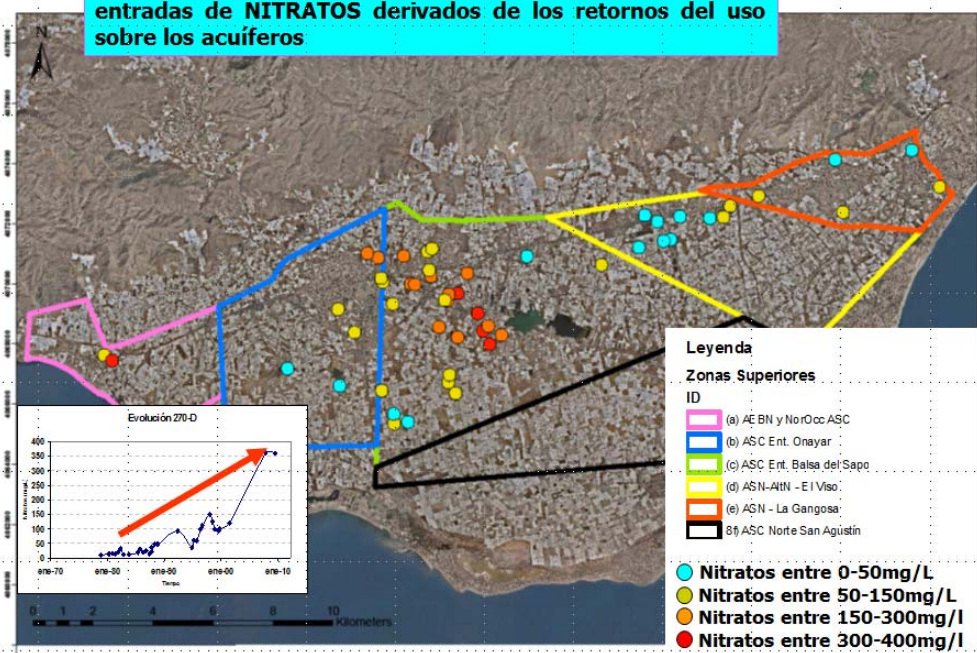
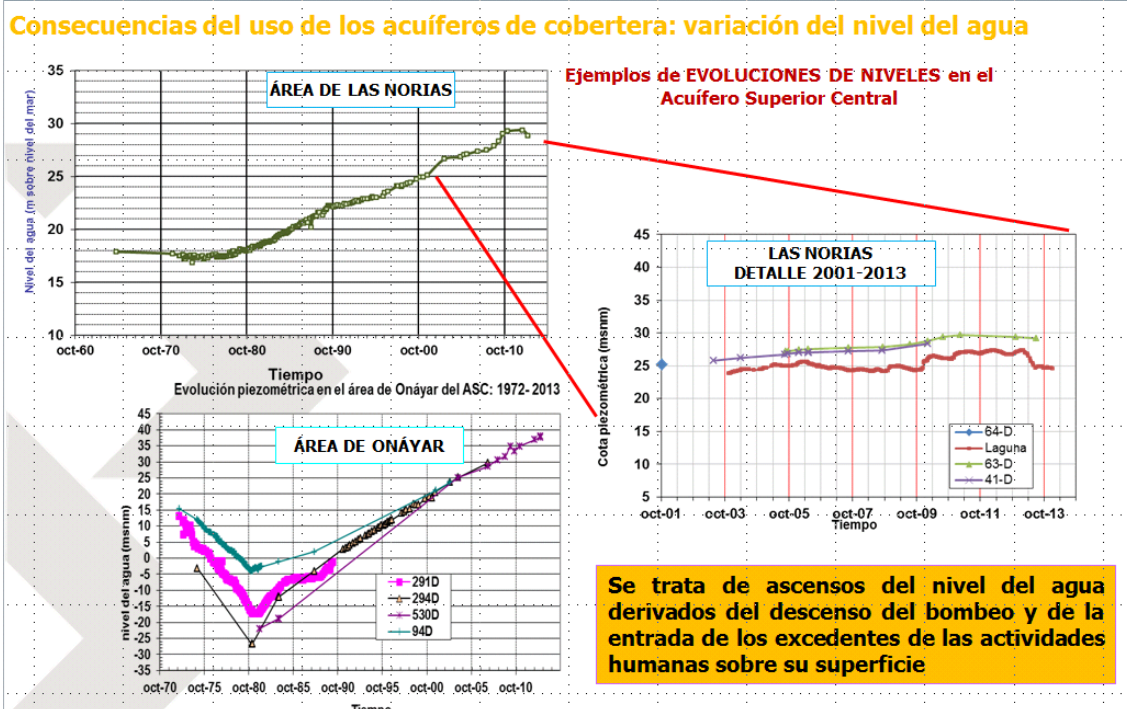


Figura 8: Superior: Usos del territorio que afectan al funcionamiento de los acuíferos: entradas de excedentes agrícolas; vertidos de residuos sólidos y líquidos y aguas residuales; conexión de acuíferos mediante sondeos mecánicos. Inferior: ejemplo de sus consecuencias: aumento del contenido en nitratos en el agua de los acuíferos.

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



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



Figura 9: Evolución del nivel del agua (msnm) en acuíferos de cobertera. **Superior:** ASC (área de Las Norias y de Onáyar). **Inferior:** coberteras del Sector Noreste: áreas de La Gangosa, El Viso y de Roquetas.

Se observaron aumentos del nivel en el área de Las Norias y recuperaciones de anteriores bombeos en Onáyar (Fig. 9), ya desde inicios de la década de 1980: son el efecto del descenso del bombeo y del aumento de los excedentes de las actividades humanas.

Variación del nivel del agua en los acuíferos de cobertera del Sector Noreste

La evolución de niveles en las coberteras del Sector Noreste (parte inferior de la Figura 9) 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 en estos acuíferos y el descenso en el AIN, se produjo una inversión de los flujos entre acuíferos en 1993.

Evoluciones piezométricas en los acuíferos inferiores

Los acuíferos inferiores reflejan el resultado del aumento de sus bombeos en el tiempo (Fig. 10).

