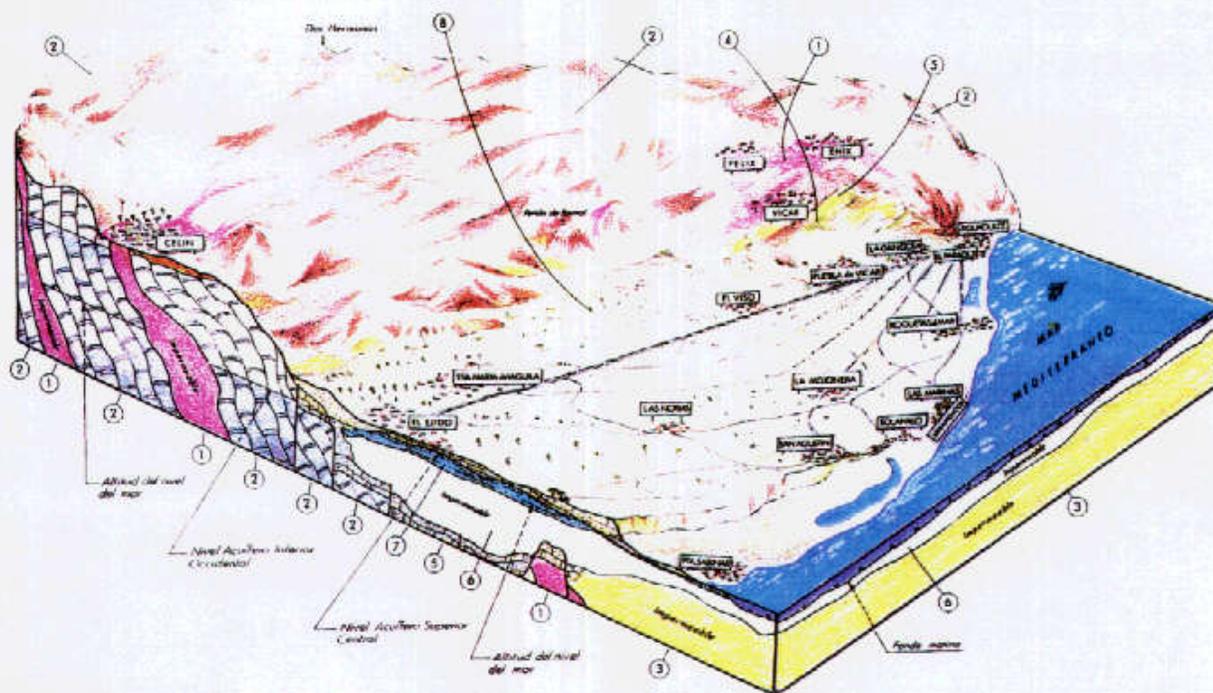


# SINTESIS HIDROGEOLOGICA DEL CAMPO DE DALIAS (ALMERIA) PROPUESTA DE PRIMERAS ACTUACIONES DE INVESTIGACION Y GESTION



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOLOGIA AMBIENTAL

JUNIO 1989

30690

**SINTESIS HIDROGEOLOGICA DEL CAMPO DE DALIAS (ALMERIA). PRO-  
PUESTA DE PRIMERAS ACTUACIONES DE INVESTIGACION Y GESTION.**

**JUNIO 1.989**

**Realizado por:**

**A. González Asensio**

**P. Domínguez Prats**

**30690**

## INDICE

	PAG
1. INTRODUCCION	1
2. DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS	7
2.1. ACUIFEROS DEL SECTOR CENTRO-NOROESTE DEL CAMPO	7
2.1.1. Acuífero Superior Central (A.S.C.)	8
2.1.2. Acuífero Inferior Occidental (A.I.O.)	14
2.2. ACUIFEROS DEL SECTOR NORESTE DEL CAMPO	22
2.2.1. Acuífero Inferior Noreste (A.I.N.)	24
2.2.2. Acuífero Intermedio Noreste (A.It.N.)	30
2.2.3. Acuífero Superior Noreste (A.S.N.)	37
2.3. OTROS ACUIFEROS DEL CAMPO Y SU ENTORNO	46
2.4. EL CAMPO DE DALIAS COMO CONJUNTO	50
3. UTILIZACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	54
4. EL PROBLEMA DE LA INTRUSION MARINA	56
4.1. INTRUSION MARINA EN LA ZONA OCCIDENTAL	57
4.2. INTRUSION MARINA EN EL A.I.N.	60
4.3. INTRUSION MARINA EN EL A.It.N.	64
4.4. INTRUSION MARINA EN EL A.S.N.	67
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1. ESQUEMA ELEGIDO PARA SISTEMATIZAR LAS ACTUACIONES DE INVESTIGACION EN LA GESTION DE UN SISTEMA - HIDRAULICO. CONSIDERACIONES SOBRE EL SISTEMA EN - QUE DEBEN INCLUIRSE LOS ACUIFEROS DEL CAMPO	71
5.2. RECOMENDACIONES O PROPUESTAS GENERALES DE INVES-	

	PAG
TIGACION PARA LA GESTION -Y DE GESTION PROPIAMEN- TE DICHA- DE LOS ACUIFEROS DEL CAMPO, BASADAS EN- EL CONOCIMIENTO ACTUAL SOBRE LOS MISMOS	72
5.2.1. Acuífero Superior Central	79
5.2.2. Acuífero Inferior Occidental	86
5.2.3. Acuífero Inferior Noreste	95
5.2.4. Acuífero Intermedio Noreste	103
5.2.5. Acuífero Superior Noreste	111
5.2.6. Medidas directas de gestión para el conjun- to de Acuíferos del Campo	119
5.3. SELECCION DE ACTUACIONES DE GESTION DE MEDIDAS - MAS URGENTES, CORRECTORAS DEL PROCESO DE INTRUSION MARINA	130
5.3.1. Ejemplo de posible alternativa de aplica- ción, con caracter inmediato, de las medidas correctoras del proceso de intrusión marina en las zonas de Aguadulce, La Gangosa-El Vi so-Roquetas y Balanegra.	134
5.4. CONSIDERACIONES FINALES	143

## INDICE

### FIGURAS

- FIGURA 1. PLANO HIDROGEOLOGICO ESQUEMATICO DEL CAMPO DE DALIAS
- FIGURA 2. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS PRINCIPALES ACUIFEROS DEL CAMPO DE DALIAS
- FIGURA 3. ESQUEMA DE FLUJO SUBTERRANEO EN EL A.S.C.
- FIGURA 4. EXPLOTACION POR BOMBEO DEL A.S.C. AÑO 1987/88
- FIGURA 5. ESQUEMA DE FLUJO SUBTERRANEO EN EL A.I.O.
- FIGURA 6. EXPLOTACION POR BOMBEO DEL A.I.O. AÑO 1987/88
- FIGURA 7. ESQUEMA PIEZOMETRICO DE LOS ACUIFEROS DEL SECTOR NORESTE. (FEBRERO 1987)
- FIGURA 8. EXPLOTACION POR BOMBEO DE LOS ACUIFEROS DEL SECTOR NORESTE. AÑO 1987/88
- FIGURA 9. ESQUEMA DE FLUJO DEL A.E.B.N. (OCTUBRE 1987)
- FIGURA 10. ESQUEMA DE BALANCES HIDRICOS (1986/87)
- FIGURA 11. ESQUEMA DE SITUACION DE LA INTERFASE EN EL A.E.B.N. (NOVIEMBRE 1981 - DICIEMBRE 1988)
- FIGURA 12. ESQUEMA DE SITUACION DE LA INTERFASE EN EL A.I.N. DEL AREA DE AGUADULCE (AÑO 1972 - ABRIL 1989)
- FIGURA 13. ESQUEMA DE SITUACION DE SONDEOS DE INVESTIGACION

ACION Y CONTROL EN EL ACUIFERO SUPERIOR CENTRAL

FIGURA 14. ESQUEMA DE SITUACION DE SONDEOS DE INVESTIGACION Y CONTROL EN EL ACUIFERO INFERIOR OCCIDENTAL (INCLUYE A.E.B.N. Y A.H.G.V.)

FIGURA 15. ESQUEMA DE SITUACION DE SONDEOS DE INVESTIGACION Y CONTROL EN LOS ACUIFEROS DEL SECTOR NORESTE

FIGURA 16. EJEMPLO DE POSIBLE ALTERNATIVA DE APLICACION, CON CARACTER INMEDIATO, DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DEL PROCESO DE INTRUSION MARINA EN LAS ZONAS: AGUADULCE (A.I.N.), LA GANGOSA-EL VISORROQUETAS (A.It.N./A.S.N.) Y BALANEGRA(A.E.B.N./A.I.O.).

INDICE

CUADROS	PAG
CUADRO 1. EVOLUCION DE LA EXPLOTACION (hm <sup>3</sup> /año) POR ACUI- FEROS Y AREAS DE LOS MISMOS (CAMPO DE DALIAS)	69
CUADRO 2. ESQUEMA DE ACTUACIONES DE INVESTIGACION PARA LA GESTION DE UN SISTEMA HIDRAULICO	73
CUADRO 3. ESQUEMA DE DIAGRAMA OPERACIONES/TIEMPO SOBRE -- PROPUESTAS GENERALES DE INVESTIGACION Y GESTION EN EL CAMPO DE DALIAS	122
CUADRO 4. EJEMPLO DE POSIBLE ALTERNATIVA DE APLICACION, - CON CARACTER INMEDIATO, DE LAS MEDIDAS CORREC-- TORAS DEL PROCESO DE INTRUSION MARINA.	142

SINTESIS HIDROGEOLOGICA DEL CAMPO DE DALIAS (ALMERIA). PRO-

PUESTA DE PRIMERAS ACTUACIONES DE INVESTIGACION Y GESTION.

JUNIO 1989

1.- INTRODUCCION

Esta síntesis trata de resumir el conocimiento alcanzando hasta la fecha por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) sobre el Campo de Dalías y su entorno, mediante el Estudio Hidrogeológico que se está realizando en la Comarca desde 1970, de forma ininterrumpida. Con el desarrollo de este trabajo, del que se han publicado resultados en otras ocasiones, se pretende cumplir las misiones propias del Organismo, de investigación y divulgación, en este caso de las características hidrogeológicas de unos acuíferos con tanta importancia socioeconómica para Andalucía como los de este Campo, así como las de asesoramiento técnico a los departamentos de las Administraciones Públicas que se hallen inte-

resados en la problemática de las aguas subterráneas de esta comarca y a los usuarios de las mismas. Con el equipo técnico del I.T.G.E. ha colaborado, principalmente, la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A.

Como referencia orientadora del alcance de esta investigación, conviene citar el orden de magnitud de los trabajos en ella desarrollados hasta ahora que, junto a otros generados fuera de su contexto, constituyen la base de la misma. Para la ejecución de estos trabajos, tratamiento de los datos obtenidos e interpretación de los resultados, se ha mantenido, desde hace 20 años, un equipo medio de 4 - 5 técnicos que, en su momento, ha sido asistido por otros técnicos o equipos de especialistas en áreas concretas del Estudio. De esta especial dedicación, que se continua prestando con los proyectos en marcha, dan idea los siguientes trabajos de campo realizados:

- Cartografía hidrogeológica del Campo y entorno, y estudio de muestras de perforación, terreras de sondeo, partes de sondistas, etc., para levantamiento de columnas de unos 300 sondeos, revisadas en varias ocasiones.
- Inventario de puntos los de agua existentes (más de 1.200) revisado y actualizado en varias ocasiones.
- Perforación de 45 sondeos de investigación, con un to-

tal de 9.142 m., de los que seis llegaron a profundidades entre 500 y 800 m. (Cuatro de estas obras fueron financiadas por el IRYDA y dos por la Consejería de Fomento y Trabajo de la Junta de Andalucía).

- 110 diagrafías de rayos gamma en sondeos.
- 236 S.E.V., con AB medios de 1.100 a 5.000 m., repartidos en tres campañas.
- 17.000 medidas del nivel piezométrico, tanto en seguimiento periódico de las redes de control (mensual o bimestral) como en campañas flash, generales o parciales.
- Más de 1.000 nivelaciones de puntos de agua (repetidas en algunos casos).
- 120 bombeos de ensayo de larga duración y 50 de desarrollo.
- Unos 850 aforos (volumétricos o mediante micromolinetes) y más de 200 revisiones de contadores y lecturas de consumo eléctrico.
- Unos 26.000 controles de horas de bombeo mensual durante los últimos 9 años- en las 320 captaciones con extracción significativa. (Actividad parcialmente financiada por la Consejería de Fomento y Trabajo de la

Junta de Andalucía).

- 13 series de diagrafías eléctricas en sondeos sin entubar.

- Más de 6.000 muestreos de agua, en bombeo y en profundidad (con botella toma-muestras), en seguimiento de redes de control y campañas flash, con determinación en todos ellos de conductividad eléctrica y temperatura, así como la ejecución de análisis químicos normales, en más de 1.450 muestras y de cloruros en unas 1.200.

- Otras actividades, como la colocación y seguimiento de limnigrafos, ejecución de registros de conductividad en sondeos mediante sonda-conductivímetro, ensayos de recarga artificial, etc., aunque de manera aún poco sistematizada.

El tratamiento y revisión de los miles de datos que se han obtenido hasta la fecha está permitiendo una lenta aproximación al conocimiento de la compleja realidad de este ámbito hidrogeológico, proceso que podría verse acelerado con un importante incremento de las inversiones destinadas a esta investigación.

La especial atención dada por el ITGE al estudio y seguimiento de estos acuíferos, dentro de los medios a su alcance, ha obedecido a la consideración de los siguientes hechos:

- Como consecuencia de la alta rentabilidad de los cultivos de regadío desarrollados en esta comarca, con suelos enarenados y bajo invernaderos de plástico, hace unos 25 años se desencadenó un crecimiento espectacular de la superficie cultivada y la población, y con ello un incremento constante y fuera de control de la demanda de agua que, hoy día, con un valor próximo a 110 hm<sup>3</sup>/año, rebasa ya el 25% del total provincial. Correlativamente, el Campo de Dalías fue convirtiéndose, debido a su producción agrícola, en el principal soporte de la economía almeriense.
- Hasta hace poco más de un año toda esta demanda era abastecida con aguas subterráneas, correspondiendo el 95% de las mismas a bombeos de los acuíferos del propio Campo que, además, han venido soportando la extracción para el abastecimiento de Almería capital.
- La relación de estos acuíferos con el mar y el carácter limitado de sus recursos indujeron a pensar, a finales de los sesenta, que el uso irracional de los mismos podía conducirles a un deterioro irreparable por

salinización, proceso que se inició hace unos años en algunas áreas de los extremos occidental y oriental - del Campo.

Pareció evidente que la supervivencia de este importantísimo pilar de la economía de esta provincia dependería, en gran medida, del grado de racionalidad que condujera el uso de los acuíferos que lo sustentan y, como es obvio, la racionalidad implicaba el adecuado conocimiento de dichos acuíferos.

Hasta hace cuatro años la explotación se llevó a cabo sin restricción ni ordenamiento alguno. Desde entonces se han promulgado normativas legales que pueden representar el primer paso hacia la necesaria planificación y control del uso de estos recursos. Por otra parte, desde hace poco más de un año han comenzado a entrar en este ámbito dotaciones procedentes del Embalse de Benínar, situado en la vecina Cuenca del Adra, lo cual constituye un segundo paso de gran importancia para esta comarca porque, coordinando adecuadamente la utilización de estos recursos importados con los provenientes de los acuíferos del Campo, se podrá llegar a reducir en gran medida el desequilibrio que se ha producido en la mayor parte de éstos, por exceso de bombeo, y con ello aminorar el proceso de deterioro por intrusión marina que afecta ya a las áreas antes mencionadas.

## 2.- DESCRIPCION DE LOS ACUIFEROS

En sentido amplio y con criterio más hidrogeológico que geográfico, se considera como "Campo de Dalías" al dominio de los acuíferos existentes en la zona de llanura y el flanco meridional de la Sierra de Gádor vertiente a la misma. Estos acuíferos constituyen así una parte del gran sistema hidrogeológico integrado por este macizo carbonatado y sus cuencas marginales, con mucho el principal dispositivo hidráulico de la provincia por el volumen de sus aportaciones subterráneas. A ello contribuye, además del carácter permeable de la mayor parte de los materiales aflorantes de dicho sistema, una cierta exposición aún al régimen de frentes atlánticos en la zona occidental del mismo, lo cual le proporciona un aumento de la pluviosidad con relación al resto del territorio almeriense.

A continuación se hace un resumen de las características principales de los cinco acuíferos más importantes de este dominio (Figs. 1 y 2) y de la evolución conocida de los mismos. Se hará mención a otras unidades de menor entidad sólo en aquellos casos en que representen algún interés particular.

### 2.1. ACUIFEROS DEL SECTOR CENTRO-NOROESTE DEL CAMPO

La parte central y noroccidental del Campo presenta en líneas generales, una estructura hidrogeológica aparentemente -

menos compleja que la del noreste del mismo. El conocimiento alcanzado sobre la misma, pese a la escasez de sondeos mecánicos de investigación, ha permitido establecer un modelo conceptual de estructura y funcionamiento hidrogeológico que viene siendo corroborado hasta el momento por las perforaciones privadas que se realizan y la evolución piezométrica observada. Sobre dicho modelo conceptual, que en esquema comprende la existencia de dos acuíferos principales que se superponen en la llanura (el A.I.O. y el A.S.C), se ha realizado un modelo matemático de flujo, cuyo calado será contrastado próximamente. Además existen otros pequeños acuíferos, de exiguos recursos, que pueden adquirir cierto relieve por el papel que desempeñan o pueden desempeñar en el funcionamiento hidrogeológico general de la zona como, por ejemplo, el Acuífero de "Escama de Balsa Nueva" y el Acuífero del "Horst de Guardias Viejas". En lo que sigue se describen las características principales de aquellas dos unidades más importantes.

#### 2.1.1. EL ACUIFERO SUPERIOR CENTRAL (A.S.C.)

Por la cuantía de los recursos procedentes de la lluvia (21%), este acuífero ocupa el 2º lugar en importancia dentro del conjunto del Campo, aunque, debido a la mediocre calidad de sus aguas, sólo se bombea de él un 12% del total extraído en este ámbito.

Constituye un manto de carácter libre que ocupa una ex-

tensión de 225 km<sup>2</sup> en la zona centro - sur del Campo. Sus límites y el carácter de los mismos se reflejan en la Figura - 3. Está formado por 100-150 m. de "calcarenitas" y arenas pliocenas (localmente también por depósitos cuaternarios, en la orla litoral) las cuales se apoyan en las margas también pliocenas que le sirven de substrato impermeable, con una potencia que puede alcanzar los 600-1.000 m. Presenta cotas piezométricas en su mayor parte comprendidas entre el nivel del mar y unos 25-30 m. sobre el mismo, aunque -debido al efecto de la fracturación de la "calcarenita", que produce cierta compartimentación en el acuífero, al grado de explotación, - etc.- existe alguna zona con valores de 35-40 m. y también algún caso (área de Onáyar) con cotas negativas inferiores a -5 m..

Por las variaciones de potencia y saturación de este acuífero poroso y las diferencias de permeabilidad existentes en el seno del mismo, especialmente entre los tramos "calcareníticos" superiores (más permeables) y los arenosos y arenoso-margosos de su base, la transmisividad varía entre 0 y 20 a 30 m<sup>2</sup>/h, observándose un crecimiento general de la misma de Sur a Norte, consecuente con el mayor hundimiento y espesor del tramo "calcarenítico" en este sentido. Para la porosidad eficaz se han estimado valores del 10-20%.

El esquema de funcionamiento de este acuífero es sencillo (Figs.3 y 10). Las entradas proceden de la infiltración

de parte del agua caída directamente sobre el mismo o de la que le llega en forma de escorrentía superficial procedente de la sierra (desde más allá de sus límites) y de los retornos de riego y urbanos. La descarga se produce por bombeo y lateralmente hacia los acuíferos de Balsa Nueva, Inferior Occidental, Superior Noreste y hacia el mar y lagunas salobres del litoral.

Globalmente este acuífero se ha mantenido en situaciones de balance próximas a las de equilibrio, según se deduce del seguimiento de su evolución piezométrica; incluso es ligeramente excedentario últimamente. Si se analiza esta evolución por áreas, el comportamiento no es homogéneo; desde 1981/82 a la actualidad puede destacarse el descenso continuo de niveles en Los Alacranes (cuyo valor acumulado es del orden de - 1,5 m.) y en el centro - suroeste de Santa María y -- noroeste de San Agustín (que alcanza unos 2,5 m.) y, por el contrario, el ascenso piezométrico acumulado en la zona oriental y noroeste del área de Santa María y resto de la de San Agustín, que llega a ser hasta de 3 m, habiendo sido más importante la recuperación de niveles en el área de Onáyar - próxima a 9 m.). Los descensos se deben a la concentración de bombeos (Fig.4) o, en el caso del área de Los Alacranes, a la influencia del descenso de niveles en los acuíferos de Balsa Nueva e Inferior Occidental en los que este área se descarga. Los ascensos de nivel obedecen a una disminución de bom-

beos y, especialmente a los retornos de riego y usos urbanos (en parte dotados con aguas importadas de otros acuíferos).

El balance hídrico considerado de mayor interés, establecido en 1986/87, consiste en la comparación de las entradas para un año de humedad media y de idénticas situaciones piezométricas relativas entre acuíferos vecinos, así como de igual distribución de riegos y usos urbanos a los de entonces, con las salidas laterales determinadas por situaciones piezométricas similares también a las de entonces, tanto en el propio acuífero como en los acuíferos receptores del flujo de descarga, y con un bombeo equivalente al que hubiera existido en 1986/87 de haber sido un año de humedad media. De acuerdo con estas premisas, los valores medios de los intervalos estimados para cada concepto de entradas y salidas (Fig.10) para el Acuífero Superior Central, son los siguientes:

Entradas (hm<sup>3</sup>/año)

- Infiltración de la precipitación .....	16,0
- Retornos de riego y urbanos .....	11.5
	-----
Total entradas....	27,5
	-----



momento, dar mayor precisión.

En relación con el balance dado del acuífero en diciembre de 1982, no del todo equivalente al que ahora se presenta, cabe señalar algunas diferencias ostensibles, entre las que hay que destacar un fuerte aumento en la estimación de entradas por retornos -contrastado por la respuesta piezométrica observada y mediante el modelo matemático elaborado en una fase posterior del Estudio- y un notable aumento en las descargas subterráneas hacia los acuíferos de Balsa Nueva, Inferior Occidental y Superior Noreste (incluso al mar y lagunas costeras) debido al incremento de las diferencias de potencial entre el acuífero ahora descrito, hoy ligeramente excedentario, y las áreas receptoras de las descargas del mismo en los otros acuíferos citados, claramente deficitarios y, por tanto, con niveles piezométricos descendentes.

En cuanto a la calidad química del agua, tanto de este acuífero como del resto de los del Campo, la investigación que el ITGE está desarrollando se concreta, en la actualidad, en su segunda fase (tratamiento y complementación de datos). La complejidad de esta investigación es grande, teniendo en cuenta, por un lado, la documentación existente (más de 2.300 análisis químicos no repartidos homogéneamente -ni en el tiempo ni en el espacio- tomados casi todos ellos en condiciones de bombeo) y, por otro, la dificultad (en algunos casos imposibilidad) de evaluar el peso de los factores que influyen en la calidad del agua de estos acuíferos (estructura, litología, características hidrodinámicas, relación de flujos entre

acuíferos y con el mar, explotación, retornos de riego y de usos urbanos e industriales, etc.).

La facies hidroquímica del A.S.C. es, en la actualidad, clorurada sódico-magnésica, existiendo mayores proporciones de sulfatos en el área de Balerma, de bicarbonatos en la de Los Alacranes y zonas próximas a El Ejido, y de cloruro sódico en la zona costera del área de San Agustín; la concentración de sales oscila entre valores próximos a 1 gr/l (zonas de El Ejido-Sta. M<sup>a</sup> del Aguila y parte del área de Balerma) y más de 6 gr/l (zona costera del área de San Agustín). Los muestreos hasta ahora realizados han indicado, como cabía esperar, una contaminación del agua por las actividades humanas, encontrándose las mayores concentraciones de nitratos (más de 400 mgr/l) en pozos superficiales y cercanos a poblaciones. Aún está sin evaluar el alcance de esta contaminación, pendiente de un estudio específico que en la actualidad se está iniciando para todos los acuíferos del Campo.

#### 2.1.2. EL ACUIFERO INFERIOR OCCIDENTAL (A.I.O.)

Recibe sólo un 13% de los recursos totales por precipitación del conjunto de unidades hidrogeológicas presentes en la zona, pero ocupa el primer lugar, entre ellas, por la magnitud de sus bombeos (37% del total del Campo).

Se trata de un acuífero fisurado constituido por las do-

lomías y calizas alpujárrides del "Manto de Gádor", correspondientes a una parte del flanco suroeste de esta sierra y a su prolongación bajo el Campo a profundidades progresivamente crecientes. Los límites -en buena parte supuestos bajo el recubrimiento- y el carácter de los mismos, vienen indicados en la Fig. 5. Cuando no existen filitas triásicas superpuestas a este tramo carbonatado, a techo del acuífero puede encontrarse un tramo poroso o poroso fisurado de hasta 100 m. de espesor de calizas detrítico-organógenas, "calcarenitas", etc., del Mioceno Superior, conjunto que se añade a los 600-1.000 m de potencia de las citadas dolomías y calizas.

En general constituye un manto de carácter libre en la sierra y en la parte del Campo próxima al borde de ésta. Más al SE, a partir de la llamada falla F2 (IGME,1982) queda confinado por materiales impermeables de la cobertera neógena (margas pliocenas o miocenas y pliocenas). En algunos casos, las filitas permotriásicas de los restos de una unidad tectónica superior muy erosionada, probablemente del "Manto de Felix", que esporádicamente aparecen sobre las dolomías de Gádor en el borde de la sierra o en el fondo de la cuenca neógena, bajo la cobertera, pueden ejercer igualmente el papel de confinante, como ocurre en la zona de Balanegra con la llamada "Escama de Balsa Nueva".

La extensión superficial del A.I.O. alcanza unos 190 km<sup>2</sup> con la adopción de los límites indicados, aunque no se descar

ta un mayor desarrollo del acuífero a profundidades incontraladas bajo su cobertera confinante, más allá de los bordes suroeste, sur y sureste en que convencionalmente se ha limitado. En su área de cabecera, por el borde norte, existen más de 30 km<sup>2</sup> del acuífero sin saturar.

La transmisividad del conjunto de materiales fisurados y detríticos de este acuífero se ha estimado en 600-900 m<sup>2</sup>/h. y la porosidad eficaz (zona libre) en un 5% para las dolomías y un 12-13% para las "calcarenitas", cifrándose entre  $2,5 \times 10^{-4}$  y  $1,5 \times 10^{-3}$  los valores del coeficiente de almacenamiento en la zona cautiva.

En la actualidad este acuífero se encuentra en situación claramente deficitaria, con niveles piezométricos muy por debajo del nivel del mar, habiéndose producido algunos cambios en su funcionamiento. Antes de iniciarse la explotación intensiva a la que está sometido (hace unos 23-25 años) a lo largo de toda su extensión, el acuífero presentaba una carga hidrológica de +10 a +11 m., con una superficie piezométrica muy plana debido a su gran transmisividad. Su esquema de funcionamiento podía resumirse así: se recargaba por infiltración de una parte del agua de lluvia caída directamente sobre su zona libre y de la escorrentía superficial procedente de la sierra, aguas arriba de sus límites, al atravesar dicha zona. Sobre ésta también se producía una cierta infiltración por retornos de riego y urbanos. Otras entradas se debían a la des-

carga lateral subterránea procedente del área de El Aguila (Acuífero Inferior Noreste -A.I.N.-) y del Acuífero Superior Central, siempre con mayor carga hidráulica que el que ahora se comenta. Las salidas se producían por bombeo y lateralmente hacia el mar, aunque no directamente sino a través del pequeño acuífero poroso de la "Escama de Balsa Nueva"- existente en la zona de Balanegra.

Con el crecimiento de la explotación, el acuífero y su entorno fueron reaccionando, haciéndose más patente el descenso continuo de sus niveles, que ya hacia 1974-75 se situaban alrededor de la cota +5 y en 1981 sobrepasaban el nivel del mar en todo su ámbito conocido. Entre 1981-82 y 1987-88 el incremento de explotaciones (véase Cuadro 1) ha continuado provocando descensos piezométricos medios del orden de 1,5 m/año, con lo que se ha llegado a niveles de -10 a -16m. al término del período. Se puede apreciar una buena correlación entre las variaciones mensuales y anuales del nivel y la distribución de explotaciones, reflejándose también en la evolución de aquél el grado de pluviosidad del año: los máximos piezométricos se dan entre Noviembre y Febrero (mínimos bombeos, mayores lluvias) y los mínimos en Agosto y Septiembre, época de máximo bombeo y estiaje; en los años más secos (1984-85) se han producido los mayores descensos -próximos a 2 m/año- y en los menos secos, tales descensos han sido notablemente inferiores (0,5 a 1,5 m/año). Dada la buena transmisividad del acuífero, los gradientes hidráu-

licos son muy bajos y los efectos de bombeo se dejan sentir prácticamente en todo el campo de explotación, aunque se aprecian áreas - como la de El Tomillar - más deprimidas y con mayores variaciones anuales del nivel, coincidentes con las de más fuerte extracción (Fig. 6).

Las consecuencias directas más destacables de esta evolución piezométrica en el A.I.O. han sido, por un lado, la inversión del flujo en su antigua zona de descarga hacia el - Acuífero de Balsa Nueva que, en el entorno del año 1980-81, cambió de sentido y pasó a ser un flujo de recarga desde este último, lo que supone -como se verá más adelante- una entrada de agua al A.I.O., en parte salada, por estar ya intruido el acuífero poroso que se interpone entre el manto sobreexplotado y el mar. Por otro lado, el aumento en la diferencia de potencial entre el A.I.O. y los otros acuíferos colindantes (A.S.C. y A.I.N.) ha producido un incremento de la recarga desde los mismos que disminuye el déficit en aquel acuífero, lo cual resulta beneficioso (aunque en el primer caso influya empeorando ligeramente la calidad del agua del acuífero receptor).

Como balance hídrico representativo de este acuífero, para las condiciones ya citadas anteriormente (2.1.1), se ha obtenido el que refleja la Fig.10, con los siguientes valores medios de los intervalos de variación estimados para los diferentes términos de entradas y salidas:

Entradas (hm3/año)

- Infiltración de la precipitación .....	10,0
- Retornos de riego y urbanos .....	3,0
- Recarga lateral desde el Acuífero Superior C. .	5,5
- Recarga lateral desde el Acuífero Inferior NE .	5,0
- Recarga lateral desde el Acuífero de la "Escama de Balsa Nueva" .....	3,0

-----  
Total entradas ..... 26,5  
-----

Salidas (hm3/año)

- Bombeos .....	37,5
-----------------	------

-----  
Total salidas ..... 37,5  
-----

Aportación de reservas (hm3/año) ..... 11,0

Para las condiciones supuestas, resulta pues la siguiente estimación de balance (en hm3/año) para el Acuífero Inferior Occidental:

**Entradas + Aportación de reservas = Salidas**  
(26,5)                    (11,0)                    (37,5)

No se han considerado entradas por drenancia, desde el Acuífero Superior o desde el mar, a través de centenares de metros de materiales considerados prácticamente impermeables (margas, filitas, etc.) por estimarlas despreciables.

En cuanto a las reservas útiles de este acuífero parece oportuno mantener, por ahora, una posición conservadora, dada la situación por la que atraviesa, y desestimar cualquier tentativa de evaluación en base al cálculo de una fracción de sus reservas brutas, que sí pueden ser importantes pero también vulnerables a la contaminación por agua del mar. Sí cabe señalar las excelentes características del acuífero para la utilización de su capacidad de almacenamiento desaturada como embalse regulador de eventuales excedentes no regulados que podrían ser recargados sin grandes problemas en algunos tramos de la traza del Canal de Benínar o mediante sondeos.

