

LOS ACUIFEROS COSTEROS DE LA CUENCA SUR SINTESIS DEL PLAN HIDROLOGICO

Resumen

2. Acuíferos

2.1. Acuíferos costeros

2.1.1. *Acuíferos detríticos*

2.1.2. *Acuíferos carbonatados*

2.1.3. *Acuíferos mixtos*

2.2. Acuíferos de cabecera

3. Relaciones acuíferos costeros-mar

Consideraciones finales

Bibliografía

TIAC'88. Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros
Almuñécar (Granada, España). 1988

LOS ACUIFEROS COSTEROS DE LA CUENCA SUR

SINTESIS DEL PLAN HIDROLOGICO

Francisco CARPASCO CANTOS Confederación Hidrográfica del Sur

José Luis GUZMAN DEL PINO Confederación Hidrográfica del Sur

R E S U M E N

En esta comunicación se expone una síntesis de los balances de los diferentes acuíferos costeros de la Cuenca Sur, así como los correspondientes a los acuíferos de cabecera de mayor entidad y de relación más directa con -- los acuíferos costeros.

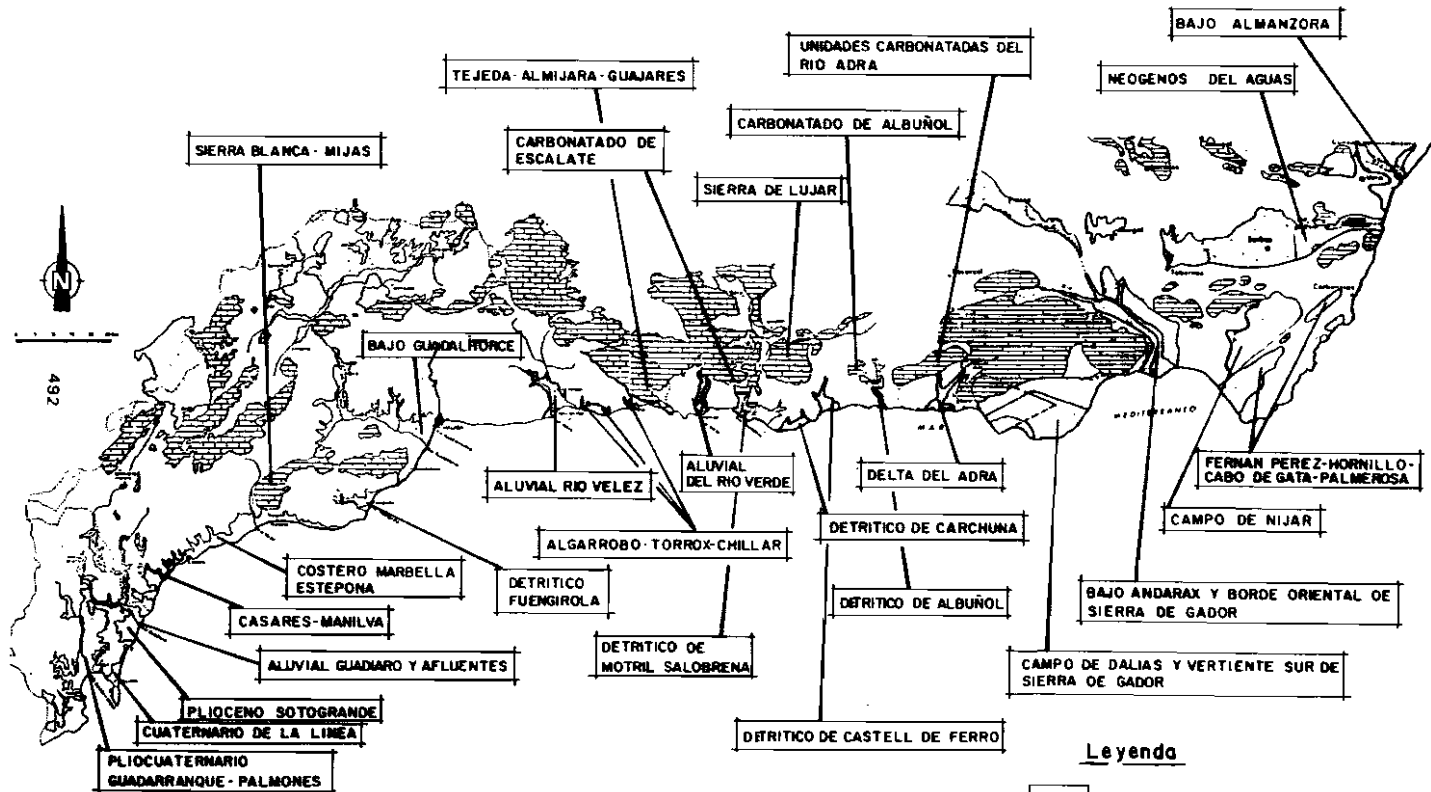
Dentro de los acuíferos costeros se establecen tres tipos según la litología predominante: Detríticos, carbonatados y mixtos. Los acuíferos de -- cabecera son de tipo carbonatado.