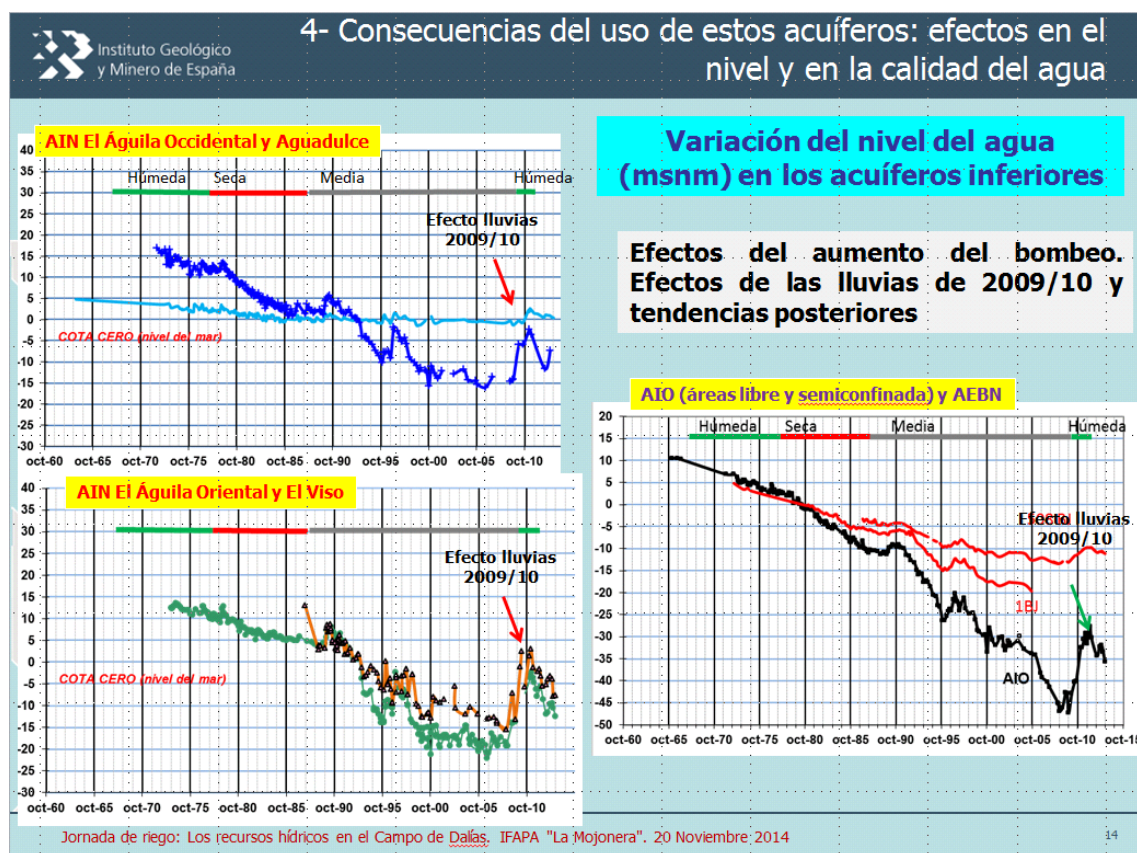


Figura 10: Evolución del nivel del agua (msnm) en los acuíferos inferiores. **Derecha:** AIO y AEBN. **Izquierda:** niveles en el AIN (zona occidental del área de El Águila; Aguadulce; zona oriental de El Águila; y El Viso (líneas: azul oscuro, azul claro, verde y naranja, respectivamente). Se indica el carácter húmedo, medio y seco de los años y la subida de niveles correspondiente a la recarga extraordinaria de 2009/10.

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.

5.- Intrusión marina el problema más limitante para el uso sostenible de estos acuíferos

Estos cambios han tenido como consecuencia más importante la entrada del agua del mar a 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. 11).

Como se ha dicho, ésta se produce por 3 sectores: Costa noreste de Roquetas, a través del AITN confinado hacia las capas libres y confinadas de La Gangosa y El Viso; 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 Balanegra: a través de la capa libre del AEBN hacia el AIO. Estos procesos se esquematizan en las Figuras 12 a 16.

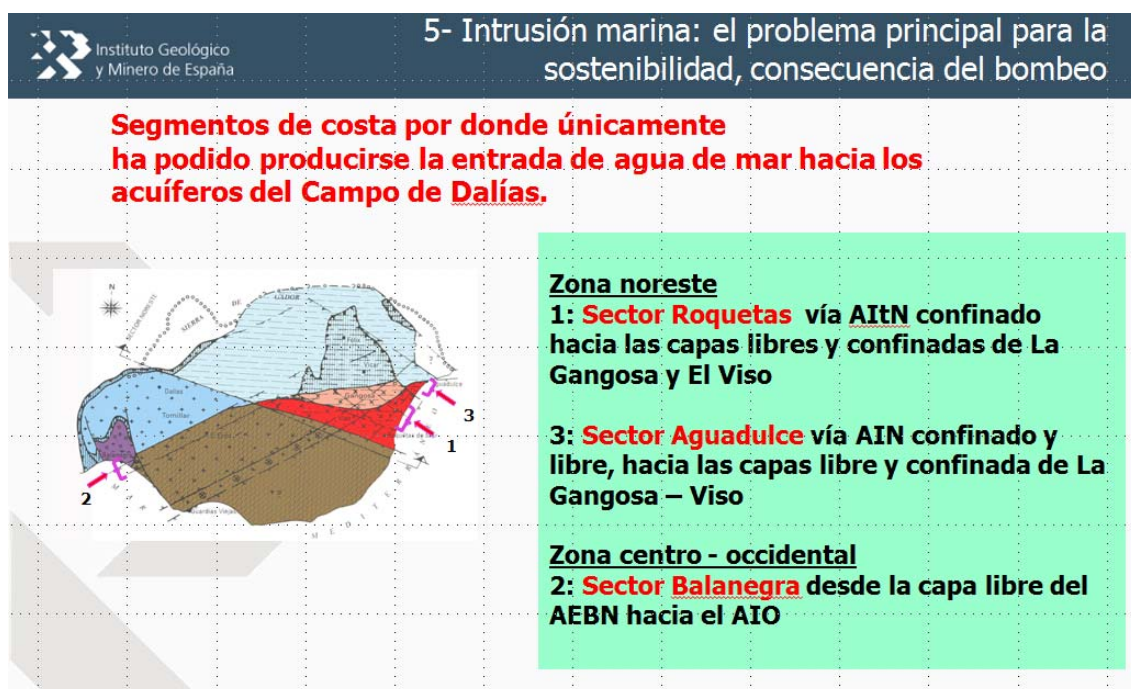


Figura 11: Localización de sectores de costa por donde únicamente ha podido producirse la entrada de agua de mar hacia los acuíferos del Campo de Dalías.