El balance dado anteriormente no es del todo comparable a los establecidos, para el mismo acuífero, en diciembre de 1982, dentro del ámbito de este Estudio. No obstante, cabe hacer algunas observaciones sobre algunos de sus términos, cuya estimación, dentro de lo que cabe, parece haberse mejorado mediante el seguimiento de la respuesta del manto a la explotación y la utilización del modelo matemático realizado sobre el mismo. Entre estas observaciones destaca el hecho de que el volumen bombeado -único concepto para las salidas del acuífero- se compensa con menor aportación de la reserva propia y

mayor participación de las entradas laterales desde los acuíferos contiguos; adquieren también mayor significación los retornos de riego y urbanos -aunque no con un peso de importancia, debido al confinamiento del acuífero bajo el Campo- y se mantienen prácticamente las entradas por precipitación. El bombeo continúa siendo el más importante de todo el Campo- (37%) debido a las características de sus aguas, alto rendimiento de las captaciones, etc. Por último, cabe citar el volumen de agua transferido desde el Acuífero de la "Escama de Balsa Nueva" (estimado en unos 3 hm<sup>3</sup>/año en el balance citado, aunque irá aumentando a medida que descienda el nivel en el acuífero dolomítico) como nuevo término para las entradas y que, por sus características, tiene un carácter negativo.

En cuanto a la calidad química del agua de este acuífero, los puntos muestreados presentan, en general, facies bicarbonatado-clorurada cálcico-magnésico-sódica y concentración de sales próxima a 0,5 gr/l en la actualidad. Los volúmenes de agua cedidos desde otros acuíferos (A.I.N., A.S.C. y A.E.B.N.) producen variaciones espaciales tanto del tipo de facies como de la concentración de sales existente: Así, en la zona de descarga del A.I.N. (desde el área de El Aguila) el agua es de tipo bicarbonatado magnésico-cálcico y, hacia el contacto con el A.S.C. (área de Los Alacranes), aumentan las concentraciones de sales hasta sobrepasar el gr/l. En relación con la modificación de facies producida por la entrada

da del flujo de agua salada procedente del A.E.B.N., no parece observarse ningún aumento significativo del contenido en sales en las captaciones en explotación próximas al contacto con dicho acuífero, pero no se dispone de sondeos adecuados para muestrearla en profundidad.

## 2.2. ACUIFEROS DEL SECTOR NORESTE DEL CAMPO

En este sector (Fig. 7) existen tres acuíferos principales -Inferior, Intermedio y Superior- conocidos sólo parcialmente debido a la complejidad de su estructura y a la falta de una serie de sondeos mecánicos de investigación que permitan obtener la necesaria información particularizada sobre los mismos. Esta carencia impide establecer una definición aceptable de cada uno de ellos, con sus límites y demás características geométricas, relación de flujos, calidad del agua, etc., siendo necesario avanzar en el conocimiento de este sector del Campo para su comprensión y no porque de ello se pueda derivar el hallazgo de nuevos recursos, sino por resultar imprescindible para racionalizar al máximo la gestión y conservación de los actualmente en uso.

La superposición de los acuíferos citados se produce cuando existe entre los mismos uno de los siguientes tramos impermeables: las filitas o metapelitas de un importante resto del "Manto de Felix", que desde media ladera de la sierra

(donde cobija una zona del "Manto de Gádor") se extienden hacia el Campo hundiéndose bajo la llanura con una extensión, - profundidad y potencia poco conocidas, dando lugar a la diferenciación de los Acuíferos Inferior e Intermedio; y/o las -- margas pliocenas, que originan el Acuífero Superior al separarlo del existente bajo las mismas. Otros impermeables locales dan lugar a distintas capas en los materiales miocenos y pliocenos, complicando la estructura.

Gracias a la ejecución en los últimos años de algunos sondeos profundos en este sector, por la iniciativa privada y en el marco del Estudio, se ha mejorado ligeramente el conocimiento de esta estructura en los dos primeros acuíferos citados, confirmando la necesidad de estos métodos directos para racionalizar las actuaciones sobre las tres unidades hidrogeológicas aquí presentes.

Al existir en este sector una superposición de dos a tres acuíferos, el estudio de la calidad química del agua de éstos se complica por la necesidad ineludible de conocer las características hidroquímicas de cada uno de ellos independientemente, ya que sería incongruente hacer un tratamiento conjunto de los datos como si fuera un acuífero único. La información aportada, en los últimos años, por la ejecución de algunos sondeos profundos, así como los datos suministrados por recientes campañas de muestreo, han puesto en evidencia aquella necesidad y corroborado el modelo conceptual establecido por el Estudio sobre este sector del Campo.

### 2.2.1. ACUIFERO INFERIOR NORESTE (A.I.N.)

Por las aportaciones que recibe de las precipitaciones (estimadas en más del 50% del total para el conjunto de acuíferos de esta comarca) ocupa el primer lugar con gran diferencia, estando en segunda posición por el volumen de sus bombeos (27%). Se destaca claramente como el acuífero más importante del Campo, por la cantidad y calidad de sus recursos.

Está constituido por la mayor parte del flanco calizodolomítico meridional de la sierra ("Manto de Gádor") y su prolongación hacia el Sur bajo la llanura -al Este del A.I.O.- donde pronto pierde su carácter general de manto libre para confinarse bajo alguno de los impermeables antes citados y escapar, por ahora, a su control. Cuando no está recubierto por filitas de otra unidad tectónica superior -y no han sido erosionadas- el tramo fisurado de 600-1.000 m. de calizas y dolomías triásicas puede llevar a techo un paquete de calizas detrítico-organógenas, "calcarenitas" y conglomerados del Mioceno Superior, que localmente puede incluir materiales volcánicos (coladas, aglomerados, etc.). Se trata del mismo conjunto litoestratigráfico que más al Oeste da lugar al A.I.O., por lo que tiene, en general, las mismas características hidráulicas, hidroquímicas, etc., que éste. El orden de magnitud de la extensión del A.I.N. es desconocido; quizás se trate de cifras entre 200 y 300 km<sup>2</sup>, ya que puede trascender hacia el Norte la divisoria de la sierra, aunque es probable

que existan compartimentaciones internas y, desde luego, hay zonas altas de este macizo no saturadas. El desconocimiento casi general de sus límites se refiere tanto a las zonas de sierra como a las de menor cota, bajo la llanura o, eventualmente, bajo el mar. Sólo se conoce aceptablemente la frontera de este acuífero con el A.I.O. y una parte indeterminada del acantilado, al Este de Aguadulce, donde se produce un contacto directo con el mar. Desde hace unos años, la iniciativa privada ha llevado a cabo algunos sondeos profundos en este sector del Campo, con los que, después de atravesar los acuíferos superficiales, han alcanzado este acuífero inferior cuya existencia se había señalado por este Estudio en anteriores documentos técnicos.

Otra importante barrera para el conocimiento de esta unidad, en buena parte insoslayable, se encuentra en la imposibilidad de definir su superficie piezométrica, al contar únicamente con datos de nivel en dos pequeñas áreas de la misma, -asequibles a los sondeos normales de explotación; una es el área de El Aguila y la otra la de Aguadulce. En esta última, por su proximidad al nivel de base y por los débiles gradientes hidráulicos del acuífero, los descensos piezométricos son menos ostensibles y están muy influenciados por la fuerte explotación local, por lo que pierden representatividad con relación a áreas más lejanas del manto. En el área de El Aguila, aparentemente compartimentada, los descensos se han notado -- más, pero está sometida también a un fuerte drenaje por bom-

beo y por descarga lateral especialmente hacia el A.I.O., influenciada por el descenso de niveles en los acuíferos receptores. En definitiva, no pueden conocerse correctamente la distribución de flujos dentro del acuífero, los intercambios con otras unidades y con el mar, la evolución piezométrica y, con ella, la variación de la reserva, etc..

De forma esquemática, el acuífero funciona de este modo: se recarga casi exclusivamente por infiltración de lluvia útil, incluso desde más allá de la vertiente de la sierra; -- los retornos son mínimos. La descarga se produce por bombeo --muy localizado en el área de Aguadulce, especialmente, y en la de El Aguila (Fig. 8)- y, lateralmente, hacia el A.I.O. (Fig. 5), hacia los otros dos acuíferos de este sector (Fig. 7) y hacia el mar. Muy localmente empiezan a producirse inversiones de flujo por el bombeo en el área de Aguadulce, con lo cual el A.S.N. pasa a recargar al A.I.N., aunque esta transferencia tiene un carácter anecdótico.

Por las mismas razones que en el A.I.O. este acuífero es muy codiciado. Pero la gran profundidad a que se encuentra el agua en la mayor parte de su extensión ha reducido su explotación al área de Aguadulce, que reúne muy buenas condi--iciones de acceso, en todos los sentidos, y más tardíamente a la de El Aguila. Ello ha supuesto que sobre la primera de estas areas haya repercutido a través de los últimos años un bombeo

que se va acercando a la cuarta parte del global del Campo (22%), mientras que en la segunda alcanza sólo el 5% (Cuadro 1).

Esta explotación ha provocado el correspondiente descenso piezométrico y, con él, una importante disminución del flujo de descarga al mar, lo cual es positivo dentro de unos límites (hacia 1981 desapareció definitivamente la surgencia de Aguadulce); además ha originado la intrusión de agua salada, como consecuencia de la progresión de la zona deprimida del manto -bajo el campo de bombeo- hacia cotas negativas, en cuya situación permanece cada vez más tiempo según indican los registros de nivel en varios puntos de control del área.

Para el Acuífero Inferior Noreste se ha propuesto un balance hídrico equivalente al establecido anteriormente para los dos acuíferos ya descritos, es decir, con los mismos supuestos para los distintos términos. Pero, a excepción del bombeo, controlado con bastante rigor, hay que señalar la menor fiabilidad del resultado en este caso, debido a la carencia de un seguimiento piezométrico en toda la extensión del acuífero a través de los años. Con estas premisas, las estimaciones realizadas (Fig. 10) son las siguientes:

Entradas (hm<sup>3</sup>/año)

- Infiltración de la precipitación ..... 34 (31,5-36,5)
- Retornos de riego y urbanos ..... 2,0
- Aportación de agua de mar ..... 0,5

-----  
Total entradas ..... 36,5  
-----

Salidas (hm<sup>3</sup>/año)

- Bombeos ..... 31,0
- Descarga al Acuífero Superior e  
Intermedio de este mismo Sector ..... 4,0
- Descarga al Acuífero Inferior  
Occidental ..... 5,0
- Descarga al mar ..... 3,5

-----  
Total salidas ..... 43,5  
-----

Aportación de reservas (hm<sup>3</sup>/año) ..... 7,0  
-----

El balance resultante para el Acuífero Inferior Noreste,

en hm<sup>3</sup>/año, es por tanto:

<b>Entradas + Aportación de reservas</b>	<b>=Salidas</b>
(36,5)	(7,0)                      (43,5)

Por las características y actual situación de este acuífero, no parece oportuno hacer referencia a sus reservas útiles. Los 0,5 hm<sup>3</sup>/año estimados como entrada de agua de mar se refieren a la proporción de agua salina en el conjunto de agua bombeada.

Como comentario a las diferencias entre términos del balance precedente y el propuesto desde este Estudio en 1982, cabe indicar que dichos componentes no son del todo equivalentes. No obstante se señala, por ejemplo que, en cuanto a entradas por precipitación, se ha pasado -de entonces a hoy- de una estimación de 30 a otra de 34 hm<sup>3</sup>/año; por retornos se consideran 2 hm<sup>3</sup>/año, sobre una cifra despreciable en aquella ocasión; los bombeos han aumentado en 7 hm<sup>3</sup>/año y las descargas a otros acuíferos se han pasado de 5 a 9 hm<sup>3</sup>/año, después de confirmarse el flujo hacia el A.I.O. desde el área de El Aguila; la descarga al mar se ha considerado reducida a un orden de 3,5 hm<sup>3</sup>/año (acorde con el incremento del bombeo, el proceso de intrusión marina, etc.) y la aportación de la reserva se ha subido de 6 a 7 hm<sup>3</sup>/año. No obstante sólo se trata de dar órdenes de magnitud más probables.

El estudio de la calidad química del agua del A.I.N. se limita a las áreas en que, por ser más asequibles, hay son-

deos de explotación (área de El Aguila, área de Aguadulce y, recientemente, en algunas zonas del Término Municipal de Vicar).

En las captaciones muestreadas en el área de El Aguila, y en los escasos puntos explotados que captan este acuífero - bajo los superiores en el sector, el agua es de tipo bicarbonatada magnésico-cálcica, con salinidad próxima a 0,4 gr/l, características propias de un acuífero dolomítico. Sin embargo, en el área de Aguadulce, la calidad química natural (similar a la actualmente encontrada en las áreas anteriormente citadas) se ve alterada por dos procesos de distinta magnitud: por un lado, la afección por aguas sulfatadas procedentes de un pequeño acuífero colgado, que tiene un carácter anecdótico y, por otro, la importante modificación producida por la intensa explotación, causante de un proceso de intrusión marina, que comienza a manifestarse en 1982/83 con la aparición en bombeo de aguas de tipo clorurado sódicas, facies actualmente generalizada en el área con concentración de sales próxima a 2 gr/l según los muestreos realizados en mayo de 1988. (Esta salinidad ha llegado a valores próximos a 20 gr/l en profundidad, en captaciones que inicialmente bombeaban a gua dulce).

#### 2.2.2. ACUIFERO INTERMEDIO NORESTE (A.It.N)

Por el volumen anual de bombeo que soporta, este acuífero, considerado independientemente, se sitúa en un rango simi

lar al del A.S.C. y A.S.N., siendo captado en su mayor parte en el área de La Gangosa , donde es más asequible por su menor profundidad. Por la cuantía de las aportaciones que recibe de las precipitaciones, es decir, por sus recursos propios, debe ocupar el último lugar entre los cinco acuíferos más importantes del Campo, ya que tal vez no pasen del 3% del total para el conjunto de éstos.

El acuífero está formado en primer lugar por los restos inconexos de calizas y dolomías fisuradas del "Manto de Felix" que, a modo de isleos, pueden encontrarse sobre las correspondientes filitas del mismo, las cuales constituyen su base impermeable y el tramo confinante del A.I.N. Más importancia adquiere el tramo poroso, eventualmente fisurado, constituido por conglomerados, calizas detrítico-organógenas, areniscas, volcanitas, etc. del Mioceno Superior que, a su vez, pueden estar recubiertas por materiales detríticos del Plioceno y/o Cuaternario sin interposición de impermeable alguno, por lo que en este caso pueden considerarse también parte integrante de este acuífero.

En este sector se encuentra una complicada disposición estructural que se destaca del resto por dos características: la presencia casi generalizada del "Manto de Félix" sobre el "Manto de Gádor", que es lo que origina la existencia del Acuífero Intermedio, y la de emisiones volcánicas y depósitos derivados de ellas, con gran heterogeneidad litológica, de

permeabilidad, etc., lo que da lugar a veces a la diferencia  
ción en capas. A estos rasgos estructurales se añade una frac  
turación en bloques que contribuye finalmente al complejo sis  
tema de relaciones hidráulicas y compartimentaciones detecta-  
das en las zonas donde hay sondeos que han alcanzado este -  
acuífero. Estas zonas, a las cuales se limita el conocimiento  
parcial que se tiene sobre el mismo, se reduce por ahora,  
al área de La Gangosa, a la mitad noreste del área de El Viso  
y a la mitad sureste de la de Roquetas. En la primera de es-  
tas áreas el acuífero es monocapa y libre (zona noreste) o  
bicapa, con la capa superior libre. Hacia el Suroeste y Sureste  
te, el acuífero se hunde por efecto de fallas de distintas di  
recciones, y se confina totalmente al quedar recubierto por -  
margas del Plioceno, las cuales rellenan fosas con centenares  
de metros de profundidad. Con los datos ahora disponibles, pa  
rece que sólo en la franja costera de Roquetas -como ocurre -  
en la zona central del Campo con el "Horst de Guardias  
Viejas"- después de dichas fosas intermedias el acuífero -  
vuelve a ser localizado parcialmente ("Horst de Roquetas") y,  
aunque por ahora faltan datos que permitan concretar la rela-  
ción hidráulica entre ambas estructuras y entre éstas y las -  
encontradas más al Norte, hacia el Viso y La Gangosa (donde  
se concentran la mayor parte de los datos conocidos), sí se  
puede afirmar que existe relación al menos entre el "Horst  
de Roquetas" y la última de estas áreas interiores del Acuí-  
fero Intermedio Noreste.

Las características hidráulicas de este acuífero son muy heterogéneas, aunque, en general, en la zona explotada del mismo las captaciones tienen buenos rendimientos. Muy localmente la transmisividad puede responder a la de un medio con importante grado de fisuración (isleos dolomíticos) pero, considerando ámbitos más extensos, este manto se comporta como un medio poroso, con transmisividades del orden de 30-60 m<sup>2</sup>/h cuando el tramo mioceno presenta facies con escasa matriz y espesores saturados importantes (del orden de 100 m).

Es muy incompleto el conocimiento piezométrico sobre esta unidad hidrogeológica; en trabajos anteriores se ha tratado este aspecto conjuntamente con el Acuífero Superior, por falta de referencias de carga hidráulica individualizada en toda la extensión de cada uno de estos mantos, lo cual es evidentemente erróneo. Se aporta aquí (Fig. 7) un esquema de mapa piezométrico (para febrero de 1987) en el que se presenta un intento de individualización de los acuíferos implicados en este sector del Campo a nivel de capas libres, aproximación que deja en la ignorancia sobre la piezometría de las capas confinadas, tanto del Acuífero Superior como del Intermedio y, por supuesto, del Acuífero Inferior en casi toda su extensión.

De manera muy esquemática puede citarse que, en este área del A.It.N., cuando hace más de 25 años se inició la explotación intensiva de la zona (mediados de los sesenta) las

cotas piezométricas eran del orden de +4 a +6 m; diez años más tarde se situaban entre +1 y -1 m y, en febrero de 1981 entre 0 y -2 m.

En la zona libre del A.It.N. continúa produciéndose un ligero descenso piezométrico anual del orden de unos decímetros, con respecto a la situación del manto siete años antes. En condiciones "más estáticas" la morfología de la superficie del manto se adapta a las circunstancias de la explotación (Fig. 7), ofreciendo dos cubetas en las que se llegan a alcanzar cotas inferiores a -3 m. en febrero de 1987, y menores - de -6 en octubre de 1988. Se nota, por otra parte, la influencia de los flujos de descarga desde el Acuífero Inferior Noroeste (por el noreste del área) y desde el Acuífero Superior Noreste, el cual le proporciona mayor protección por el extremo sureste del área que por el borde sur de la misma, debido al mayor potencial hidráulico del acuífero plioceno en el primer caso.

En situaciones "más dinámicas" -que se producen frecuentemente la mayor parte de los días de la semana- las cotas señaladas en las cubetas de La Gangosa pueden alcanzar valores del orden de -10 m. o inferiores, cuando las captaciones - dependen de las características hidrodinámicas de los tramos porosos del acuífero.

En cuanto al esquema de funcionamiento de este acuífero,

en general se recarga por infiltración de lluvia útil - directa sobre el mismo o de escorrentías superficiales que le alcanzan en su zona libre- y, principalmente, por descarga lateral procedente del A.I.N., desde las áreas de Aguadulce y de El Aguila. También recibe una aportación lateral aunque en menor escala desde el A.S.N. y del pequeño acuífero colgado - existente en el área de VÍcar, por el borde norte del área de La Gangosa. Por ahora no está bien determinada su relación con el mar, que debe producirse, fundamentalmente, de manera directa a través de los propios materiales mioceno-triásicos ligados al "Manto de Felix", bajo el relleno plioceno de la fosa interpuesta entre el área de La Gangosa y el "Horst de Roquetas", saturado de agua de mar.

Si se compara el relativamente importante déficit de este acuífero con sus moderados descensos piezométricos, se pone de manifiesto la influencia de un potencial impuesto, - que puede referirse tanto al A.I.N. como al propio nivel del mar, el cual ha podido enmascarar una mayor aportación de reservas de agua dulce que las aparentes, así como un mayor avance del agua salada en el seno del acuífero (no detectado convenientemente por la falta de sondeos para ello).

En el epígrafe siguiente se abordará, conjuntamente con el A.S.N., el balance de ambos acuíferos, cuya importancia es mayor por el volumen de bombeo implantado en los mismos, próximos al 25% del total del Campo.

Como en el caso del A.I.N., el estudio de la calidad química del agua de este acuífero se limita a las áreas donde existen sondeos de explotación (área de La Gangosa en su mayor parte y, más recientemente, área de El Viso). La complejidad del conocimiento de las características hidroquímicas naturales de este acuífero, y de sus modificaciones, reside en la dificultad para evaluar el peso de los distintos factores incidentes. Este problema, común a todos los acuíferos del sector, se hace en éste más grave, dadas las incertidumbres aún existentes sobre su compleja estructura hidrogeológica; únicamente podrá resolverse con los datos aportados por la ejecución de nuevos sondeos mecánicos de investigación.

Según la interpretación provisional que hasta ahora ha podido establecerse, en el área de La Gangosa la distribución espacial de la naturaleza hidroquímica natural ha estado condicionada por la compartimentación del acuífero; ya antes de su explotación intensiva, al perforar la batería de sondeos del Sector III del I.N.C., se encontraron salinidades muy diferentes que en algunos sondeos llegaron a alcanzar 2,5 gr/l. Actualmente, tanto en la zona en que existe un único acuífero como en la capa superior cuando éste se hace bicapa, la facies del agua, en los puntos muestreados, es clorurada sódica, con concentraciones salinas muy variables (entre 1 y mayores de 11 gr/l en mayo de 1988) en el campo de bombeo del citado sector. Únicamente en zonas de transferencia desde el A.I.N., las aguas son de tipo cloruro-

bicarbonatadas - cálcico-magnésico-sódicas, con concentración de sales próxima a 1 gr/l, por mezcla con las de este último acuífero.

En cuanto al área de El Viso, en los muestreos realizados en los escasos sondeos profundos de explotación, que captan el A.It.N en su capa superior, se encuentran aguas con contenido bajo en sales y facies carbonato-cloruradas cálcico-magnésico-sódicas (en estas captaciones parece ponerse de manifiesto la recarga de esta zona del acuífero desde el A.I.N.).

La salinidad del agua bombeada por los sondeos del área de La Gangosa ha ido aumentando de una manera progresiva (llegando a triplicarse en determinadas captaciones), muy probablemente por entrada de agua de mar, fenómeno aún mal conocido del que se tratará posteriormente. Por otra parte, las actividades agrícolas y urbanas en la zona libre del acuífero están produciendo una contaminación cuya evaluación aún se encuentra en sus fases iniciales. Esta se manifiesta, por ejemplo, con la presencia de nitratos, los cuales llegan a sobrepasar 90 ppm (para mayo de 1988) en algunos puntos.

### 2.2.3. ACUIFERO SUPERIOR NORESTE (A.S.N.)

Comprende las áreas de Roquetas, El Viso y zona sur de las de Aguadulce y La Gangosa, es decir, la mayor parte de la

llanura del Sector Noreste del Campo. Es similar en importancia al anterior (A.It.N.) por la magnitud del bombeo que soporta, casi en su totalidad situado en el área de El Viso, es decir, en el tercio noroccidental de esta unidad (Fig. 8). Por sus recursos propios (10% del total del Campo) ocupa el penúltimo lugar entre los cinco acuíferos principales aquí existentes.

Constituye un manto albergado en los materiales detriticos pliocenos y cuaternarios marinos (arenas, gravas, conglomerados y "calcarenitas") que se encuentran sobre las margas pliocenas que rellenan esta parte de la cuenca, y también formando cuñas, barras o lentejones muy irregulares, intercalados en las mismas, especialmente en áreas de borde. Esto ocasiona que el acuífero, en general de carácter libre, se convierta localmente en multicapa, característica detectada pero no conocida por insuficiencia de sondeos.

Dependiendo de la presencia o ausencia del A.It.N., unas veces se halla en conexión hidráulica lateral con él y otras con el A.I.N. Por su límite occidental, cuando éste no es prácticamente impermeable, recibe una aportación del A.S.C. del que geológicamente es una prolongación.

Las características hidráulicas son similares a las del A.S.C., aunque quizá presenten mayor heterogeneidad. Debido al mayor desarrollo de las facies detríticas groseras en las zonas de borde o plataforma de la cuenca pliocena, las transmisividades más importantes -y por tanto los mayores rendimientos de las captaciones- se localizan en dichas zo-

nas, razón por la cual se encuentran en ellas las mayores concentraciones de bombeos: área de El Viso y zona inmediata al Sur de la carretera Almería - Málaga en el área de Aguadulce, en algunos de cuyos sondeos se han calculado transmisividades con valores típicos de dolomías muy fisuradas. Hacia el Sur (área de Roquetas y parte sur de las otras tres áreas del-sector) las transmisividades se hacen menores al aumentar la proporción de tramos margosos y la matriz margoso-arenosa o margoso-limosa de los paquetes más permeables, por lo que bajan los rendimientos de las captaciones en general.

La relación entre características hidráulicas y distribu-ción de explotaciones puede extenderse igualmente a la res-puesta piezométrica de este acuífero, conocida en líneas gene-rales en lo concerniente a las capas superiores, es decir, manteniendo la reserva de que puedan existir comportamientos distintos en capas más profundas de carácter confinado o semicon-finado pertenecientes al mismo y que, por falta de sondeos es-pecíficos, escapan al control deseable por este Estudio.

Se puede afirmar que, en condiciones próximas al régimen natural de funcionamiento de este acuífero, las mayores car-gas hidráulicas (del orden de +12 a +14 m. o más altas) se hallaban en el extremo noroeste del manto, de acuerdo con el potencial de esta zona de recarga (área de El Aguila y noreste-del A.S.C.). En el otro extremo del borde norte del acuífero, entre El Parador y Aguadulce (alineación de pozos del Sector-II del antiguo I.N.C.), las cotas piezométricas se situaban en

tre +5 y +6 m., similares a las del A.I.N. que por aquí le re cargaba. Por último, en la parte suroeste del manto, hacia - Cortijos de Marín, el A.S.C. influenciaba una carga del orden de +10 m. Contando con esta referencia, en la primera mitad - de los años sesenta debía existir un flujo continuo de compo- nente principal ONO-ESE, perpendicular a la costa de Roquetas de Mar-Aguadulce; en el extremo noreste de la llanura, dentro del término municipal de Roquetas de Mar, las cotas piezomé- tricas eran del orden de +5 m. en 1964.

Con la explotación (que fue desarrollándose intensamente en la zona) se produjeron importantes modificaciones en el fun- cionamiento del acuífero: dentro del área de El Viso se origi- nó pronto una cubeta donde aún convergen los flujos subterrá- neos de la mitad noroccidental del manto, destacándose tam- bién un umbral paralelo a la costa, entre Cortijos de Marín y Aguadulce, que todavía ejerce como tal (Fig. 7): por el SE - provoca una escorrentía subterránea hacia el mar, y por el NO, hacia la citada cubeta de El Viso y hacia otra cubeta que va acentuándose más allá del límite centro-norte de este acuífe- ro (área de La Gangosa) en el Acuífero Intermedio Noreste que, en este entorno, por inversión del flujo, recibe aportes late- rales del acuífero que ahora se describe. La explotación in- tensa que se implantó en el A.I.N., dentro del área de Agua- dulce, ha ido produciendo descensos progresivos en el poten- cial y en el flujo de descarga hacia este acuífero plioceno,

lo mismo que más tarde ocurriría en relación con el área de El Aguila.

Este esquema de funcionamiento, instalado ya en etapas tempranas del periodo de explotación intensiva del acuífero, se fue acentuando a lo largo del tiempo. En diciembre de 1974 ya existían cotas piezométricas negativas entre la Carretera Nacional y la del Sector III del IRYDA, dentro del área de El Viso. En febrero de 1981, la cubeta se había profundizado hasta valores superiores a -10 m., y sus límites se habían ensanchado ostensiblemente: se habían verticalizado por el Norte y Oeste -debido a las barreras de transmisividad por fallas- que sirven de límite al acuífero- y extendido hacia el SE, donde la cota cero ya alcanzaba el Término Municipal de Roquetas. El esquema piezométrico de febrero de 1987 relativo a la capa libre -más superficial- de este acuífero (Fig. 7) nos indica que el fondo estaba constituido por dos embudos, uno más occidental que superaba la cota -20 m. y otro que ya rebasaba los -15 m; en cuanto a la cota cero, como referencia de borde de dicha cubeta, se situaba ya a poco más de 1 Km de la costa, en su progresión hacia el mar. El umbral piezométrico paralelo a la costa está siendo sostenido, en los extremos de su traza, principalmente por las descargas laterales del A.S.C y del A.I.N. y, en su conjunto, por las aportaciones que representan los recursos propios y los retornos de riego, además de la circunstancia favorable de existir aquí una peor

transmisividad -y por ello una explotación casi nula- en esta zona del acuífero, así como un potencial impuesto por el mar en las proximidades. No obstante, y en lo concerniente a las capas superficiales del acuífero, la altura del citado umbral es cada vez más pequeña, alcanzando ya en su zona central (en condiciones estáticas) sólo unos decímetros por encima del mar (véase Fig. 7). Sin embargo, el efecto protector de este umbral no afecta a las capas más profundas del acuífero, algunas de las cuales se han salinizado ya, al menos localmente, por intrusión.

Por dificultades que ya se señalaron anteriormente -relativas a la definición de las unidades hidrogeológicas del sector y a los intercambios de flujos entre las mismas, así como a la determinación de lo que corresponde a cada una de ellas del bombeo practicado en captaciones conjuntas- se ha propuesto (Fig.10) un esquema de balance hídrico que se estima representativo del conjunto formado por los Acuíferos Intermedio - Noreste y Superior Noreste. Los supuestos establecidos para los distintos términos que intervienen son los mismos que se convinieron para los de los balances del A.S.C. y del A.I.O., insistiendo en la mayor fiabilidad de los datos relativos a estos últimos, por haber podido ser contrastados mediante la utilización del modelo matemático existente sobre los mismos. Con tales supuestos, la estimación realizada es la siguiente:

En consecuencia, la formulación estimada del balance con junto de los Acuíferos Superior e Intermedio Noreste, expresada en hm<sup>3</sup>/año, quedaría así:

<b>Entradas</b>	<b>+ Aportación de reservas</b>	<b>= Salidas</b>
(23)	(5)	(28)

Con un valor únicamente orientador, puede decirse que - las salidas se reparten por igual entre los dos acuíferos con siderados en este balance, mientras que al Acuífero Superior Noreste deben corresponder más del 60% de las entradas y más del 80% de la aportación de reservas señaladas en el mismo.

En ninguno de los dos casos, debido a la situación defi citaria y a la calidad del agua existente, cabe hacer evaluaciones de reservas útiles.

Las diferencias de este balance con el propuesto en diciembre de 1982 desde este Estudio (no del todo equivalentes) son poco significativas, a excepción del incremento del bombeo, que prácticamente se compensa por la mayor consideración del peso de los retornos y por una entrada estimada de agua de mar. En detalle, se ha disminuido la recarga desde el A.I.N y se ha incrementado la descarga desde el A.S.C., en función de las respectivas variaciones en la diferencia de potenciales existentes en las áreas de transferencia de flujos entre dichos acuíferos.