Los recursos propios de los acuíferos detríticos costeros son 96 -- $\text{Hm}^3/\text{año}$, y los recursos ajenos 241 $\text{Hm}^3/\text{año}$. Para los acuíferos carbonatados -- costeros los recursos propios son de 134 $\text{Hm}^3/\text{año}$, y para los acuíferos mixtos los recursos propios son de 75 $\text{Hm}^3/\text{año}$ y los recursos ajenos de 22 $\text{Hm}^3/\text{año}$.

Existe una gran diferencia entre el tipo de recursos de los acuíferos detríticos costeros y los acuíferos de cabecera, ya que en éstos la casi totalidad de los recursos son propios, mientras que en aquellos, son mayoría -- rios los ajenos. Este aspecto se considera de gran importancia para la planificación de la cuenca.

Se establece la relación acuífero costero-mar para todo el litoral de la Cuenca Sur, existiendo tres situaciones actuales, acuíferos excedentarios, tales como el aluvial del río Guadiaro, detrítico de Motril-Salobreña y delta del río Adra; acuíferos sobreexplotados, Campo de Dalías, Campo de Níjar; y acuíferos con sobreexplotaciones temporales, Río Vélez, Río Verde de -- Almuñécar ... etc. o con sectores sobreexplotados como puede ser el costero -- Marbella-Estepona, Bajo Andarax ... etc.

Por último en las consideraciones finales se indican diferentes actuaciones a realizar para disminuir el régimen de sobreexplotación en los distintos acuíferos mediante la ejecución de perforaciones en los acuíferos de -- cabecera, embalses de aguas superficiales, trasvases de sistemas, incrementos en la infiltración y utilización de aguas residuales depuradas.



Legenda



Sistema acuífero detritico

Sistema acuífero carbonatado

La edición del Plan Hidrológico Nacional nos ha permitido, al realizar la síntesis hidrogeológica de la Cuenca Sur, obtener el conocimiento y situación actual de los diferentes acuíferos existentes. Ello nos permite establecer los balances hidrológicos, conocer su problemática y obtener una visión de la Cuenca Sur necesaria para una mejor gestión de sus recursos.

Los datos aportados pertenecen en su mayor parte a los diferentes estudios del I.G.M.E., a los Atlas Hidrológicos de las provincias de Cádiz, Málaga y Granada, a las diferentes publicaciones de la región y estudios de la Confederación Hidrográfica del Sur.

2. ACUIFEROS.

Se van a considerar dos grupos de acuíferos, costeros y de cabecera, siendo los primeros los que tienen relación directa con el mar y los segundos los acuíferos de mayor entidad situados aguas arriba de los costeros y relacionados directamente con ellos.

Dentro de los acuíferos costeros estableceremos tres subgrupos según la litología de los materiales que los constituyen: detríticos, carbonatados y mixtos.

2.1. Acuíferos costeros.

Los acuíferos costeros de la Cuenca Sur enumerados de Este a Oeste se describen en la Tabla nº 1. Entendemos por recursos propios la infiltración correspondiente a la precipitación caída sobre el mismo acuífero, mientras que el resto de la infiltración (retornos de riego, infiltración de la escorrentía de la cuenca vertiente, aportación subterránea de otros acuíferos) se han contabilizado como recursos ajenos. En algunos acuíferos los datos correspondientes a los recursos ajenos no han podido individualizarse.

