



Avance de la actualización hidrogeológica general del Sistema de Sierra de Gádor (Almería) destacando el subsistema meridional (“Campo de Dalías”) en apoyo a su gestión.

Domínguez-Prats, Patricia, González-Asensio, Angel, Franqueza-Montes, Pedro Antonio y Juárez- García, José. *IGME. Oficina de proyectos de Almería. C/ Real 115, 3ºA. 04002-Almería. almeria@igme.es*

Palabras clave: gestión sostenible, discusión de resultados, Sierra de Gádor, Campo de Dalías.

RESUMEN.- Se dispone de un buen conocimiento sobre el funcionamiento de los acuíferos del Subsistema Sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías, que muestra la existencia de sobreexplotación y otros procesos indeseables que reclaman medidas de conservación – corrección para hacer sostenible, en el futuro, la utilización directa de sus principales recursos: los correspondientes a sus acuíferos inferiores. Con los objetivos de integrar esta información en el contexto general de todo el Sistema hidrogeológico de Sierra de Gádor, así como de sintetizar y difundir el conocimiento adquirido (pero no dado a conocer adecuadamente) sobre todo este importante sistema y, en particular, de apoyar una gestión hídrica coherente de los tres subsistemas de esta Sierra, se está llevando a cabo una actualización del conocimiento alcanzado (con criterio exclusivamente hidrogeológico) sobre las características generales de la geometría del macizo y sus bordes, así como de la evolución piezométrica histórica en los acuíferos principales de los diferentes sectores de la Sierra. El análisis de resultados permite ya establecer un modelo hidrogeológico muy simplificado y esquemático del conjunto que se estima de gran coherencia. Se considera como un modelo conceptual sencillo de su geometría – simplificando en lo permisible para estos objetivos la complejidad geológica- y funcionamiento general, compatible con la información geológica disponible y el historial de datos sobre puntos de agua de este ámbito. Aclara aspectos relativos a la distribución de flujos subterráneos resultantes en el ámbito de la Sierra y su relación con los acuíferos descritos históricamente en sus bordes y, sobretudo, justifica la necesidad de una gestión conjunta de todos estos acuíferos. Se recogen sintéticamente aquí algunos de estos aspectos, con ejemplos de comparación de resultados alcanzados por distintos grupos que han realizado investigaciones sobre los mismos, particularmente cuando pueden generar expectativas contradictorias, con el fin de orientar la toma de decisiones de gestión.

INTRODUCCIÓN

Existe un acuerdo muy extendido sobre el valor que representa este sistema acuífero, que no sólo es el más importante de la provincia de Almería, por la cantidad y calidad de los recursos que regula, sino el de mayor relevancia de Andalucía, por su repercusión social y económica, más allá incluso del propio ámbito comunitario.

El presente documento recoge, muy parcialmente, una reseña de algunos resultados de los trabajos en curso para la futura publicación sobre los principales acuíferos de Sierra de Gádor y sus márgenes, síntesis actualizada del conocimiento alcanzado con las investigaciones del IGME durante más de 35 años. Por limitación de los medios disponibles, entre los acuíferos almerienses más importantes se ha venido prestando una mayor dedicación a los del Campo de Dalías, al estar éstos sometidos a un uso muy intensivo y a sus consecuentes impactos. Así, se tiene un conocimiento hidrogeológico mucho más detallado de los mismos, difundido de forma continuada, en perjuicio del correspondiente al del resto de los acuíferos y, entre ellos, los del oeste y noreste de esta Sierra, de utilización bastante más discreta. Sobre el conocimiento de estos últimos se ha hecho una escasa difusión, incluso sobre aspectos de gran interés como el tratamiento conjunto de todo el sistema, necesario para comprender y evaluar mejor el funcionamiento observado de estos acuíferos en los márgenes del macizo (más asequibles al estudio directo), e imprescindible para abordar la gestión más adecuada de todos ellos.

La concentración de la responsabilidad de la gestión hídrica de estos acuíferos en una sola administración (la Agencia Andaluza del Agua) y la existencia de acuerdos sobre la participación de los usuarios en la misma, son circunstancias recientes muy favorables que permiten suponer ya próximo el inicio de la racionalización del uso de los mismos, integrado en la planificación conjunta de todos los recursos hídricos y dispositivos de regulación disponibles.

En lo concerniente a la realidad hidrogeológica de este territorio, los gestores pueden contar en la actualidad con interpretaciones o resultados de distintas fuentes (cada una con sus propios objetivos, tiempo de dedicación, medios y metodología de trabajo aplicada), los cuales suelen ser coincidentes o complementarios, aunque, en algunos casos, son difíciles de conciliar. En estas ocasiones, la disparidad de interpretaciones y expectativas puede generar confusión a los usuarios y a responsables de la gestión, quienes se verán obligados a discriminar cuáles están más contrastadas, para decidir las actuaciones más adecuadas a llevar a cabo. Discutir los resultados alcanzados con sus estudios, a la vista de los ya existentes (tanto propios como de otros grupos de trabajo), es una tarea obligada de la investigación que asumen los autores de este documento (González, 1997), con la finalidad añadida de facilitar a los gestores las decisiones más cercanas a la realidad sobre la que han de actuar.

ESQUEMA DEL MODELO CONCEPTUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO DE SIERRA DE GÁDOR

Para el IGME, la Sierra de Gádor y su entorno constituyen un sistema hidrogeológico en el que se distinguen tres subsistemas: “oeste de Sierra de Gádor y acuíferos marginales” (cuenca del Adra), “sur de Sierra de Gádor–Campo de Dalías” y “noreste de Sierra de Gádor y acuíferos marginales” (cuenca del Andarax), (IGME, 1987; ITGE-JA, 1998; González *et al.*, 2003), de los cuales se han descrito distintos acuíferos más o menos relacionados y su funcionamiento. Además, existen otros estudios que abundan en detalles sobre distintos aspectos del funcionamiento específico en cada caso. No incide este documento en lo que se encuentra en abundantes publicaciones anteriores, sino, únicamente, en lo relativo a relaciones posibles entre los tres subsistemas.

Al estar destinada esta comunicación, esencialmente, a gestores y usuarios de este Sistema, se considera oportuna una descripción geológica esquemática del mismo que sería innecesaria entre medios especializados.

El sistema se alberga en los materiales carbonatados del macizo alpujárride de Sierra de Gádor y en la prolongación de estos materiales (calizas, dolomías y calcoesquistos principalmente) por parte de sus márgenes, principalmente hacia el Oeste y el Sur (Fig. 0). Este macizo del Poniente almeriense constituye un antiforme, orientado casi O-E, comprendido entre Sierra Nevada (al Norte) y el mar, de los que está separado, respectivamente, por la depresión interpuesta de la Alpujarra oriental -donde se encajan los tramos altos de los ríos Alcolea – Adra y Andarax- y, en gran parte, por la llanura costera del Campo de Dalías. Queda enmarcado al Oeste por el valle bajo del río Adra, que separa esta Sierra de La Contraviesa, y al Este por el río Andarax, que también lo separa de la Sierra Alhamilla. Desde el punto de vista hidrogeológico son las características de sus materiales carbonatados (por su alta permeabilidad, generalmente) y la posición de éstos en la estructuración geológica resultante, las causas principales que hacen destacarse a la Sierra de Gádor de sus vecinas por la importancia de los acuíferos que contiene (IGME, 1987).