Para el estudio de la calidad química del agua de este a cuífero, no se dispone de captaciones que cubran toda la exten sión del mismo; en los escasos puntos asequibles al muestreo (pertenecientes además a su parte libre únicamente) la facies hidroquímica es clorurada sódico - magnésica y la concentración de sales próxima a 2 gr/l, en general. La gran variación espacial existente del tipo de agua y de su contenido en sales está influenciada fundamentalmente por la relación de flu jos del acuífero con el mar y A.I.N. (desde las áreas de El Aguila y Aguadulce); la mezcla con el agua de este último acuífero se manifiesta por la presencia de aguas bicarbonato-cloruradas cálcico-magnésico-sódicas, y concentración de sales próxima a 0,5 gr/l en la zona de descarga desde el área de El Aguila, y también por los contenidos en sales (cercaos a 1,5 gr/l) en el área de Aguadulce. Por otro lado, en el área de Roquetas, y también en la de El Viso, se está produciendo la entrada de agua de mar, habiéndose llegado en la segunda de dichas áreas a bombear agua con salinidad cercana a 5 gr/l. Este proceso, del que se hablará más adelante, aún no es bien conocido, fundamentalmente debido a la imposibilidad de obtener datos sobre la calidad del agua de las capas más profundas -probablemente confinadas en algunos casos- por falta de sondeos que las capten. Hay que señalar, también, la posible repercusión de las salinas de Roquetas (situadas en la zona oriental del área) como contaminantes de las capas más superficiales de esta parte del A.S.N. en los periodos en que exis

ta una inversión del flujo del acuífero y, sobre todo, cuando desaparezca el umbral piezométrico paralelo a la costa.

En cuanto al proceso de contaminación del agua por las actividades agrícolas en la parte libre del acuífero, cuya valoración se encuentra en fases iniciales, puede señalarse únicamente que se manifiesta en todas las zonas muestreadas mediante la presencia de nitratos (con concentraciones próximas a 200 ppm. en las áreas de El Viso y Roquetas, para mayo de 1988).

### 2.3. OTROS ACUIFEROS DEL CAMPO Y SU ENTORNO

Tienen escasa relevancia por el valor de sus recursos o del bombeo que les afecta. Ya se ha hecho referencia a los pequeños acuíferos "colgados" al Norte del área de La Gangosa - (área de Vúcar), integrados por "calcarenitas" y conglomerados miocenos, retazos dolomíticos triásicos, etc., los cuales se "sostienen" sobre la base impermeable de filitas del "Manto de Felix" y por el efecto de pantalla que puede proporcionarles, hacia el Sur, la emisión volcánica existente hacia la frontera entre estas dos áreas.

También se han detectado otros acuíferos colgados de pequeña entidad en los abanicos aluviales del borde de la sierra, cuya base impermeable puede situarse en pasadas arcillosolimosas de la propia formación, especialmente en el muro de

la misma; al NO de Aguadulce, también existe otro ínfimo acuífero o pequeña circulación de agua rica en sulfatos, sostenida por una intercalación local de calcoesquistos margosos y margas en la serie calizodolomítica triásica de Gádor.

Tiene mayor importancia otro acuífero colgado que hay - al NE de Dalías ("Unidad de Celín") cuya existencia se debe fundamentalmente al efecto de pantalla que le imponen las filitas del propio "Manto de Gádor", gracias a una falla inversa; funciona en régimen natural, con independencia del resto de los acuíferos del entorno, siendo drenado -en su parte visible- por galerías y manantiales, con un volumen medio de surgencias del orden de 4-5 hm<sup>3</sup>/año.

Destacan de los anteriores, por el papel que pudieran representar o que se sabe representan en la actualidad, los acuíferos del "Horst de Guardias Viejas" (A.H.G.V.) y de la "Escama de Balsa Nueva" (A.E.B.N.). El primero tiene carácter confinado bajo las margas pliocenas y está constituido por materiales porosos del Mioceno (calizas arrecifales o pararrecifales, conglomerados, etc.) y, eventualmente, dolomías pertenecientes probablemente al "Manto de Felix"; parece enraizado" en el área de El Aguila o en el noroeste de la de El Viso, de donde se recargaría del A.I.N. o del A.It.N., descargándose por la zona de Guardias Viejas al mar y, hasta hace poco, mediante un pequeño bombeo. También es probable una cierta descarga del mismo hacia el A.I.O. Su volumen de nego-

cio, siempre muy limitado, ha tenido que disminuir como consecuencia del descenso del nivel en la zona de recarga. No existe ningún piezómetro sobre esta pequeña unidad y algunos sondeos que le han alcanzado, al parecer abandonados por empeoramiento de su calidad, captan también el A.S.C., que trasvasará un cierto caudal al horst a través de los mismos, por diferencia de carga hidráulica. Tiene carácter termal y, a pesar de la mezcla de aguas, se han medido más de 40°C de temperatura en el agua bombeada.

En cuanto al acuífero de la "Escama de Balsa Nueva" está constituido por isleos de dolomías de esta estructura, y, en su parte norte, por un cuerpo poroso formado por "calcarenitas", conglomerados y arenas del Mioceno y Plioceno, conjunto que, hacia el Sur, cuando el tramo Plioceno se diferencia como acuífero independiente por aparición de las margas pliocenas (A.S.C.), queda integrado únicamente por los materiales miocenos situados entre las filitas triásicas de esta "escama" y dichas margas. Cuando desaparecen estas filitas el acuífero pierde su individualidad, al quedar el tramo mioceno ligado a las dolomías del "Manto de Gádor", es decir, integrado en el A.I.O. Presenta pues un carácter libre en su parte norte y confinado bajo el A.S.C., y está en continuidad lateral con el A.I.O., mediante el tramo mioceno común, y con el A.S.C. a través de las "calcarenitas" pliocenas, también comunes a ambos. Antes sirvió de vehículo de descarga al mar del A.I.O. y ahora, con el descenso de niveles bajo la cota cero

en este último -que ha provocado también el abatimiento en - los de la propia escama, hasta valores inferiores a -6 m. en 1987/88-ésta se ha salinizado en gran parte, y está transfiriendo la contaminación a aquél, por haberse invertido el flujo subterráneo entre los mismos (Fig.9). Se trata de un medio con características hidráulicas similares a las del A.S.C. o del A.It.N.

Su volumen de negocio actual se ha estimado en 3-4 hm<sup>3</sup>/a de los cuales se consideran unas entradas por precipitación y retornos del orden de medio hm<sup>3</sup>/año, más otro medio hectómetro que recibe lateralmente del A.S.C., y un volumen de agua de mar intruida del orden de 1,5 hm<sup>3</sup>/año (Fig.10). Hacia el Acuífero Inferior Occidental se descargaría un volumen de unos 3 hm<sup>3</sup>/año (en parte agua salada) que irá aumentando al continuar el descenso de niveles en la zona.

Dada la ya citada relación de flujos entre este pequeño acuífero y el A.I.O., en la situación de régimen natural (e incluso en los primeros estadios de la explotación de este último) sus calidades químicas serían similares. Sin embargo, en la actualidad, el cambio en el funcionamiento de esta zona da lugar a aguas bicarbonato-cloruradas cálcico-magnésico-sódicas y cloruradas sódicas, con concentraciones de sales que en profundidad pueden llegar a ser mayores de 20 gr/l en sondeos que anteriormente captaban zonas dulces del A.E.B.N., según indican los muestreos en los escasos puntos disponibles. Es-

ta variación de la salinidad, que se comentará más detenidamente al hablar de la intrusión marina, ha sido la causante del abandono de la mayoría de las captaciones que explotaban el acuífero.

Las actividades agrícolas sobre la parte libre del A.E.B.N. vienen produciendo una contaminación del agua, según indican las concentraciones de nitratos (en mayo de 1988 próximas a 40 ppm) registradas en los puntos muestreados. Como ocurre en el resto de los acuíferos afectados, la evaluación de este proceso está en sus primeras fases.

#### 2.4. EL CAMPO DE DALÍAS COMO CONJUNTO

Desde el punto de vista hidrogeológico ya se ha dicho anteriormente que se adopta la denominación "Campo de Dalías" - para el conjunto de la llanura costera conocida como tal y, a proximadamente, la parte de Sierra de Gádor vertiente a la misma. Constituye así casi la totalidad del Subsistema Meridional perteneciente al gran sistema hidrogeológico que representa dicha sierra.

Para la comprensión del funcionamiento de dicho sistema se aborda por separado el estudio de cada uno de los acuíferos que lo integran, los cuales presentan peculiaridades y problemáticas específicas que deben considerarse tanto al pro

yectar los trabajos de investigación y control, como al aplicar medidas correctoras o de gestión. Ello implica una concepción más compleja de este dominio, pero es su propia realidad física quien así lo impone. No obstante, conviene evitar la pérdida de la idea de conjunto, razón por la que se ha planteado esta recapitulación de los acuíferos descritos en páginas anteriores, formulando un balance hídrico global para todo el subsistema que constituyen.

El balance que se aporta en esta ocasión (Fig. 10) se ha realizado considerando al conjunto del "Campo de Dalías" como un todo, en el que se ignoran las transferencias internas entre acuíferos, por lo que únicamente se reflejan sus relaciones de flujos con el exterior. Representa en este aspecto una síntesis de los balances pormenorizados que se hicieron para cada acuífero y, por tanto, obedece a los mismos supuestos en que se basaron dichos balances. Se insiste en recordar que el significado de cada término de los mismos no siempre coincide con el correspondiente a los balances presentados en anteriores trabajos del entonces IGME, por lo que los resultados actuales no son del todo comparables con los precedentes.

En tales condiciones se tendría, para todo el "Campo de Dalías", la siguiente evaluación (Fig. 10):

Entradas (hm3/año)

- Por precipitación (incluida U. de Celín) ....	75,0
- Por retornos de riego y urbanos .....	22,0
	-----
- Total entradas de agua dulce .....	97,0
- Entradas de agua de mar .....	4,0
	-----
Total entradas .....	101,0
	-----

Salidas (hm3/año)

- Por bombeos .....	110,0
- Por descarga en U. Celín .....	4,5
- Descarga al mar .....	8,5
	-----
Total salidas .....	123,0
	-----

<u>Aportación neta de reservas</u> .....	22,0
	-----

Deduciendo del bombeo los retornos, el balance global sería (en hm3/año):

<u>Recursos</u>	<u>Entrada</u>	<u>Ap.neta</u>	<u>Bombeo</u>	<u>Descarga</u>	<u>Descarga</u>
<u>renovbls.+</u>	<u>del mar</u>	<u>+ reserva.=</u>	<u>neto</u>	<u>+ al mar</u>	<u>+ en Celín</u>
(75)	(4)	(22)	(88)	(8-9)	(4-5)

Como en ocasiones precedentes (1982) se puede considerar la unidad de Celín independiente del conjunto "Campo de Dalías" y eliminar del balance anterior los recursos implicados en la misma, con lo que el balance quedaría:

<u>Recursos</u>	<u>Entrada</u>	<u>Ap.neta</u>	<u>Bombeo</u>	<u>Descarga</u>
<u>renovbls.+</u>	<u>del mar</u>	<u>+ reserva.=</u>	<u>neto</u>	<u>+ al mar</u>
(70-71)	(4)	(22)	(88)	(8-9)

Se advierte que estas cifras, estimadas o evaluadas con más o menos acierto -sólo los bombeos tienen un grado de fiabilidad difícilmente mejorable- pretenden únicamente aportar una idea sobre el orden de magnitud de los distintos términos del balance, con objeto de reflejar los efectos observados en los acuíferos -medidos a lo largo del tiempo mediante un plan permanente de vigilancia sobre los mismos- y su relación con las causas que pueden provocarlos (régimen de bombeo, régimen de precipitaciones, régimen de regadíos, etc.). Asimismo, dichas cifras pueden servir de orientación a los primeros planteamientos de gestión y de medidas correctoras aunque, en último extremo, habrán de ser contrastadas experimentalmente.

Según el balance anterior, la aportación neta de reservas (22) más las entradas de agua de mar (4) nos darían un va

lor resultante para el déficit global del Campo de unos 26 - hm<sup>3</sup>/año aunque, teniendo en cuenta el grado de imprecisión que siempre acompaña a estas estimaciones, así como el crecimiento experimentado por la demanda (y por tanto de los factores que integran el déficit), se puede situar en el entorno de los 30 hm<sup>3</sup>/año.

### 3. UTILIZACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.

Existen en el "Campo de Dalías" más de 1.100 captaciones de agua subterránea, de las que unas 200 están secas o enterradas, cerca de 450 están abandonadas y el resto, más de 450 puntos, se encuentran en servicio actualmente. De estos últimos, 261 corresponden a sondeos con una extracción significativa y el resto son pozos, en su mayor parte situados en las zonas bajas (franjas litorales del este y suroeste del Campo) con extracciones unitarias muy reducidas, así como algunos sondeos igualmente infrautilizados y algunas galerías (Celín). Con esta infraestructura de captaciones se podría aumentar muy considerablemente el volumen anual de bombeo (como ha ocurrido en determinados puntos).

De los 261 sondeos con los que se extrae más del 97% del agua bombeada del Campo, 53 captan el Acuífero Inferior Occidental, 90 el Acuífero Superior Central, 116 los acuíferos - del Sector Noreste y 2 el de la "Escama de Balsa Nueva". Los

mayores rendimientos se alcanzan en los acuíferos dolomíticos, A.I.O. y A.I.N., especialmente en el área de Aguadulce de éste último, por su menor altura de elevación, donde se encuentran caudales superiores a los 210 l/sg con depresiones del orden de 2 m.

En cuanto al volumen global de bombeo por áreas, acuíferos y conjunto del Campo, se remite al lector al Cuadro 1, donde se reflejan los valores obtenidos en los últimos ocho años, con un seguimiento de la extracción mensual en cada uno de los puntos controlados. Puede apreciarse, entre otras cosas, un incremento de la explotación a través de los años, debido al crecimiento de la demanda, al que se superpone una oscilación relacionada con el tipo de año, en términos de precipitación, temperatura, ocurrencia de vientos, etc. El crecimiento suele recaer en los acuíferos inferiores (dolomías de Gádor), que proporcionan agua de mejor calidad y mejores rendimientos en las captaciones.

Del agua bombeada actualmente (año hidrológico 1987/88) se utilizan unos 26-27 hm<sup>3</sup>/año en consumo urbano, de los que unos 16-17 se destinan al abastecimiento de la capital. El resto, incrementado en 11-13 hm<sup>3</sup>/año procedentes del Adra (Benínar y Canal de San Fernando) y de la Unidad de Celín, se usan en regadíos, que llegan a representar el 79-80% del total de la demanda actual, con una dotación unitaria media próxima a los 8.000 m<sup>3</sup>/ha.año.

(En esta agricultura de primor implantada en la zona, el sistema de goteo está siendo cada vez más empleado. También se han realizado estudios de pérdidas en la distribución y al macenamiento con idea de mejorar el sistema para evitar al máximo el mal uso de este recurso tan escaso).

Con la legislación vigente, desarrollada a partir de mayo de 1984, se pretendió establecer una limitación al crecimiento de la demanda en la zona. Se estima que, desde entonces, se ha producido un incremento de la superficie regada del orden del 10%, debiéndose rondar hoy día ya las 13.000 ha.

#### **4. EL PROBLEMA DE LA INTRUSION MARINA EN LOS ACUIFEROS DEL CAMPO**

Existen procesos de intrusión marina en todos los acuiferos principales en contacto con el mar, excepto en el A.S.C. dada su situación piezométrica actual.

Esta contaminación no sólo afecta a las áreas costeras de los acuíferos, sino que se trasmite lateralmente hacia las interiores del A.It.N. (área de La Gangosa) y A.S.N. (área de El Viso), y desde el A.E.B.N. hacia el A.I.O.

El fenómeno es especialmente delicado en el A.I.N. del -

área de Aguadulce, ya que este acuífero soporta una parte importante del bombeo del Campo.

Se expone a continuación el estado actual y la evolución de la contaminación en la zona occidental (A.E.B.N/A.I.O.) y en la zona oriental del Campo (acuíferos del Sector Noreste), actualizando documentos hechos públicos por este Estudio con anterioridad sobre este problema.

#### 4.1. INTRUSION MARINA EN LA ZONA OCCIDENTAL DEL CAMPO

Hacia el año 1980/81 los niveles piezométricos del A.I.O. y del A.E.B.N., en descenso continuo, rebasaron la cota cero de una manera generalizada, lo que habría de significar la inversión del flujo subterráneo en la zona de Balanegra, dando origen a la penetración de agua marina hacia el continente.

Se sabía que por este área se había producido la descarga del A.I.O. hacia el mar, pero no se conocía suficientemente si había sido a través del conjunto dolomías de Gádor-cobertera o sólo por la cobertera. En el primer caso la penetración del agua salada debía ser mucho más rápida que en el segundo, al limitarse en éste a un medio poroso (mucho menos

transmisivo), hipótesis bastante probable que había que confirmar. Es decir podía existir una estructura hidrogeológica-local ("Escama de Balsanueva") que impidiera la relación directa del tramo fisurado del A.I.O. con el mar.

Para verificar este supuesto, de gran interés dada la elevada utilización del A.I.O., se hizo necesario intensificar el seguimiento de la red de vigilancia de la zona y, especialmente, la ejecución de sondeos mecánicos de investigación de la estructura hidrogeológica y calidad del agua tanto en la cobertera como en el A.I.O. bajo la supuesta escama.

Con estos objetivos el ITGE realiza los sondeos B9 y B10, con 632 y 250 m. de profundidad respectivamente durante 1985 y 1986. Mediante el primer sondeo se demuestra la existencia de dicha "escama", y con ello se empieza a distinguir el A.E.B.N., independizado del A.I.O. por las metapelitas impermeables de la base de la escama. En el acuífero de cobertura se observan salinidades propias de un proceso de intrusión (hecho manifestado, por otra parte, con el abandono de dos captaciones del mismo), mientras que en el acuífero profundo las medidas realizadas demuestran la ausencia de esta contaminación y, por tanto, su desconexión directa con el mar. El segundo sondeo perforado (B10) llega hasta la base del A.E.B.N., con el objetivo de estudiar la evolución del proceso de contaminación en este acuífero superior.

Dado el sentido actual del flujo en la zona (Fig. 9), y puesto que existe una conexión lateral hacia el E entre el A.E.B.N. y el A.I.O., necesariamente tiene que producirse la contaminación de este último acuífero. El hecho de que hasta ahora no se haya detectado puede deberse a la poca representatividad de los puntos disponibles para el muestreo en relación con el foco contaminante y, especialmente, por la menor velocidad de propagación y menor alcance de esta contaminación (que los que pudieron haberse producido sin el afortunado efecto protector de la citada "escama").

Por ello, se diseña en 1988, englobada dentro de el Estudio, una campaña de sondeos de investigación de la estructura y funcionamiento hidrogeológico del A.E.B.N., para avanzar en el conocimiento del proceso de entrada de agua de mar (localización y cuantificación del mismo) en dicho acuífero, así como en el de su repercusión sobre el A.I.O. y su relación con el A.S.C (Fig.14). Esta campaña ha sido en parte asumida y ya iniciada por el SGOPU, y tiene como planteamiento general el comprobar la existencia del acuífero de la escama y la calidad del agua presente en la zona a lo largo de distintos perfiles paralelos.

El proceso de contaminación en el A.E.B.N. ha ido avanzando desde 1980/81 hasta la actualidad, manifestándose claramente tanto en la evolución piezométrica como en el deterioro de la calidad del agua del acuífero. Sin embargo, los últimos

datos obtenidos por el Estudio permiten ser relativamente optimistas en cuanto al volumen de agua salada transferido al A.I.O.: el frente de agua contaminada hacia este acuífero parece estar restringido a una zona discreta, debido al efecto de retención de la interfase en la zona de descarga del A.S.C al acuífero de la escama originado por la mayor carga hidráulica local. (El avance del proceso de contaminación, así como el papel ejercido por el A.S.C. en el mismo se reflejan en la Fig. 11, en la que se ha representado la posición de la interfase en un perfil transversal a la estructura del A.E.B.N para las situaciones observadas en noviembre de 1981 y diciembre de 1988, fecha de mayor alcance de la entrada de agua de mar).

#### 4.2. INTRUSION MARINA EN EL ACUIFERO INFERIOR NORESTE

La situación de intensa explotación que sufre el A.I.N. en el área de Aguadulce está provocando que la evolución, hacia la superficie y tierra adentro, de las interfases salinas en el mismo progrese de una manera indeseable, al menos desde el año 1982/83.

Este problema se ha puesto de manifiesto con el seguimiento tanto de la evolución piezométrica (cuya tendencia es permanecer cada vez mayor tiempo a cotas negativas), como del progresivo deterioro de la calidad del agua del acuífero en -

la zona, registrado simultáneamente en el agua bombeada y en los controles en profundidad de los puntos disponibles.

La dificultad de la investigación de este proceso (distribución espacial y evolución temporal del mismo), que viene realizándose dentro de este Estudio desde el año 1980/81, reside en la necesidad de disponer de una adecuada red de seguimiento -actualmente insuficiente-, homogéneamente repartida dentro del área, donde observar simultáneamente la evolución piezométrica y salina en profundidad.

Actualmente se cuenta sólo con cinco sondeos específicos para el muestreo, cuatro de los cuales han sido promovidos dentro de este Estudio y realizados en colaboración con la Consejería de Fomento y Trabajo de la Junta de Andalucía.

El seguimiento de la salinidad del agua bombeada por las captaciones del área resulta claramente insuficiente para el estudio de este proceso, ya que hay distintos factores condicionantes de la misma que complican su análisis: caudal de bombeo, penetración del sondeo en el acuífero y distancia de éste a la costa, principalmente.

Como ya se ha comentado, la intrusión marina en este área ha ido avanzando a lo largo del tiempo, habiendo tenido su mayor alcance en octubre de 1988. Este aumento de la salinidad ha ido reduciendo la posibilidad de utilización de las

captaciones presentes en la misma, habiéndose abandonado ya - las más penetrantes y cercanas a la costa; éste es el caso de los sondeos profundos: 6 RM y 224 RM del Sector II del antiguo IRYDA (con fondo a -172 y -138 m.s.n.m. respectivamente)- que se dejaron de utilizar en 1982 el primero de ellos y en 1985 el segundo, y de los sondeos más costeros: 240 RM y 237 RM, afectados por este proceso en 1985 y 1987, respectivamente. (Esta última captación se sigue aun utilizando, pero debido al crecimiento presumible de su salinidad, -si se continúa con la actual utilización del acuífero- parece muy probable - su futuro abandono).

También se ha detectado la evolución desfavorable de la intrusión en los escasos puntos de seguimiento de la salinidad en profundidad; como ejemplo de dicho efecto cabe citar - el aumento de la conductividad en el sondeo 224 RM que, a la cota -68 m.s.n.m., ha pasado de 16000 a 24000 micromho/cm desde octubre de 1985 al mismo mes del año 1988 (incremento de 8000 micromho/cm.), localizándose en él la interfase a -59 m.s.n.m. en esta última fecha (Fig. 12).

La distribución espacial actual de la salinidad del agua en este área es la consecuencia de la estructura del acuífero (con direcciones preferentes de entrada de agua salada según fracturaciones NO-SE y E-O) y, principalmente, del uso irracional dado al mismo que, en caso de mantenerse, conducirá a la

inutilización del campo de explotaciones existente.

Esta utilización tan poco racional del A.I.N. en el área de Aguadulce tiene como características más destacables la excesiva concentración de bombeos existente y los elevados caudales de extracción empleados (Fig. 8). La explotación se realiza principalmente en su zona central, mediante los sondeos 227 RM, 228 RM, 230 RM, 234 RM, 244 RM y 245 RM del Sector II de la Comunidad de Regantes "Sol y Arena" que, dispuestos a lo largo de menos de 2 Km, extraen cerca del 60 % del volumen total bombeado en el área (14 hm<sup>3</sup> durante el año 1987/88), con caudales en su mayor parte superiores a 200 l/s. Hay que destacar también el intenso bombeo puntual al NE del área, perteneciente al sondeo 249 RM (abastecimiento a Almería capital) que capta cerca del 23% del peso de las extracciones globales del área, con un caudal superior a 210 l/s y un volumen próximo a 6 hm<sup>3</sup> para el año 1987/88.

Como consecuencia de esta inadecuada situación de las siete captaciones más utilizadas y de su inapropiado régimen de extracciones, se localiza un cono de depresión en el centro y noreste del campo de bombeo del área (en el que se alcanzan actualmente niveles dinámicos de varios metros por debajo del nivel del mar), produciéndose acusados ascensos de salinidad al SE del mismo y en su parte oriental, resultado de la entrada de agua de mar según direcciones E-O y NO-SE hacia las zonas más deprimidas del acuífero (Fig. 12).

Como ya se ha comentado en anteriores capítulos, el A.I.N. es el más importante de los acuíferos del Campo y está siendo explotado fundamentalmente en el área de Aguadulce. El hecho de que el bombeo en el mismo haya provocado la "sobreexplotación local" de este área (dando lugar en ella a la progresiva entrada de agua salada) no implica necesariamente que este proceso se haya generalizado a lo largo de toda su extensión. Por esta razón, se piensa que la implantación de una adecuada distribución y régimen de las explotaciones en el acuífero constituirá, por una parte, un factor de corrección de la intrusión en el área de Aguadulce y, por otra, la forma de contrastar la validez del déficit de 7 hm<sup>3</sup>/año estimado para este acuífero. (En los epígrafes 5.2.3. y 5.3 se plantean, de forma detallada, las acciones a realizar en este sentido, para corregir el problema actual de intrusión marina y preservar en el futuro la calidad del agua bombeada del acuífero).

#### 4.3. INTRUSION MARINA EN EL ACUIFERO INTERMEDIO NORESTE

El A.It.N., sobreexplotado tanto por el bombeo realizado en el mismo como en los acuíferos de su entorno, está salinizado en gran parte del área de La Gangosa, en su zona costera ("Horst de Roquetas") y debe estarlo también en la zona de fosa comprendida entre ambas áreas. Se desconocen los mecanis-

mos de entrada del agua de mar hacia la primera de estas áreas, aunque existen determinados indicios -recientemente obtenidos por este Estudio- por los que se tiene en la actualidad un esquema conceptual del proceso que deberá ser confirmado mediante sondeos mecánicos de investigación.

Se sabe que, en algunas zonas o compartimentos del acuífero (dentro del área de La Gangosa y ya antes de la explotación intensiva aquí implantada) determinados sondeos captaron agua con salinidades altas (2,5 gr/l); pero este fenómeno aún está sin justificar, dado el escaso conocimiento estructural que se tiene del acuífero hasta el momento.

La progresiva entrada de agua de mar -que parece producirse a través de la zona costera del A.It.N. (y tal vez también de forma lateral desde el A.S.N. y desde el A.I.N.)- hacia el área interior de La Gangosa, se ha manifestado con el aumento continuo de la salinidad del agua bombeada por las captaciones de dicha área, que llega en la mayoría de éstas a valores intolerables para la demanda. Como ejemplo de ello, el agua bombeada por los sondeos 40 Vc y 41 Vc del Sector III del antiguo IRYDA, situados en la parte central del principal campo de explotaciones de dicha área, han pasado, desde julio de 1984 a julio de 1988, de conductividades de 4000 y 9000 micromho/cm. respectivamente, a tomar valores de 9000 y 18000. Sin embargo, el descenso piezométrico observado en el área parece ser mucho menor que el que cabría esperar, ya que la di-

ferencia entre el volumen bombeado y lo que se ha estimado para las entradas de agua dulce al acuífero es mayor que la aportación de la reserva aparente; probablemente, el consumo de las reservas del acuífero haya sido más elevado que el observado en el área de La Gangosa, teniendo que añadirse a éste el correspondiente a su zona confinada intruida de agua de mar.

La complicada distribución espacial que presenta la salinidad del agua en el área de La Gangosa, cuyo conocimiento se está iniciando en la actualidad con el análisis de recientes datos conseguidos por este Estudio, se deriva de con la complejidad de la estructura del acuífero, localizándose, aparentemente, distintos alcances del agua de mar en relación con las diferentes compartimentaciones existentes. Para el conocimiento de esta distribución espacial de la salinidad y de la evolución temporal del proceso de intrusión -condicionadas por los mecanismos existentes de entrada de agua de mar, aún mal conocidos- se hace imprescindible el disponer de sondeos me

cánicos para la investigación de la estructura y funcionamiento del acuífero, así como para el seguimiento de su salinidad, los cuales deberán estar distribuidos en la mayor parte de la extensión del mismo. (En los epígrafes 5.2.4 y 5.3 se describen las acciones que se proponen por parte de este Estudio -relacionadas con la mejora general del conocimiento de este

acuífero, así como para corregir el problema de la intrusión marina en el mismo).

#### 4.4. INTRUSION MARINA EN EL ACUIFERO SUPERIOR NORESTE

Debido a la utilización dada al A.S.N. y a los acuíferos de su entorno, se viene produciendo la salinización del agua de este acuífero, al menos en parte de su área costera (área de Roquetas) y del área de El Viso.

No se conocen adecuadamente los mecanismos de este proceso, dada la escasez de datos existentes sobre la estructura y piezometría de las capas profundas del acuífero, ligada a la falta de conocimientos sobre su forma de relación con el complejo A.It.N., pero se sabe que las interfases salinas en el acuífero deben presentar un amplio abanico de situaciones, tal y como debe ocurrir con las del A.It.N.

Como consecuencia de esta entrada de agua de mar se ha producido, al menos desde 1982, un empeoramiento progresivo de la calidad del agua en los sondeos que lo captan en el área de El Viso, que ha llegado a causar el abandono de la mayor parte de los situados en la zona SE de la misma (sondeos 50 Vc, 51 Vc, 52 Vc, 53 Vc, 54 Vc, 55 Vc, 56 Vc, 57 Vc, 58 Vc, 59 Vc del Sector III de la Comunidad de Regantes "Sol y Arena") al no cumplir sus salinidades las exigencias de la -

demanda. Cabe citar como ejemplo de este proceso el aumento en la conductividad del agua del sondeo 53 Vc, que ha pasado de tener 5000 micromho/cm en mayo de 1983, a 8000 micromho/cm en abril de 1988.

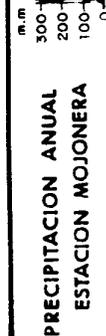
El desconocimiento de la estructura en gran parte del acuífero (sobretudo en lo que se refiere a su disposición en capas y relación con el A.It.N.) -debido a la falta de sondeos distribuidos en toda su extensión- hace actualmente inalcanzable el conocimiento adecuado de los mecanismos de intrusión y el seguimiento de la evolución del proceso. En los apartados 5.2.5. y 5.3 se citarán expresamente las medidas que se consideran más asequibles para tratar de corregir este problema de salinización ya que, de seguir la utilización actual dada tanto al propio A.S.N. como a los otros acuíferos de su entorno, se producirá la inutilización del campo de explotación existente y de la mayor parte de esta unidad hidrogeológica.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES**

La gestión de un acuífero debe quedar inmersa en la de todo el sistema hidráulico al que pertenece, dentro de una concepción de uso conjunto de todos los recursos, almacenamientos, etc. disponibles en dicho sistema.