En las salidas se han diferenciado los siguientes conceptos: surgencias, bombeos, drenajes al río, drenajes a otros acuíferos y salidas al mar.

2.1.1. Acuíferos detríticos.

Afloran a lo largo de toda la zona litoral y se ubican principalmente en los depósitos aluviales cuaternarios de los ríos de mayor entidad, los cuales originan en su desembocadura zonas deltaicas (Almanzora, Andarax, Adra, Guadalfeo, Verde, Vélez, Guadalhorce, Guadiaro ... etc.).

En general constituyen acuíferos libres en sus tramos superior y medio, mientras que en el tramo inferior, debido a variaciones litológicas, pueden pasar a acuíferos multicapa (Río Verde y Vélez). En algunos casos - - existe una conexión hidrogeológica con los materiales detríticos pliocénicos

ACUIFEROS COSTEROS

RECURSOS (Hm³/año)SALIDAS (Hm³/año) TABLA I

	Propios	Ajenos				TOTAL	SALIDAS					TOTAL
		Ret.Riegos	Escorr.Sup.	A.Subt.	Total		Surg.	Bombeos	Al río	A Acuif.	Al Mar	
DETRITICOS												
P-Q del Guadarranque-Palmones	17		0		0	17	0	1	9,5		6,5	17
Cuaternario de La Línea	1,2		1,3		1,3	2,5		1			1,5	2,5
Aluvial río Guadiaro y afluen.	10	3,5	3,5		7	17		4			13	17
Plioceno de Sotogrande	4,5		0,5		0,5	5	0,7	0,5			3,8	5
Costero Marbella-Estepona	8	4	14		18	26		23			3	26
Detrítico de Fuengirola	2	1	7		8	10		6			4	10
Bajo Guadalhorce	25				45	70		65	5		0	70
Río Vélez	2				31	33		27	5		1	33
Algarrobo, Torrox y Chillar												
Aluvial del Río Verde	0,5				13,5	14		9			5	14
Motril-Salobreña	4	15	35	9	59	63	5	28			30	63
Detrítico de Carchuna	0,2				0,3	0,5					0,5	0,5
Detrítico de Albuñol	0,5	0	1,6	8,5	10,1	10,6						
Detrítico de Castell de Ferro	0,3				3,2	3,5		3			0,5	3,5
Delta del Adra	2,5	6		6,5	12,5	15		10			5	15
Bajo Andarax	6			11	11	17		18,5			1,5	20
Campo de Níjar	4			13	13	17		19		2		21
F.Pérez-Hornillo-C.de Gata-Pal.	7			2	2	9		10				10
Bajo Almanzora	0,2				2,8	3		3			1	4
Neógenos del Aguas	1				2,6	3,6	2,3	1,2				3,5
TOTAL	95,9	29,5	62,9	50	240,8	336,7	8	229,2	19,5	2	76,3	335
CARBONATADOS												
Tejeda-Almijara-Guajares	134					134	83	10		25	16	134
TOTAL	134					134	83	10		25	16	134
MIXTOS												
Campo de Dalías y vertiente Sur												
de Sierra de Gador	75	22			22	97	4,5	110			8	122,5
TOTAL	75	22			22	97	4,5	110			8	122,5
CABECERA												
Casares-Manilva	3			2	2	5	5					5
Yunquera-Nieves	75					75	74,5	0,5				75
Sierra de Lújar	53		13		13	66	36		10	20		66
Carbonatado de Escalate	3,5				8,5	12	3		3	6		12
Carbonatado de Albuñol	3,5				20	23,5	15			8,5		23,5
Carbonatado del Río Adra	20		11		11	31	7,5	3,5	20			31
Sierra Blanca-Mijas	70		5		5	75	30	21,5		24		75
TOTAL	228		29	2	59,5	287,5	171	25	33		58,5	287,5
TOTALES	532,9				322,3	855,2						879

de su substrato (Guadalhorce, Fuengirola, Guadiaro, ...etc.).