La información especializada sobre el complicado ambiente geológico de este territorio (Aldaya *et al.*, 1983a, b; Baena y Ewert, 1983; Voermans y Baena, 1983; Sanz de Galdeano, 1985, 1997; Estévez *et al.*, 1985; IGME, 1982b; Rodríguez y Martín, 1993; Jacquin, 1970; Campos y Simancas, 1989; Galindo *et al.* 1991, entre otros) nos permite la aproximación al conocimiento de los resultados de su proceso de estructuración. En esencia, estos consisten en apilamientos de fragmentos de corteza o “unidades tectónicas” superpuestas –por desplazamientos subhorizontales de unos sobre otros- de muy diferente escala (“mantos de corrimiento” a “escamas”) constituidas por materiales antiguos que alcanzan espesores kilométricos. Estas “unidades” proceden de series sedimentarias paleozoico – triásicas parecidas, más o menos metamorizadas y remodeladas durante el proceso de traslación a su posición actual; con frecuencia sólo representan fragmentos de las secuencias originales, por despegues internos, destrucción tectónica, erosión, etc.. Los materiales prepaleozoicos a permotriásicos que contienen (esquistos, gneises, cuarcitas, filitas, etc.) (Figs. 0 y 1) son en su conjunto impermeables, salvo excepciones locales de interés hidrogeológico muy limitado. Sólo los tramos más altos de las mismas, en su mayor parte del Trías medio–superior, están constituidos casi en su totalidad por rocas carbonatadas, muy fisuradas y brechificadas (calizas, dolomías, calcoesquistos, mármoles, margocalizas, etc.); casi todas ellas son permeables a muy permeables, por su fisuración y karstificación.

Por el orden de superposición tectónica, la Sierra Nevada contiene esencialmente los apilamientos más bajos del edificio geológico de este territorio (Complejo Nevado-Filábride), a los que seguirían la unidad de Sierra de Gádor (manto de Gádor–Lujar), sólo en parte recubierta por porciones de sí misma y/o de otras unidades superiores; hacia el exterior de sus límites hay apilamientos de otros mantos o “unidades tectónicas”, de posiciones más altas en esta estructura geológica, bien representadas en La Contraviesa (mantos de Murtas –o Murtas/Félix(¿)-, de Adra, etc.). En el ámbito almeriense, sólo en la U. de Gádor se cuenta con un tramo carbonatado de extraordinario espesor (de hasta más de 1000 m) y gran continuidad, el cual aflora en superficie en la mayor parte del macizo (Fig. 0) . Esta continuidad desaparece más tarde o temprano a partir de los límites del

mismo. Salvo en algunas ocasiones con cierta relevancia (U. de Murtas), los tramos carbonatados de las demás unidades tectónicas de este entorno almeriense parece que alcanzaron en su origen espesores mucho menores, o desaparecieron parcial o totalmente a lo largo del proceso de estructuración de este edificio geológico.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la "historia reciente" de este territorio también incidió en la configuración del sistema (IGME, 1977, 1987; ITGE-JA, 1998), destacándose a este respecto la formación de cuencas neógenas (miocenas y pliocenas) con relleno de las mismas por coberteras de materiales "modernos", en general impermeables o muy poco permeables (margas, margas arenosas, conglomerados arenosos muy arcilloso -margosos, margas yesíferas, etc.), bien representados al Norte del macizo (corredor de las Alpujarras) y al Este y Sur del mismo (cuencas de Tabernas y de Almería) (Fig. 0). Sólo en zonas de estas cuencas con reducida lámina de agua (en sus bordes y altos fondos) se depositaron materiales calizos o detríticos con permeabilidades variables, que pueden formar acuíferos menores en condiciones favorables, como ocurre al Norte de Berja, Bajo Andarax y Campo de Dalías (IGME, 1977, 1987). También, como muestra la morfoestructura de la margen continental (IGME, 1982b), en el fondo marino cercano al Campo de Dalías, al sur de Guardias Viejas, existen relieves del Complejo volcánico (prolongación del aflorante en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar), presente también en el sector noreste del Campo de Dalías, con baja a muy baja permeabilidad (IGME, 1982a; ITGE, 1989), con distintas emisiones intercaladas en sedimentos del Mioceno superior. Esta "historia geológica reciente" también ha venido modificando las diferencias de relieve y la posición de la línea de costa, hasta su presente configuración.

Después de este esbozo geológico del territorio, conviene volver (Figs. 0 y 1) a la descripción esquemática del antiforme de Sierra de Gádor (Morrón, 2236 msnm) —con una altitud de 1000 a 2000 msnm en casi todo el macizo y más de 1500 msnm en su zona centro-occidental-, y sus consecuencias hidrogeológicas. El grueso paquete triásico carbonatado de esta unidad, que aflora en superficie en casi toda su extensión, presenta aquí una forma de bóveda anticlinal de gran radio, con techo relativamente plano, y flancos norte y sur fallados longitudinalmente; en el primero de éstos, ya en la fosa del Andarax, este grueso tramo carbonatado queda hundido y oculto bajo una cobertera permotriásica y neógena, prácticamente impermeable, que le confina —excepto en el entorno de Cerro Capitán- apareciendo en superficie, más al norte, sólo algunos restos fragmentados del mismo y con menores espesores, apoyados sobre el apilamiento prácticamente impermeable de unidades del Complejo Nevado-filábride, ya en la ladera de Sierra Nevada —otro antiforme con el relieve más alto de la provincia (Chullo a 2609 msnm)- principalmente entre los meridianos de Paterna y Ohanes (Sierra de Beires). Hacia al Este, no más allá de Alboloduy, parece perderse la entidad o al menos la continuidad de estos carbonatos de la U. de Gádor. En sentido opuesto, bajo las coberteras de la cuenca de Ugíjar, también se consideran desconectados, hidráulicamente al menos, de sus equivalentes en Sierra de Lújar.

Por el sur, pasados los acantilados de Almería-Aguadulce, se encuentra la llanura del Campo de Dalías, hacia donde el paquete carbonatado se va hundiendo bajo una cobertera neógena —mayoritariamente de margas pliocenas impermeables que le confinan, con espesores de hasta 900 m en una cuenca interior abierta hacia

el WSW- remontando más al Sur en un alto fondo que sigue una alineación entre Guardias Viejas y Aguadulce (IGME, 1982a). Tras este horst, en donde el importante paquete carbonatado de la U. de Gádor también queda confinado por materiales neógenos y permotriásicos (o más antiguos), la fracturación longitudinal le hunde fuertemente hacia el Sur, perdiéndose su control bajo una cobertera impermeable de espesor kilométrico. De los dos sondeos petrolíferos realizados -en el borde sur de esta llanura y a unos 9 km al Sur, con 1314 m y 3090 m de profundidad, respectivamente-, el primero no alcanzó el alpujárride, y en el segundo sondeo se perforaron materiales alpujárrides a más de 2600 m de profundidad pero, al parecer, sin dicha importante masa de carbonatos (IGME, 1982b). La existencia de un alto fondo antes de dicho hundimiento hacia el Sur, entre San Agustín y Roquetas de Mar, bajo los sedimentos recientes, se atribuye a la presencia de alpujárrides superiores, sin descartar que en parte se trate de un relieve del Complejo volcánico.