Cuadro 1.: Evolución de la explotación (hm<sup>3</sup>/año) por acuíferos y áreas de los mismos (CAMPO DE DALIAS)

ACUIFEROS	AREA	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85	1985/86	1986/87	1987/88	OBSERVACIONES
(A.I.O) INFERIOR OCCIDENTAL	TARAMBANA	5,39	5,59	6,54	5,39	6,41	5,94	6,31	6,33	(1) Comprende la de Santa María -Las Morias y El Llano del infante de Diciembre de 1.982
	PAMPANICO	7,33	7,14	8,02	8,12	9,12	8,34	8,61	9,32	
	TOMILLAR	12,92	17,19	14,96	16,29	18,83	17,15	19,61	22,04	
	PROFUNDA	1,33	3,05	4,05	3,73	4,19	4,01	4,19	4,07	
	<b>TOTAL A.I.O.</b>	<b>26,97</b>	<b>32,97</b>	<b>33,57</b>	<b>33,53</b>	<b>38,55</b>	<b>35,44</b>	<b>38,72</b>	<b>41,76</b>	
(A.S.C.) SUPERIOR CENTRAL	BALERMA	1,62	1,62	1,62	1,38	1,36	1,31	1,11	1,06	(2) Podría considerarse independiente, aunque está relacionado tanto con el A.S.C. como con el A.I.O.  (3) Este bombeo realizó en puntos que captan conjuntamente el A.S.C y un pequeño acuífero profundo situado en el "horst de Guardias Viejas"
	ONAYAR	1,49	1,12	0,58	0,18	0,26	0,16	0,20	0,21	
	SANTA MARIA (1)	14,23	15,06	13,83	11,04	14,11	11,96	12,26	11,64	
	BALANEGRA (BALSA NUEVA) (2)	0,49	0,49	0,39	0,57	0,71	0,62	0,57	0,62	
	HORST DE GUARDIAS VIEJAS (3)	0,13	0,13	0,11	0,12	0,13	0,14	0,06	0,00	
<b>TOTAL A.S.C.</b>	<b>17,96</b>	<b>18,42</b>	<b>16,53</b>	<b>13,29</b>	<b>16,57</b>	<b>14,19</b>	<b>14,20</b>	<b>13,53</b>		
(S. NE) ACUIFEROS DEL SECTOR NORESTE	ROQUETAS	0,93	0,63	0,78	0,77	0,76	0,62	0,55	0,51	* Para que este valor sea comparable con los de años precedentes, hay que incrementarlo en 5 hm <sup>3</sup> , volumen que por primera vez se ha llegado al Campo procedente de Benívar
	EL VISO	11,92	11,95	16,07	14,26	15,00	14,12	14,56	14,10	
	LA GANGOSA	10,16	10,15	9,56	10,38	11,46	12,22	12,41	13,02	
	AGUADULCE	18,09	19,29	25,23	22,87	25,90	24,96	26,87	24,73	
	EL AGUILA	2,13	3,46	4,23	4,39	5,68	5,95	5,80	6,18	
<b>TOTAL S. NE</b>	<b>43,23</b>	<b>45,48</b>	<b>55,87</b>	<b>52,67</b>	<b>58,80</b>	<b>57,87</b>	<b>60,19</b>	<b>56,54</b>		
<b>TOTAL CAMPO DE DALIAS</b>	<b>88,16</b>	<b>96,87</b>	<b>105,97</b>	<b>99,49</b>	<b>113,92</b>	<b>107,50</b>	<b>113,12</b>	<b>113,83 *</b>		



Teniendo en cuenta que la gestión implica el adecuado conocimiento (en cada momento) de los elementos que entran en juego, se entiende que, cuando se trata de gestionar un sistema hidráulico, han de considerarse, entre otros aspectos, dos tipos de actuaciones paralelas y estrechamente coordinadas:-- por un lado, actuaciones de investigación sobre los distintos elementos de gestión (recursos, demandas y sistemas de captación, regulación y distribución de los recursos), y sobre el control de los mismos; por otro, actuaciones de gestión propiamente dicha.

De acuerdo con estas premisas, y como forma de sistematizar las actuaciones de investigación que pueden interesar a la gestión del sistema al que pertenece el Campo, se ha utilizado el esquema que figura en el Cuadro 2, que también se ha considerado válido como guía de referencia para exponer las recomendaciones o propuestas generales que, desde este Estudio, se plantean a los responsables de esta gestión, sobre los distintos acuíferos del Campo, partiendo en cada caso del estado de conocimiento actual sobre los mismos. En dicho esquema, que podría ser recogido asimismo dentro de un modelo conceptual de gestión del sistema hidráulico al que pertenecen estos acuíferos, se establecen las principales líneas a seguir para alcanzar los objetivos deseables, dentro de una concepción racional de utilización de todo este conjunto.

Más adelante, en atención a los problemas más importan-

tes de contaminación que el uso incontrolado de los acuíferos viene produciendo en algunas áreas de los mismos, y que afectan especialmente a la conservación de la calidad de los recursos y reservas y, por tanto, a su utilidad, se destaca de las anteriores un reducido grupo de recomendaciones más concretas, consideradas de carácter prioritario, que esencialmente constituyen actuaciones de gestión. Es decir, se entienden como operaciones de urgencia, para ser puestas en marcha sin esperar a estudios previos demasiado prolijos, que pueden retrasar en exceso la aplicación de estas medidas correctoras.

#### 5.1 ESQUEMA ELEGIDO PARA SISTEMATIZAR LAS ACTUACIONES DE INVESTIGACION PARA LA GESTION DE UN SISTEMA HIDRAULICO. CONSIDERACIONES SOBRE EL SISTEMA EN QUE DEBEN INCLUIRSE LOS ACUIFEROS DEL CAMPO.

Según se ha dicho anteriormente, para sistematizar las actuaciones de investigación que requiere la gestión del sistema hidráulico que nos ocupa, se ha elegido un modelo de referencia que se resume en el Cuadro 2. En él se destacan los objetivos principales y parciales de esta investigación y se recogen las metodologías más comunes a seguir en cada caso.

En cuanto a la elección de los límites del sistema hidráulico en que deben encuadrarse los acuíferos del Campo de

Dalías, cabe hacer estas consideraciones: la situación deficiente de la Cuenca del Campo de Dalías, el carácter excedentario de la del Adra, la dependencia del abastecimiento de Almería capital de estas dos cuencas y, como un hecho ya real, la posibilidad de trasvasar recursos a la primera desde la segunda de estas cuencas (mediante el Canal de Benínar - Campo de Dalías - Almería) constituyen un cuadro de circunstancias que aconsejan adoptar, al menos, todo este conjunto, como un sistema hidráulico único. Pero este sistema no quedaría del todo controlado si no se incluyese también la Cuenca del Andarax, ya que las eventuales modificaciones en la explotación del tramo medio - alto de esta cuenca podrían incidir negativamente en el más que probable trasvase subterráneo desde la misma hacia la del Campo de Dalías. Por otra parte, la reutilización de los recursos trasvasados para abastecimiento de Almería capital puede constituir, evidentemente, una aportación complementaria para otros usos en el Bajo Andarax.

Por todas las razones anteriores, parece oportuno reunir las tres grandes cuencas vertientes del macizo de Sierra de Gádor (Adra, Andarax y Campo de Dalías) en un único sistema hidráulico o unidad de gestión de todos sus recursos, subterráneos y superficiales, incluso de los que eventualmente pudieran importarse al sistema desde otras cuencas excedentarias.

LINEAS PRINCIPALES DE INVESTIGACION	OBJETIVOS PRINCIPALES	OBJETIVOS PARCIALES	ACTUACIONES PRINCIPALES
<p>1 FORMACION Y ACTUALIZACION PERIODICA DE INVENTARIOS DE RECURSOS, DEMANDAS, CAPTACIONES, REDES DE DISTRIBUCION Y EMBALSES DE REGULACION DE RECURSOS.</p>	<p>CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS SUBTERRANEOS (EVALUACION DE RECURSOS, RESERVAS Y ALMACENAMIENTOS DISPONIBLES). ACTUALIZACION PERIODICA.</p>	<p>Estructura y características hidrodinámicas de los acuíferos.</p>	<p>-Investigación geofísica (S.E.V., S.E.D.T., polarización inducida, etc.).                      -Investigación con sondeos mecánicos.                      -Realización de cartografía hidrogeológica.                      -Investigación de características hidrodinámicas mediante bombeos de ensayo.                      -Actualización permanente de datos de geometría y características hidrodinámicas.</p>
		<p>Funcionamiento de acuíferos.</p>	<p>-Estudio de la piezometría.                      -Estudio del flujo subterráneo mediante trazadores                      -Actualización periódica del funcionamiento: establecimiento de balances.</p>
		<p>Calidad del agua de los acuíferos.</p>	<p>-Investigación de las características físico-químicas y bacteriológicas del agua: distribución espacial. (Muestras, registros en profundidad, análisis físico-químicos y bacteriológicos, etc.).                      -Actualización periódica de la calidad del agua.</p>
	<p>CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS SUPERFICIALES (REVISION DEL REGIMEN DE APORTACIONES). ACTUALIZACION PERIODICA.</p>	<p>(A desarrollar por otros equipos)</p>	
	<p>CONOCIMIENTO DE LAS DEMANDAS. ACTUALIZACION PERIODICA.</p>	<p>Demanda agrícola.</p>	<p>-Situación de regadíos.                      -Determinación del régimen de demandas.                      -Estudio del origen del suministro actual.</p>

LINEAS PRINCIPALES DE INVESTIGACION	OBJETIVOS PRINCIPALES	OBJETIVOS PARCIALES	ACTUACIONES PRINCIPALES
<p>1 FORMACION Y ACTUALIZACION PERIODICA DE INVENTARIOS DE RECURSOS, DEMANDAS, CAPTACIONES, REDES DE .... (CONTINUACION)</p>	<p>CONOCIMIENTO DE LAS DEMANDAS. ACTUALIZACION PERIODICA. (CONTINUACION)</p>	<p>Demanda agrícola. (CONTINUACION)</p> <p>Demanda urbana e industrial.</p>	<p>-Determinación de las exigencias de calidad. -Determinación de las técnicas actuales de utilización del agua. -Actualización periódica de las actuaciones preventivas.</p> <p>-Situación de industrias y núcleos de población. -Determinación del régimen de demandas. -Determinación de las exigencias de calidad. -Estudio del origen del suministro actual. -Actualización periódica de las actuaciones preventivas.</p>
	<p>CONOCIMIENTO DE LAS CAPTACIONES, REDES DE DISTRIBUCION Y EMBALSES DE REGULACION DE RECURSOS. ACTUALIZACION PERIODICA.</p>		<p>-Realización de inventario de captaciones superficiales y subterráneas. -Realización de inventario de redes de distribución de recursos. -Realización de inventario de embalses de regulación de recursos superficiales y subterráneos. -Actualización periódica de las actuaciones preventivas.</p>
<p>2 CONSERVACION DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS.</p>	<p>CONOCIMIENTO DE LA CONTAMINACION DE LOS RECURSOS PARA SU RECUPERACION. ACTUALIZACION PERIODICA.</p>	<p>Contaminación por intrusión marina y de origen agrícola, urbano e industrial.</p>	<p>-Determinación/evaluación de los procesos de contaminación. -Diseño de actividades para la mejora del conocimiento y seguimiento de los procesos de contaminación. -Propuesta de medidas correctoras. -Actualización periódica de las actuaciones preventivas.</p>

LINEAS PRINCIPALES DE INVESTIGACION	OBJETIVOS PRINCIPALES	OBJETIVOS PARCIALES	ACTUACIONES PRINCIPALES
2 CONSERVACION DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS. (CONTINUACION)	CONOCIMIENTO DE LOS RIESGOS DE CONTAMINACION DE LOS RECURSOS PARA LA PREVENCION DE LOS MISMOS. ACTUALIZACION PERIODICA.	Vulnerabilidad a los procesos de contaminación por intrusión marina y de origen agrícola, urbano e industrial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinación/evaluación de la vulnerabilidad a los distintos tipos de contaminación.</li> <li>-Diseño de perímetros y normas de protección.</li> <li>-Diseño de actividades para la mejora del conocimiento sobre la vulnerabilidad y seguimiento de la eficacia de las medidas preventivas.</li> <li>-Revisión periódica de las actuaciones precedentes</li> </ul>
3 OPTIMIZACION DE RECURSOS, DEMANDAS E INFRAESTRUCTURA. (MODELO DE GESTION).	MEJORA DE LA REGULACION Y GARANTIA DE LAS APORTACIONES. ACTUALIZACION PERIODICA.	<p>Uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas</p> <hr/> <p>Uso de recursos propios y ajenos.</p> <hr/> <p>Recarga artificial de acuíferos.</p> <hr/> <p>Potenciación de la recarga natural de acuíferos.</p>	<p>Estudios de viabilidad/diseño de operaciones sobre los distintos objetivos parciales y revisión periódica de los mismos.</p>
	MEJORA DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS DISPONIBLES NO UTILIZABLES DIRECTAMENTE POR LA DEMANDA. ACTUALIZACION PERIODICA	<p>Mezclas de aguas de distintas calidades.</p> <hr/> <p>Utilización de técnicas de desalinización.</p>	Estudios de viabilidad/diseño de operaciones sobre los distintos objetivos parciales y revisión periódica de los mismos.

LINEAS PRINCIPALES DE INVESTIGACION	OBJETIVOS PRINCIPALES	OBJETIVOS PARCIALES	ACTUACIONES PRINCIPALES
3 OPTIMIZACION DE RECURSOS, DEMANDAS.... (CONTINUACION)	MEJORA DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS DISPONIBLES ..... (CONTINUACION)	Depuración de aguas residuales para su reutilización.	Estudios de viabilidad/diseño de operaciones sobre los distintos objetivos parciales y revisión periódica de los mismos.
	DISMINUCION DE LAS EXIGENCIAS DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LAS DEMANDAS.	Demanda agrícola urbana e industrial.	-Estudio y selección de medidas (legales, técnicas, económicas, etc.) para el ahorro de dotaciones. -Investigación sobre técnicas de cultivo menos exigentes en cuanto a la calidad.
	MEJORA DE LOS SISTEMAS DE CAPTACION, REDES DE DISTRIBUCION Y ALMACENAMIENTO DE LOS RECURSOS, EN FUNCION DE LA DEMANDA Y DE LAS FUENTES DE SUMINISTRO. - ACTUALIZACION PERIODICA.	Reordenación de captaciones  Utilización de técnicas de distribución y almacenamiento para evitar pérdidas.  Reordenación de la infraestructura de distribución y regulación.	Estudios de viabilidad/diseño de operaciones sobre los distintos objetivos parciales y revisión periódica de los mismos.
4 CONTROL DE RECURSOS, DEMANDAS E INFRAESTRUCTURA.	MEJORA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE LOS RECURSOS SUBTERRANEOS. ACTUALIZACION PERIODICA.	Bombes, surgencias, calidad, contaminación, piezometría, etc.	Estudios de viabilidad/diseño de operaciones sobre aplicación de técnicas de obtención y almacenamiento de datos de los distintos objetivos parciales y revisión periódica de los mismos.
	MEJORA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE LOS RECURSOS SUPERFICIALES. ACTUALIZACION PERIODICA	(A desarrollar por otros equipos)	

5.2. RECOMENDACIONES O PROPUESTAS GENERALES DE INVESTIGACION-  
PARA LA GESTION -Y DE GESTION PROPIAMENTE DICHA- DE LOS-  
ACUIFEROS DEL CAMPO, BASADAS EN EL CONOCIMIENTO ACTUAL -  
SOBRE LOS MISMOS.

Como premisas de las conclusiones y recomendaciones que siguen, deben tenerse en cuenta tres consideraciones básicas: la primera se refiere a que la necesidad de mejorar el conocimiento de los acuíferos ha de entenderse como la forma racional de plantear una importante mejora en su utilización (planificación de su uso) y de llevar a cabo, de la manera más idónea, acciones correctoras de los problemas planteados por la mala utilización de los mismos (especialmente los relativos a la intrusión marina). Pero dichas mejoras nada tienen que ver con que existan para este Estudio expectativas de hallazgo de nuevos recursos.

La segunda consideración alude al carácter general de las recomendaciones que siguen, no incluyendo, por tanto, eventuales investigaciones específicas o locales que pudieran ser necesarias para resolver problemas concretos (recarga artificial en una zona, radio de protección ante una inyección con presencia de microorganismos, etc.).

Por último, la tercera consiste en resaltar una idea que, aunque puede ser muy elemental, no siempre se ha tenido en

cuenta: que el Campo de Dalías es hidrogeológicamente un domi  
nio complejo, no un acuífero único y homogéneo. Las actuacio-  
nes de gestión deben tener esta idea muy clara, ya que, lo a-  
certado o conveniente en una zona puede ser pernicioso aplicado  
do en otra, o viceversa.

Después de estas consideraciones, se pasa al análisis de  
cada uno de los acuíferos principales del Campo, sintetizando  
el estado de conocimiento alcanzado sobre los aspectos parcia  
les de mayor interés para su gestión y, en función de este co  
nocimiento, se recomiendan las actuaciones que se consideran  
más necesarias, referentes tanto a su investigación como a la  
propia gestión de los mismos (particularizada para cada acuí-  
fero o con carácter común a todos ellos). Se seguirá el es-  
quema de objetivos o líneas de investigación establecidas en  
el Cuadro 2.

En el Cuadro 3, al final de esta memoria, se presenta un  
esquema de diagrama de operaciones/tiempo donde se hace un re  
sumen del contenido de estas mismas recomendaciones genera-  
les. Hay que advertir que, por distintas consideraciones -en-  
tre ellas la conveniencia de abordar en primer lugar las medi  
das correctoras y otras actuaciones relativas al proceso de -  
intrusión marina- en dicho cuadro se ha variado el orden esta  
blecido en este apartado (y en el Cuadro 2) para las propues-  
tas de actuaciones.

### 5.2.1. ACUIFERO SUPERIOR CENTRAL

#### 5.2.1.1. Estructura y características hidrodinámicas generales.

De estos aspectos del acuífero se tiene un conocimiento actual bastante aceptable, en general. Se recomienda únicamente el seguimiento y tratamiento de los datos que proporcionen los sondeos ajenos, como mejora de dicho conocimiento.

#### 5.2.1.2. Funcionamiento general.

Sobre esta importante característica se tiene un conocimiento actual también bastante aceptable, en general, aunque, por su carácter variable, se recomienda su actualización periódica -anual o plurianual, según el uso que se haga del acuífero- y el seguimiento más detallado y frecuente de sus relaciones con el A.E.B.N.

#### 5.2.1.3. Distribución espacial y temporal de la calidad del agua.

El conocimiento actual sobre esta distribución es sólo aceptable relativamente, ya que es incompleto en algunos as-

pectos, como el de la variación de la salinidad con la profundidad. Si se piensa movilizar reservas (especialmente) se recomienda mejorar el conocimiento sobre estas cuestiones.

#### 5.2.1.4. Prevención de la contaminación de los recursos.

Las características de este acuífero, bien conocidas sobre el particular, indican su vulnerabilidad a todo tipo de contaminantes, por actividades agrícolas, urbanas e industriales, desarrolladas en su superficie y via sondeos, así como a la intrusión marina si no se utilizara el acuífero adecuadamente. En este último caso, las condiciones de carga hidráulica actuales le preservan de tal salinización. En relación con otros tipos de contaminación, si que se han detectado elementos que señalan su existencia en algunas zonas; por tanto, se recomiendan medidas protectoras (en este caso más bien el establecimiento de normas y una eficaz vigilancia de su cumplimiento) fundamentadas en los estudios correspondientes a desarrollar sobre esos otros posibles contaminantes.

#### 5.2.1.5. Procesos de contaminación de los recursos y aplicación de medidas correctoras.

El conocimiento de los procesos de contaminación ya en marcha, de origen agrícola y urbano, es insuficiente, por lo

que se recomiendan estudios que permitan diseñar las oportunas medidas correctoras. Como en el caso anterior, consistirán esencialmente en medidas legales y de vigilancia de su cumplimiento.

#### 5.2.1.6. Mejora de la regulación y garantía de las aportaciones.

Sobre estos aspectos, los conocimientos que se tienen del acuífero permiten señalar que, con el uso actual dado al mismo y a los acuíferos de su entorno, la situación es prácticamente de equilibrio entre entradas y salidas, destacando la disponibilidad en el mismo de una importante reserva de agua (no renovable), de la que al menos unas decenas de hectómetros cúbicos podrían ser estratégicamente utilizables de manera transitoria (zona centro-noreste del acuífero). Por otra parte, se puede considerar la posibilidad que ofrece este acuífero para su uso como embalse regulador (también de decenas de hectómetros cúbicos) mediante recarga artificial en el mismo de eventuales excedentes, no regulables por otros embalses de superficie o subterráneos del sistema, ni utilizables directamente por la demanda. En su caso se recomiendan los correspondientes estudios de viabilidad de estas formas de utilización del acuífero, sobre zonas del mismo que ya pueden ser preseleccionadas directamente. (Podría aplicarse el mode

lo matemático de flujo realizado para el conjunto A.S.C. y-A.I.O., prácticamente disponible).

5.2.1.7. Mejora de la calidad de los recursos y (reservas) - disponibles, no utilizables directamente por la demanda

En relación con este tema de la gestión, los conocimientos alcanzados sobre el agua bombeada en algunas zonas de este acuífero -y especialmente de la que estratégicamente pudiera utilizarse procedente de reservas no renovables de las áreas de Sta. María y San Agustín -indican su exceso de salinidad para las exigencias medias de la demanda.

Podría plantearse un uso del mismo más adecuado, mediante técnicas de mezclas o desalinizaciones que mejorasen suficientemente su calidad actual. En este supuesto, se recomiendan los correspondientes estudios de viabilidad, según las características de los recursos disponibles en cada momento; si se fuera a movilizar reservas, estos estudios deberían ser precedidos de la mejora del conocimiento señalada en el apartado 5.2.1.3.

5.2.1.8. Reordenación de captaciones para mejorar el uso del

acuífero, teniendo en cuenta las características de la demanda.

El conocimiento actual sobre las circunstancias que concurren en la muy deseable descarga de este acuífero hacia el A.I.O. y el A.E.B.N., obligan a mantener la mayor carga hidráulica posible en su borde noroeste entre El Ejido y el mar. Ello redundará en beneficio de los acuíferos receptores, frenando el aumento de entrada de agua de mar hacia los mismos, contribuyendo a la disminución del déficit que sufren, y, a su vez mejorando, con esta mezcla de aguas, la utilidad de las del propio A.S.C. Por consiguiente, **se recomienda evitar el incremento en las extracciones de dicho borde noroeste, en** torno del límite norte del sector VI del I.A.R.A. estudiando, con la ayuda del modelo matemático, la **conveniencia y viabilidad de sustitución de los bombeos actuales por captaciones en otras áreas del Campo.** Como los sondeos de esta zona captan conjuntamente este acuífero con el A.I.O., esta propuesta de estudio queda incluida en el apartado 5.2.2.8. de este último acuífero.

#### 5.2.1.9. Seguimiento de los recursos subterráneos.

Este capítulo de la gestión incluye, al menos, tres aspectos técnicos a tener en cuenta: los sistemas de control, las redes de seguimiento y las operaciones de toma y almacenamiento de datos. En cuanto a los primeros, deben adoptar-

se técnicas realistas, bien contrastadas y, con respecto a las redes, pueden plantearse de manera muy distinta según los medios disponibles; en función de éstos, cabe complementar simplemente las redes privadas actuales (muchos de cuyos puntos son poco adecuados y conllevan dependencias indeseables de sus propietarios y usuarios) o diseñar y construir redes específicas propias, equipadas con la tecnología más precisa en cuanto a aparatos de medida, lectura y almacenamiento de datos, etc.

Para todos los acuíferos (con independencia de las investigaciones que deben mantenerse siempre sobre los tres aspectos citados) aquí se adopta el criterio de hacer referencia únicamente a las posibilidades de medida actuales (en cuanto a sondeos disponibles) y la ampliación o complementación deseable de las mismas, hasta un alcance discreto (indicando únicamente soluciones ideales, por supuesto no descartadas, pero más complejas y costosas).

De esta manera, para el A.S.C. se tiene:

- Un buen control mensual de explotaciones por bombeo - (desde 1980/81), en todos los puntos con extracciones significativas, que podría mejorarse completando la instalación de contadores volumétricos (con mentalidad de grandes medios se podría perseguir la implantación de una red de captaciones propias, con un control

centralizado del bombeo, lo cual facilitaría enormemente algunas operaciones deseables como la redistribución de captaciones, la mezcla de aguas, el uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas, etc.).

- Una red piezométrica de 21 puntos, en su mayor parte privados y por tanto de utilidad muy parcial que, para el uso actual del acuífero, resulta relativamente aceptable, pero será insuficiente para conocer y controlar la piezometría del manto con más detalle o utilizar otras técnicas de control, cuando realmente se quiera manejar su explotación, lo que siempre será muy deseable. La complementación de esta red podría suponer la inclusión de 8-10 sondeos privados en la misma y, sobre zonas del acuífero sin captaciones particulares, la ejecución de unos 12-14 sondeos mecánicos de diámetro medio y 80-100 m. de profundidad (Fig. 13). (La solución ideal pasaría por el diseño y ejecución de una red específica propia, del orden de 40-45 puntos de control, con la distribución, equipamiento, etc. más adecuados a cada zona del acuífero).

- Una red inicial de calidad general con 61 puntos de carácter privado, que impone limitaciones sobre la tecnología utilizable, que no reúne las condiciones deseables en cuanto a distribución espacial (en superficie y profundidad), aunque puede ser válida para el uso actual del acuífero. Se complementaría sustancialmente -

con la inclusión en la misma de los 12-14 sondeos-específicos recomendados para la red piezométrica -que tendrían así un uso múltiple-. Por otra parte, quedaría reducida notablemente, en cuanto al número de puntos privados, una vez que se conociesen correctamente las características hidroquímicas del acuífero.

- En lo referente a redes de prevención y control de la contaminación, solamente los estudios pertinentes podrán originar el adecuado diseño de las mismas. (En la actualidad, con carácter muy provisional, se utilizan únicamente los propios puntos de la red general).

#### 5.2.2. ACUIFERO INFERIOR OCCIDENTAL

##### 5.2.2.1. Estructura y características hidrodinámicas generales.

El conocimiento actual sobre estos aspectos del acuífero resulta, en general, aceptable, aunque, en particular, la aparición de algunos problemas concretos exija mejorar localmente el modelo conceptual que se tiene sobre el mismo. En la actualidad es prioritario mejorar el detalle de las relaciones estructurales de este acuífero con el A.E.B.N. y A.H.G.V. Además de estas investigaciones específicas, se recomienda actualizar el conocimiento general de la estructura

y característica hidrodinámicas mediante la incorporación de los datos que puedan obtenerse con el seguimiento de los sondeos ajenos a esta investigación, además de la información que proporcionen los sondeos mecánicos que se realicen dentro de la misma.

#### 5.2.2.2. Funcionamiento general.

Hasta ahora resulta aceptable el conocimiento general sobre el mismo. Se recomienda llevar a cabo actualizaciones periódicas (en principio, pueden ser cada varios años) y ampliar la investigación de las relaciones de este acuífero con el A.E.B.N. y con el A.H.G.V., sobre las que debe llevarse un seguimiento más estrecho del ahora posible. Para la investigación prioritaria de las relaciones con los acuíferos citados, se recomienda la ejecución en primer lugar de 12-24 sondeos mecánicos (estudio específico del A.E.B.N./A.I.O/A.S.C) y después la de 3-11 sondeos mecánicos para el caso del estudio A.H.G.V./A.I.O. Con una prioridad menor se recomienda la ejecución de un complemento de la investigación del A.I.O. mediante sondeos mecánicos -como siempre, acompañada por el apoyo de técnicas específicas- hasta un total de 8-10 perforaciones, de 400-1000 m. de profundidad (Fig. 14).

#### 5.2.2.3. Distribución espacial y temporal de la calidad del agua.

Se puede considerar suficiente, en general, el conocimiento alcanzado sobre esta distribución. En particular hay que recomendar el seguimiento de las variaciones que puedan producirse, como consecuencia de las que acontecen en las recargas desde acuíferos vecinos, etc.

#### 5.2.2.4. Prevención de la contaminación de los recursos.

Este acuífero es vulnerable a las actividades contaminantes de origen urbano, industrial o agrícola realizadas sobre su zona libre y, en toda su extensión, a través de los sondeos que le captan. También puede llegar a sufrir un deterioro generalizado de su calidad por salinización, debido a las entradas laterales subterráneas desde el A.E.B.N. y pudiera ser que, también, desde el pequeño Acuífero del "Horst de Guardias Viejas". Se recomiendan estudios específicos para cada tipo de contaminación y los correspondientes a diseños de protección (catálogo/plano de actividades contaminantes, normas y polígonos de protección de la calidad, diseño de redes de vigilancia, etc.).

5.2.2.5. Procesos de contaminación de los recursos y aplicación de medidas correctoras.

Se conocen (aunque de forma muy insuficiente) el proceso de salinización desde el A.E.B.N. y otras contaminaciones muy localizadas de origen urbano y agrícola. Con mayor motivo que en el caso de la prevención, es necesaria la ejecución de estudios específicos que permitan definir las medidas correctoras para cada tipo de contaminación detectada, incluyendo la intensificación de la investigación que se lleva a cabo, desde 1980, para el caso de la intrusión (últimamente en colaboración con el S.G. del M.O.P.U.) para la cual, desde este Estudio se ha planteado la ejecución de 14-24 sondeos mecánicos - (ya señalados como prioritarios en el apartado 5.2.2.2.) con profundidades comprendidas entre 100 y 800 m. (Fig. 14). Se recomienda, como una medida inicial que pueda aminorar la intrusión en el A.E.B.N./A.I.O., la eliminación cuanto antes del bombeo, al menos en tres captaciones de la cobertera de la zona de Balanegra (del orden de 1 hm<sup>3</sup>/año), sustituyendo esta aportación por recursos importados o del propio A.I.O. También debe evitarse el incremento del bombeo en el A.I.O./A.S.C. de las áreas de Los Alacranes y Tarambana.

Así mismo, dentro de la investigación específica sobre alternativas correctoras de la intrusión marina, resulta conveniente la realización de estudios y experiencias de viabilidad de generación de un umbral piezométrico en el A.E.B.N., -

que impida el flujo de agua salada tierra adentro, con el correspondiente diseño de operaciones y, en su caso, puesta en práctica.

5.2.2.6. Mejora de la regulación y garantía de las aportaciones.

Este acuífero se sabe que está sobreexplotado aunque, gracias a los recargas laterales que recibe de los acuíferos vecinos -en las condiciones actuales de explotación del conjunto- sólo presenta un déficit que se estimó en unos 12-13 hm<sup>3</sup>/año. Dispone de una importante reserva (no renovable), - que puede evaluarse en unos cientos de hectómetros cúbicos, parte de la cual sería utilizable estratégicamente, con carácter transitorio, (en función del grado de control que pueda ejercerse sobre el flujo de agua salada que actualmente recibe este acuífero del A.E.B.N.), para salvar situaciones de emergencia mientras se gestionen otros recursos. Presenta, por otra parte, las mejores condiciones para su utilización como embalse regulador de al menos 100-200 hm<sup>3</sup> de eventuales excedentes de otras cuencas (no regulables en las mismas, ni utilizables directamente por la demanda). También puede ser interesante, aunque sin grandes pretensiones en este caso, el considerar algunas actuaciones sobre los cauces que atraviesan su zona libre (referidas, principalmente, al A.E.B.N.), para potenciar la recarga natural de ambos acuíferos.

Para estos tres tipos de posibilidades que presenta el A.I.O., se recomiendan los correspondientes estudios de viabilidad; si cabe, el diseño de operaciones y obras a realizar en cada caso y, si es conveniente, su puesta en práctica. (El modelo matemático realizado para el conjunto de los acuíferos A.I.O. y A.S.C., una vez contrastado suficientemente, será de gran utilidad, especialmente para la primera de estas actuaciones).

5.2.2.7. Mejora de la calidad de los recursos (y reservas) disponibles, no utilizables directamente por la demanda.

La calidad actual del agua de este acuífero, desde el punto de vista químico, es en general "superior" a la exigida por la demanda: permite pues considerar la posibilidad que ofrecen sus aguas para rebajar la salinidad, mediante mezclas, de las de otros acuíferos que no sean tolerables directamente por dicha demanda. (Estas mezclas ya han sido practicadas por la Comunidad de Regantes "Sol y Arena", para hacer posible la utilización de las aguas más salinas del Sector III del antiguo IRYDA). En su caso, deben realizarse estudios de viabilidad en este sentido, incluyendo la posibilidad de potenciar la mezcla de agua del A.I.O. con la del A.S.C. forzando una mayor descarga desde este último (siempre que sea fuera -

de la zona de influencia de este acuífero y del superior, sobre el de la "Escama de Balsa Nueva").