Sus recursos propios totales son de 96 Hm³/año, mientras que los recursos ajenos son de 241 Hm³/año. Se observa la mayor entidad que presentan los recursos ajenos, frente a los recursos propios. Ambos totalizan 337 Hm³/año. Los mayores recursos los presentan los acuíferos del Bajo Guadalhorce (70 Hm³/año), Motril-Salobreña (63 Hm³/año) y Río Vélez (33 Hm³/año).

Las salidas totales se cuantifican en 335 Hm³/año, distribuidas de la siguiente manera, por bombeos, 230 Hm³/año; por pérdidas al río, 20 Hm³/año; por flujos subterráneos a otros acuíferos, 2 Hm³/año; por manantiales, 8 Hm³/año y por pérdidas al mar, 76 Hm³/año.

Los acuíferos en los que se originan mayores pérdidas al mar son: Motril-Salobreña (30 Hm³/año), Aluvial del Guadiaro y afluentes (13 Hm³/año) algunos sectores del Campo de Dalías (8 Hm³/año) y Pliocuaternal de Guadarranque Palmones (6,5 Hm³/año).

En todas estas cifras no se incluyen los datos correspondientes a los acuíferos de los ríos Algarrobo, Torrox y Chillar, por desconocerse en la actualidad.

2.1.2. Acuíferos carbonatados.

De los acuíferos costeros carbonatados existentes en la cuenca sólo están en relación directa con el mar un sector del sistema Tejada-Almijara-Guajares, el carbonatado de Castell de Ferro, existente entre las poblaciones de Calahonda y dicho pueblo y parte de la vertiente meridional de la Sierra de Gador.

En este apartado sólo vamos a considerar el primero de ellos, ya que el carbonatado de Castell de Ferro se ha incluido en el detrítico del mismo nombre y el correspondiente a la Sierra de Gador, se trata junto con el Campo de Dalías en el apartado correspondiente a los acuíferos de tipo mixto. El acuífero Tejada-Almijara-Guajares, está subdividido en varias unidades en conexión hidrogeológica, siendo la Unidad de las Alberquillas la que contacta directamente con el mar.

Los recursos para todo el sistema son de 134 Hm³/año, todos ellos de recursos propios. Las salidas se cuantifican en 83 Hm³/año por manantiales, 10 Hm³/año por bombeos, 25 Hm³/año a otros acuíferos limítrofes y 16 Hm³/año de pérdidas al mar, ubicadas preferentemente en el sector de La Herradura (Provincia de Granada).

2.1.3. Acuíferos mixtos.

Se caracterizan por poseer un substrato carbonatado, sobre el que se apoyan materiales detríticos, siendo el de mayor entidad el Campo de Dalías que se estudia conjuntamente con el borde Sur de Sierra de Gador. En otros casos en los que los materiales carbonatados tienen menor entidad se han englobado en los detríticos correspondientes.

Del Campo de Dalías exponemos los datos más recientes facilitados por A. González Asensio (I.G.M.E.).

En conjunto se han calculado unos recursos propios de 75 Hm³/año y los recursos ajenos corresponden a 22 Hm³/año por retornos de riegos. Existe una aportación neta de la reserva de 23 Hm³/año y una intrusión marina que se ha cuantificado en 2,5 Hm³/año, localizada en los sectores de Balanegra y Roquetas. La salida principal es por bombeos, 110 Hm³/año, por surgencias, 4,5 Hm³/año, y pérdidas al mar 8 Hm³/año, localizadas en el sector de Agua Dulce 4 Hm³/año y otros 4 Hm³/año a lo largo del sector costero entre Balerna y -- Roquetas.

2.2. Acuíferos de cabecera.

Se incluyen una serie de acuíferos carbonatados situados en cabecera de los acuíferos costeros.

Solamente se consideran a los que presentan mayor proximidad y en los que cualquier actuación sobre ellos incidiría directamente sobre los costeros. Se incluyen los siguientes acuíferos: Casares-Manilva, Yunquera-Nieves, Sierra Blanca-Mijas, que se descarga hacia el costero de Marbella-Estepona y hacia el Rajo Guadalhorce ; Sierra de Lujar y Sierra de Escalate en relación con el detrítico de Motril-Salobreña, carbonatado de Albuñol, drenado por el detrítico del mismo nombre, y carbonatado del río Adra y borde occidental de Sierra de Gador, relacionados directamente con el aluvial del citado río.