Hacia el Oeste de la Sierra, un sistema de fracturas y flexuras transversales al eje del antiformal de Gádor ha hundido violentamente su estructura por la transversal Dalías - Castala - Alcolea (Figs. 0 y 1), con una caída del paquete de carbonatos de más de 1 km, dando paso a una deprimida banda N-S de estructura muy compleja, plegada y fallada, notablemente fragmentada, con superposiciones de bloques calizo-dolomíticos de la propia U. de Gádor y de alpujárrides superiores, más o menos separados por materiales permotriásicos (y/o más antiguos) impermeables, que pueden producir confinamientos, reducir sus conexiones hidráulicas internas, etc.. Más hacia el Oeste, hacia La Contraviesa, el conjunto carbonatado del Manto de Gádor queda recubierto bajo materiales impermeables de la misma unidad y de alpujárrides superiores (Mantos de Murtas, Adra, etc.), y sólo aflora en algunos entornos de extensión discreta, como en las llamadas ventanas de Turón-Peñarrodada, etc. (IGME, 1980b; SGOP, 1981; Carrasco *et al.*, 1981; Fernández del Río *et al.* 1991; García-López *et al.* 1994). Más adentrados en la provincia de Granada, aflora de nuevo en contextos geológicos similares, pero desconectado hidráulicamente en apariencia de la versión almeriense.

Hacia el Este (transversal Almería-Alhama de Almería), el tramo carbonatado de esta unidad reduce su potencia en general y, sobretodo, está mucho menos conservado. La base permotriásica impermeable aflora (en muchos sectores) (Figs. 0 y 1) y la fuerte tectonización del corredor del Bajo Andarax produce una fragmentación en bloques aislados, que quedan confinados por los materiales de cobertera impermeables que rellenan la depresión; estos materiales carbonatados acaban desapareciendo, según confirman sondeos mecánicos realizados (IGME, 1987, ITGE-JA, 1998).

Estas características morfoestructurales de la Sierra imponen los rasgos generales del funcionamiento hidrogeológico del Sistema. Entre otros aspectos de especial interés se cuestiona la concepción de barrera impermeable (para la circulación de flujos subterráneos N-S, a lo largo de todo el eje del antiformal de la Sierra), del núcleo permotriásico del tramo carbonatado del M. de Gádor, constituido por filitas, esquistos, etc., lo que implica admitir una posible transferencia de flujos desde los acuíferos del Alto Andarax a los del Campo de Dalías (IGME, 1987; ITGE, 1989). Las cotas de techo de las filitas (localmente llamadas "launas") en el sector central de la transversal Celín - Alhama de Almería pueden ser equivalentes a las cotas piezométricas del sector Fondón - Alcora (Fig. 1). Esta hipótesis obliga a

considerar ambos subsistemas conjuntamente por los gestores: de existir esta relación, el cambio de uso del primero podría repercutir en el del Campo de Dalías. La inclusión también recomendable, por otras consideraciones, del subsistema "oeste de Sierra de Gádor" (con el Embalse de Benínar y el Acuífero del Delta del Adra) no responde a posibles afecciones por el uso de éste sobre los acuíferos del subsistema meridional: el levantamiento de la base impermeable de filitas al sur de Berja (Fis. 0 y 1), provocado por la falla inversa de Celín, lo impediría. Este rasgo estructural fue descrito ya desde los primeros estudios sobre la zona, correspondiente a la parte suroeste de la Sierra; constituye una divisoria hidrogeológica de primer orden –a nivel de acuífero saturado– entre los flujos subterráneos vertientes a la cuenca del Adra y a la del Campo de Dalías. Tiene un equivalente en la parte noreste del macizo, al Sur de Alhama de Almería (Figs. 0 y 1), que ha tomado relevancia hidrogeológica con la nueva interpretación estructural de Sanz de Galdeano (1985) sobre la zona de escamas de dicho entorno ("Mesa de La Contrata") que, prolongada hacia el Oeste, constituye también una divisoria hidrogeológica importante dentro del macizo, que impide la transferencia de flujos desde este sector hacia el mar y el Bajo Andarax. Por último, los afloramientos permotriásicos de base de esta Unidad de Gádor en el noroeste del macizo, al Este de Alcolea, constituyen otra divisoria hidrogeológica entre la cuenca del Adra y el Alto Andarax. Estas divisorias hidrogeológicas (Fig. 1) son determinantes en la distribución de flujos subterráneos a los tres subsistemas, desde las partes altas del macizo (principales zonas de recarga de "los acuíferos") en gran parte desaturadas a nivel de acuíferos principales, cuyos sectores más bajos forman sus zonas de acumulación.

En el subsistema occidental de la Sierra las condiciones para acumulaciones de entidad sólo se dan al Oeste del pie de escarpe Dalías - Castala, distribuidas en distintos compartimentos acuíferos escalonados, mejor o peor relacionados, con cotas descendentes hacia el más bajo de ellos, el de Fuente Marbella-Turón-Peñarrodada (Fig. 1); éste recibe, además de sus recursos por precipitación, aportaciones del río Adra (al pasar sobre su afloramiento) y de otros compartimentos acuíferos contiguos, y descarga aguas abajo por el manantial de Fuente Marbella, el más importante de la provincia (500-600L/s antes del embalse), incrementado por la recarga desde dicho embalse. También la fuente de Las Hortichuelas debe gran parte de su caudal a una aportación del río Alcolea. En los restantes compartimentos, las entradas sólo se producen por precipitación en todo su dominio, principalmente en las zonas altas de la Sierra, y lateralmente desde otros compartimentos con niveles del agua más altos, descargando por manantiales-galerías, lateralmente a otros más bajos y mediante un bombeo muy discreto.

En el subsistema noreste, los acuíferos del macizo se recargan por infiltración directa de la precipitación y desde escorrentías superficiales sobre su dominio, particularmente en las zonas de afloramiento más altas de las sierras. Sin entrar en detalle, se destacan aportaciones desde el río Andarax (aguas arriba de Laujar y en el entorno de Fondón); la descarga se produce por manantiales (Laujar, Beires, Fuente Godoy, etc.) y por bombeo, creciente hacia el Este, hacia donde van descendiendo los niveles del agua (Fig. 1) El notable bombeo de la banda noreste de Sierra de Gádor ha producido descensos importantes en el período histórico de datos. La zona de acumulación del subsistema en este borde está condicionada al Sur por la citada barrera de filitas permotriásicas del sur de Alhama, base del tramo

acuifero, y, al Norte y Este, por otra barrera o umbral que impone la cobertera neógeno - permotriásica. Como ya se ha citado, es muy probable una transferencia de flujos subterráneos desde este subsistema (sector Fondón – Alcora) hacia el Acuífero Inferior Noreste del Campo de Dalías.

Por otra parte, en el extremo sureste de la Sierra (con precipitaciones muy reducidas), la posición de las filitas de base (Figs. 0 y 1) y la existencia de la citada barrera en el sur de Alhama para la transmisión lateral de flujos, desde el borde norte, son responsables de la escasez de aportaciones y de la carencia de acumulaciones de reservas de entidad en los muy discretos compartimentos de este sector oriental y suroriental del macizo.