5.2.2.8. Reordenación de captaciones para mejorar el uso del acuífero, teniendo en cuenta las características de la demanda.

Cuanto menor sea la carga hidráulica en la zona de conexión de este acuífero con el A.E.B.N., mayor será el flujo desde este último (ya salinizado en gran parte) y más difícil la corrección del proceso contaminante, según se deduce del conocimiento actual de las relaciones entre ambos. Por tal motivo, y dada la repercusión que este proceso puede tener sobre el A.I.O., se recomienda evitar cualquier incremento del bombeo en la parte occidental del mismo, (incluyendo las extracciones bajo la propia "escama"), estudiando previamente la viabilidad de sustitución de dichos bombeos, sin descartar al propio A.I.O. como posible alternativa para el origen de dicha aportación (que puede ser de 1 a 6 hm<sup>3</sup>/año, según la extensión que se dé a esta medida). Otra reordenación, que afecta a un bombeo de 1 hm<sup>3</sup>/año de la cobertera (A.E.B.N./A.I.O./A.S.C.) en la "Cuesta de Los Alacranes" -Balanegra, ya se planteó con mayor prioridad en 5.2.2.4. como medida inicial contra la intrusión.

#### 5.2.2.9. Seguimiento de los recursos subterráneos.

Trasladando aquí las mismas consideraciones previas que se hicieron para el A.S.C. (5.2.1.9.), en el A.I.O. se tiene:

- Un buen control mensual de explotaciones por bombeo - (desde 1980/81) en todos los puntos con extracciones significativas, que podría ser mejorado mediante la - instalación de contadores volumétricos en la mayor par - te de las captaciones. (Cabe considerar la propuesta - más ambiciosa, hecha en el caso del A.S.C., sobre este tipo de control).
- Una red piezométrica de carácter privado, en buena par - te, que consta de 11 sondeos, la cual no llega a ser - del todo aceptable, ya que casi carece de puntos de - control en la zona de sierra y en las zonas confina - das. Se alcanzaría una representatividad aceptable, para mejorar el conocimiento y el seguimiento de la - evolución piezométrica de este acuífero, con la ejecu - ción de sondeos mecánicos recomendados en los aparta - dos precedentes (Fig. 14). (Para una solución ideal, se - mejante a la referida para el caso del A.S.C., serían necesarios unos 25 sondeos mecánicos construidos espe - cíficamente para ésta y otras redes de control).
- Una red inicial de calidad general del agua, también -

de puntos privados en su mayor parte, que tiene 12 sondeos. Esta red no proporciona una correcta información sobre la distribución espacial de la calidad, limita la metodología de control, etc., aunque hasta ahora haya sido medianamente aceptable. La ejecución de los sondeos señalados anteriormente permitiría definir una red suficiente para el estudio y seguimiento de las características hidroquímicas del acuífero.

- En cuanto a redes de prevención y de control de la contaminación de este acuífero (exceptuando el caso de la intrusión marina), es preciso realizar los correspondientes estudios previos sobre cada uno de los procesos contaminantes, para después llevar a cabo el diseño de dichas redes. (La detección de contaminaciones de origen urbano o agrícola, de carácter puntual o local aparentemente, se ha realizado dentro del estudio de la calidad general). La ejecución del estudio específico sobre la salinización procedente del Acuífero de la "Escama de Balsa Nueva" incluirá ya el establecimiento de la red para su control, a partir de los propios sondeos de investigación que se realicen.

### 5.2.3. ACUIFERO INFERIOR NORESTE.

#### 5.2.3.1. Estructura y características hidrodinámicas generales.

Debido a la falta de sondeos en la mayor parte de su dominio, se tiene un conocimiento insuficiente para planificar adecuadamente su explotación y corregir el proceso de intrusión marina que afecta al campo de bombeo del área de Aguadulce. Por esta contaminación y el hecho de tratarse del acuífero más importante del Campo, se recomienda profundizar en la investigación de su geometría (extensión, límites, estructura interna, etc.) tanto hacia la sierra como hacia el llano, para lo cual se necesitan fundamentalmente sondeos mecánicos. El número de obras necesarias puede ser de unas 24 perforaciones (Fig. 15), con profundidades entre 500 y 900 m. en la mayor parte de los casos (estos sondeos tendrían después una aplicación importante como puntos de diversas redes de control). También se necesita el apoyo de otras técnicas - auxiliares (geofísicas, bombeos de ensayo, etc.). En cuanto a prioridad de estas propuestas, cabe destacar la de 9 de estos sondeos destinados a la investigación de la intrusión, aunque el resto de ellos tengan también una marcada prioridad, dada la gran importancia del A.I.N.

#### 5.2.3.2. Funcionamiento general.

Siendo este acuífero tan importante, esta característica del mismo se conoce insuficientemente en relación con algunos aspectos particulares, tales como el tipo de circulación subterránea en todo su dominio, compartimentaciones, relación hidráulica con el mar, etc. Interesa conocer mejor este funcionamiento general y especialmente algunos aspectos parciales del mismo (como la conexión entre las áreas de El Aguila y Aguadulce, el carácter de los límites, la circulación en la zona confinada, etc.). La recomendación de sondeos del apartado anterior es válida para el logro de esta parcela de la investigación del acuífero, completada con otras técnicas convencionales. Una vez conseguido dicho conocimiento general habrían de realizarse actualizaciones periódicas del mismo.

#### 5.2.3.3. Distribución espacial y temporal de la calidad.

El conocimiento alcanzado sobre este aspecto puede considerarse suficiente, en cuanto a la zona libre del acuífero, e insuficiente en su zona confinada de la llanura, donde deberá investigarse para planificar adecuadamente la utilización del mismo. Este estudio será prácticamente una consecuencia - del que, con carácter más general, se recomienda en el -  
5.2.3.1.

#### 5.2.3.4. Prevención de la contaminación de los recursos.

El conocimiento sobre este acuífero permite señalar su vulnerabilidad a las actividades urbanas, industriales o agrícolas, que puedan ser contaminantes, siempre que afecten a su zona libre o se practiquen en relación con sondeos que lo capten. También puede generalizarse -en buena parte del acuífero, al menos- la salinización por intrusión marina que afecta actualmente al entorno de Aguadulce. Se recomiendan estudios específicos sobre prevención de los diferentes tipos de contaminación, dentro del grupo de actividades agrícolas, urbanas e industriales, y la intensificación de los que se llevan a cabo -por parte de este Estudio, desde 1980 sobre el proceso de intrusión marina, los cuales darán lugar al establecimiento de las medidas preventivas oportunas.

#### 5.2.3.5. Procesos de contaminación de los recursos y aplicación de medidas correctoras.

El problema principal que afecta a este acuífero actualmente es el de la contaminación por intrusión marina, en progresión indeseable por su zona de Aguadulce, cuya gravedad se entiende con sólo considerar que puede repercutir en más de la cuarta parte del agua bombeada en el Campo. (No se han detectado hasta ahora otros tipos de contaminación, aunque tampoco se han investigado específicamente).

Las recomendaciones sobre actuaciones más apremiantes correctoras de esta salinización (relativas a los bombeos del área de Aguadulce) se desarrollan en 5.3., capítulo especial de propuestas de medidas urgentes. Consisten en la reducción-inmediata de un bombeo de 8 hm<sup>3</sup>/año en el acuífero (área de Aguadulce) y en la reordenación de otros 12 hm<sup>3</sup>/año del mismo área, para lo que será necesaria la ejecución-instalación de sondeos de explotación ( 1 a 3 unidades, con profundidad de 200 a 250 m.) y unos kilómetros de red de distribución. Así mismo exige la provisión de un volumen de agua de sustitución, equivalente al bombeo suprimido. Cabe aquí insistir en la necesidad de aplicar estas primeras medidas correctoras, aunque tengan una buena dosis de empirismo, y recomendar que, paralelamente, se intensifique la investigación y control de la intrusión, para más adelante -tanto con el seguimiento del efecto producido por esas primeras medidas, como a través de la mejora del conocimiento que la investigación alcance sobre la localización y funcionamiento del mismo- diseñar otras medidas correctoras y preventivas que permitan mantener la interfase en el lugar deseable.

La ampliación recomendada del estudio de esta salinización -que se considera de carácter prioritario- requiere, principalmente, la ejecución de unos 9 sondeos mecánicos de investigación y control (de 500 a 900 m. de profundidad), englobados en los 24 recomendados en 5.2.3.1. (Fig. 15). Estas obras

conlleven, naturalmente, la aplicación de otras técnicas específicas.

#### 5.2.3.6. Mejora de la regulación y garantía de las aportaciones.

Los conocimientos sobre este acuífero permiten mantener la idea de que es el más importante del Campo por la cuantía de sus aportaciones, aunque el uso dado al mismo y a sus vecinos (A.I.O. ,A.It.N y A.S.N.) le están produciendo serios problemas de contaminación en la zona de Aguadulce donde, al menos para ese entorno, se estima una sobreexplotación, que puede cifrarse -como valor de partida-en unos 7 u 8 hm<sup>3</sup>/año (que deberá contrastarse empíricamente al acometer la gestión de esta importante unidad hidrogeológica). Las reservas (no renovables) de este acuífero pueden ser también muy importantes, aunque por hoy inestimables y, por otro lado, prácticamente inutilizables por su relación con el mar y extraordinaria transmisividad. Se considera imprescindible y urgente (por lo que constituyen parte de las medidas de gestión-inmediatas recomendadas en 5.2.3.5.) la compensación de este déficit del acuífero a expensas, no de sus reservas, sino de aportaciones ajenas al mismo, bien sea de Benínar o de otros acuíferos con reservas utilizables transitoriamente, -mientras llegan nuevos recursos importados al sistema.

En lo concerniente al área de El Aguila de este acuífero, existen muy buenas condiciones para utilizarlo como embalse regulador de eventuales excedentes no regulables por otro dispositivo de mayor interés, ni utilizables por la demanda directamente, pudiéndose manejar cifras iniciales de decenas de hectómetros cúbicos; se recomiendan los estudios de viabilidad oportunos y, si procede, el diseño y evaluación de obras a realizar y su puesta en práctica.

5.2.3.7. Mejora de la calidad de los recursos (y reservas) - disponibles, no utilizables directamente por la demanda.

La calidad natural de las aguas de este acuífero -en su zona libre no contaminada, al menos -es "superior" a la exigida por la demanda, por lo que ofrecen la posibilidad de su utilización, mediante mezclas, para rebajar la salinidad excesiva de las aguas de otros acuíferos para dicha demanda. (De hecho, así se han venido usando las extracciones que la Comunidad de Regantes "Sol y Arena" realizaba en el área de Agua dulce -en este acuífero- antes de empeorar la calidad del agua en la misma). Si cabe, deben realizarse estudios de viabilidad sobre esta alternativa, especialmente dirigida por ahora al área de El Aguila.

5.2.3.8. Reordenación de captaciones para mejorar el uso del acuífero, teniendo en cuenta las características de la demanda.

La utilización de este acuífero, al menos en los últimos años, está siendo bastante irracional, lo que está conduciéndole, como ya se ha dicho, a un deterioro grave de la calidad en su principal "foco de bombeos" (área de Aguadulce). Es evidente la necesidad de reordenar las captaciones, actuación que debe emprenderse cuanto antes (especialmente en el caso de los bombeos más claramente indeseables, que serán señalados en el apartado de propuestas de medidas más urgentes) aunque sea con carácter experimental, según se ha dicho en 5.2.3.5. El criterio a seguir, en principio, puede ser el de evitar la concentración de bombeos (es decir, dispersar las extracciones) principalmente en zonas no lejanas del mar, para evitar la intrusión marina.

5.2.3.9. Seguimiento de los recursos subterráneos.

Con las mismas consideraciones previas señaladas para el caso del A.S.C. (5.2.1.9.), en este acuífero se tiene:

- Un buen control mensual de explotaciones por bombeo (desde 1980/81), en todos los puntos con extracciones significativas, que podría mejorarse con la instalación

de contadores volumétricos en todas sus captaciones. -  
(La solución señalada como óptima en el caso del -  
A.S.C., resulta aquí también deseable).

- Una red piezométrica de unos 14 puntos de carácter privado generalmente, que deja sin control a la mayor parte de la extensión del acuífero, por lo que resulta - muy insuficiente. Se recomienda la ejecución de los 24 sondeos propuestos en 5.2.3.1. para este acuífero con el fin de completar (más bien crear) satisfactoriamente la red que se estima necesaria en el mismo, destinada al conocimiento y seguimiento de su piezometría (Fig 15).
  
- Una red inicial de calidad general del agua de unos 22 sondeos -en su mayoría privados- que no responde a las exigencias mínimas de distribución espacial (en superficie y profundidad), aunque haya sido la única posible hasta ahora para estudiar la calidad del acuífero; prácticamente todos estos sondeos están distribuidos en la zona libre del acuífero, en el borde sur de la - sierra. Con la ejecución de los 24 sondeos ya citados se podría contar con una red de seguimiento de la calidad general más que suficiente.
  
- En cuanto a las redes de prevención y control de la - contaminación, en la actualidad se dispone únicamente

de una muy insuficiente para la intrusión marina. En buena parte podrían cubrirse con los 24 sondeos ya aludidos repetidamente, siendo necesario realizar los estudios específicos pertinentes -sobre cada tipo de proceso contaminante - para diseñar el complemento de redes para su prevención o control.

#### 5.2.4. ACUIFERO INTERMEDIO NORESTE.

##### 5.2.4.1. Estructura y características hidrodinámicas generales.

El muy notable estado de precariedad del conocimiento alcanzado sobre este acuífero que se debe a la falta de sondeos mecánicos de investigación y de explotación sobre gran parte de su dominio, el cual puede extenderse por todo el sector noreste de la llanura. Por lo que se sabe, presenta una estructura y funcionamiento complejos y un estado de salinización tal que ya hay áreas donde prácticamente sus aguas son inservibles para los usos más comunes. Además, este proceso de contaminación parece extenderse desde dichas zonas salinizadas hacia algunas áreas del A.S.N. y, en un futuro, pudiera ocurrir otro tanto hacia el A.I.N. El citado desconocimiento plantea problemas esenciales para planificar tanto la corrección del fenómeno contaminante como la utilización futura del acuífero.

Sería deseable alcanzar un grado suficiente de conocimiento -mediante la investigación necesaria de su geometría, características hidrodinámicas, funcionamiento hidráulico, etc. en toda su extensión-para hacer frente a dicha planificación, pero el coste de esta investigación puede ser muy importante, especialmente si se aborda aisladamente de la de los demás acuíferos. No obstante, debe actuarse sobre el proceso contaminante en marcha y conviene ir conociendo los mecanismos mediante los cuales se produce.

Parece razonable que, aparte de las medidas inmediatas propiamente de gestión -como la supresión de bombeos de la - que se hablará más adelante- se adopte la actitud de aprovechar la información que suministren los sondeos de investigación del A.I.N. dentro de la llanura (Fig. 15) para poder hacer, con la ayuda de los datos de seguimiento de las medidas citadas, una primera evaluación de las posibilidades reales de corrección y utilización futura de este acuífero. Ello facilitaría datos para valorar, por un lado, el coste de la investigación complementaria y, por otro, el interés o el grado de necesidad de realizarla.

En consecuencia, y siempre que se acometa con prontitud la investigación con sondeos del A.I.N., puede postergarse un planteamiento de investigación del mismo tipo para el conocimiento directo de la estructura de este A.It.N. Si no falta-

ran medios y se tratara directamente de abordar su investigación, podría hablarse de unas 25 perforaciones con profundidades comprendidas, generalmente, entre 400 y 800 m. La realidad aconseja llevar a cabo por el momento 8-10 de estos sondeos, destinados a la investigación más prioritaria de la intrusión marina (Fig. 15). Por supuesto que ha de aprovecharse cualquier oportunidad de recabar datos (sondeos ajenos al Estudio, etc.) para mejorar el conocimiento general de este acuífero.

#### 5.2.4.2. Funcionamiento general.

Es en la actualidad, como se ha dicho, muy insuficiente, y sería muy deseable alcanzarlo por las razones ya comentadas en el apartado anterior. No obstante, y por consideraciones - también referidas sobre la necesidad de sondeos (por un lado) y su alto coste (por otro), se considera oportuno posponer esta investigación general del funcionamiento al tratamiento de los datos que suministren los sondeos recomendados para el A.I.N., con independencia de que sea conveniente llevar a cabo, cuanto antes, la investigación de algunos aspectos particulares de este funcionamiento, tales como las relaciones de este acuífero con el mar, con el A.I.N. y con el A.S.N., y se plantee para ello la ejecución de los 8-10 sondeos citados en el apartado anterior (Fig. 15). Por supuesto, también ha de aprovecharse todo dato que puedan suminis-

trar las actuaciones privadas, fuera del contexto de esta investigación.

#### 5.2.4.3. Distribución espacial y temporal de la calidad

Después de lo dicho con anterioridad, es obvio que el conocimiento alcanzado sobre estos aspectos es también muy insuficiente, y que la mejora del mismo pasa por similares vicisitudes que la del conocimiento general del acuífero. Deberán seguirse las tomas de datos posibles, sobre las pocas zonas del acuífero en que pueden obtenerse, y esperar a que con nuevos sondeos pueda mejorarse este conocimiento.

#### 5.2.4.4. Prevención de la contaminación de los recursos

Sobre la vulnerabilidad de este acuífero a contaminaciones derivadas de las actividades humanas -además de la ya conocida de intrusión salina- puede decirse que es alta en lo que se refiere a aquellas desarrolladas en superficie sobre su zona libre, o a través de sondeos en toda su extensión. Se recomiendan, como en los demás acuíferos, los correspondientes estudios específicos sobre todas ellas, incluyendo la intensificación de los que se vienen realizando sobre la intrusión marina desde 1980, los cuales permitirán el diseño y establecimiento de medidas preventivas.

5.2.4.5. Procesos de contaminación de los recursos y aplicación de medidas correctoras.

Además del ya citado problema de salinización de este acuífero - que es sin duda el problema principal del mismo - también se han detectado contaminaciones derivadas de las actividades humanas en la zona, aunque no se hayan realizado aún estudios específicos para ello. Para la corrección de estos últimos tipos de contaminación se recomienda la ejecución de dichos estudios específicos, de los cuales podrán derivarse las correspondientes medidas correctoras.

En cuanto a la corrección del problema de la salinización, se propone la supresión urgente de un volumen de extracciones del orden de 11-12 hm<sup>3</sup>/año, operación que tiene un carácter empírico por su urgente implantación. Deberá afectar a una serie de sondeos que bombean un agua notablemente salina, que pueden señalarse fácilmente. Conllevará el seguimiento adecuado del efecto producido por tal medida. (Esta actuación de gestión propiamente dicha, formará parte de las recomendaciones urgentes formuladas en el apartado 5.3).

En cuanto a la deseable investigación sistemática de todo este proceso, queda inmersa en el conjunto general de la investigación sobre este acuífero, y sujeta a las dificultades de su alto coste (e incluso de tecnología) para su implantación inmediata, aunque se debe avanzar en el conocimiento-

del proceso lo más posible y cuanto antes. (Las recomendaciones concretas sobre esta investigación, por todo lo dicho, pueden ser muy diferentes en función de las características que tenga la gestión del Campo, en cuanto a medios, alcance, etc., pero siempre pasarán por la ejecución de sondeos mecánicos. Las 8-10 perforaciones recomendadas anteriormente (con 400 a 800 m. de profundidad, orientada a la investigación del proceso de salinización de este acuífero, deberán diseñarse y ejecutarse a partir de los resultados que se vayan obteniendo al realizar los sondeos propuestos para el A.I.N. dentro de la llanura. El seguimiento de los datos que fueran proporcionando estos sondeos -a medida que se fuesen realizando- y los derivados del control de los efectos de la supresión de bombeos señalada, podría mejorar muy sensiblemente el estado de conocimiento sobre este proceso y se empezaría a facilitar el manejo de este acuífero.

#### 5.2.4.6. Mejora de la regulación y garantía de las aportaciones.

Con el uso dado a este acuífero y a los de su entorno (A.I.N. y A.S.N.) se encuentra sobreexplotado, con un déficit mínimo de unos pocos (¿3-4?) hm<sup>3</sup>/año, muy difícil de evaluar. Salvo en algún compartimento del acuífero sin contrastar, no dispone de reservas útiles dado el grado de salinidad alcanzado por el mismo. La corrección de este déficit quedará en-

globada en las medidas más enérgicas que deben adoptarse para tratar de corregir el problema de la salinización, citadas en el apartado anterior.

5.2.4.7. Mejora de la calidad de los recursos (y reservas) - disponibles, no utilizables directamente por la demanda.

El agua bombeada de este acuífero es en su mayor parte - intolerable por la demanda. Por esta razón se ha venido rebajando su salinidad mediante mezclas con aguas de los acuíferos inferiores. En la situación actual del acuífero no puede decirse que estas prácticas deban continuar, sino, por el contrario, dejar de bombear aguas salinas, hasta tanto se alcance -si es posible- la corrección del problema de salinización y pueda llevarse a cabo, en su caso, una explotación normal de los recursos del acuífero.

5.2.4.8. Reordenación de captaciones para mejorar el uso del acuífero, teniendo en cuenta las características de la demanda.

Aunque se desconocen las compartimentaciones o estructuración de capas y su funcionamiento hidráulico en este acuífero, se sabe que existen algunas "zonas" del mismo donde el a-

gua hasta ahora es de buena calidad y "zonas" en donde el bombeo está provocando efectos muy indeseables, tanto para el propio acuífero como para el A.S.N. Una vez que se conozca mejor la estructura y funcionamiento del acuífero, se verá si cabe plantear la redistribución del bombeo que deba permanecer sobre esta unidad hidrogeológica.

#### 5.2.4.9. Seguimiento de recursos subterráneos.

Dando como válidas para este caso también las consideraciones previas referidas al tratar este aspecto en el A.S.C., en este acuífero intermedio se tiene:

- Un buen control mensual de explotaciones por bombeo, (desde 1980/81), en todos los puntos con extracciones significativas, igualmente mejorable con la instalación de contadores volumétricos. Por supuesto, sería también muy deseable la solución ideal señalada para el A.S.C.)
- Una red piezométrica de sólo 3 puntos privados que no responde ni lejanamente a las exigencias mínimas de esta parcela del conocimiento, aunque su mejora (a niveles aceptables) pasa por la ejecución de, al menos, esa decena de sondeos mecánicos recomendados en apartados anteriores (Fig. 15).

- Una red inicial de calidad general del agua de 22 puntos (privados), muy poco representativa de este aspecto del acuífero en todo su extensión. La ejecución de, al menos, esa decena de sondeos, salvaría aceptablemente esta carencia.
  
- En cuanto a redes de prevención y control de la contaminación, puede repetirse lo del párrafo anterior (al menos para el caso de la contaminación salina) debiéndose realizar, por otra parte, los estudios específicos necesarios sobre otras formas posibles de contaminación, ya detectadas en algunas zonas, para diseñar las correspondientes redes de prevención y control. (La red provisional de intrusión, muy poco representativa, consta de 22 puntos privados).

#### 5.2.5. ACUIFERO SUPERIOR NORESTE.

##### 5.2.5.1. Estructura y características hidrodinámicas generales.

El nivel alcanzado, en estas parcelas del conocimiento del acuífero, es aceptable en cuanto a las capas superiores del mismo, siendo por el contrario muy insuficiente, en cuanto a sus capas profundas (que pueden llegar a ser confinadas o semiconfinadas). Interesa conocer, por tanto, las caracte-

rísticas estructurales, hidrodinámicas, etc. del acuífero en profundidad, cosa que sólo puede alcanzarse mediante sondeos-mecánicos y técnicas auxiliares. Para ello se considera necesaria la ejecución de perforaciones en unos 15 emplazamientos -con 150-700 m. en uno o varios sondeos por emplazamiento- - aunque solo se destaquen como prioritarias las obras en 6 de éstos orientadas esencialmente al estudio de la intrusión marina en el acuífero (Fig. 15).

Dado el elevado coste de esta operación, se considera oportuno postergar la realización de estas obras hasta la ejecución, en primer lugar, de los sondeos recomendados para el A.I.N. y en su caso, los del A.It.N., los cuales proporcionarían una primera información sobre la estructuración en capas del A.S.N., que serviría para plantear las obras de investigación y de control de las mismas. Hasta ese momento, deberán aprovecharse todas las oportunidades de recabar datos, ofrecidas por las actividades ajenas a la investigación (sondeos particulares de nueva ejecución, etc.)

Después de realizadas la mayor parte de las perforaciones propuestas para el A.I.N. y A.It.N. y para el estudio de la intrusión en el A.S.N., se podrá ver la conveniencia de ampliar el conocimiento general sobre este acuífero; en su caso, habrá que realizar los correspondientes proyectos y obras hasta unas 9 baterías de sondeos y otras técnicas auxiliares)

#### 5.2.5.2. Funcionamiento general.

Como en el apartado anterior, puede considerarse aceptable el conocimiento de cómo funcionan hidráulicamente las capas superiores del acuífero, pero se sabe muy poco en este aspecto sobre sus capas profundas. Interesa llegar al conocimiento completo del funcionamiento general de esta unidad, especialmente sus relaciones con el mar y los acuíferos vecinos (A.I.N., A.It.N. y A.S.C.), pero sólo con sondeos mecánicos, apoyados con técnicas convencionales, puede alcanzarse tal conocimiento. Esta circunstancia y las razones económicas ya referidas, hacen que esta investigación tenga que llevar el mismo ritmo que la aludida en 5.2.5.1.

#### 5.2.5.3. Distribución espacial y temporal de la calidad.

Como en los temas anteriores relativos a este acuífero, el conocimiento de esta distribución es muy insuficiente respecto a las capas profundas. La investigación y el seguimiento deseables, también, por las razones conocidas, irá de la mano de la del conjunto de características del acuífero.

#### 5.2.5.4. Prevención de la contaminación de los recursos.

Este acuífero es sensible o vulnerable a todo tipo de ac

tividades contaminantes del agua, desarrolladas sobre su superficie o a través de los sondeos que lo captan, así como a la intrusión de aguas salinas (desde el mar o desde acuíferos salinizados). Puesto que ya existen amplias zonas contaminadas, la prevención aquí planteada pasará por la corrección de los problemas existentes, para evitar su propagación o una mayor incidencia de los agentes contaminantes. Habrá que realizar los estudios específicos para alcanzar el conocimiento de los distintos procesos contaminantes y diseñar normas para prevenir su acontecimiento o, al menos, su progresión.

#### 5.2.5.5. Procesos de contaminación de los recursos y aplicación de medidas correctoras.

Existe una contaminación salina, mal conocida en cuanto a su localización completa, origen y vías de trasmisión, ya que se desconoce en gran medida la estructura y el funcionamiento del acuífero y, además, parece ser un mecanismo más complejo de lo deseable. La escasa disponibilidad actual de recursos en la zona -que naturalmente es una de las razones de la existencia de estos problemas- impide adoptar, en este caso, unas medidas correctoras más enérgicas, por lo que se recomienda solamente que se gestione cuanto antes la supresión de un bombeo de al menos 4-5- hm<sup>3</sup>/año, en la zona sureste del área de El Viso, dentro del A.S.N., aplicándola a las capta

ciones que más influyen en este proceso o que más lo sufren. Esta medida implicaría la construcción de 2-4 km. de red de distribución, a partir de los canales III y IV del antiguo I.R.Y.D.A.

El seguimiento de los efectos producidos por todas estas medidas, junto con la intensificación de la investigación de la intrusión marina en el acuífero (a partir de la ejecución de 5 a 6 baterías de sondeos mecánicos -Fig. 15- con profundidades de 150 a 700 m., diseñadas a partir de los resultados que se vayan obteniendo al realizar las perforaciones propuestas para el A.I.N o A.It.N. dentro del dominio del A.S.N.), permitirán establecer mejor las actuaciones para la corrección del proceso contaminante.

La alternativa de corrección de este proceso basada en una recarga artificial del acuífero, queda aquí desestimada por varias razones: falta de recursos para ello, desconocimiento de los mecanismos de intrusión, estructura y funcionamiento del acuífero y, por tanto, descontrol sobre las operaciones y recursos que pudieran aplicarse, etc.

En cuanto a otras contaminaciones (de origen urbano, industrial y agrícola) no estudiadas aún pero sí detectadas con frecuencia, cabe recomendar los estudios específicos oportunos para, con ello, arbitrar las normas o medidas más apropiadas, que permitan eliminar o minimizar los efectos indeseables de las actividades humanas sobre la zona.

5.2.5.6. Mejora de la regulación y garantía de las aportaciones.

La utilización que se ha dado a este acuífero y a los de su entorno (A.I.N., A.It.N y A.S.C.) ha provocado una sobreexplotación en el mismo, habiéndose estimado un déficit de unos 4-5 hm<sup>3</sup>/año. En la situación actual del acuífero no parece ya razonable hablar de reservas útiles prácticamente. Sí se considera oportuno, para restablecer al menos el equilibrio de entradas/salidas del mismo, disminuir sus bombeos en la expresada cifra de 4-5 hm<sup>3</sup>/año, reducción aplicable a determinados sondeos del área de El Viso, aludida en el apartado precedente. Esta medida (de gestión propiamente dicha) supone el correspondiente análisis de viabilidad sobre la procedencia del agua de sustitución que, como en todos los casos, debe apuntar (por este orden) al Sistema Benínar-Unidad de Fuente Marbella y a otros acuíferos con reservas utilizables estratégicamente, hasta que se gestionen recursos ajenos al sistema que compensen el déficit global del Campo.

Como potenciación de la recarga natural de este acuífero, pueden ser interesantes algunas actuaciones clásicas sobre los cauces de ramblas que le atraviesan, debiéndose, en su caso, realizar los correspondientes estudios de viabilidad.

5.2.5.7. Mejora de la calidad de los recursos (y reservas) - disponibles, no utilizables directamente por la demanda.

Desde el punto de vista de una mejor utilización de los recursos de este acuífero, se podría plantear la disminución de la salinidad de sus aguas mediante mezclas o desalinizaciones, para lo cual se deberían llevar a cabo los estudios de viabilidad oportunos, así como los correspondientes diseños de obras, etc.

5.2.5.8. Reordenación de captaciones para mejorar el uso del acuífero, teniendo en cuenta las características de la demanda.

Cuando se conozca mejor la estructura y funcionamiento del acuífero, y el efecto que sobre el mismo produzca la aplicación de medidas correctoras del proceso de salinización que sufre se podrá pensar en la utilización mas racional del mismo.

5.2.5.9. Seguimiento de recursos subterráneos.

Repitiendo también en este caso la validez de las consi-

deraciones que se hicieron sobre este mismo epígrafe al tratar del A.S.C., para este acuífero ahora comentado se tiene:

- Un buen control mensual de explotaciones por bombeo - (desde 1980/81), en todos los puntos con extracciones significativas, que puede ser mejorado con la instalación de contadores volumétricos (y mucho más aún con la solución ideal señalada para el caso del A.S.C.).
- Una red piezométrica actual de unos 16 sondeos (privados en su mayoría) sólo representativa de la carga hidráulica de las capas altas del acuífero, y mal distribuida, la cual podría ser completada, de manera aceptable, con la ejecución de los sondeos mecánicos señalados en 5.2.5.1.
- Una red de calidad general del agua (de carácter inicial en la primera fase del estudio) con 30 puntos de muestreo (en su mayoría privados), muy poco representativa de la distribución en profundidad de la salinidad del acuífero. En la medida que se fueran realizando - los sondeos citados anteriormente podrían incorporarse también a esta red, que alcanzaría un nivel aceptable para este tipo de control.
- Unas redes de prevención y control de la contaminación

muy insuficientes en cuanto al seguimiento del proceso de intrusión de agua salada, desde el mar y desde el A.It.N., y casi inexistentes con respecto al resto de los procesos contaminantes. La ejecución de los sondeos mecánicos señalados repetidas veces con anterioridad (en los que se incluyen los 5-6 citados en el apartado 5.2.5.5.), podría mejorar sensiblemente el estado de estas redes. En cualquier caso, serían imprescindibles los estudios específicos oportunos para cada tipo de contaminación (incluyendo la intensificación de la investigación en curso sobre la intrusión marina) de los cuales se obtendrían los criterios-orientadores para el diseño de redes y, especialmente, para la corrección del problema en cada caso.