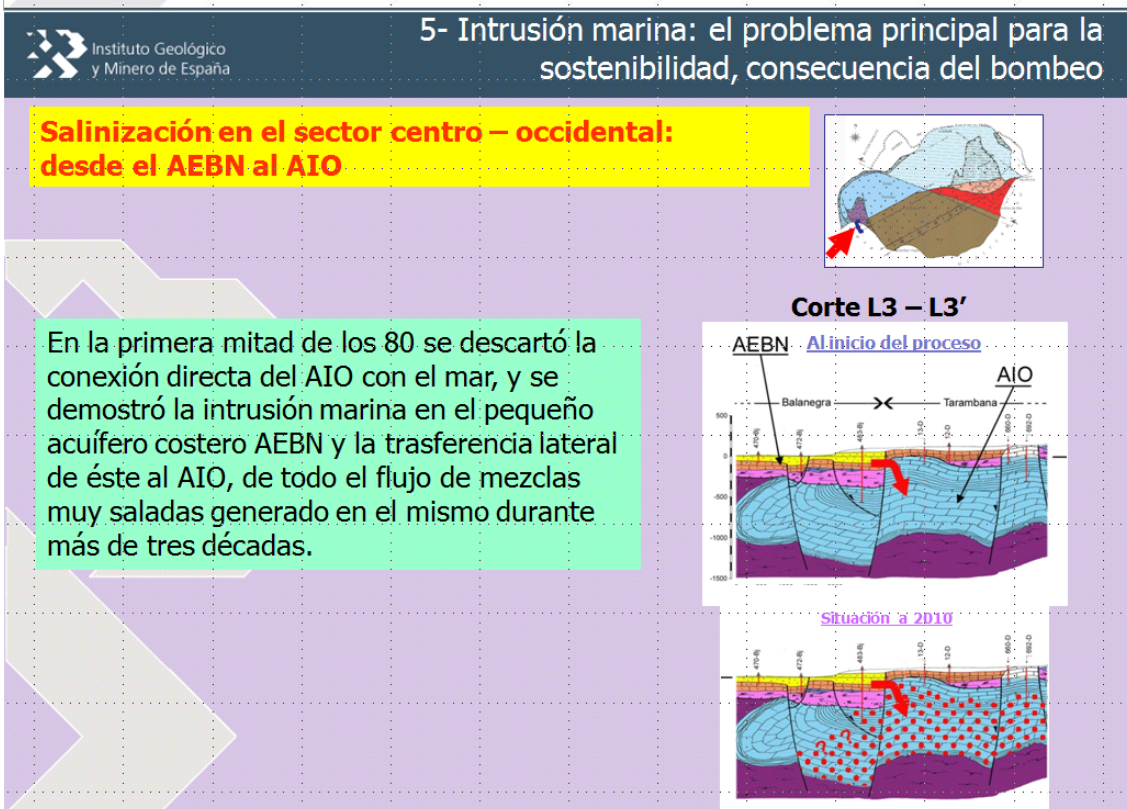
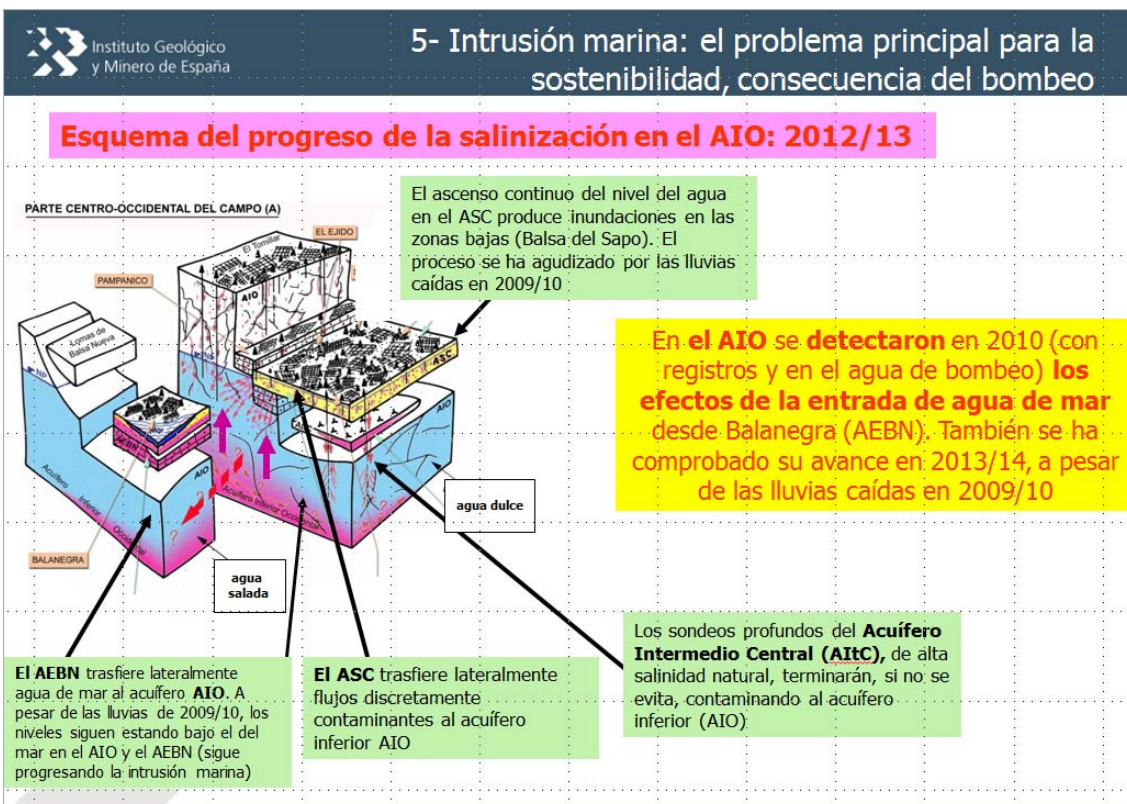


Figura 12: Superior Esquema del progreso de la salinización en el AIO. Inferior: geometría de la zona centro – occidental (áreas de Balanegra y Tarambana) con indicación de la influencia de la salinización en los fondos de las captaciones, detectada en 2010 (traza de puntos rojos).

Intrusión marina en la Zona Centro –Occidental del Campo

En la parte superior de la **Figura 12** se presenta un esquema sobre la transmisión del agua de mar desde el AEBN hacia el AIO. Se observa el AEBN 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 parte inferior de la figura se detalla la estructura en el corte del terreno que pasa por las áreas de Balanegra y Tarambana (ver traza en **Figura 13**) y el efecto de la salinización.

En 2010 se observó esta influencia de la entrada de agua de mar desde el AEBN al AIO hasta más de 8 km de la costa de Balanegra (la situación de los puntos afectados se incluye en la **Figura 13**).