Del subsistema meridional hay muy abundante documentación sobre sus acuíferos y el funcionamiento hidrogeológico complejo de los mismos. Está sobreexplotado y viene sufriendo problemas de entrada de agua de mar y otras contaminaciones que comprometen seriamente su sostenibilidad. Los primeros se producen en los extremos oriental y occidental (Fig. 1), afectando al acuífero carbonatado de forma directa e indirecta (a través de materiales de cobertera) por el entorno de Aguadulce, y sólo indirecta por el litoral de Balanegra (IGME, 1986; ITGE, 1989; Domínguez y González, 1987; ITGE-JA, 1998; Domínguez, 2000).

En zonas altas de la Sierra, los muy frecuentes repliegues, fracturas y, sobretodo, la presencia de intercalaciones margosas (menos permeables a impermeables) en el tramo carbonatado, provocan la existencia de pequeños acuíferos colgados de indudable interés medioambiental. Estos acuíferos (Celín el mayor de ellos) descargan por manantiales, al ser cortados por el nivel de erosión local, o subterráneamente a favor de fracturas que salvan las interrupciones en el descenso del flujo de agua infiltrada hacia la zona saturada principal.

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DISTINTAS INVESTIGACIONES O ESTUDIOS DEL MODELO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SIERRA DE GADOR

Para la información que necesitan gestores y usuarios sobre los acuíferos de este Sistema existen bastantes publicaciones con los resultados de distintas investigaciones o estudios de diferentes grupos de trabajo científico-técnicos. En general, presentan bastantes coincidencias en los aspectos que más pueden interesar a dichos gestores (aunque existen diferencias de enfoque metodológico, aportación y contraste de datos, dedicaciones, etc.). En cualquier caso, casi siempre pueden resultar complementarios. Estos centros de decisión tendrán que realizar estudios específicos y seguimiento de datos relativos a actuaciones concretas, basadas en un buen punto de partida sobre el conocimiento general del funcionamiento.

Este es el caso de los acuíferos del “oeste de Sierra de Gádor”, principalmente el de Fuente Marbella–Turón–Peñarrodada, sobre el que existe unanimidad acerca de su relación con el río Adra y los otros acuíferos carbonatados del subsistema, así como de la necesidad de gestionarlo conjuntamente con el Embalse de Benínar y el Acuífero del Delta del Adra. Los diferentes estudios realizados por los responsables de la planificación y gestión de esta cuenca sobre la relación río-embalse–acuifero, apoyados en una larga serie de datos históricos contrastados, así como otras investigaciones de detalle (en García-López, 1996; García-López *et al.*, 1991, 1994; IGME, 1980b, etc.), permitirán adoptar decisiones

bien informadas, aunque deban mejorarse aspectos como las relaciones internas entre los diferentes compartimentos acuíferos carbonatados, etc..

Sobre el funcionamiento de los acuíferos carbonatados del subsistema noreste existen lagunas en el conocimiento de detalle y, entre los resultados de diferentes investigaciones, hay bastantes acuerdos sobre su funcionamiento general, en particular sobre las relaciones acuífero-río y, probablemente, sobre la decisión de los responsables de la planificación de anular la construcción del Embalse de Canjáyar, por la afección que hubiera generado en los acuíferos detríticos del Bajo Andarax. La discrepancia principal sobre el funcionamiento del subsistema está planteada por el IGME, al afirmar que existen indicios suficientes para considerar la existencia de un trasvase N-S (Fig. 1) hacia el subsistema meridional, lo que obliga a gestionar conjuntamente ambos subsistemas, de manera que la investigación sobre esta hipótesis es un tema abierto de gran interés desde el punto de vista de la gestión.

En cuanto a las características y funcionamiento del subsistema meridional “sur de Sierra de Gádor–Campo de Dalías”, la información histórica es muy dilatada (incluida, entre otros, en: IGME, 1977, 1978, 1980a, 1982a, ITGE, 1989, 1995; ITGE-JA, 1998; IARA-UAL, 1989, CHS-Printec, 1997, Pinilla y Sauquillo, 2001, etc.). Sobre su funcionamiento han existido –y existen- distintas concepciones y denominaciones por parte del IGME y del G.I. de Recursos Hídricos y G.A. de la UAL, aunque se considera alcanzable una puesta en común. Las diferencias esenciales radican en la consideración del primero sobre la carencia de sentido hidrogeológico y para la gestión que supone la separación del “acuífero de Sierra de Gádor” y el “acuífero del Campo de Dalías” (González, 1997; González *et al.*, 2003), propuesta por el grupo de la UAL, concepción que podría tener más consecuencias prácticas que teóricas, si se aplicaran distintas medidas que afectasen al uso a ambos lados de una frontera hidrogeológica virtual.

Más importancia tienen, no obstante, las diferencias acerca de los acuíferos inferiores del “sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías”, que pueden encontrarse entre el modelo conceptual de acuíferos propuesto desde hace muchos años por el IGME y otros grupos de trabajo, y el que recientemente se propone en el “Estudio estructural del acuífero profundo del Campo de Dalías...mediante sísmica de reflexión” (Cajamar–Albaida, 2002); la importancia radica en la desorientación que pueden haber generado en usuarios y gestores (que pudiera incidir a la hora de tomar decisiones que debieran adoptarse sin más dilación) para afrontar los problemas que presentan estos acuíferos. Aparte de otras consideraciones, desde el estudio del IGME se está en desacuerdo con la concepción que supone equiparar el “acuífero carbonatado Alpujárride” (Cajamar-Albaida, 2002) del manto de Gádor, con el basamento alpujárride detectado con la interpretación de las líneas sísmicas antiguas y las realizadas en el marco de dichos trabajos. Hay sondeos mecánicos que demuestran que en esta interpretación no se discrimina entre el tramo acuífero carbonatado del manto de Gádor y los materiales impermeables permotriásicos o más antiguos de alpujárrides superiores y/o del mismo Gádor, lo cual anula la validez del reflector del techo del alpujárride como indicio de la presencia de materiales permeables. Así, aparte de las consideraciones sobre el campo de validez de la herramienta geofísica empleada, la conclusión que aporta dicho trabajo, especialmente en cuanto a la detección de un nuevo acuífero (“Acuífero Externo”) -del que no se encuentra ningún indicio, y que puede resultar

potencialmente generadora de nuevas expectativas para la zona- no puede ser aceptada por los autores de esta comunicación. En las Figuras 2 y 3 se presentan ejemplos para ilustrar esta comparación de resultados con dichos trabajos.

ALGUNAS CONCLUSIONES SOBRE EL CONOCIMIENTO HIDROGEOLÓGICO DEL SISTEMA DE SIERRA DE GÁDOR, COMO APOYO A LA TOMA DE DECISIONES PARA SU GESTIÓN

El esquema simplificado de división en tres subsistemas (occidental, noreste y meridional) del sistema hidrogeológico de Sierra de Gádor y sus márgenes, originados por la posición de divisorias de filitas basales impermeables, ofrece una primera aproximación a la distribución espacial de las principales cuencas hidrogeológicas de estos tres subsistemas y sus interrelaciones. Estas divisorias constituyen límites de flujo nulo a nivel de zona saturada, excepto en la parte central del límite entre los subsistemas norte y sur, por la que es probable una transferencia de flujos hacia el Campo de Dalías, lo que obliga a plantear conjuntamente su gestión.

El subsistema meridional está sometido a un uso que viene provocando su deterioro; ya se han tomado decisiones para promover recursos de sustitución que, cuanto antes, deben aplicarse con criterios bien informados.