#### 5.2.6. MEDIDAS DIRECTAS DE GESTION PARA EL CONJUNTO DE ACUIFEROS DE CAMPO.

El déficit medio estimado para los últimos años hidrológicos puede situarse en el entorno de los 30 hm<sup>3</sup>/año, con el crecimiento de la demanda producido durante los mismos, habiéndose agravado notablemente los problemas de salinización en algunas áreas o acuíferos del Campo.

Para controlar y corregir esta situación deberán acometerse las siguientes líneas de actuación:

- a) Congelación eficaz de las explotaciones globales del Campo, para evitar que aumente el déficit hídrico del mismo y se agraven sus consecuencias. La aplicación conjunta de las legislaciones promulgadas desde 1984 por el Parlamento del Estado y la Junta de Andalucía, sobre captación de aguas subterráneas en el Campo de Dalías, facilitaría la consecución de este importante objetivo.
  
- b) Control del uso dado a cada uno de los acuíferos aquí existentes con el fin de evitar que se acentúen los desequilibrios en algunos de ellos (contaminados por intrusión marina) y progrese la utilización indiscriminada de los mismo.
  
- c) Aplicación de medidas correctoras inmediatas para eliminar los desequilibrios existentes, que están provocando dicha contaminación salina.
  
- d) Corrección del déficit hídrico global del Campo.
  
- e) Aplicación de medidas que fomenten el ahorro real de agua.
  
- f) Puesta en marcha, cuanto antes, de la gestión conjunta de todo el sistema hidráulico al que pertenece el Campo.

Las medidas c) y d) necesitan la aportación de nuevos volúmenes de agua. Son necesarias las gestiones urgentes para la importación de recursos ajenos al Campo, tanto de la Cuenca del Adra como de otras cuencas que puedan disponer de excedentes. Transitoriamente y durante un tiempo limitado -hasta tanto se disponga de los recursos exteriores necesarios- habrán de utilizarse reservas (no renovables) de aquellos acuíferos que, por ahora, presenten menores riesgos de salinización con el fin de aplicar inmediatamente medidas correctoras del proceso de intrusión (como las señaladas en los apartados 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5).

En cuanto a la importación de recursos de la Cuenca del Adra, ha de entenderse con un criterio de utilización íntegra de las aportaciones de esta cuenca, es decir, implicando no sólo a los trasvases previstos desde el Embalse de Benínar -aportaciones reguladas y no reguladas- sino también a los que puedan añadirse como consecuencia de la explotación racionalizada de los acuíferos existentes (especialmente la Unidad de Fuente Marbella y el Delta del Adra) y otras eventuales regulaciones de superficie (como la prevista en Río Chico), todo ello sin perjuicio de la atención a la demanda de esta cuenca que, además podría mejorar en cuanto a garantía de suministro.

ESQUEMA DE DIAGRAMA OPERACIONES/TIEMPO SOBRE PROPUESTAS GENERALES

CUADRO 3 DE INVESTIGACION Y GESTION EN EL CAMPO DE DALIAS (\*)

HOJA 1/8

ACTUACIONES GENERALES	PROPUESTA DE OPERACIONES SOBRE OBJETIVOS PARCIALES	89	90	91	92	93	94
ACUIFERO SUPERIOR CENTRAL							
<p>III MEJORA DEL CONOCIMIENTO GENERAL. ACtualización PERMANENTE. COMPLEMENTACION DE LAS REDES DE CONTROL.</p>	<p>Para profundizar en el conocimiento general y controlar, en su caso, el uso estratégico que vaya haciéndose de las reservas del acuífero, será necesaria la ejecución de sondeos mecánicos de investigación y complementación de las redes de seguimiento (en las zonas donde la infraestructura privada sea insuficiente), y la aplicación de técnicas específicas.</p> <p>- Número de sondeos, con profundidades entre 80 y 100 m. (Fig. 13)</p>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
<p>IV ESTUDIOS DE OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL ACUIFERO.</p>	<p>Utilización transitoria de parte de las reservas (no renovables) de la zona centro-noreste del acuífero, como aporte estratégico de volúmenes de agua de sustitución (coordinado con otras aportaciones) que permita reducir los bombeos necesarios en otros acuíferos:</p> <p>- Estudios de viabilidad de esta operación y diseño de obras. - Ejecución de obras y puesta en práctica de las mismas.</p>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	<p>Estudios de viabilidad (según las características de los recursos disponibles en cada momento) de la mejora de la calidad del agua de algunas zonas del acuífero, mediante mezclas o técnicas de desalinización. En cada circunstancia, selección de alternativas, diseño de obras y puesta en práctica de todas las operaciones</p>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	<p>En caso de interesar la buena capacidad del acuífero como embalse regulador de eventuales excedentes (no</p>	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████

(\*) ESTA DISTRIBUCION TEMPORAL CORRESPONDE AL SUPUESTO DE EJECUCION DE TODAS LAS OPERACIONES PROPUESTAS. EL TEXTO DEL APARTADO 5.2 PUEDE SUMINISTRAR LAS ORIENTACIONES DE PRIORIDAD PARA EL CASO DE REDUCCION DE ALGUNAS DE DICHAS PROPUESTAS.

ESQUEMA DE DIAGRAMA OPERACIONES/TIEMPO SOBRE PROPUESTAS GENERALES

CUADRO 3 DE INVESTIGACION Y GESTION EN EL CAMPO DE DALIAS

ACTUACIONES GENERALES	PROPUESTA DE OPERACIONES SOBRE OBJETIVOS PARCIALES	89	90	91	92	93	94
ACUIFERO SUPERIOR CENTRAL (CONTINUACION)							
IV CONTINUACION ESTUDIOS DE OPTIMIZACION DEL USO DEL ACUIFERO.	utilizables directamente por la demanda ni regulables por el A.I.O., - A.I.N. ni otros embalses superficiales o subterráneos fuera del sistema), realizar estudios de viabilidad, diseño de operaciones y puesta en práctica de la mismas.						
ACUIFERO INFERIOR OCCIDENTAL (INCLUYE A.E.B.N. Y A.H.G.V.)							
I APLICACION DE MEDIDAS CORRECTORAS DE LA INTRUSION MARINA DE CARACTER INMEDIATO.	Eliminación, cuanto antes, de un bombeo del orden de 1 hm <sup>3</sup> /año de la cobertera en la zona de Balanegra, sustituyendo esta aportación por recursos importados o del propio A.I.O.						
	Evitar cualquier incremento del bombeo en el A.S.C. del área de los Alacranes al 0 de la carretera a Guardias Viejas (entorno del borde norte del Sector VI del I.A.R.A.) y en el A.I.O., en el área de Tarambana.						
II INTENSIFICACION DEL CONOCIMIENTO Y SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE INTRUSION. REVISION DE MEDIDAS CORRECTORAS APLICADAS Y ESTUDIOS DE OTRAS MEDIDAS COMPLEMENTARIAS.	<p>Esencialmente, ejecución de sondeos-mecánicos de investigación y control de la intrusión marina (en el A.E.B.N/A.I.O./A.S.C. y, eventualmente, en el A.H.G.V.), junto con la aplicación de técnicas específicas: (Fig.14)</p> <p>- Número sondeos (A.E.B.N./A.I.O./A.S.C.), con profundidad de 200 a 600 m. en 1989 y en el resto de 100 a 800 m.</p> <p>- Número sondeos (A.H.G.V./A.I.O.), con profundidad de 400-900 m hasta 1991, de 700 a 1000 m. en 1992 y de 1000 a 1500 m. entre 1993 y 1994.</p>						
		4	5-10	5-10			
			2	1-2	0-3	0	4



ESQUEMA DE DIAGRAMA OPERACIONES/TIEMPO SOBRE PROPUESTAS GENERALES

CUADRO 3 DE INVESTIGACION Y GESTION EN EL CAMPO DE DALIAS

ACTUACIONES GENERALES	PROPUESTA DE OPERACIONES SOBRE OBJETIVOS PARCIALES	89	90	91	92	93	94
(CONTINUACION) ACUIFERO INFERIOR OCCIDENTAL (INCLUYE A.E.B.N.Y A.H.G.V.)							
IV CONTINUACION ESTUDIOS DE OPTIMIZACION DEL USO DEL ACUIFERO.	te mezclas, la salinidad de otras no tolerables por la demanda. Selección de alternativas y puesta en práctica						
	Cuando se controle la entrada de agua salada al A.I.O., considerar la posibilidad de utilización estratégica, con caracter transitorio, de parte de las reservas(no renovables) del mismo para salvar situaciones de emergencia mientras se gestionan otros recursos.						
ACUIFERO INFERIOR NORESTE							
I APLICACION DE MEDIDAS CORRECTORAS DE LA INTRUSION MARINA DE CARACTER INMEDIATO	Reducción inmediata de un bombeo de 8 hm <sup>3</sup> /año en el A.I.N.						
	Reordenación de las captaciones más influyentes en la intrusión ( 12-hm <sup>3</sup> /año) del área de Aguadulce. Supone, esencialmente, la ejecución -- -instalación de sondeos de explotación dentro del acuífero y unos kilómetros de red de distribución.  - Número sondeos de explotación en el área de Aguadulce, con profundidad de 200 a 250 m.						
II INTENSIFICACION DEL CONOCIMIENTO Y SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE INTRUSION. REVISION DE MEDIDAS CORRECTORAS APLICADAS Y ESTUDIO DE OTRAS MEDIDAS COMPLEMENTARIAS.	Esencialmente, ejecución de sondeos-mecánicos de investigación y control de la intrusión marina, además de la aplicación de técnicas específicas.						
	- Número de sondeos, con profundidad de 500 a 900 m. (Fig.15)		5	4			

ESQUEMA DE DIAGRAMA OPERACIONES/TIEMPO SOBRE PROPUESTAS GENERALES

CUADRO 3 DE INVESTIGACION Y GESTION EN EL CAMPO DE DALIAS

ACTUACIONES GENERALES	PROPUESTA DE OPERACIONES SOBRE OBJETIVOS PARCIALES	89	90	91	92	93	94
ACUIFERO INFERIOR NORESTE (CONTINUACION)							
<p>III MEJORA DEL CONOCIMIENTO GENERAL. ACTUALIZACION PERMANENTE DE LAS REDES DE CONTROL.</p>	<p>Esencialmente, ejecución de sondeos-mecánicos de investigación y control, junto con la aplicación de técnicas convencionales. (Fig. 15)</p> <p>- Número de sondeos, con profundidad de 500 a 900 m. entre 1990 y 1992, de 500 a 1000 m. en 1993 y de 1000 a 1300 m en 1994.</p>	██████████	2	3	4	3	3
<p>IV ESTUDIOS DE OPTIMIZACION DEL USO DEL ACUIFERO.</p>	<p>En su caso, consideración del acuífero (área de El Aguila) como embalse regulador de eventuales excedentes no utilizables directamente por la demanda ni regulables por el A.I.O. ni otros almacenes superficiales o subterráneos fuera del sistema. Si cabe, diseño y puesta en práctica de las operaciones necesarias.</p>	██████████					
	<p>Idem. en cuanto a la posibilidad de mezclar las aguas del acuífero con otras más salinas, haciendo estas últimas tolerables para la demanda.</p>	██████████					
ACUIFERO INTERMEDIO NORESTE							
<p>I APLICACION DE MEDIDAS CORRECTORAS DE LA INTRUSION MARINA DE CARACTER INMEDIATO.</p>	<p>Reducción inmediata de un bombeo de 11-12 hm<sup>3</sup>/año en el área de La Ganga.</p>	■					
<p>II INTENSIFICACION DEL CONOCIMIENTO Y SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE INTRUSION. REVISION DE MEDIDAS CORRECTORAS Y ESTUDIO DE OTRAS MEDIDAS COMPLEMENTARIAS</p>	<p>Esencialmente, ejecución de sondeos-mecánicos de investigación y control de la intrusión marina (diseñados a partir de los resultados que se van obteniendo al realizar las perforaciones propuestas para el A.I.N. dentro de la llanura) y aplicación -</p>	██████████					





ESQUEMA DE DIAGRAMA OPERACIONES/TIEMPO SOBRE PROPUESTAS GENERALES

CUADRO 3 DE INVESTIGACION Y GESTION EN EL CAMPO DE DALIAS

ACTUACIONES GENERALES COMUNES A TODOS LOS ACUIFEROS	PROPUESTA DE OPERACIONES SOBRE OBJETIVOS PARCIALES	89	90	91	92	93	94
CONJUNTO DE ACUIFEROS DEL CAMPO							
<p>V ESTUDIOS ESPECIFICOS-- SOBRE ACTIVIDADES -- CONTAMINANTES (EXCEP-- TO INTRUSION MARINA)-- Y SU IMPACTO EN LOS -- ACUIFEROS.</p>	<p>Determinación y seguimiento de los - distintos procesos contaminantes en- los acuíferos, en dos fases solapa-- das:</p> <p>- 1ª fase: Identificación y locali-- zación de procesos contaminantes,- evaluación previa de su impacto -- real y potencial. Metodologías de- estudio y seguimiento. Actualiza-- ción periódica.</p> <p>- 2ª fase: Establecimiento de medi-- das y diseño-ejecución de redes -- específicas para la prevención, co-- rrección y seguimiento de los dis- tintos procesos.</p>						
<p>ACTUACIONES DE GES-- TION PARA LA ADOPCION DE MEDIDAS INMEDIATAS DIRIGIDAS A:</p>	<p>- La congelación eficaz de las ex-- plotaciones globales del Campo.</p>						
	<p>- El control del uso dado a cada uno de los acuíferos del Campo.</p>						
	<p>- La aplicación de medidas inmedia-- tas para la corrección de los pro- cesos de salinización existentes.</p>						
	<p>- La utilización transitoria de re-- servas (no renovables) de algunas- áreas de determinados acuíferos, - con menor riesgo de salinización,- para aportar los volúmenes de agua necesarios para las medidas co-- rrectoras de la intrusión.</p>						
	<p>- La gestión de recursos ajenos al - Campo para la corrección, cuanto - antes, del déficit global del mismo</p>						
	<p>- Fomentar el ahorro real de agua.</p>						

5.3 SELECCION DE ACTUACIONES DE GESTION DE MEDIDAS MAS URGENTES, CORRECTORAS DEL PROCESO DE INTRUSION MARINA.

Del conjunto de recomendaciones generales expuestas anteriormente (5.2), se destacan aquí las que siguen por presentar estas características comunes:

- Son medidas orientadas a la corrección del grave problema de salinización por intrusión marina de algunas áreas del Campo.

- Se plantean con un notable grado de empirismo: el estrecho seguimiento de su aplicación y de la respuesta de los acuíferos a las mismas, permitirá reconducir, en lo conveniente, la continuación de las operaciones. Tal empirismo se deriva de la falta de precisión en el conocimiento de los mecanismos mediante los cuales se produce el fenómeno contaminante y de la propia naturaleza del mismo.

- La progresión del proceso de salinización y sus consecuencias aconsejan la urgencia en la aplicación de medidas correctoras (las aquí propuestas y otras equivalentes o más eficaces en relación con los objetivos marcados).

- La demora en la puesta en marcha de estas medidas u otras que produjesen el efecto deseado, además de suponer un riesgo que puede ser muy alto para la conservación de la uti-

lidad de importantes zonas de los acuíferos principales -riesgo que debe ser asumido con conocimiento de causa- podría modificar la situación que aconseja dichas medidas y, por tanto, dar lugar a la pérdida de sentido de parte de las mismas.

- Se trata de medidas "curativas" o preventivas de la expansión del proceso contaminante, por lo que pueden tener un carácter transitorio; no necesitan de estudios previos muy prolijos para su puesta en marcha sino, más bien, un exhaustivo pero inmediato análisis sobre la viabilidad total o parcial de las mismas, suficientemente razonado; es decir, son medidas de gestión, esencialmente.

- El carácter transitorio de algunas de las obras que exigen las medidas correctoras señaladas no debe pesar demasiado, ya que, en su caso, dichas obras constituirían mejoras de la infraestructura de captaciones o de las redes de distribución, útiles tanto para facilitar el manejo y optimización de los recursos disponibles, como para mejorar la garantía de atención a la demanda. También representarían un valor importante como investigación de los acuíferos implicados, especialmente sobre aspectos de regulación, uso de reservas, etc.

- La aplicación de estas medidas no debe excluir la consideración del análisis del conjunto de recomendaciones generales, si se pretende cambiar la situación actual de uso de los acuíferos del Campo ajena a cualquier forma de planifica

ción hidrogeológica- por otra bien distinta y alcanzable, en la que el adecuado conocimiento de esta realidad natural permita un manejo racionalizado de la misma, ineludible para la gestión del conjunto de recursos del sistema hidráulico al que pertenece esta comarca.

Las operaciones con las que se pretenden alcanzar los objetivos deseados -que no son las únicas, ni las ideales, sino una de las alternativas que se consideran más realistas- son las siguientes:

- a) En el A.I.N. (y más concretamente, en el grupo de las siete captaciones del área de Aguadulce que más influyen en el proceso de intrusión marina) reducir el bombeo anual en 8 hm<sup>3</sup> y redistribuir 12 hm<sup>3</sup> de la extracción restante; es decir, se trata de una actuación energica sobre el bombeo de 20 hm<sup>3</sup>/año practicado en los sondeos más responsables de dicha salinización.
- b) Eliminación de la mayor parte del bombeo (11 hm<sup>3</sup>/año) en el A.It.N. (área de La Gangosa) altamente salinizado, dirigida a la corrección de este proceso en el propio acuífero y a los efectos contaminantes que éste transfiere o puede transferir hacia el A.S.N. y el A.I.N.
- c) Reducción de al menos 4-5 hm<sup>3</sup>/año del bombeo en el -

A.S.N. (sureste del área de El Viso) como discreta medida correctora, por el momento, de la contaminación salina (desde el A.It.N., especialmente).

- d) Supresión de un bombeo anual próximo a 1 hm<sup>3</sup>/año de los tramos de cobertera en la zona de la Cuesta de los Alacranes, próxima a Balanegra, como primera de las medidas correctoras a llevar a cabo en el A.E.B.N., altamente salinizado, situación contaminante que se transmite lateralmente al A.I.O.

Estas operaciones requieren, entre otras cosas, la aportación de un volumen de agua de sustitución de unos 24 hm<sup>3</sup>/año, el cual puede suministrarse de distintas formas. Atendiendo al carácter transitorio de parte de estas operaciones, a la situación actual de los acuíferos y a las posibilidades de trasvase que por ahora ofrece el conjunto Embalse de Benínar/Canal de Benínar- Aguadulce, se propone el siguiente reparto:

- Embalse de Benínar, 11 hm<sup>3</sup>/año (sin contar la servidumbre, de unos 4 hm<sup>3</sup>/año, de los riegos del Sector VI del I.A.R.A.)
- Acuífero o Unidad de Fuente Marbella, 6 hm<sup>3</sup>/año.
- Acuífero Superior Central, 7 hm<sup>3</sup>/año.

5.3.1. EJEMPLO DE POSIBLE ALTERNATIVA DE APLICACION, CON CARACTER INMEDIATO, DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS DEL PROCESO DE INTRUSION MARINA EN LAS ZONAS DE AGUADULCE, LA GANGO SA-VISO-ROQUETAS Y BALANEGRA.

A título de ejemplo a contrastar de posible alternativa de aplicación con carácter inmediato de las medidas correctoras del proceso de intrusión que se han propuesto, se plantea el esquema del Cuadro 4. En este esquema se han considerado, por una parte, cinco grupos de demanda (con un volumen total de 47 hm<sup>3</sup>/año), elegidos por su incidencia actual o potencial en el proceso de intrusión o en la corrección del mismo. Por otra parte, aunque la gestión de todas estas medidas habría - que iniciarla inmediatamente, se han tomado como referencia temporal tres momentos o situaciones y señalado, en cada caso, las fuentes de suministro a los distintos grupos de demanda. Dichas situaciones son:

- (A) La inmediatamente anterior a la llegada al Campo de recursos importados de Benínar (octubre de 1987).
- (B) De octubre de 1989 a enero de 1990, fecha en la que se suponen ya aplicadas, parcial o transitoriamente, algunas medidas recomendadas.
- (C) De febrero a julio de 1990, momento en que debe haberse aplicado ya totalmente el conjunto de medidas

correctoras propuestas de acuerdo con este esquema.

En el Cuadro 4 (y en la Fig. 16) se reflejan los cambios que, para cada acuífero, supondrían las medidas aplicadas, según el ejemplo propuesto, y las principales obras que éstas conllevarían. En la Figura 16 se indica la posible relación de los volúmenes a transportar, para cada grupo de demanda y en cada situación, con la red de canales principales del antiguo I.R.Y.D.A. (Canal II, III y IV). El resultado final de estas operaciones coincide, naturalmente, con los objetivos parciales que se señalaron anteriormente.

El capítulo de obras no resulta tan costoso, gracias a la infraestructura ya existente, como cabría esperar por el volumen global de demanda afectada: 47 hm<sup>3</sup>/año para el total de los cinco grupos implicados. En este ejemplo, que sólo pretende ser un esbozo de lo que puede representar la realidad del problema, las principales obras serían:

- Ejecución de 9 a 13 sondeos de explotación, de 200 a 300 m. de profundidad.
- Equipamiento de 16 a 20 sondeos de explotación (los nuevos y los "siete grandes" de Aguadulce).
- Construcción de unos 15 Km. de redes de transporte/dis

tribución del agua.

- Si fuese necesario, ampliar el enlace entre Canales de Benínar - Sector IV y, posiblemente, realizar algún - nuevo enlace entre los Canales IV, III y II.

Continuando aún con el ejemplo propuesto y haciendo referencia al Cuadro 4, la atención a los distintos grupos de demanda experimentaría los cambios siguientes:

**(B) Situación transitoria (3 - 6 meses)**

a) El abastecimiento de Almería capital (16 hm<sup>3</sup>/año) se llevaría a cabo desde el área de Aguadulce (del A.I.N.), mediante un bombeo de 75/80 l/sg. (no superior) realizado en cada uno de los "siete grandes" sondeos del área - seis de la Comunidad de Regantes "Sol y Arena" (244, 245, 230, 228, 227 y 234 RM) y el que actualmente abastece a la capital (249 RM)-y dos de nueva implantación que pudieran ser los ya construidos por dicha comunidad y no instalados (252 y 253 RM). Entre los nueve sondeos no deberían extraerse más de los 16 hm<sup>3</sup>/año antes señalados.

b) Los riegos de Sector II (14 hm<sup>3</sup>/año) se dotarían con aguas del A.I.O., de sondeos del I.A.R.A. en las áreas del Pampanico y Tomillar (9 hm<sup>3</sup>/año), y del A.I.N., en sondeos nuevos del I.A.R.A. en el área de El Aguila (5 hm<sup>3</sup>/año).

c) Los riegos del Sector III (13 hm<sup>3</sup>/año) se llevarían a cabo con recursos de Benínar (11 hm<sup>3</sup>/año) y un complemento del A.I.O., desde los sondeos del I.A.R.A. en las áreas del Pampanico/Tomillar (2 hm<sup>3</sup>/año).

Con relación a la situación anterior (A) estas modificaciones se concretarían en:

- Una disminución de 4 hm<sup>3</sup>/año en el bombeo actual de 20 hm<sup>3</sup>/año de los "siete grandes" del área de Aguadulce (A.I.N.) y una primera redistribución -con reducción importante de caudales- en los 16 hm<sup>3</sup>/año restantes.
- Un incremento provisional del bombeo (de 5 hm<sup>3</sup>/año) en el área de El Aguila del A.I.N., con la puesta en servicio de los sondeos del I.A.R.A. allí construidos y no utilizados aún.
- La eliminación de la mayor parte (11 hm<sup>3</sup>/año) del bombeo en el A.It.N. (área de La Gangosa).
- Una pequeña reducción de 1 hm<sup>3</sup>/año en el bombeo del A.I.O. (Pampanico/Tomillar).
- La incorporación, ya en marcha, de 11 hm<sup>3</sup>/año de recursos de Benínar (además de los 4 hm<sup>3</sup>/año comprometidos para riegos en el Sector VI del I.A.R.A.)

(C) Situación final (6 - 12 meses)

d) El abastecimiento a Almería capital (16 hm<sup>3</sup>/año) se resolvería con la mezcla de:

- 9 hm<sup>3</sup>/año del A.I.N. (Aguadulce), extraídos - a razón de 75/80 l/sg.- de cinco sondeos: dos del grupo de los "siete grandes" de Aguadulce (por ejemplo 249 y 228 - RM; para su mejor distribución), los dos instalados en la fase anterior (¿252 y 253 RM?) y un nuevo sondeo, al NO del 56 RM, con similares características a los precedentes.
  
- 3 hm<sup>3</sup>/año del A.I.O. (sondeos del I.A.R.A. del Pampanico/Tomillar).
  
- 4 hm<sup>3</sup>/año del A.S.C., desde sondeos de explotación a realizar en la zona noreste del área de Santa María.

e) Los riegos del Sector II (14 hm<sup>3</sup>/año) se dotarían con una mezcla de aguas del A.I.O. (2 hm<sup>3</sup>/año del Pampanico/Tomillar); del A.I.N. (3 hm<sup>3</sup>/año de El Aguila); del A.S.C. (3 hm<sup>3</sup>/año del noreste del área de Santa María) y del Acuífero de Fuente Marbella (6 hm<sup>3</sup>/año). En este último caso, desde sondeos a realizar junto al Canal de Benínar-Campo, sobre esta unidad y, en los anteriores, desde captaciones ya en servicio.

f) Los riegos del Sector III (13 hm<sup>3</sup>/año) se atenderían como en c)

g) Los riegos dispersos del sureste de El Viso (3 - hm<sup>3</sup>/año) se resolverían con aportaciones desde sondeos del I.A.R.A. del Pampanico/Tomillar (A.I.O.).

h) El abastecimiento y parte de riego de una zona concreta de Balanegra (1 hm<sup>3</sup>/año) se dotaría, igualmente, desde sondeos del A.I.O. (Pampanico/Tomillar).

Con relación a la situación inicial (A), las modificaciones introducidas repercutirían en los acuíferos implicados, de la siguiente manera:

- En el A.I.N. (Aguadulce) se reduciría el bombeo en 8 hm<sup>3</sup>/año, y se practicaría una redistribución de captaciones de 12 hm<sup>3</sup>/año (también de Aguadulce), 3 de las cuales se pasarían al área de El Aguila.
- Sería eliminado la mayor parte del bombeo (11 hm<sup>3</sup>/año) en el A.It.N. (La Gangosa).
- El A.I.O. quedaría prácticamente como en la situación (A), pues tan solo se reduciría el bombeo en 1 hm<sup>3</sup>/año (áreas del Pampanico/Tomillar).
- Se suprimiría parte del bombeo (4-5 hm<sup>3</sup>/año) de El Vi-

so (A.S.N.) en la zona de descarga actual de agua -en parte salobre- desde el A.It.N.

- Quedaría eliminado un bombeo de 1 hm<sup>3</sup>/año de la cober-

tera (A.E.B.N.), en una zona de Balanegra próxima a la Cuesta de los Alacranes.

- Se introduciría una explotación transitoria de reservas (no renovables), 7 hm<sup>3</sup>/año, del A.S.C., como provisión estratégica de dotaciones de sustitución, mientras se gestionan otros recursos hídricos ajenos a esta comarca.

- Se incorporarían al Campo otros recursos de sustitución ajenos al mismo, provenientes del Embalse de Benínar y del Acuífero de Fuente Marbella. Esta última actuación serviría, al menos en parte, para ensayos de regulación de este importante manantial que, indiscutiblemente, ha visto aumentadas sus aportaciones como consecuencia de la ejecución del Embalse de Benínar; de esta manera, podría iniciarse un estudio de regulación conjunta embalse/acuífero, que potenciaría la actual utilidad de estas fuentes de suministro.

Dado el carácter notablemente experimental de estas actuaciones -aunque orientado por un criterio hidrogeológico-

hay que llevar un estrecho seguimiento de la reacción que se produce en los acuíferos como consecuencia de estas medidas, ya que esta respuesta ha de proporcionar las directrices sobre la forma de actuar en el futuro (incluso, en algún caso, podría aconsejar la modificación, sobre la marcha, de determinados aspectos de las mismas).