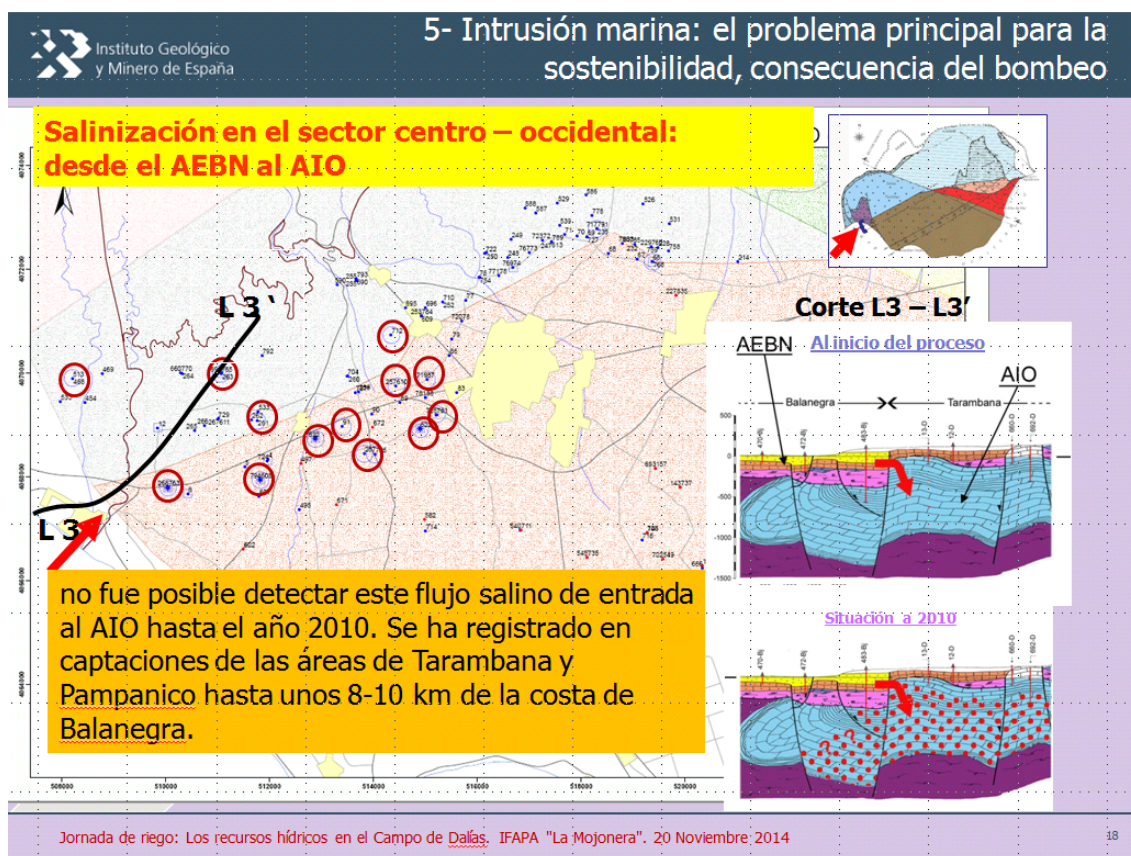


Figura 13: Captaciones del AIO afectadas por la entrada de agua de mar desde el acuífero costero AEBN, en las áreas de Tarambana y Pampanico.

Intrusión marina en la Zona Noreste del Campo

La **Figura 14** muestra un esquema de estructura y situación del agua salada y dulce en el Sector Noreste del Campo. En 2006, el bombeo en las zonas interiores de explotación

del AIN era de agua dulce; con la extracción, en 2009 ya se observó agua salada en algunas captaciones de ambas zonas.

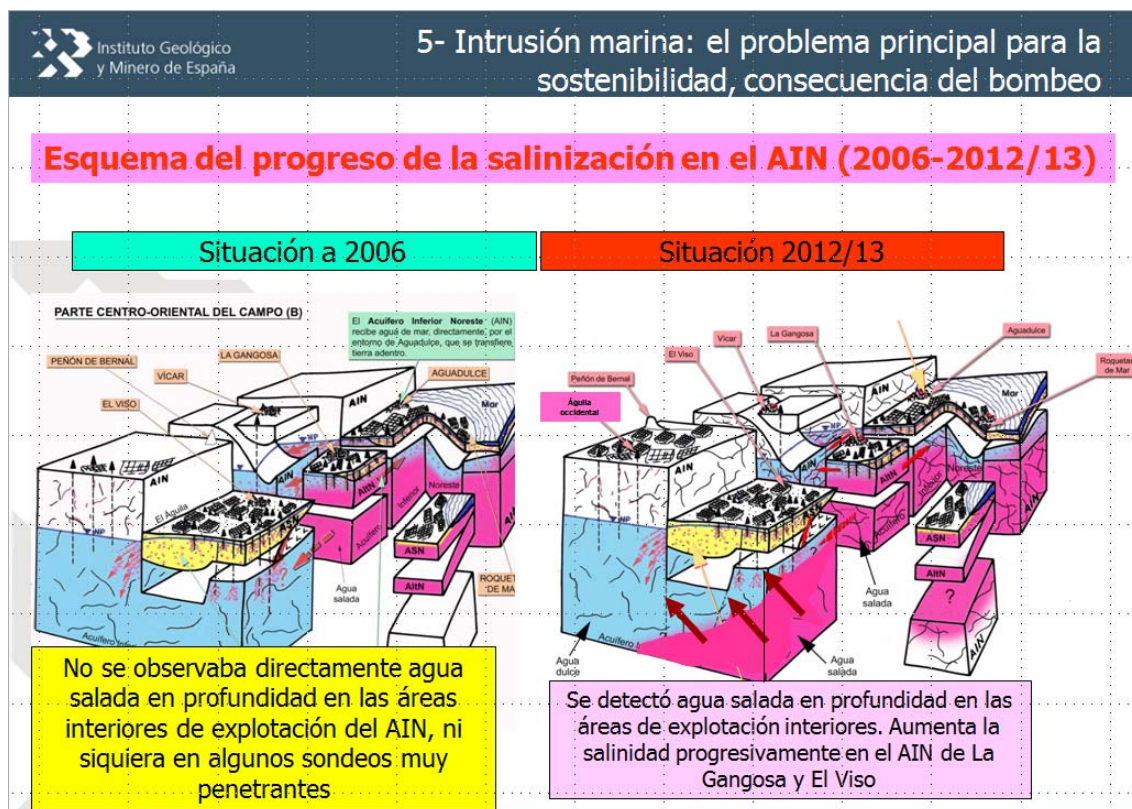


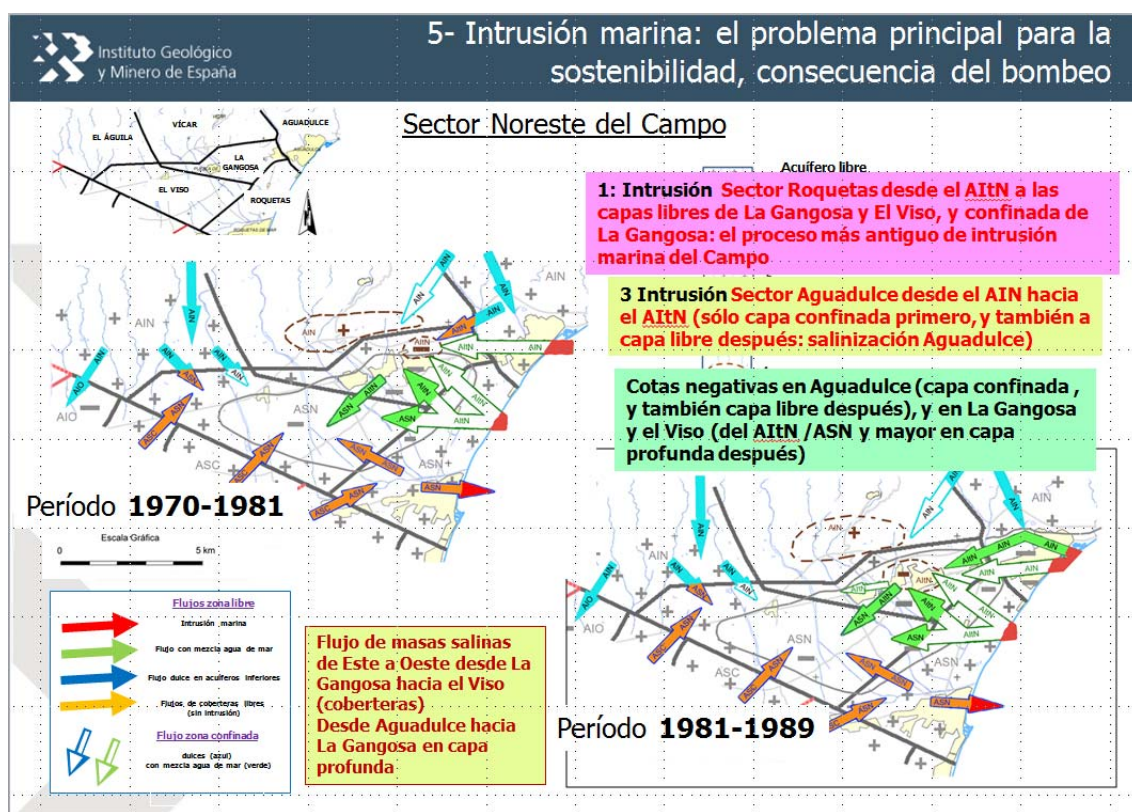
Figura 14: Esquema del progreso de la salinización en el AIN, donde se incluye la situación en 2006 y la existente en la actualidad. En color azul el agua dulce; en color rojo el agua salada.