El análisis general de datos geológicos y piezométricos históricos de este subsistema "sur de Sierra de Gádor – Campo de Dalías" impide aceptar la conclusión de un trabajo reciente (Cajamar – Albaida, 2002) en relación con la existencia de otro acuífero distinto a los conocidos –localizado en el sur del Campo de Dalías- sobre el que no hay datos estructurales ni hidrogeológicos con los que pueda defenderse su presencia.

Aunque deberán promoverse estudios específicos para actuaciones relacionadas con objetivos particulares, y un seguimiento adecuado de datos de los distintos acuíferos del Sistema, existen ya conocimientos concretos para orientar la gestión del mismo y discutir los objetivos más adecuados a cumplir en cada caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldaya, F.; Baena, J. y Ewert, K. 1983a. *Memoria y hoja geológica de Adra 1/50000. MAGNA*. IGME, Madrid. 60pp.
- Aldaya, F.; Baena, J. y Ewert, K. 1983b. *Memoria y hoja geológica de Berja 1/50000. MAGNA*. IGME, Madrid. 60pp..
- Baena, J. y Ewert, K. 1983. *Memoria y hoja geológica de Roquetas de Mar 1/50000. MAGNA*. IGME, Madrid, 34pp..
- Cajamar – Albaida. Diciembre 2002. Estudio estructural del acuífero profundo de Campo de Dalías (Almería) mediante sismica de reflexión. 5 vol. (documento restringido).
- Campos, J. y Simancas, J.F. 1989. Los pliegues tumbados del Manto de Lújar y su modificación por el sistema de cabalgamientos frágiles (Complejo Alpujárride, Cordillera Bética). *Geogaceta* 6, 50-53.
- Carrasco, A., Carrasco, F., Ruiz-Tagle, M. y Thauvin, J.P. 1981. Características hidrogeológicas del acuífero calizo-dolomítico de la Unidad de Gádor – Lújar, sector Berja-Benínar (Almería), y su relación con las Fuentes de Marbella. / *SIAGA Granada*, I,249-268.
- Confederación Hidrográfica del Sur – Prointec. 1997. Plan de Ordenación del Campo de Dalías. 17 vol. (doc. interno).

- Domínguez, P. 2000. *Funcionamiento hidrogeológico y mecanismos de intrusión marina en sistemas carbonatados de estructura compleja: aplicación al Acuífero Inferior Noreste (AIN) del Campo de Dalías (Almería)*. Tesis doctoral. IGME – UPC. (inédita), 417 pp.
- Domínguez P. y González, A. 1987. Intrusión marina en el Campo de Dalías (Almería). *IV Simposio de Hidrogeología*, Palma de Mallorca, XII, 101-115.
- Estévez, A., Delgado, F., Sanz de Galdeano, C. y Martín Algarra, A. 1985. Los Alpujárrides al Sur de Sierra Nevada. Una revisión de su estructura. *Mediterránea de Servicios Geológicos* 4, 5-32.
- Fernández del Río, G., Sánchez- González, A. y Vizcaíno, M. 1991. Ensayos realizados para la explotación conjunta del Embalse de Benínar y el acuífero de las Fuentes de Marbella (Almería). *III SIAGA*, Córdoba, I, 151-163.
- Galindo, J., González Lodeiro, F. y Jabaloy, A. 1991. Geometría y cinemática de las deformaciones frágiles post-Aquitanienses en los materiales alpujárrides y su relación con el contacto Alpujárride / Nevado-Filábride. *Geogaceta* 10, 130-134.
- García-López, S. 1996. Los acuíferos carbonatados alpujárrides al SE de Sierra Nevada. Hidrodinámica, hidroquímica, hidrología isotópica y cartografía de las aguas subterráneas. Universidad de Granada. Tesis doctoral.
- García-López, S., El Amrani, N., Benavente, J. y Cruz Sanjulián, J.J. 1991. Algunas consecuencias hidrogeológicas de la regulación del río Adra (Granada, Almería). *III SIAGA*, Córdoba, I, 391-400.
- García-López, S., Benavente, J., Cruz-Sanjulián, J.J. y Carrasco, F. 1994. Geometría y sistemas de flujo en el acuífero de Turón - Peñarrodada (Almería-Granada): implicaciones estructurales. *Geogaceta*, 16, 7-10.
- González, A. 1997. Evolución del conocimiento sobre los aspectos hidrogeológicos de mayor interés para la planificación y gestión de los acuíferos del Campo de Dalías – Sur de Sierra de Gádor. En: Salinas, A. (ed.): *Acuíferos del Campo de Dalías – sur de Sierra de Gádor. Aguas residuales ¿Residuo o recurso?*. ACTAS IEA, 39, Almería, 21-47.
- González, A., Domínguez, P. y Franqueza, P.A. 2003. Sistema Costero de Sierra de Gádor. Observaciones sobre su funcionamiento y relaciones con los ríos Adra y Andarax, y con el mar. *TIAC*, Alicante, I, 423-432.
- IARA-Universidad de Granada. 1989. *Caracterización Hidrogeoquímica del Campo de Dalías (Almería)*. Servicio de Estudios del IARA, Sevilla, 265pp.
- IGME. 1977. *Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Sur*. PIAS. Serv. Publ. M. Industria, Madrid, 145 pp.
- IGME. 1978. Plan Nacional de gestión y conservación de las aguas subterráneas. Cuenca Sur de España, parte oriental (Almería). Informe técnico. (Doc. interno)
- IGME. 1980a. *Calidad de las aguas subterráneas en las cuencas del Sur de España*. Servicio Publ. Ministerio de Industria. Colección informe, 172 pp.
- IGME. 1980b. Fase de estudio para la posible regulación de la Fuente Marbella (Berja). Su encuadre hidrogeológico. (documento interno, 30590-Centro Documentación IGME).
- IGME. 1982a. Estudio hidrogeológico del Campo de Dalías (Almería). 13 vol. Madrid. (edición restringida, 30606- Centro de Documentación IGME) .
- IGME. 1982b. *Mapa geológico de la Plataforma Continental Española y zonas adyacentes 1/200000. 84-85, 84S-85S. Almería-Garrucha, Chella-Los Genoveses*. Madrid. 105 pp .
- IGME 1986. Intrusión marina en el Campo de Dalías (Almería). *Seminario Interfase agua dulce-salina*, Granada. Servicio de Estudios del IARA. (Doc. interno)
- IGME. 1987. Síntesis hidrogeológica de la provincia de Almería. (Doc. Interno).
- IGME. Abril 2002. I Feria Energías Renovables y Tecnologías del Agua: paneles. (Doc. Interno)
- ITGE. 1989. *Síntesis hidrogeológica del Campo de Dalías (Almería). Propuesta de primeras actuaciones de investigación y gestión*. Madrid, 163 pp. (edición restringida)