SITUACION	Grupos de demanda afectados por las medidas (Figura 16)	Volumen demandado en hm <sup>3</sup> /a (fuente de suministro) (Figura 16)	Aportación de cada acuífero (hm <sup>3</sup> /a) para atención a los grupos de demanda (Figura 16)	Cambios que supone para cada acuífero el nuevo suministro a los grupos de demanda, en relación con la situación (A)	Principales obras que supone el cambio de fuente de suministro para atención a cada grupo de demanda (Figura 16)
SITUACION (A)	<p>Abastecimiento Almería capital</p> <p>Riegos sector II : 14 (AIN)</p> <p>Riegos sector III : 12 (AIO) + 1 (AIIIN/ASN)</p> <p>Riegos dispersos sureste Viso 3 (ASN)</p> <p>Abastecimiento/riego zona Balanegra 1 (AEBN + ASC/AIO)</p>	<p>6 (AIN) + 10 (AIIIN)</p> <p>14 (AIN)</p> <p>12 (AIO) + 1 (AIIIN/ASN)</p> <p>3 (ASN)</p> <p>1 (AEBN + ASC/AIO)</p>	<p>AIN (Aguadulce) ..... 20</p> <p>AIIIN/ASN ..... 11</p> <p>AIO (Pampanico Tomillar) ..... 12</p> <p>ASN (sureste Viso) ..... 3</p> <p>AEBN + ASC/AIO (Balanegra) ..... 1</p> <p><b>TOTAL DEMANDA ..... 47</b></p>	<p>Disminución de 4 hm<sup>3</sup>/a. del bombeo en AIN (Aguadulce) y redistribución de 16 hm<sup>3</sup>/a restantes</p> <p>Incremento provisional de 5 hm<sup>3</sup>/a. en El Aguilu (AIN)</p> <p>Eliminación de la mayor parte del bombeo en el AIIIN, área de la Gangosa (11 hm<sup>3</sup>/a)</p> <p>Reducción de un hm<sup>3</sup>/a del bombeo en el AIO (Pampanico - Tomillar)</p> <p>Incorporación ya en marcha de 11 hm<sup>3</sup>/a. de recursos ajenos al Campo, además de los 4 hm<sup>3</sup>/a. compror- metidos para riegos del Sector VI IARA</p>	<p>(a) Ejecución e instalación (o sólo instalación) de 2 sondeos de explotación de unos 200 m de prof., 2 kms de red de distribución y 7 equipos de extracción de 75 l/s</p> <p>(b) Puesta en marcha de 2 sondeos equipados del IARA en El Aguilu</p> <p>(c) Si fuera necesario, ampliar el enlace del C. de Beninar al Sector IV</p>
SITUACION (B)	<p>Abastecimiento Almería capital (a)</p> <p>Riegos sector II = 9 (AIO) + 5 (AIN)</p> <p>Riegos sector III = 2 (AIO) + 1 (E. Beninar) (c)</p> <p>Riegos dispersos sureste Viso = 3 (ASN)</p> <p>Abastecimiento/riego zona Balanegra = 1 (AEBN + ASC/AIO)</p>	<p>16 (AIN)</p> <p>9 (AIO) + 5 (AIN)</p> <p>2 (AIO) + 1 (E. Beninar)</p> <p>3 (ASN)</p> <p>1 (AEBN + ASC/AIO)</p>	<p>AIN (Aguadulce) ..... 16</p> <p>AIN (El Aguilu) ..... 5</p> <p>AIIIN/ASN ..... 0</p> <p>AIO (Pampanico Tomillar) ..... 11</p> <p>ASN (sureste Viso) ..... 3</p> <p>AEBN + ASC/AIO (Balanegra) ..... 1</p> <p>E. Beninar ..... 11</p> <p><b>TOTAL DEMANDA ..... 47</b></p>	<p>Reducción de 8 hm<sup>3</sup>/a del bombeo del AIN en Aguadulce y redistribución de los 12 hm<sup>3</sup>/a restantes en este área, 3 de los cuales pasan a la de El Aguilu</p> <p>Eliminación de la mayor parte del bombeo del AIIIN en la Gangosa (11 hm<sup>3</sup>/a)</p> <p>Reducción de 1 hm<sup>3</sup>/a. en AIO (Pampanico - Tomillar)</p> <p>Eliminación de parte del bombeo de El Viso (3 hm<sup>3</sup>/a)</p> <p>Incorporación transitoria de nuevos volúmenes de agua de sustitución (7 hm<sup>3</sup>/a) de la reserva del ASC</p> <p>Incorporación de nuevos volúmenes de agua de sustitución (11 hm<sup>3</sup>/a) del E. Beninar, 6 hm<sup>3</sup>/a del A Fuente Marbella</p> <p>Eliminación del bombeo (1 hm<sup>3</sup>/a) en tramos de cobertura de una zona de Balanegra</p>	<p>(d) Ejecución e instalación de otro sondeo (250 m de prof.) en Aguadulce y 0,5 km de red de distribución. Ejecución de 3-4 sondeos en el A.S.C. (de 200 m de prof.) además de unos kms. de redes de conexión con el Canal IV</p> <p>(e) Ejecución e instalación de 2-3 sondeos de explotación junto al C. de Beninar en el A Fuente Marbella para bombear 6 hm<sup>3</sup>/a</p> <p>Ejecución - instalación de 3 sondeos en ASC para extraer 3 hm<sup>3</sup>/a y unos kms de red de distribución</p> <p>(f) idem a (c)</p> <p>(g) 2-3 kms de redes de enlace entre Canales IV y III con los puntos en cuestión</p>
SITUACION (C)	<p>Abastecimiento Almería capital (d)</p> <p>Riegos sector II = 9 (AIN) + 4 (ASC) + 3 (AIO)</p> <p>Riegos sector III = 2 (AIO) + 3 (AIN) + 3 (ASC) + 6 (A. Fuente Marbella) (e)</p> <p>Riegos sector III = 2 (AIO) + 11 (E. Beninar) (f)</p> <p>Riegos dispersos sureste Viso = 3 (AIO) (g)</p> <p>Abastecimiento/riego zona Balanegra = 1 (AIO)</p>	<p>9 (AIN) + 4 (ASC) + 3 (AIO)</p> <p>2 (AIO) + 3 (AIN) + 3 (ASC) + 6 (A. Fuente Marbella)</p> <p>2 (AIO) + 11 (E. Beninar)</p> <p>3 (AIO)</p> <p>1 (AIO)</p>	<p>A.I.N. (Aguadulce) ..... 9</p> <p>AIN (El Aguilu) ..... 3</p> <p>AIIIN/ASN ..... 0</p> <p>AIO (Pampanico - Tomillar) 11</p> <p>ASN (Sureste Viso) ..... 0</p> <p>ASC (Santa María) ..... 7</p> <p>E. Beninar / A. Fuente Marbella ..... 17</p> <p>AEBN + ASC/AIO (Balanegra) ..... 0</p> <p><b>TOTAL DEMANDA ..... 47</b></p>	<p>Reducción de 8 hm<sup>3</sup>/a del bombeo del AIN en Aguadulce y redistribución de los 12 hm<sup>3</sup>/a restantes en este área, 3 de los cuales pasan a la de El Aguilu</p> <p>Eliminación de la mayor parte del bombeo del AIIIN en la Gangosa (11 hm<sup>3</sup>/a)</p> <p>Reducción de 1 hm<sup>3</sup>/a. en AIO (Pampanico - Tomillar)</p> <p>Eliminación de parte del bombeo de El Viso (3 hm<sup>3</sup>/a)</p> <p>Incorporación transitoria de nuevos volúmenes de agua de sustitución (7 hm<sup>3</sup>/a) de la reserva del ASC</p> <p>Incorporación de nuevos volúmenes de agua de sustitución (11 hm<sup>3</sup>/a) del E. Beninar, 6 hm<sup>3</sup>/a del A Fuente Marbella</p> <p>Eliminación del bombeo (1 hm<sup>3</sup>/a) en tramos de cobertura de una zona de Balanegra</p>	<p>(d) Ejecución e instalación de otro sondeo (250 m de prof.) en Aguadulce y 0,5 km de red de distribución. Ejecución de 3-4 sondeos en el A.S.C. (de 200 m de prof.) además de unos kms. de redes de conexión con el Canal IV</p> <p>(e) Ejecución e instalación de 2-3 sondeos de explotación junto al C. de Beninar en el A Fuente Marbella para bombear 6 hm<sup>3</sup>/a</p> <p>Ejecución - instalación de 3 sondeos en ASC para extraer 3 hm<sup>3</sup>/a y unos kms de red de distribución</p> <p>(f) idem a (c)</p> <p>(g) 2-3 kms de redes de enlace entre Canales IV y III con los puntos en cuestión</p>

CUADRO 4. Ejemplo de posible alternativa de aplicación, con carácter inmediato, de las medidas correctoras del proceso de intrusión marina

#### 5.4 CONSIDERACIONES FINALES

Ante cualquier tentativa de evaluación de los recursos (renovables) de un acuífero o conjunto de acuíferos -incluso utilizando modelos matemáticos- la información más fiable la proporciona el seguimiento histórico de la explotación y de la respuesta de cada acuífero a la misma, manifestada en la evolución de su nivel y calidad del agua. Estos últimos datos, que pueden ser medidos fácilmente, permiten una mayor aproximación a la realidad de estas aportaciones, especialmente si se interpretan conociendo la estructura, funcionamiento, características hidrodinámicas e hidroquímicas, etc. de dichos acuíferos.

El seguimiento llevado a cabo por este Estudio sobre los acuíferos del Campo de Dalías, durante 20 años de medidas directas (mensuales o bimestrales) y sobre un historial de datos bastante fiables de un período aún mayor, permite ser optimista en cuanto a que el valor real de sus recursos globales dista mucho de las estimaciones que se hicieron para el Plan Hidrológico (hasta de 18 hm<sup>3</sup>/año) y se acerca a las últimas cifras evaluadas, que rondan los 70 hm<sup>3</sup>/año (aproximadamente el doble de lo calculado para la aportación regulada de Benínar).

Pero este mismo seguimiento también permite constatar que, si en los tres primeros años de esta década -entre-

1980/81 y 1983/84, el primero utilizado para el valor de bombeo en el balance hídrico presentado por el Estudio en 1982 y el segundo coincidente con la promulgación de las primeras normativas legales sobre estos acuíferos, desde el Estado y la Junta de Andalucía- el bombeo anual se incrementó en unos 11 hm<sup>3</sup>/año, en los cuatro años siguientes la demanda anual creció unos 19 hm<sup>3</sup>; tampoco se produjo después de publicarse el referido informe sobre el Campo ninguna modificación positiva en la utilización de los acuíferos y creció el deterioro de la calidad del agua como consecuencia de la intrusión marina originada por el uso indiscriminado de los mismos. Por todo ello, más bien caben posturas pesimistas.

Por su parte, el I.T.G.E. continúa su labor de investigación y asesoramiento a las Administraciones Públicas y usuarios de los acuíferos del Campo, con la convicción de que es el camino a seguir para su adecuada explotación.

Las mejoras alcanzadas por este Organismo en el conocimiento de este ámbito hidrogeológico durante los últimos seis años se consideran suficientes para corroborar la importancia de sus recursos, su clara sobreexplotación (como conjunto) y el agravamiento consecuente del problema de la salinización, que ya presenta zonas de algunos acuíferos con calidades no aptas para el consumo de la zona, aunque son insuficientes para el correcto manejo del mismo. La falta de medios adecuados para alcanzar el grado de conocimiento y seguimiento deseable

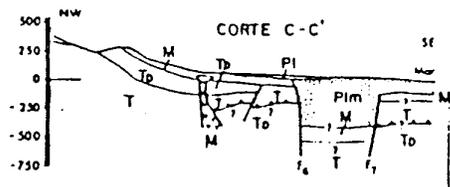
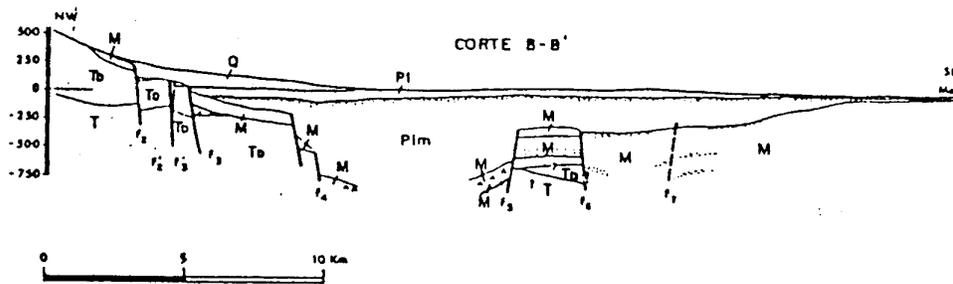
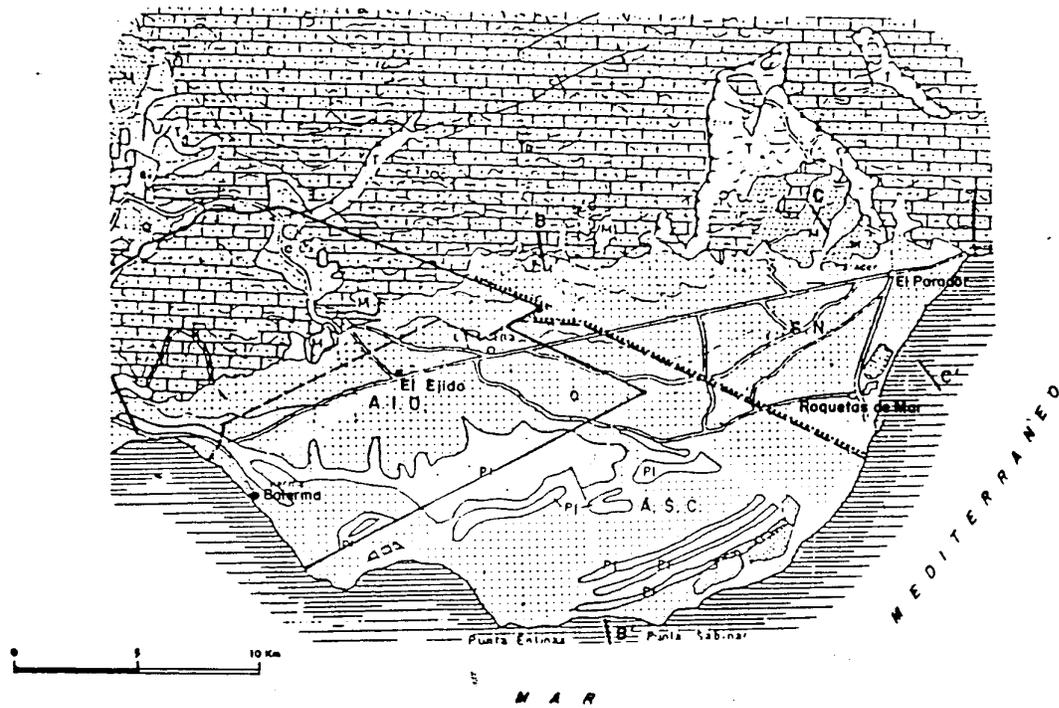
han conducido a predicciones desajustadas en el detalle o a la imposibilidad de predecir, también en detalle, algunos hechos, aunque lógicamente sí se va cumpliendo una evolución negativa indeseable en la situación de este conjunto hidrogeológico, cuya persistencia se considera peligrosa.

En las recomendaciones anteriormente expuestas se ha pretendido dar a estos acuíferos del Campo la misma consideración que la que merecen las aguas de superficie u otras obras públicas; es decir, se ha estimado razonable que la inversión, para el conocimiento y seguimiento de los mismos, esté en consonancia con los recursos o la utilidad que aportan. Por ello aparecen propuestas que globalmente se sitúan en el entorno de los tres mil M.P. (valor aproximado de una presa, por ejemplo, o de unos kilómetros de autopista), casi todas ellas centradas en la necesidad de realizar sondeos mecánicos para avanzar en las posibilidades de manejo de estas fuentes de suministro. Las técnicas complementarias o específicas a aplicar, junto con los equipos técnicos necesarios para realizar la investigación propuesta, podrían alcanzar un coste del orden de un 10-15% de la inversión en sondeos mecánicos, en cada caso.

Como reflexión final, pueden compararse dichas inversiones con el valor que representan estos acuíferos, pilares fundamentales de la producción de esta comarca, la cual a su vez supone un 40% de la economía almeriense. Y en buena medida el

futuro de estos acuíferos depende de la dosis de racionalidad que conlleve el uso de los mismos y, paralelamente, el grado de atención que merezca su conocimiento.

FIGURAS



- A.I.O. Acuífero Interior Occidental
- - - A.S.C. Acuífero Superior Central
- ..... S.N. Acuíferos Sector Noreste

- Q CUATERNARIO (conglomerados, etc)
- PI PLIOCENO (calizas, arenas, etc)
- Pim PLIOCENO (margas, etc)
- M MIOCENO (calizas, etc)
- To TRIAS (dolomías, calizas)
- T PERMOTRIAS (fines, margas)

Fig. 1. Plano hidrogeológico del Campo de Dalías

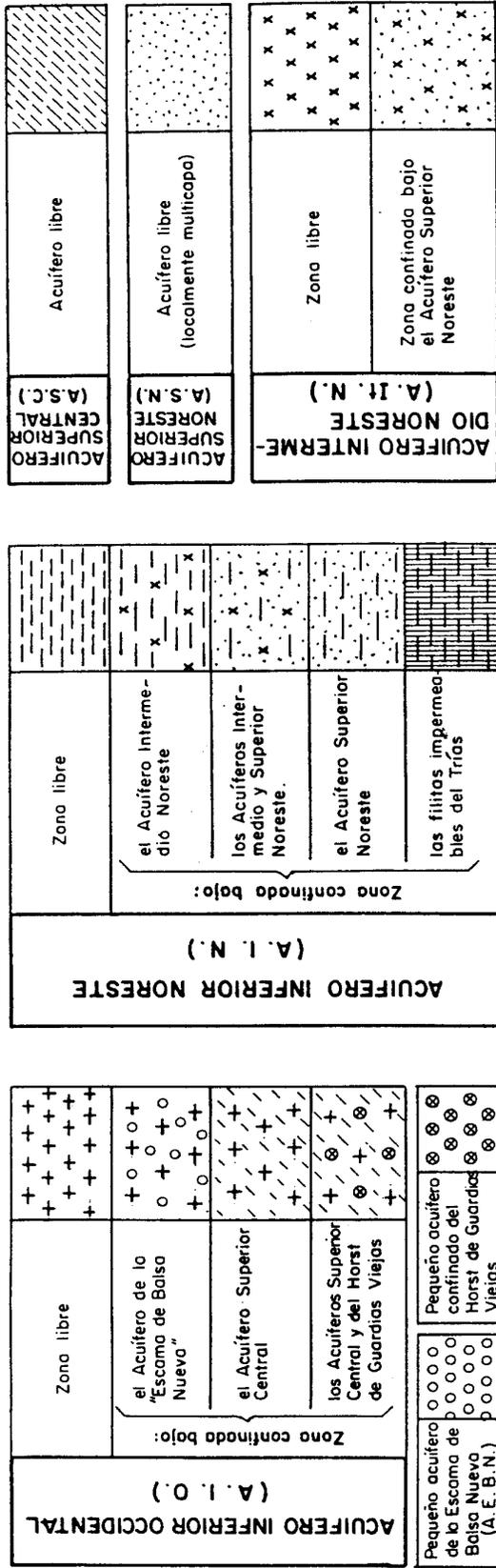
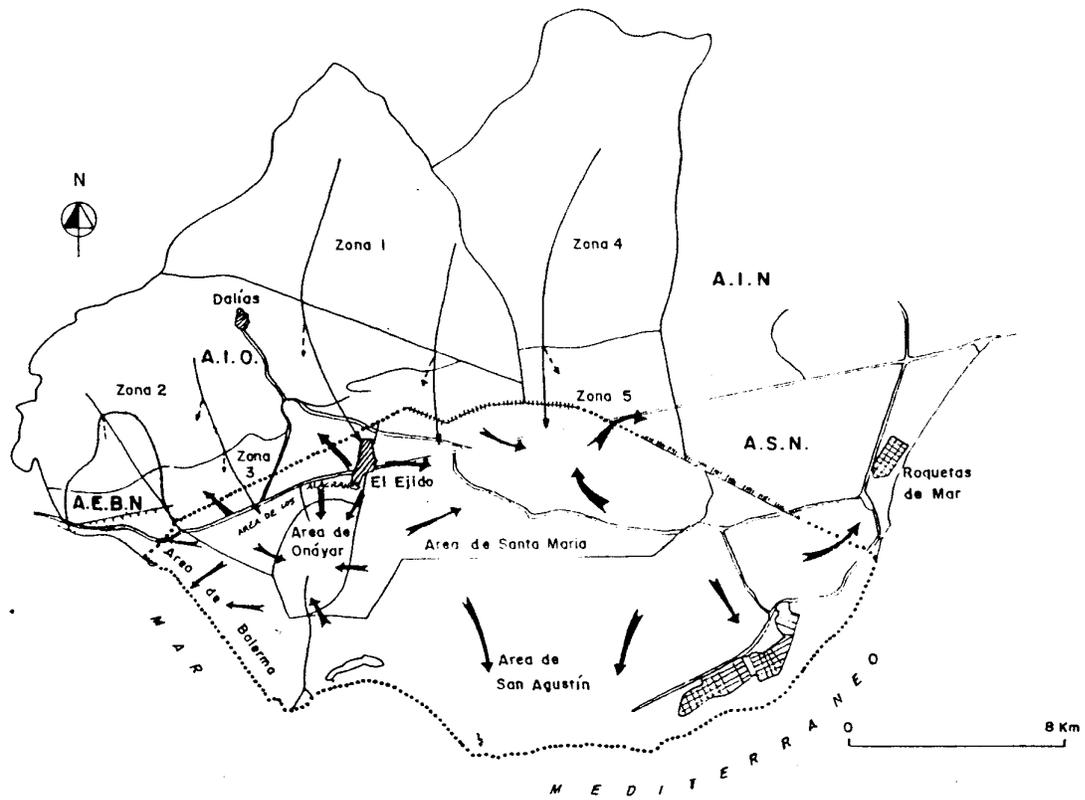
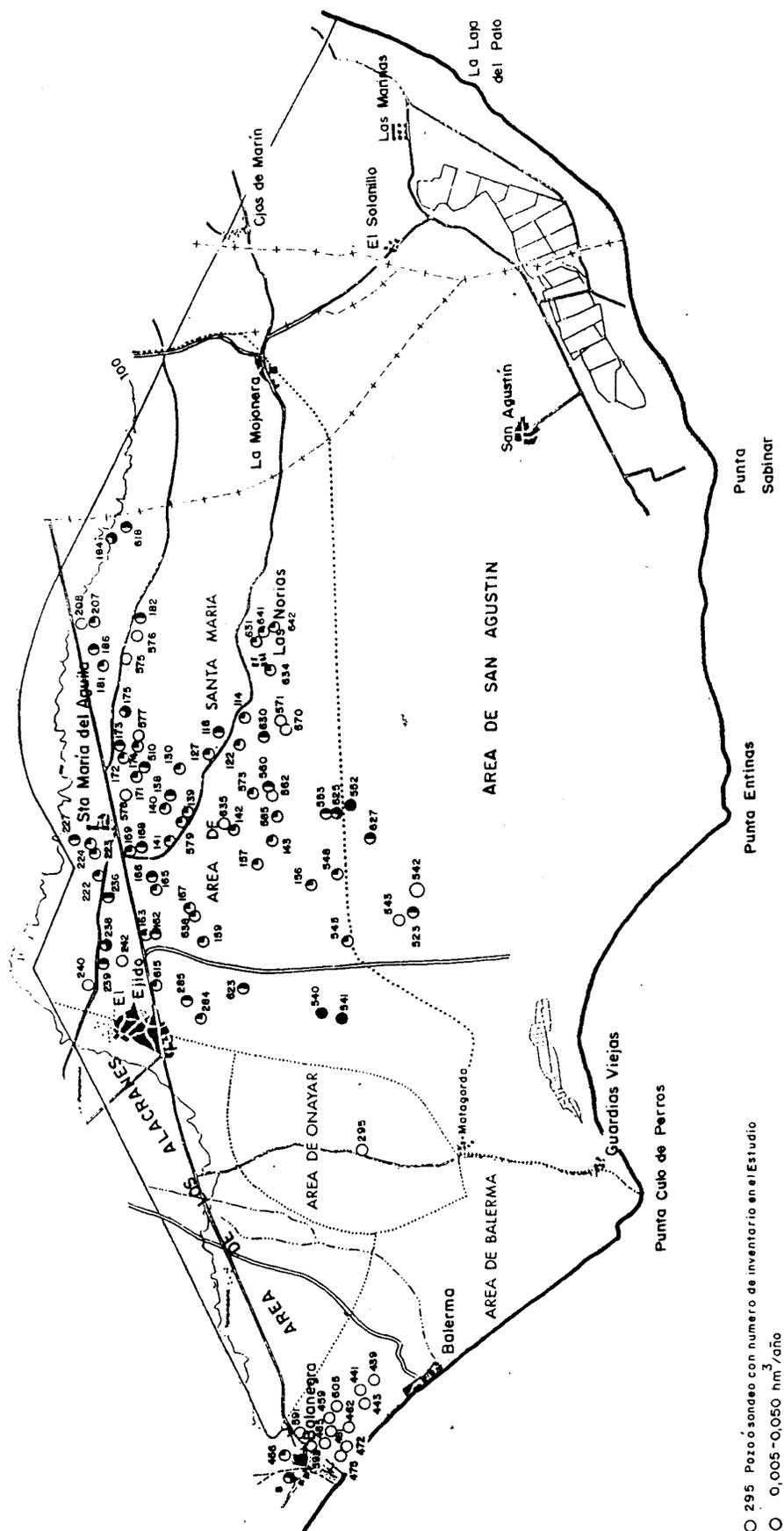


Fig. 2. Distribución espacial de los principales acuíferos del Campo de Dalías



- Sentido del flujo subterráneo (1985)
  - Límite a flujo nulo
  - Límite estanco o a caudal impuesto despreciable
  - ..... Límite a potencial impuesto
  - Infiltración de la escorrentía superficial
  - " fuera del sistema
- A.E.B.N. Acuífero de la "Escama de Balsa Nueva"  
 A.I.N. Acuífero Inferior Noreste  
 A.I.O. Acuífero Inferior Occidental  
 A.S.N. Acuífero Superior Noreste

Fig. 3. Esquema de flujo subterráneo en el Acuífero Superior Central



- 295 Pozo sonda con numero de inventario en el Estudio
- 0,005-0,050 hm<sup>3</sup>/año
- 0,05-0,100
- 0,100-0,250
- 0,250-0,500
- 0,500-1,000
- 1,000-1,500
- 1,500-2,000
- 2,000-2,500
- 2,500-3,000
- superior a 3,000 hm<sup>3</sup>/año

Fig. 4. Explotación por bombeo del Acuífero Superior Central  
Año 1987/88

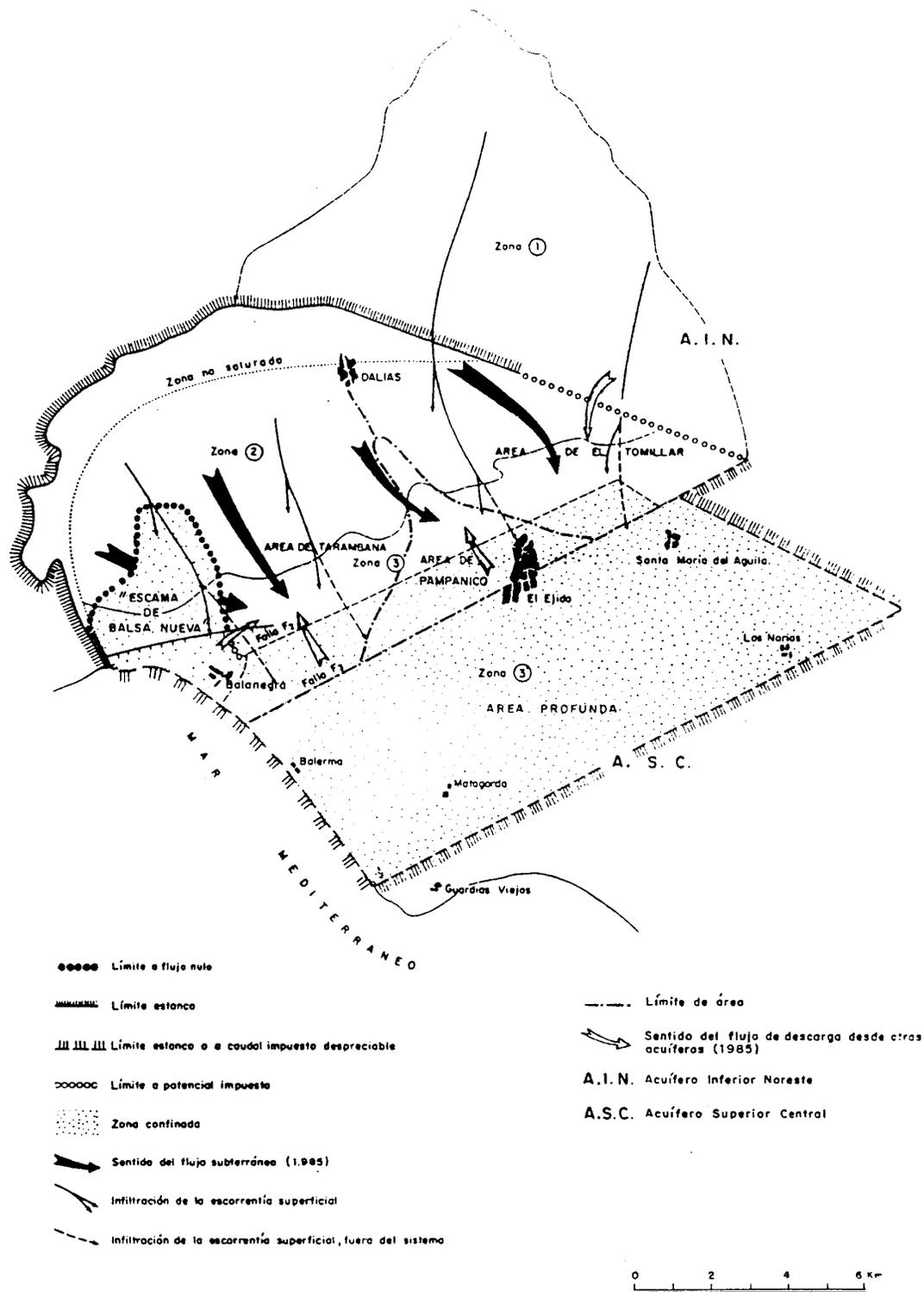


Fig. 5. Esquema de flujo subterráneo en el Acuífero Inferior Occidental

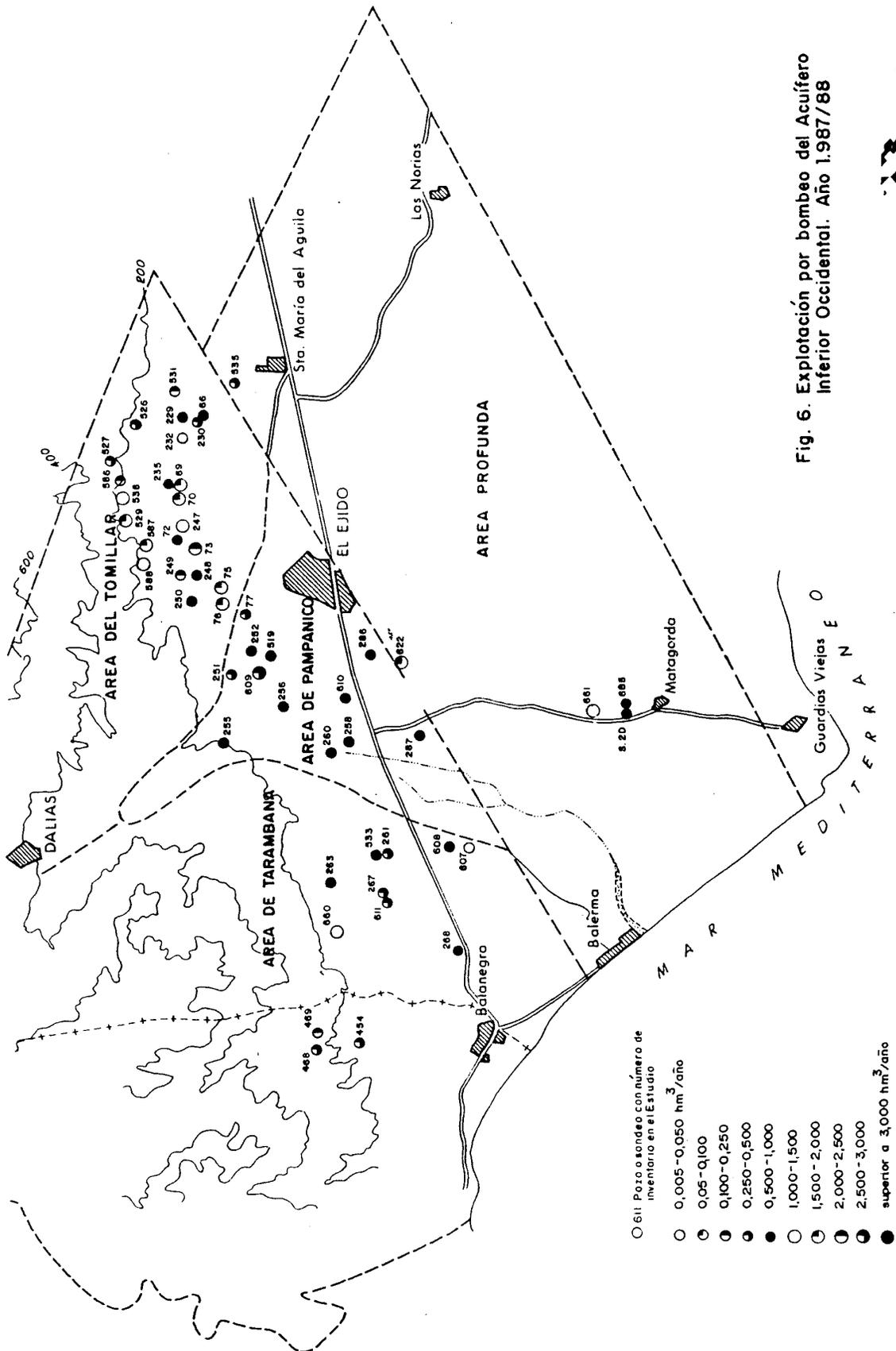


Fig. 6. Explotación por bombeo del Acuífero Inferior Occidental. Año 1.987/88

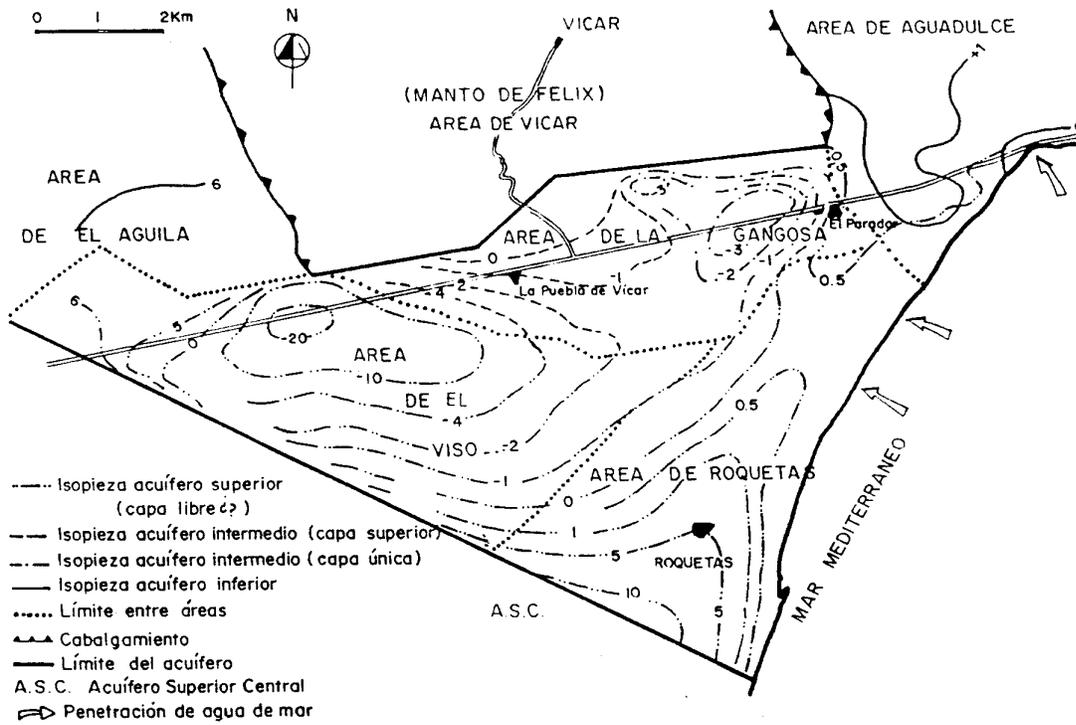


Fig. 7. Esquema piezométrico de los acuíferos del Sector Noreste (Febrero 1.987)