El estudio de la entrada de mar en el Sector Noreste es muy complejo. Para ello, se han analizado y relacionado los bombeos existentes, en distintos períodos, con los niveles 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 las distintas capas de acuíferos y áreas relacionadas de los mismos.

Se han considerado 4 períodos: 1970-81, 1981-89, 1989-09 y 2009-13. En la **Figura 15** se describen las situaciones de los 2 primeros períodos: **1970-81** y **1981-89**. Las flechas indican el origen de los flujos, sus vías 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 naranja flujos de calidad natural mediocre).

En el período inicial (1970-1981) se presenta 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 se presenta la entrada de agua de mar posterior, desde la capa profunda de Aguadulce hacia La Gangosa (capa profunda).

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



Jornada de riego: Los recursos hídricos en el Campo de Dalías. IFAPA "La Mojonera". 20 Noviembre 2014

20

Figura 15: Evolución de flujos de masas con mezclas 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.

Para 1989-09 y 2009-13 (Fig. 16), en ambos periodos, en los acuíferos de cobertera de La Gangosa y El Viso, así como en el AIN libre de Aguadulce, las captaciones van abandonándose. En las coberteras van recuperándose los niveles del agua, que llegaron a cotas por encima de las de los 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 transfieren a las áreas de explotación aludidas del AIN.

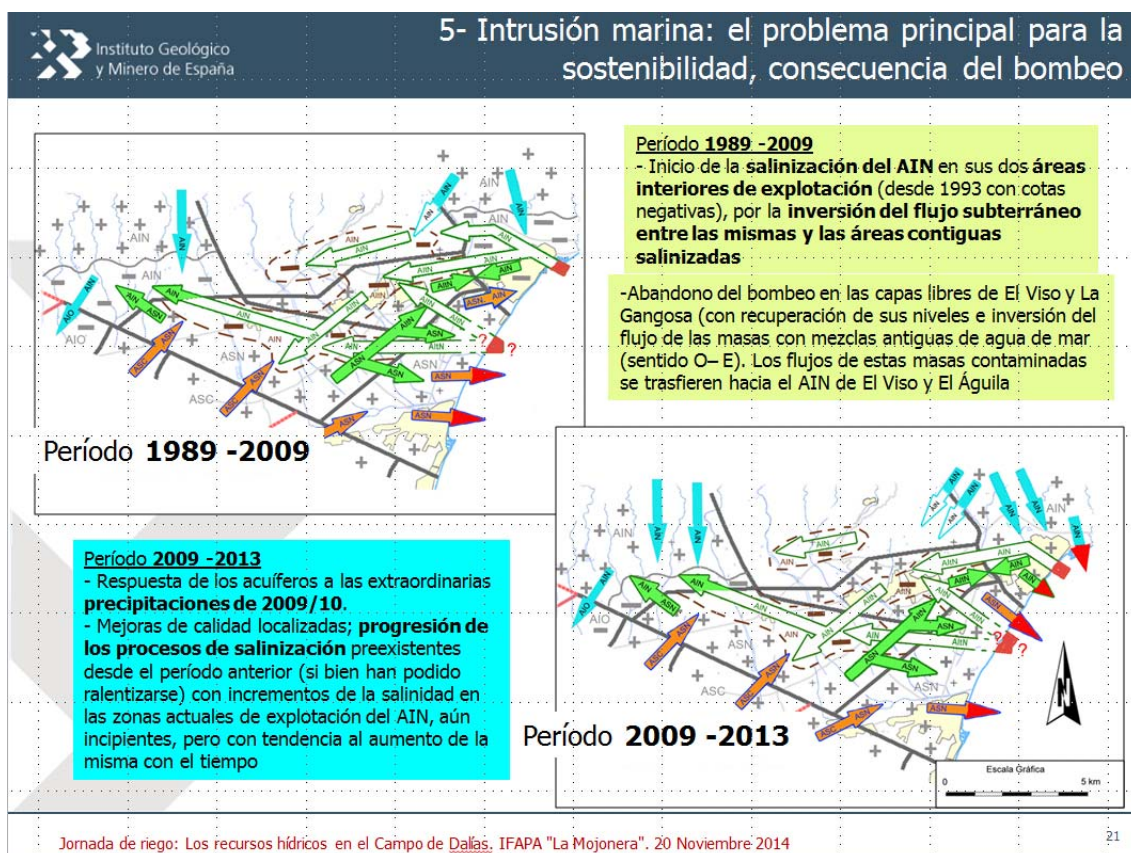


Figura 16: Evolución de flujos de masas con mezclas de agua de mar en las capas libres y confinadas del Sector Noreste del Campo, procedentes de intrusión marina (activa o antigua) por los tramos costeros de Roquetas y Aguadulce. Períodos 1989-2009 y 2009-2013.

En el período 2009-13 ocurre la recarga extraordinaria a raíz de las precipitaciones de 2009/10. Hay recuperaciones de niveles del agua y mejoras localizadas de la calidad, pero siguen los procesos de intrusión en las zonas ya afectadas del AIN en el período anterior, y sólo, en algún período y zona, las cotas suben sobre la del mar de forma transitoria.