- ITGE. 1995. Situación de los acuíferos del Campo de Dalías (Almería) en relación con su declaración de sobreexplotación. Publicado en: *VI Simposio de Hidrogeología*. Sevilla: 443-467.
- ITGE-JA. 1998. El Sistema acuífero de la Sierra de Gádor y cuencas marginales. En: *Atlas Hidrogeológico de Andalucía*, Madrid, 127-149.
- Jacquin, J.P. 1970. *Contribución à étude géologique et minière de la Sierra de Gádor (Almería, Espagne)*. Tesis Doctoral. Univ. Nantes. 501 pp.
- Marín Lechado, C. 2002-03. Estructura y evolución tectónica del Campo de Dalías y Sierra de Gádor. Trabajo de investigación. IGME – Universidad de Granada.(Doc. interno).
- Pinilla, V., Sauquillo, A. 2001. Modelo matemático para la evaluación del flujo de agua subterránea en los acuíferos del Campo de Dalías. En: Medina y Carrera, eds. *Las caras del agua subterránea, Congreso en memoria de Germán Galarza*, Barcelona, 649-656.
- Rodríguez, J. y Martín, A.J. 1993. Neogene evolution of the Campo de Dalías and the surrounding offshore areas –(Northeastern Alboran sea). *Geodinámica Acta* 6 ,4, 255-270.
- Sanz de Galdeano, C. 1985. Estructura del borde oriental de la Sierra de Gádor (zona Alpujarride, Cordilleras Béticas). *Acta Geología Hispánica* 20 (2), 145-154.
- Sanz de Galdeano, C. 1997. *La Zona Interna Bético-Rifeña*. Monográfica Tierras del Sur 18. Univ. de Granada, Granada, 316 pp.
- SGOP. 1981. Estudio de la viabilidad de explotación del embalse subterráneo drenado por las Fuentes de Marbella (Almería). Informe técnico. (Doc. interno).
- Voermans, F. y Baena, J. 1983. *Memorias y Hojas Geológicas de Alhama de Almería y Almería 1/50000 MAGNA*. IGME, Madrid. 40pp y 53pp.

Leyenda

Cuaternario	
(a) Indiferenciado	(b) Abanicos aluviales
Limos rojos y rosados	Terrazas marinas
Plioceno	
Calcarenitas, arenas, etc	Margas y margas arenosas.
Facies deltaicas: Conglomerados arenosos, arenas margosas, etc.	
Mioceno	
Yesos y margas yesíferas (en cortes)	Volcanitas / aglomerados volcánicos.
Calizas conglomeráticas, calcarenitas, conglomerados, etc.	Margas y areniscas
Conglomerados rojos con abundante matriz arcillosa.	Calizas y dolomías
Alpujárride (2)	
Filitas, cuarcitas, micaesquistos, etc.	Alpujárride (1)
Dolomías, calizas, rocas carbonatadas (sin diferenciar).	Calizas, margocalizas, argilitas y dolomías
Calcoesquistos, argilitas, margas y dolomías.	Dolomías, calizas y brechas.
Filitas, cuarcitas y argilitas.	Calcoesquistos, argilitas, margas y dolomías.
Nevadofilábride	
Mármoles cipolínicos y conglomeráticos.	Micaesquistos, cuarcitas, gneises.

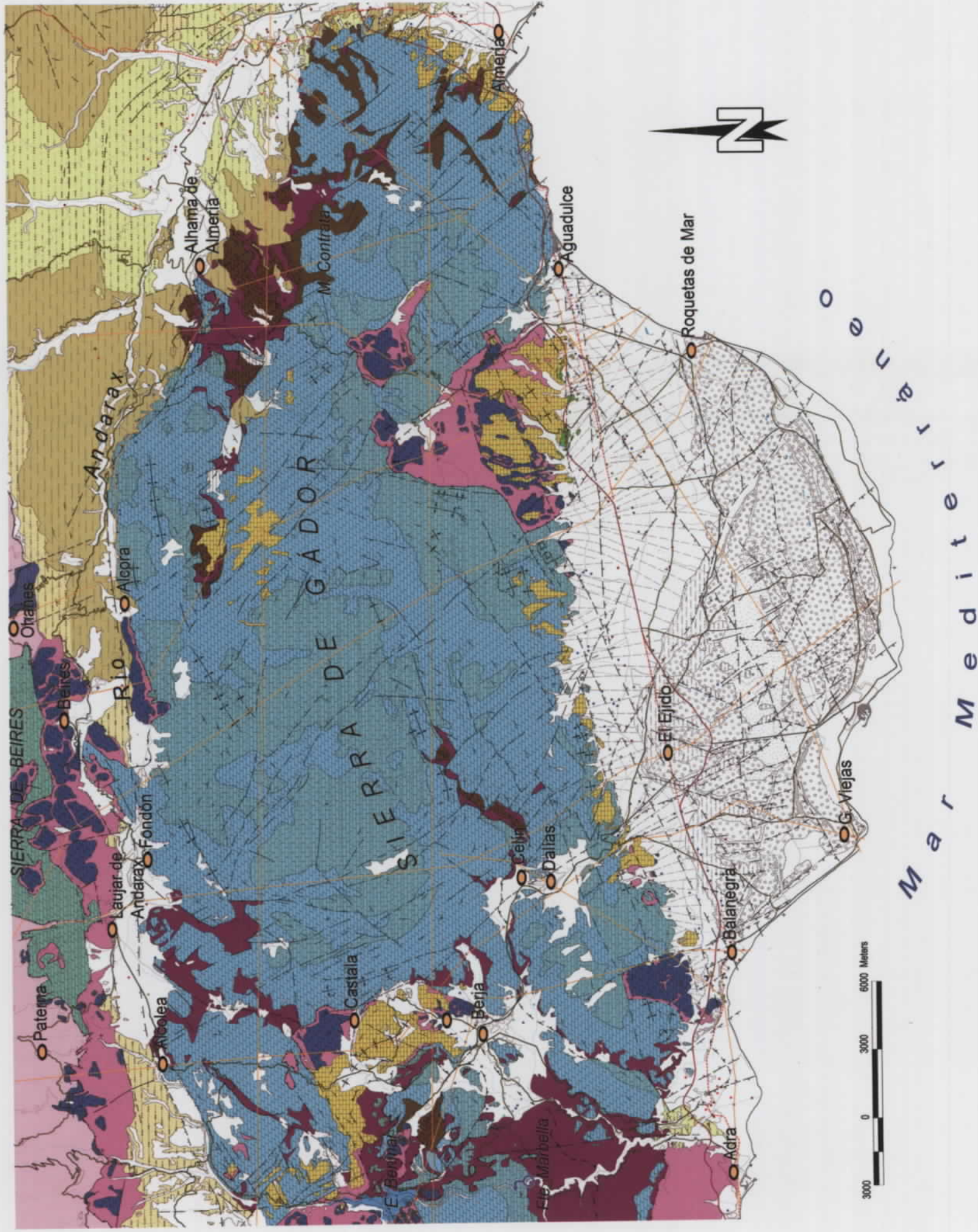


Figura 0: Esquema geológico (con criterio hidrogeológico) del sistema de Sierra de Gádor y sus áreas marginales.