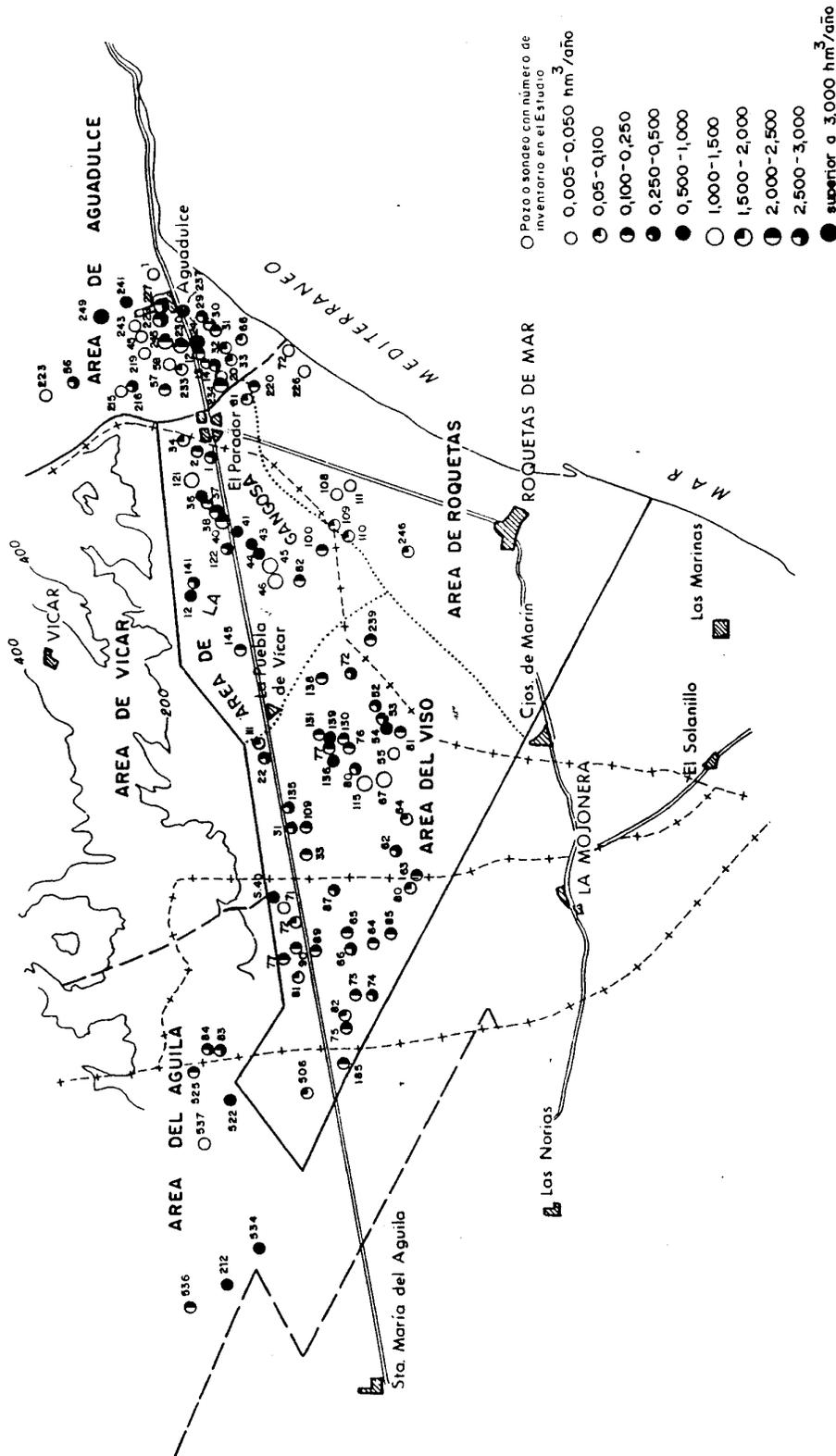
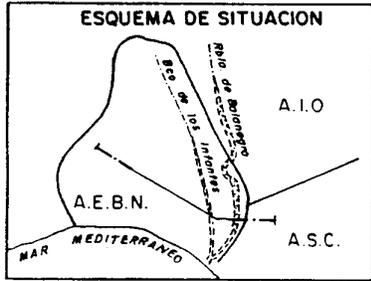
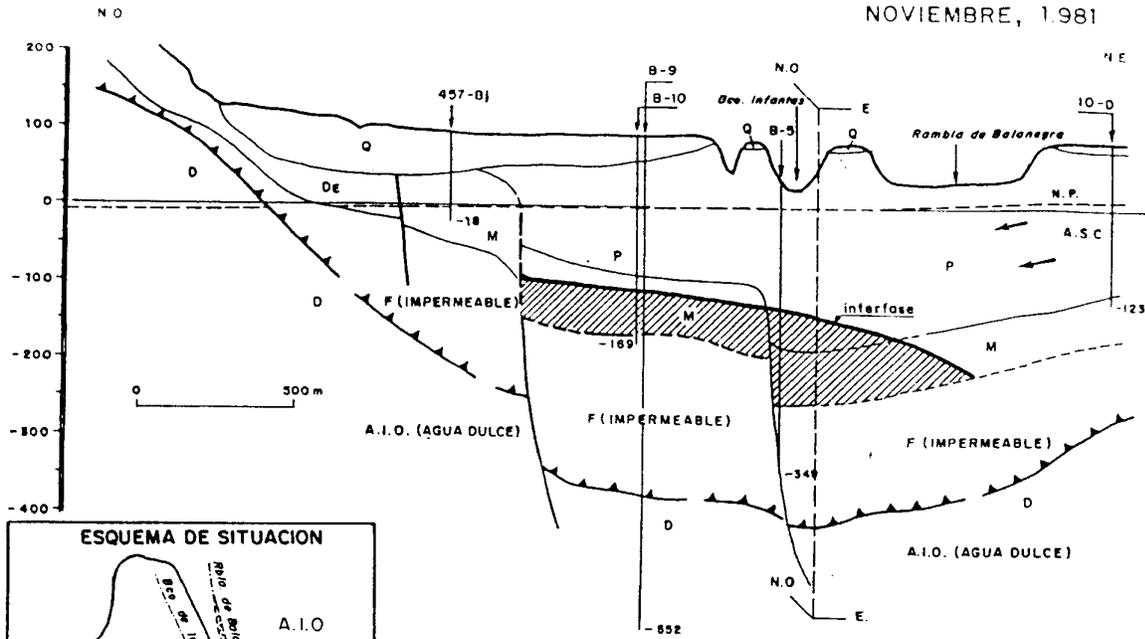


Fig. 8. Explotación por bombeo de los acuíferos del Sector Noreste  
Año 1987/88

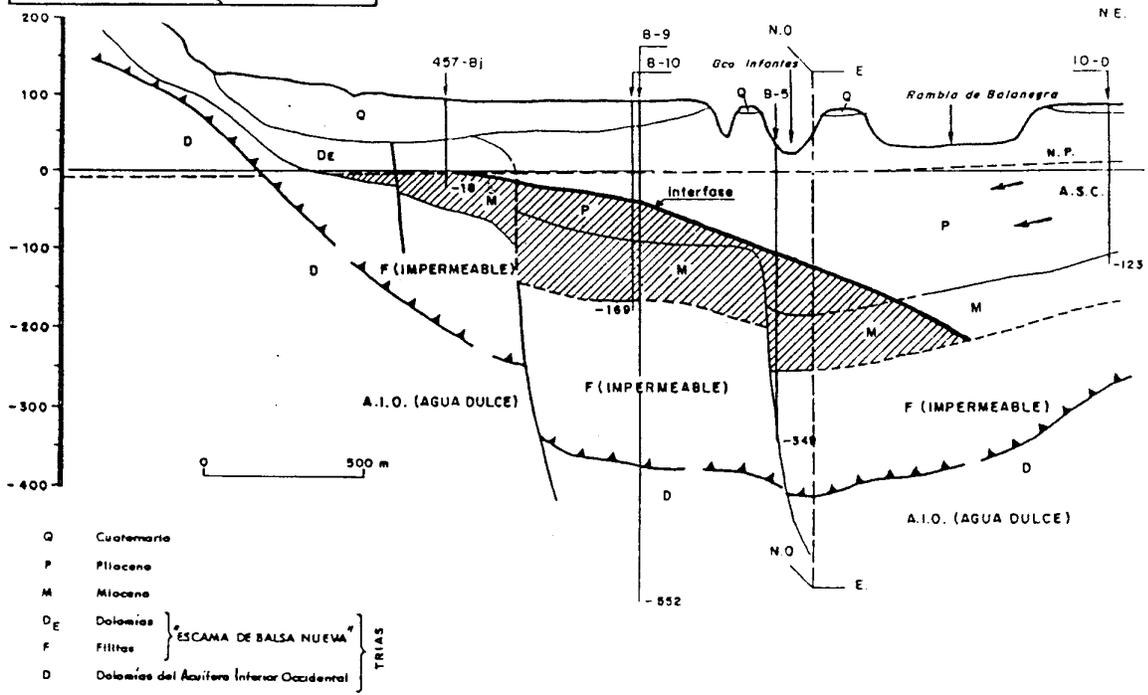




NOVIEMBRE, 1.981



DICIEMBRE, 1.988

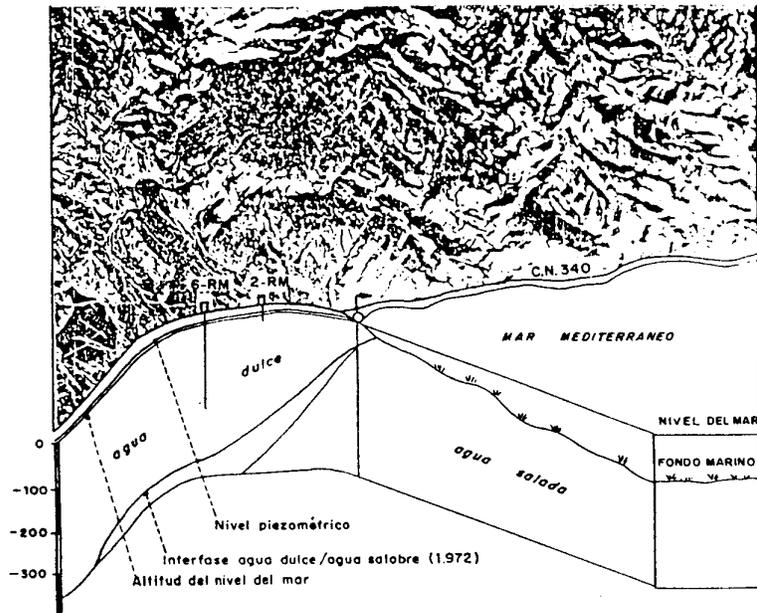


- Q Cuaternario
  - P Plioceno
  - M Mioceno
  - DE Dolomias
  - F Filitas
  - D Dolomias del Acuífero Interior Occidental
- } ESCAMA DE Balsa Nueva
- } TRIAS
- - - Nivel piezométrico
  - Dirección de flujos
  - (1) Interfase (1) C.E. < 3000 μmhos/cm
  - (2) Interfase (2) C.E. > 3000 μmhos/cm
  - ~~~ Falla inversa
  - A.S.C. Acuífero Superior Central
  - A.I.O. Acuífero Interior Occidental
  - ↓ Sondeo
  - └─┘ Sondeo proyectado
  - 457 Bj Sondeo con número de inventario en el Estudio

Fig. 11

Esquema de evolución de la interfase en el Acuífero de la "Escama de Balsa Nueva". Noviembre 1.981-Diciembre 1.988

AÑO, 1972



ABRIL, 1989

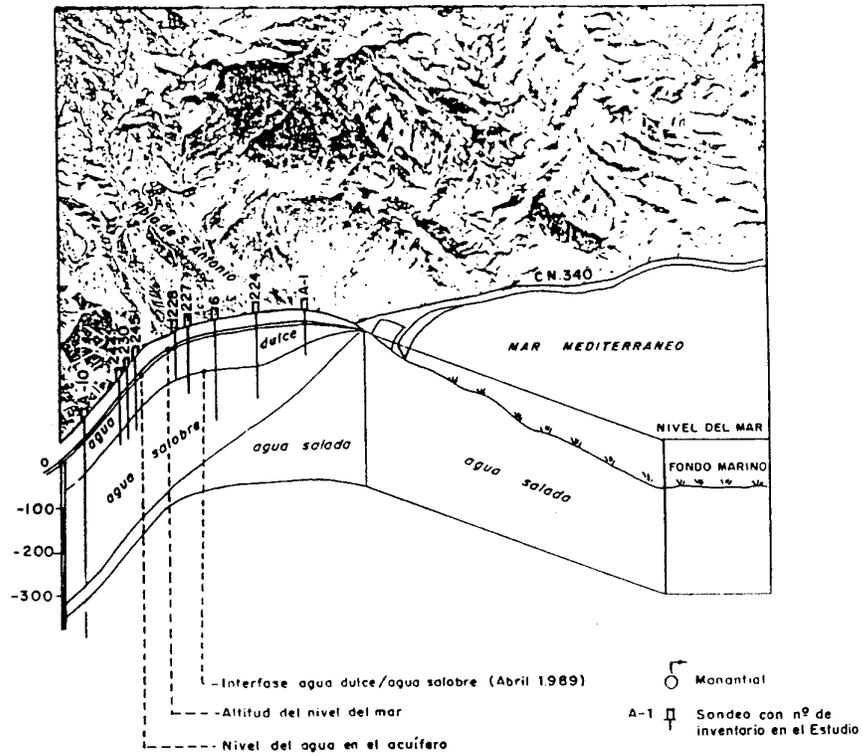
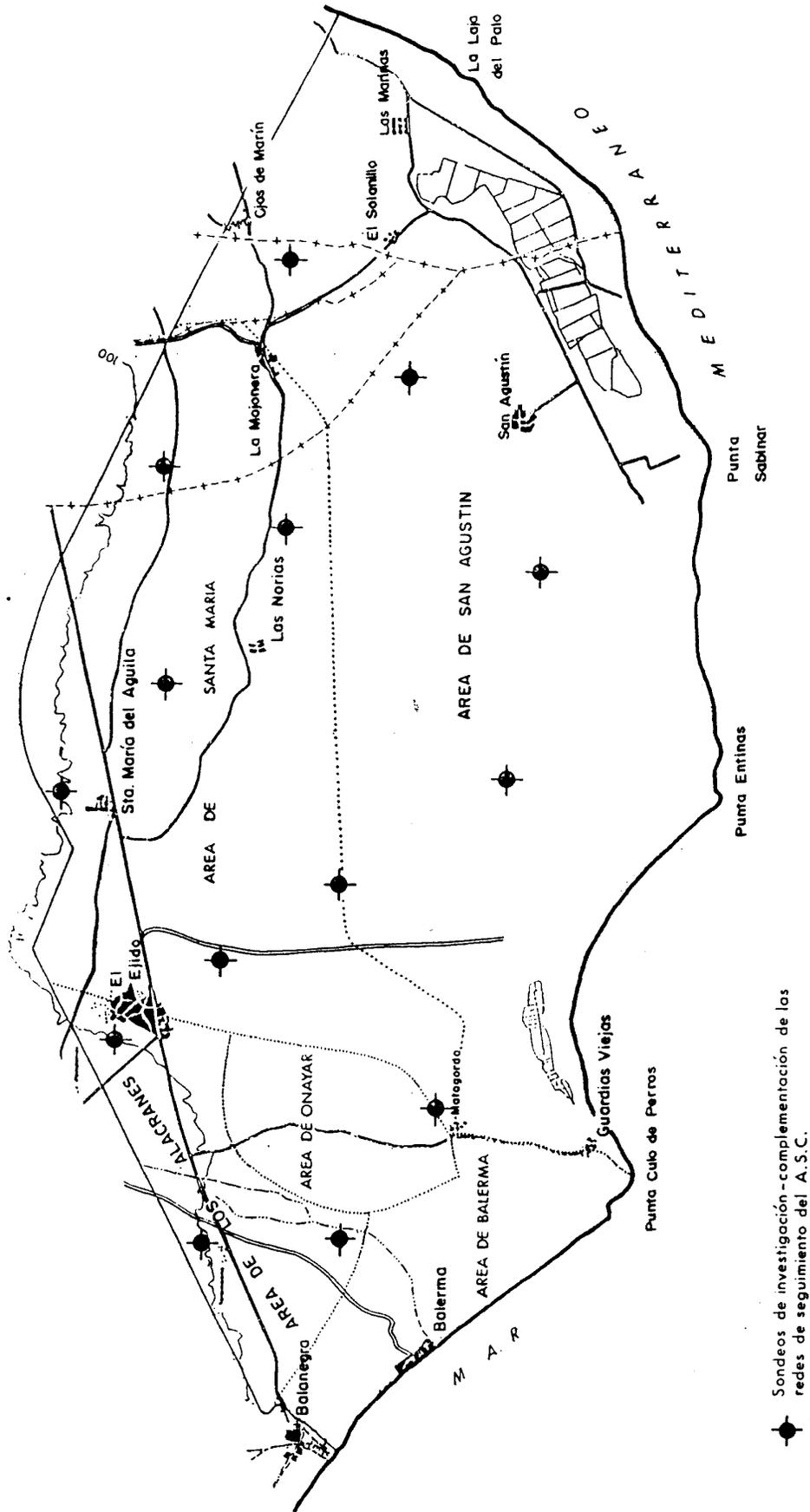


Fig. 12. Esquema de situación de la interfase en el A. I. N. del área de Agudulce (Año 1972 - Abril 1989)



● Sondeos de investigación - complementación de las redes de seguimiento del A.S.C.

Fig. 13. Esquema de situación de sondeos de investigación y control en el Acuífero Superior Central

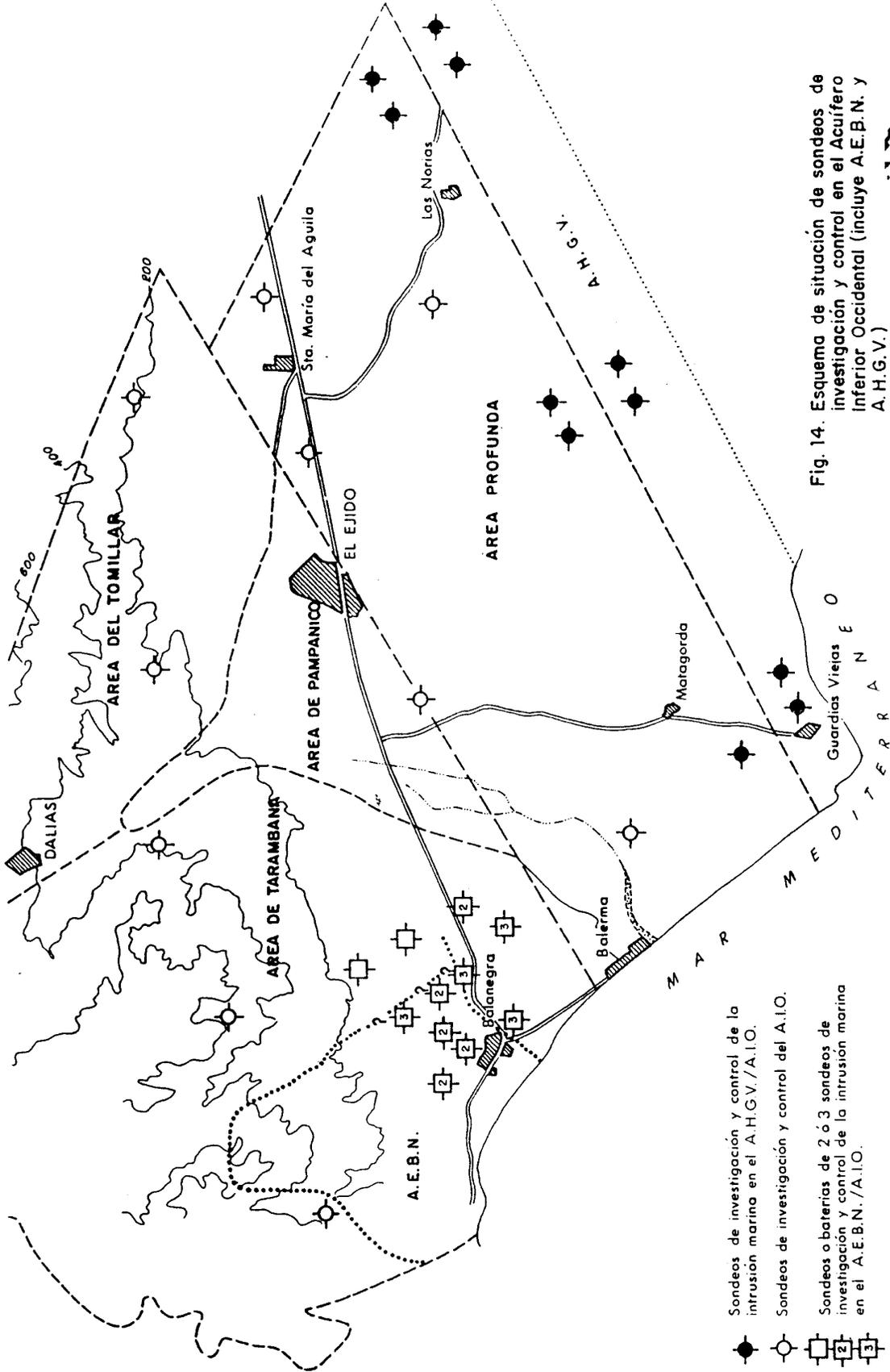


Fig. 14. Esquema de situación de sondeos de investigación y control en el Acuífero Inferior Occidental (incluye A.E.B.N. y A.H.G.V.)

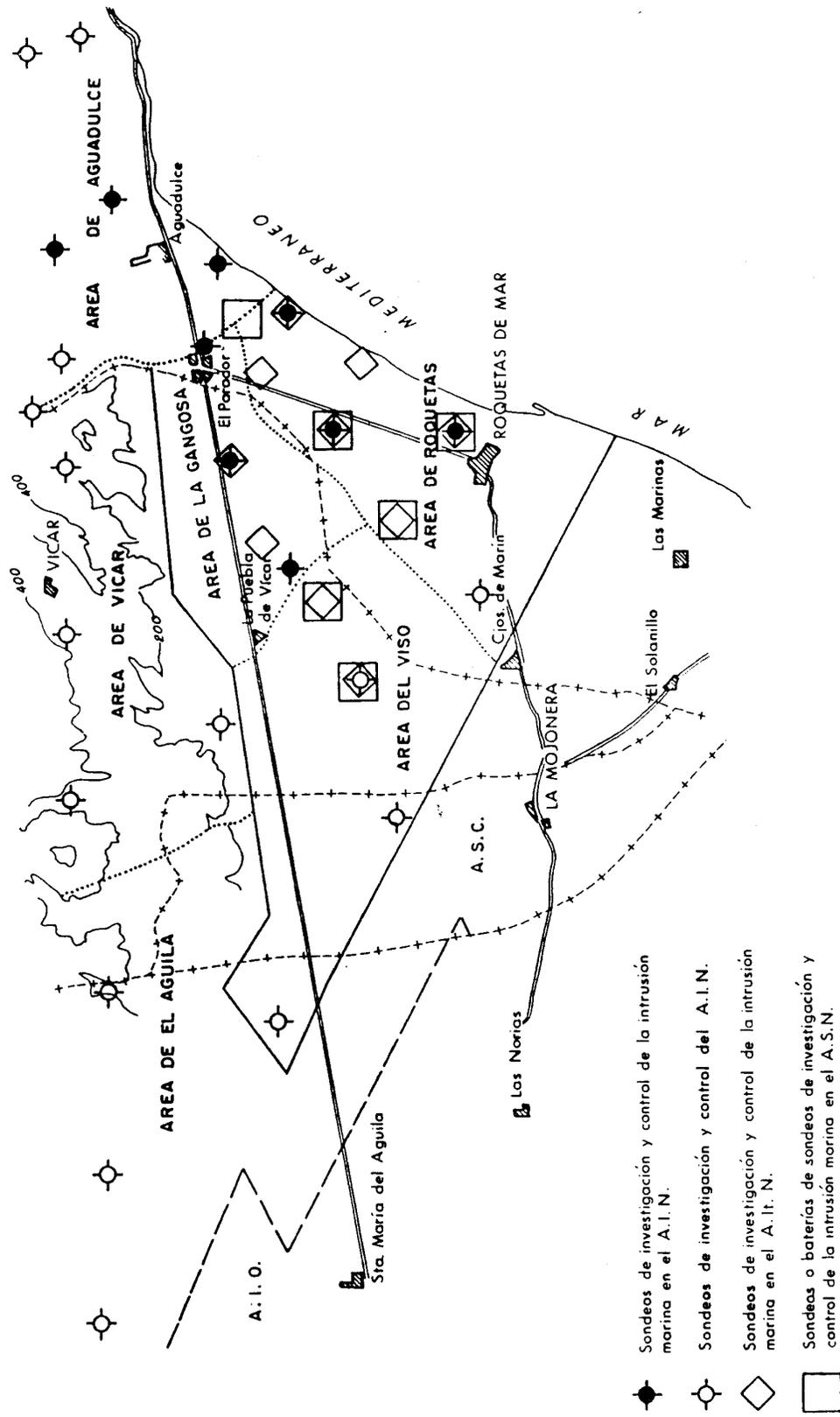


Fig. 15. Esquema de situación de sondeos de investigación y control en los acuíferos del Sector Noreste

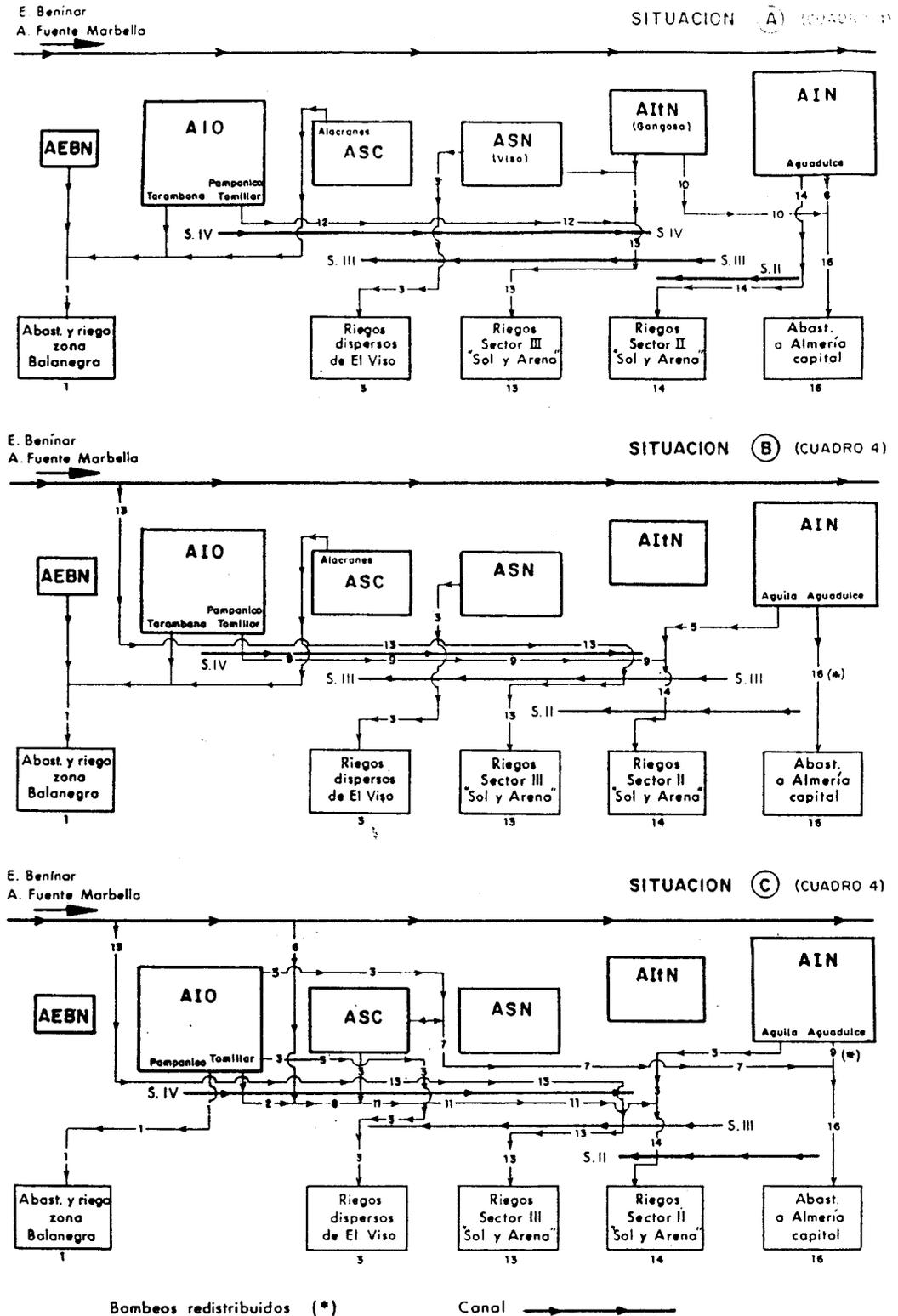


Fig. 16. Ejemplo de posible alternativa de aplicación, con carácter inmediato, de las medidas correctoras del proceso de intrusión marina en las zonas: Aguadulce (A.I.N.), La Gangosa-Viso-Roquetas (A.It.N./A.S.N.) y Balanegra (A.E.B.N./A. I.O.).