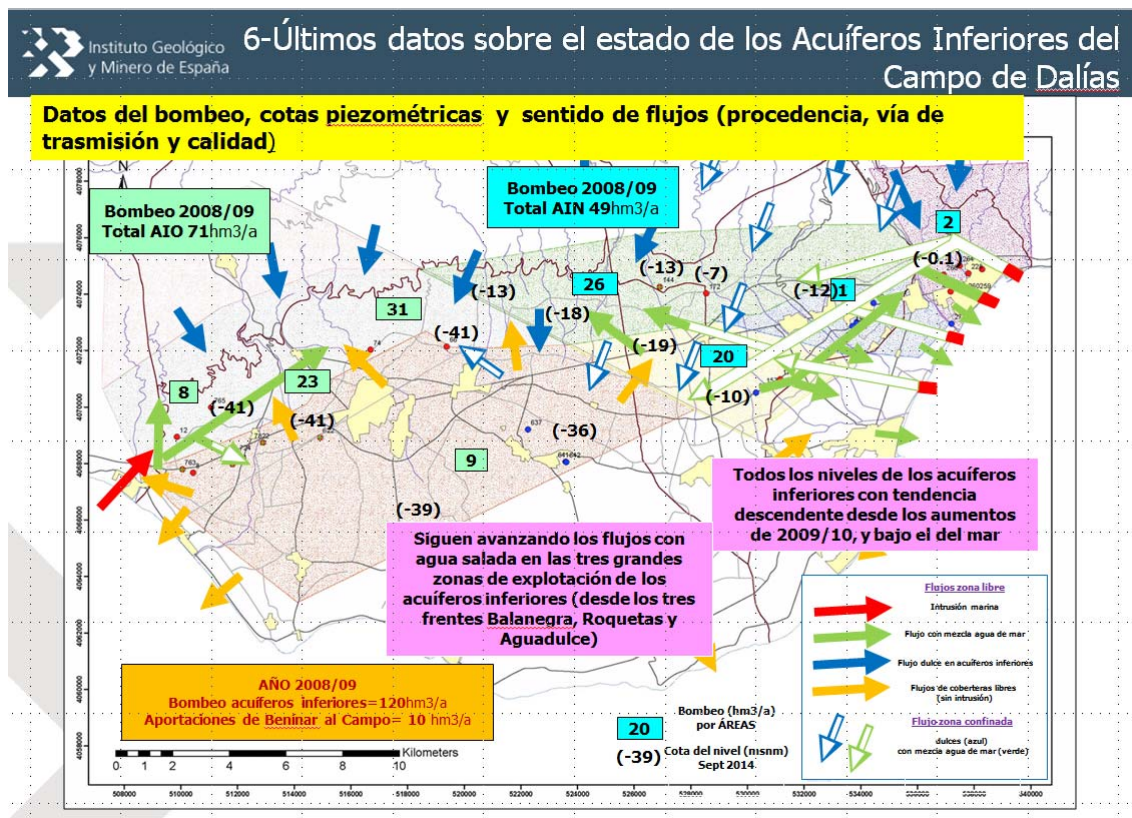
6.- Últimos datos de los acuíferos inferiores del Campo

En la **Figura 17** se muestran los últimos datos sobre el estado actual de los acuíferos inferiores.

El esquema, incluido en la **Figura 17**, 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. Para el año 2008/09 el bombeo total de los acuíferos inferiores fue de 120 hm³. De ellos, 71 correspondieron al AIO (8 en

Tarambana; 23 en Pampanico; 31 en El Tomillar y 9 en el área de fosa) y 49 al AIN (26 a El Águila - Vúcar; 20 a El Viso; 1 y 2 a La Gangosa y Aguadulce, respectivamente).



Jornada de riego: Los recursos hídricos en el Campo de Dalías, IFAPA "La Mojonera". 20 Noviembre 2014

22

Figura 17: Últimos datos disponibles del bombeo (año 2008/09), la cota piezométrica (de septiembre de 2014), con indicación de transferencia de flujos con mezcla de agua de mar.

La aportación de Benínar al Campo fue, en dicho año, de 10 hm³ (su valor medio).

Los niveles piezométrico (en septiembre de 2014) (Fig. 17) fueron: en el AIO, de - 41 msnm en todas sus áreas del AIO, 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 Vúcar; -12 en la de La Gangosa; y -0,1 msnm en Aguadulce. Es decir, **todos los niveles son 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 17. Siguen avanzando los flujos salados desde los tres frentes AEBN → AIO; Aguadulce (AIN) hacia las zonas interiores; Roquetas (AItN) hacia la capa profunda en La Gangosa – El Viso; hacia El Águila desde El Viso (AIN) y desde Aguadulce por la zona confinada del AIN bajo el impermeable del área de Vúcar. También, desde las coberteras de El Viso hacia el AIN subyacente y hacia el AIN libre de El Águila.



Orientaciones para la reordenación preliminar de bombeos: Zona Centro-Occidental del Campo.

Se detecta la salinización a 8-10 km desde la costa de Balanegra. Produce una pérdida preocupante de reservas dulces; no puede seguirse su progresión porque no hay sondeos para esta observación. En la parte superior de la **Figura 18** se muestra la propuesta de alternativas para esta zona del Campo de Dalías. También se localizan las captaciones muestreadas en octubre de 2014, destacando en rojo aquellas afectadas por procesos de salinización. Las alternativas consideradas son las siguientes:

Alternativa a) Reducción drástica y rápida del bombeo en el AIO, así como aprovechamiento máximo de la capacidad del Canal de Benínar (en los tiempos no ocupados por aportes regulados), para trasvasar excedentes no regulados, sin utilizar en el Bajo Adra, del sistema Benínar – Fuente Marbella; se trata de incorporar estos excedentes a los recursos de sustitución de parte de los bombeos de los acuíferos inferiores (incluso podrían recargarse en el AIO para acelerar el ascenso de sus niveles).

Alternativa b) Disminución/ anulación de flujos salados hacia el AIO procedentes del AEBN, mediante las tecnologías más adecuadas. Tendrían que continuarse los estudios y trabajos (ya iniciados en la década de 1980 y Fase I) de viabilidad de la recarga de excedentes del Adra en sondeos preexistentes del AEBN, para generar un umbral piezométrico en este pequeño acuífero poroso. Los trabajos de la antigua DGOH / Organismo de cuenca sobre la mejora de la regulación del Río Adra (no conocidos en este momento) podrán tener gran utilidad para la toma de decisiones de gestión.

Orientaciones para la reordenación preliminar de bombeos: Zona Noreste del Campo

Las características del **AIN en el Viso** (por su confinamiento, mayor proximidad a las zonas de costa de entrada de agua de mar, mayor afección de las captaciones existentes en esta área) hacen que se le confiera una **atención prioritaria, con cancelación rápida del total de sus bombeos**. Si sigue deteriorándose, subirán sus niveles (ya que se dejará de usar) y aumentará la transferencia (en cantidad y salinidad) desde esta zona del AIN al área de El Águila, y al AIO (ver parte inferior de la **Figura 18**).

En el caso del **área de El Águila** (donde el carácter libre hace que sea mayor la facilidad de recarga) se propone, como objetivo deseable, la **disminuir (drástica y rápida) de sus bombeos**, para situar sus niveles a la cota cero, **cancelando 17 hm³/año destinados al abastecimiento urbano** (de la capital y de los términos municipales de La Mojonera y Vícar), lo que dejaría su bombeo en 9 hm³/año, volumen que habría que intentar reducir más.

Instituto Geológico y Minero de España **6-Consideraciones acerca de la reordenación preliminar de bombes, derivadas de la Fase I de Programa de sostenibilidad**



Instituto Geológico y Minero de España **6-Consideraciones acerca de la reordenación preliminar de bombes, derivadas de la Fase I de Programa de sostenibilidad**