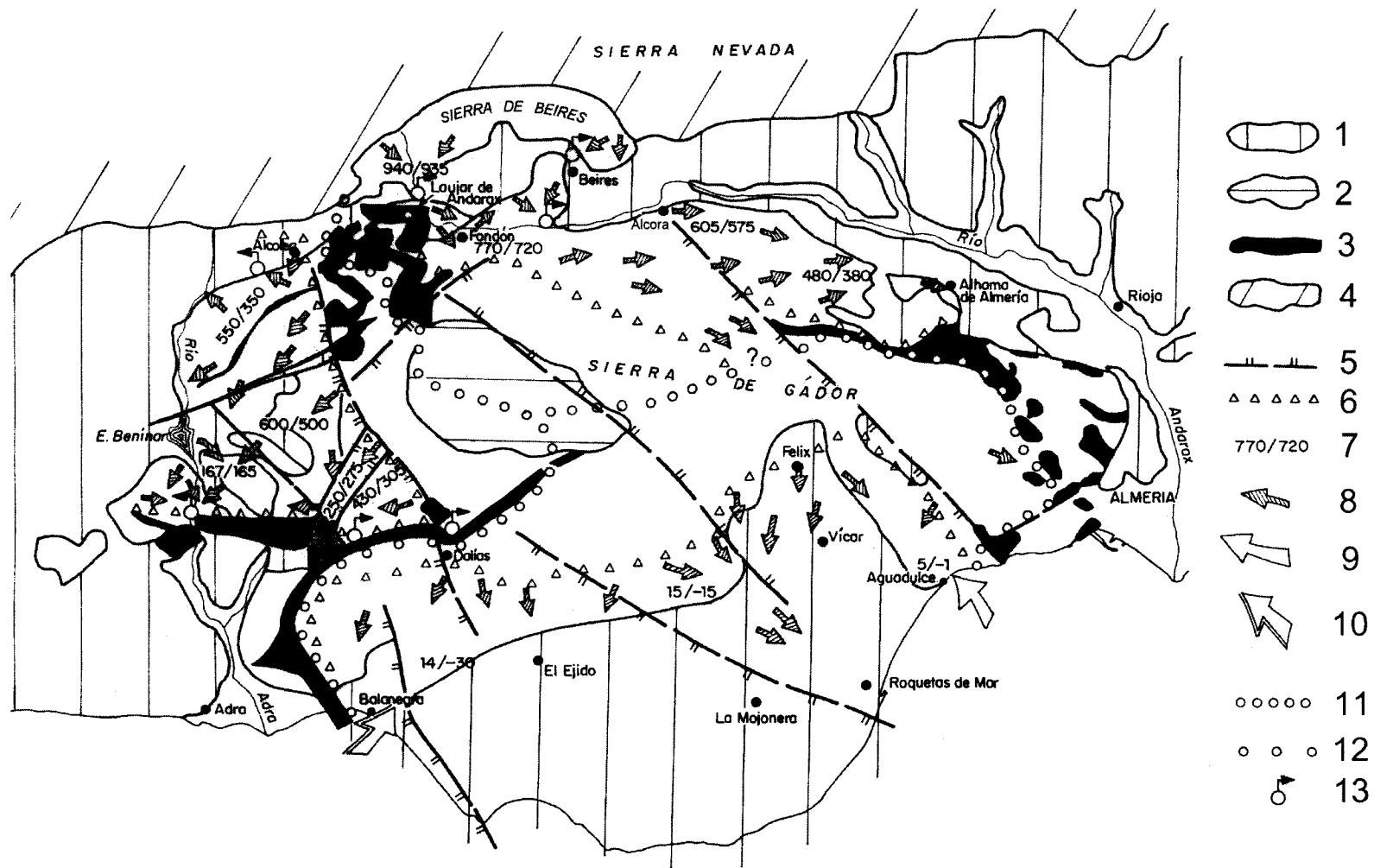


Figura 1: Esquema de funcionamiento hidrogeológico general del sistema de Sierra de Gádor (acuíferos principales). Legenda: 1=coberteras alpujárrides y/o neógenas del tramo acuífero principal, en conjunto prácticamente impermeables; 2=área aprox. con filitas basales de la U. de Gádor a unos 1000±100 msnm; 3=permotriásico de la U. de Gádor aflorante a subaflorante; 4=impermeable del C. Nevado-Filábride; 5=falla normal con relevancia hidrogeológica; 6=límite de área de acumulación; 7=niveles piezométricos históricos; 8=sentido resultante del flujo subterráneo principal (zona saturada); 9 y 10=entrada de agua marina, directa al AIN y por la cobertera al AIO, respectivamente; 11=divisoria hidrogeológica aproximada; 12=zona de posible transferencia de flujos del Alto Anadarax al AIN del Campo de Dalías (base impermeable del M. de Gádor a unos 800-700 msnm); 13= manantial/galería relevante.