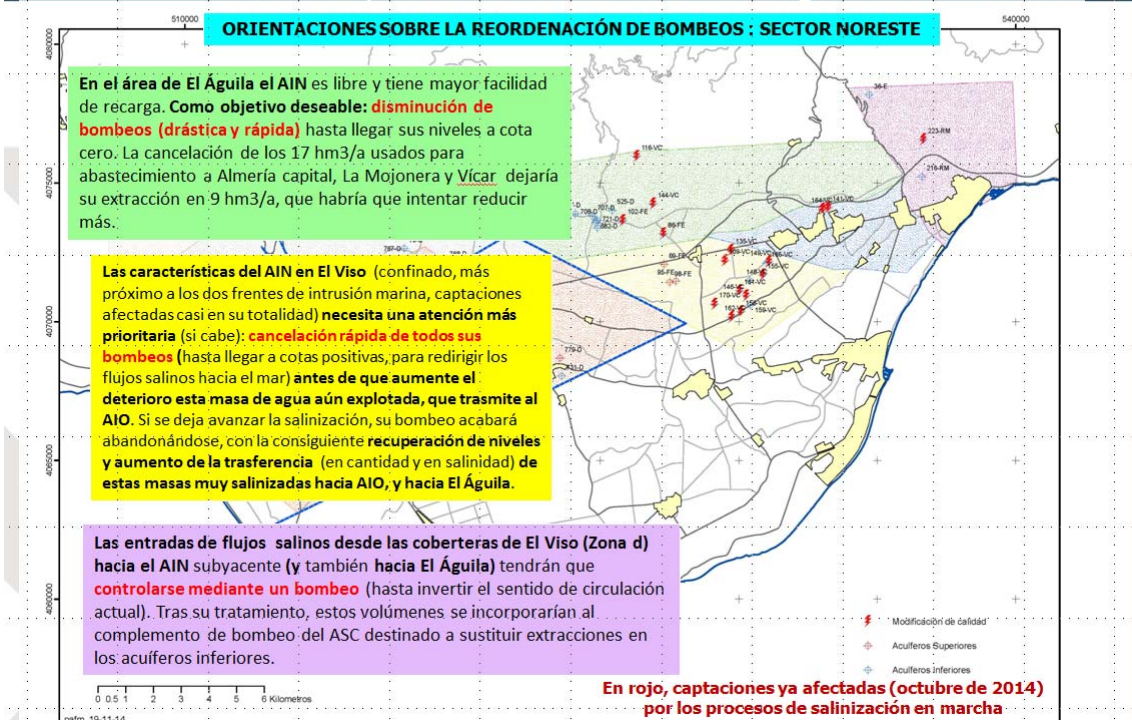


Figura 18: Propuestas de alternativas para la orientación preliminar de bombes en la Zona Centro - Occidental (parte superior) y Sector Noreste del Campo (parte inferior).

Las entradas de **masas salinas desde la cobertera de El Viso (zona estratégica d)** hacia su AIN subyacente y hacia el de El Águila, tendrían que **controlarse mediante un bombeo**, que invirtiera el actual sentido de circulación de esta transferencia, incorporando el volumen obtenido al complemento de extracciones del ASC, para sustitución de bombeos en los acuíferos inferiores.

Como para el caso del AIO, en la parte inferior de la **Figura 18** se localizan las captaciones muestreadas en octubre de 2014, destacando en rojo aquellas afectadas por el aumento de la salinización.

Actuaciones fundamentales y sus objetivos concretos para la reordenación preliminar de bombeos

Como resumen general en apoyo a la reordenación, en la **Figura 19** se reflejan las actuaciones fundamentales y los objetivos correspondientes de cada una de ellas, según los trabajos de la Fase I.

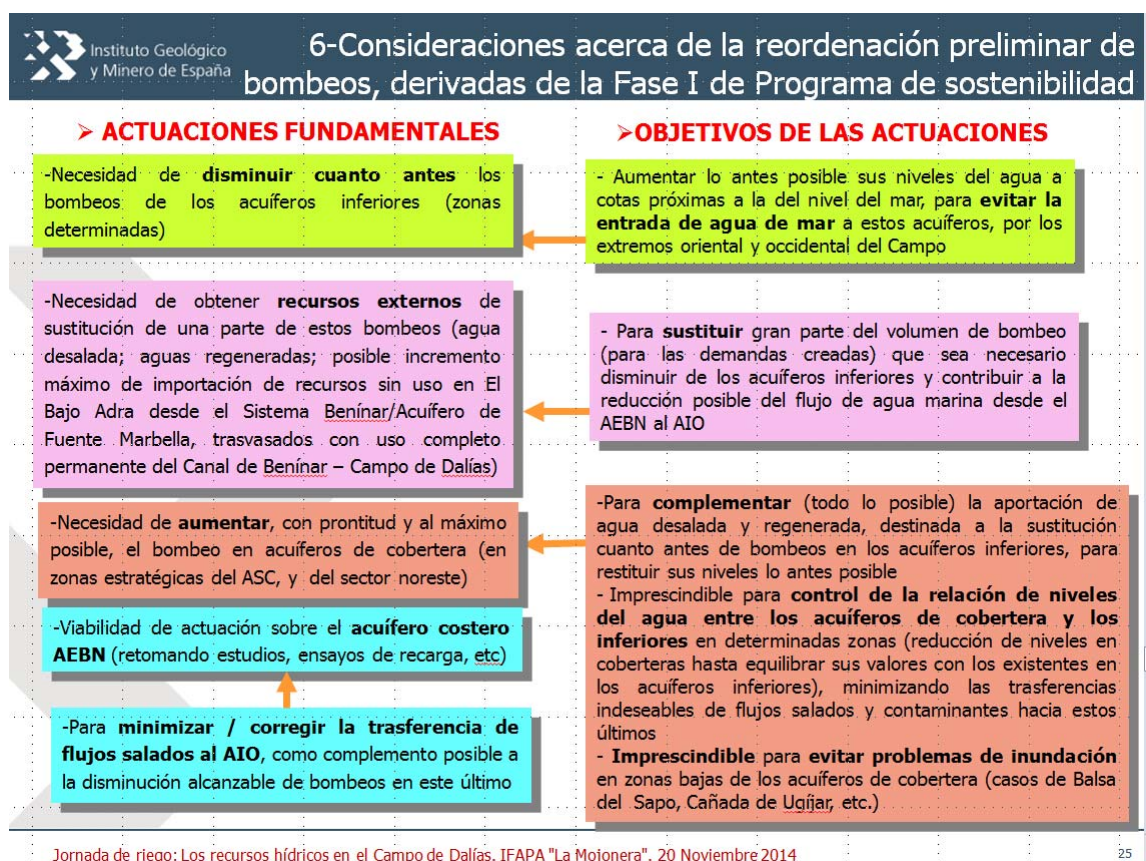


Figura 19: Actuaciones fundamentales acerca de la reordenación preliminar de bombeos, derivadas de la Fase I y sus objetivos correspondientes.

Para el caso de los acuíferos de cobertera, los resultados preliminares derivados de la Fase I en apoyo a la reordenación de bombeos se exponen seguidamente (**Fig. 20**).

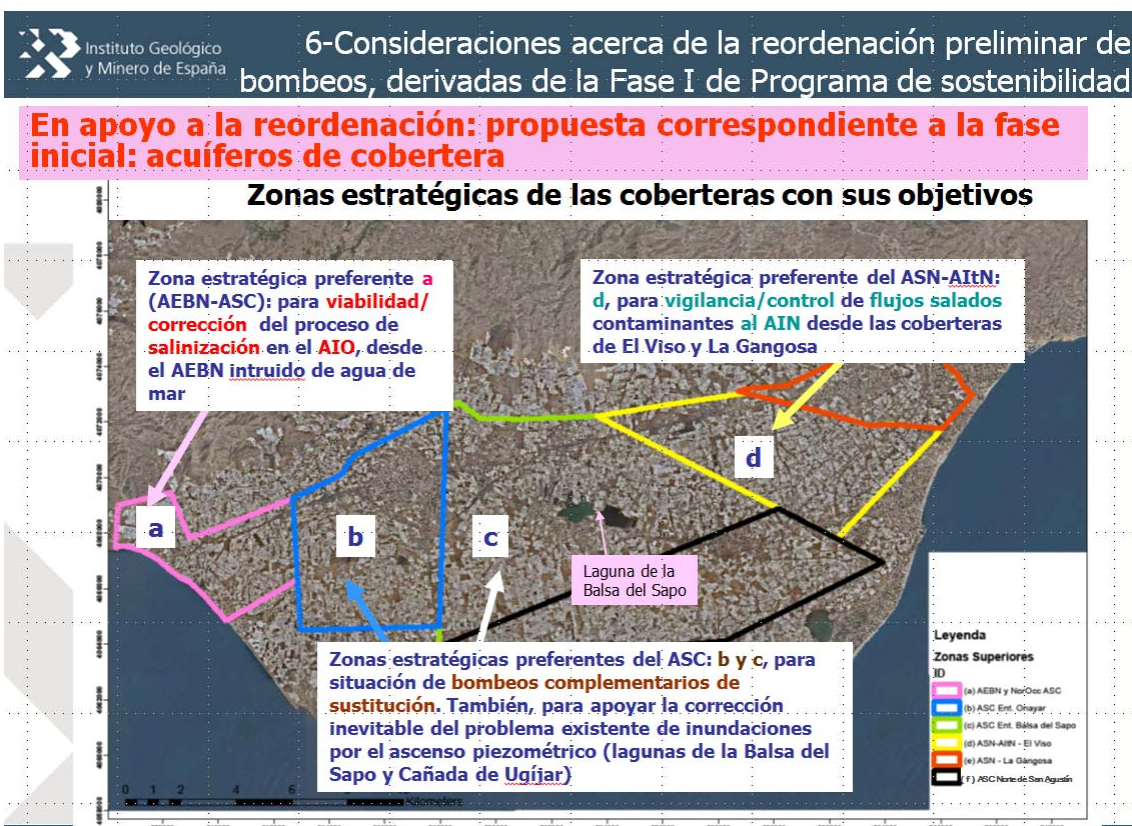


Figura 20: Propuesta preliminar de reordenación de bombeos derivada de la Fase I del Programa de sostenibilidad. Situación de Zonas Estratégicas Preferentes de los acuíferos de cobertera (zona a; zona b; zona c y zona d) con sus objetivos correspondientes.

En relación con la selección inicial de zonas de interés de **aumento** del bombeo en acuíferos de cobertera, se han seleccionado 3 zonas de interés (**Fig. 20**) en los **Acuíferos de cobertera para aumento del bombeo**:

- 2 zonas (las **Zonas b y c del ASC**) para localizar bombeos con los que obtener **recursos complementarios** de sustitución y contribuir a la inevitable y fácil corrección del problema creciente de inundaciones (mediante bombeo). Con la construcción de un modelo simplificado de flujo, en ellas se ha iniciado el análisis de viabilidad de algunas alternativas de incremento del bombeo, incluyendo bombeo directo de la laguna de la Balsa del Sapo (variable al limitarse al mantenimiento del nivel de protección de la misma). Precisa de nuevas captaciones y de algunos puntos de observación

- 1 zona (la **Zona d del ASN-AItN**) para **vigilancia de la eventual contaminación por trasferencia de flujos** con mezcla de agua marina desde el ASN – AItN, al AIN de El Viso y El Águila.

En relación con la viabilidad de actuación sobre el **acuífero costero AEBN** para proteger el AIO frente a la entrada de agua salada desde el AEBN, se ha construido un **modelo simplificado** de flujo del AEBN, que ha quedado pendiente de explotación,



para simular distintas alternativas para protección del AIO. Requiere ensayos de recarga en puntos preexistentes.

7.- Algunas consideraciones finales.

Se trata de las siguientes:

- El **conocimiento alcanzado** hasta la fecha del **proceso de salinización por intrusión de agua de mar en los acuíferos inferiores** (originado por su excesivo bombeo) confirma su **progresión**, que empieza a afectar a las **áreas de explotación, que aún eran dulces al inicio del 2000**, lo que se destaca como un **riesgo grave** a considerar por los gestores y usuarios, al reclamar la **aceleración de todas las actuaciones** que puedan concurrir en la corrección de este problema.

- Las **precipitaciones más cuantiosas y favorables para la recarga de estos acuíferos** (ocurridas en 2009/10) no han cambiado sustancialmente las **condiciones físicas** por las que se produce la entrada de agua salada a dichas zonas de explotación de los acuíferos inferiores en la llanura.

- Dada la conexión hidráulica entre estos acuíferos y su problema de salinización en marcha, **el tiempo que pase sin corregirlo** juega a favor de **la pérdida de volúmenes disponibles de agua dulce de los inferiores y del aumento de las dificultades para lograr dicho objetivo**.

- La deseable **eficacia** en la **aplicación del Programa** de apoyo a la sostenibilidad de estos acuíferos, iniciado a mediados de 2008, plantea **incertidumbres si no se tienen en cuenta sus requerimientos** en cuanto al cumplimiento de sus exigencias de continuidad en sus tiempos y medios económicos (entre ellos la de dotarle de un **equipo propio** muy especializado en este medio hidrogeológico concreto, capacitado para un eficiente asesoramiento a su gestión).

- Pese a las circunstancias descritas sobre la situación de salinización avanzada de estos acuíferos, **sus reservas y recursos renovables de agua dulce**, aún notables, **son susceptibles de conservación y protección si pudieran acelerarse las medidas correctoras de este proceso destructivo**, afrontándolo ya con diligencia, aunque presentará grandes dificultades y exigencias.

- La obtención de agua dulce para sostener las demandas agrícolas y urbanas (aparte de la desalación y la regeneración) requerirá siempre **bombeos desde zonas determinadas de las coberteras**, para **controlar los problemas de inundación en zonas bajas** (causados por el inevitable ascenso de niveles en las mismas por la infiltración de excedentes de los usos). Este bombeo, diseñado convenientemente, podrá servir para **complementar** los volúmenes a obtener **de recursos de sustitución** para disminuir los bombeos en los acuíferos inferiores.



- Para **sostener las demandas** agrícolas y urbanas del Campo (del orden de 145 hm³/año), en unos 2-4 años podría reunirse un volumen de recursos de sustitución (para la disminución de bombeos en los acuíferos inferiores) de unos 97-102 hm³/año, de la siguiente manera: 32 (desalación); 15 (regeneración); 25-30 (sistema Benínar – Fte Marbella); 25 (bombeos en el ASC, complementarios a los preexistentes).
- Una discusión **multidisciplinar del problema de gestión** planteado, abierto a especialistas en sus aspectos técnicos, económicos, ambientales, etc., podría ayudar a sus responsables en la toma de decisiones más razonables sobre dicho problema.
- La **implicación imprescindible** de los **agentes involucrados** en los problemas de gestión podría mejorar si se invirtiera la situación de **escaso eco social** que tienen **la importancia y la evolución del estado de estos acuíferos**, que constituyen el soporte principal de la agricultura intensiva y del abastecimiento a las poblaciones de la zona y de la capital, durante décadas, aún vigente.