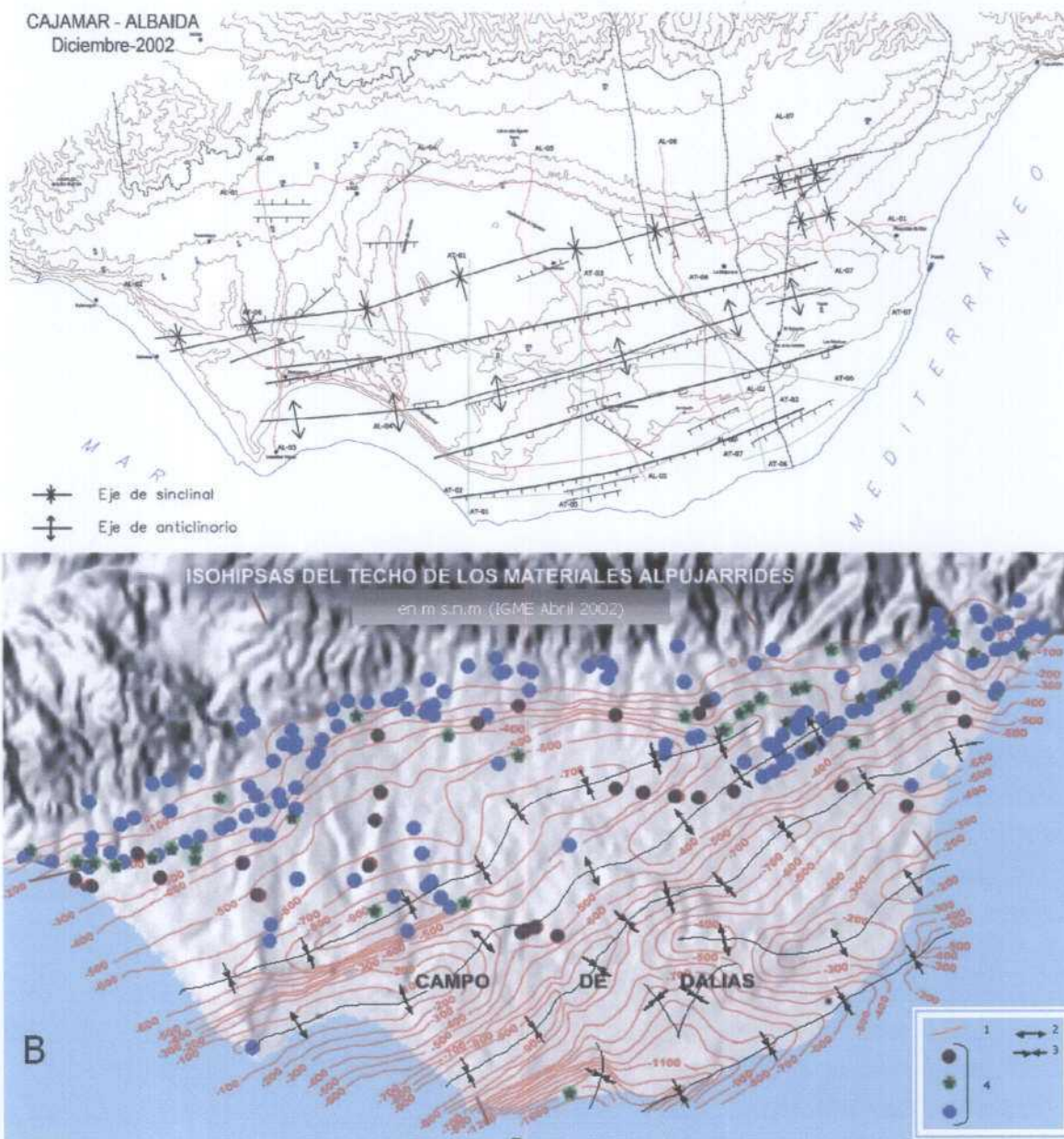


Figura 2: Comparación de interpretaciones (en planta) sobre la disposición de los materiales alpujarrides bajo la llanura del Campo de Dalías. (A) En el estudio de Cajamar-Albaida (dic.2002) y (B) de IGME (abr.2002). La figura de la parte inferior está fuertemente apoyada en la interpretación de más de 200 sondeos mecánicos existentes de interés estructural, y en las interpretaciones de campañas geofísicas (de sísmica, realizada a inicios de la década de 1970, de SEV de los años 70 y 80, de gravimetría -de Marín, 2002-03-), y en otras interpretaciones anteriores (IGME, 1982b; Rodríguez y Martín, 1993). Los resultados del estudio de Cajamar-Albaida para la zona centro-occidental no aportan una mayor información a la preexistente, y difieren sensiblemente en la zona noreste, donde no se tienen en cuenta los abundantes sondeos mecánicos de contraste allí presentes; sobre el sector sureste, no resuelven estos autores las incertidumbres pendientes.

Leyenda de la parte B: 1=isohipsas del techo de los materiales alpujarrides (msnm); 2 y 3= eje antiforme y sinforme, respectivamente.; 4= sondeos mecánicos de la red de seguimiento estructural del IGME (rojo, verde y azul: alcanzan el Plioceno; llegan hasta el Mioceno; llegan al techo del alpujarride, respectivamente).

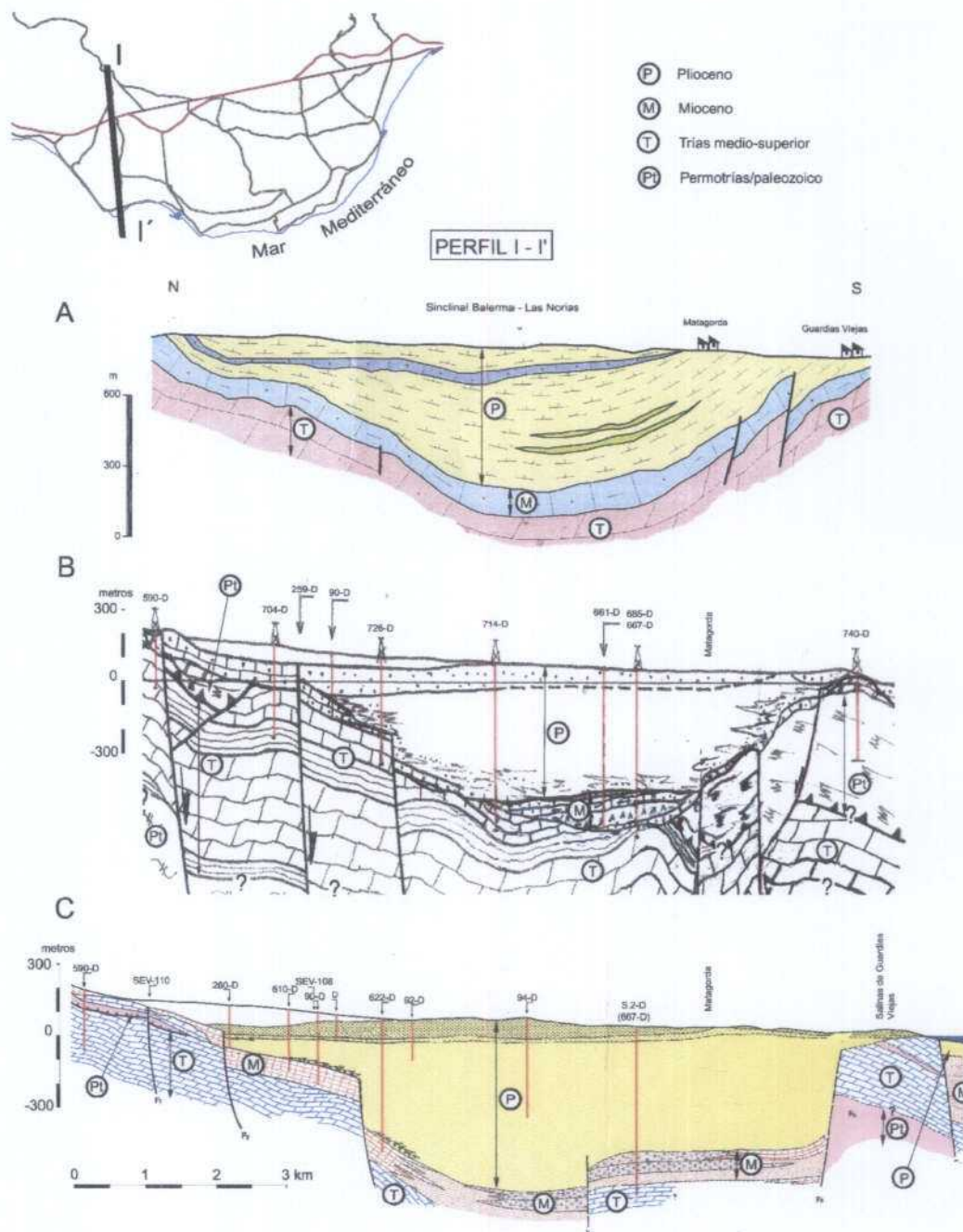


Figura 3: Interpretaciones de la estructura de los acuíferos inferiores del Campo de Dalías, según secciones geológicas (ejemplo en el corte I-I') según: (A) estudio de Cajamar-Albaida (dic.2002); (B) IGME, documentos actuales y (C): compuesta de IGME (1982a). La sección inferior recoge la geometría del acuífero carbonatado según el IGME, obtenida hace 23 años: contiene ya sus rasgos esenciales; en el corte central (B) se advierte su mejor definición, con la interpretación de los sondeos mecánicos llevados a cabo en las décadas siguientes. El perfil A lo apoyan sus autores en una nueva campaña de sísmica de reflexión; no parece aportar más información sobre la geometría general del basamento alpujarride y, dentro de éste, no discrimina entre el tramo carbonatado de la U. de Gádor (T en la figura) y los impermeables alpujarrides (Pt), cortados por sondeos mecánicos en Guardias Viejas, en el ejemplo. Leyenda: P=Plioceno (calcarenitas, arenas, conglomerados, margas y margas arenosas); M=Mioceno (conglomerados, calizas bioclásticas, calcarenitas, calizas margosas, margas yesos); T=Trias medio-superior (calizas, dolomías, calcoesquistos, etc.); Pt= Permotrias-Paleozoico (filitas, esquistos cuarcíticos, micaesquistos, cuarcitas, etc.).