Existe también una estrecha relación entre el aluvial del río Verde de Almuñecar y el carbonatado de cabecera de los Guajares, pero los recursos de este último no se consideran en este apartado al estar incluidos en el sis tema Tejada-Almijara-Guajares, considerado como carbonatado costero.

Los recursos propios de estos sistemas acuíferos son de 228 Hm³/año, mientras que los recursos ajenos son de tan sólo 59,5 Hm³/año, correspondientes casi exclusivamente a infiltración de escorrentía de aguas superficiales a su paso por ellos, lo que totalizan 287,5 Hm³/año de recursos totales.

Las salidas mayoritarias se originan por surgencias, 171 Hm³/año, - siendo mínimos los bombeos, 25 Hm³/año, y los drenajes a ríos se cuantifican en 33 Hm³/año, existiendo un flujo subterráneo a otros acuíferos de 58,5 Hm³/año, si bien 20 Hm³/año corresponden a flujos subterráneos entre dos acuíferos diferentes (Sierra de Lújar y Carbonatados de Albuñol) pertenecientes - - ambos a los mismos materiales Alpujárrides; y de los 24 Hm³/año asignados por este concepto al acuífero Sierra Blanca-Mijas parte de ellos (sin cuantificar) pueden ir al mar.

Se puede observar una gran diferencia en cuanto a la distribución - de los recursos en comparación con los acuíferos detríticos costeros. En efecto en los acuíferos de cabecera predominan los recursos propios, mientras que en los detríticos costeros predominan los recursos ajenos.

También se observa una diferencia en cuanto a las salidas en comparación con los detríticos costeros, puesto que en éstos la principal salida es por bombeo mientras que en los de cabecera es por surgencias, siendo mínimos los bombeos.

3. RELACIONES ACUIFEROS COSTEROS-MAR.

En líneas generales el comportamiento de los acuíferos costeros se basa en una recarga principalmente por recursos ajenos de la parte alta de su cuenca y un flujo subterráneo hacia el sector costero. Flujo que puede ser modificado por los bombeos que originan conoides de depresión, los cuales pueden producir la elevación de la interfase con entrada de agua marina.

Los acuíferos del sector costero de esta cuenca no tienen todos el mismo comportamiento, puesto que existen importantes diferencias entre su litología, sus recursos, los materiales de cabecera y la respuesta del acuífero a las primeras aportaciones de aguas superficiales.

A continuación veremos la problemática de los acuíferos costeros, así como alternativas a la situación actual desde el Este hacia el Oeste.

En general los acuíferos costeros del sector oriental de la Cuenca desde el Bajo Almanzora hasta el Andarax, se caracterizan por su escasez de recursos, y no existen en cabecera acuíferos carbonatados de entidad que puedan suministrar unos recursos ajenos.

El Bajo Almanzora posee algunos acuíferos carbonatados en su cabecera, parcialmente regulados y cuya escorrentía superficial y subterránea queda retenida por la cubeta de Overa y por la Presa de Cuevas de Almanzora, impidiendo la recarga de este acuífero al cortar el flujo subterráneo. En la zona costera se presentan indicios de intrusión salina, puesta de manifiesto por cotas negativas del nivel piezométrico y aumento de la salinidad, siendo esta intrusión de tipo local, puesto que existe en otros sectores un drenaje hacia el mar cuantificado en 1 Hm³/año. En este área se recomienda una disminución de los bombeos que será posible debido a la alternativa en los regadíos con aguas procedentes de la Presa de Cuevas de Almanzora.

Los Neógenos de la cuenca del río Aguas, en su sector costero poseen un cuaternario poco desarrollado en el que apenas existen captaciones, se estima que hay un equilibrio sin presentarse problemas de intrusión marina.

El acuífero del Campo de Níjar se encuentra sobreexplotado, con un déficit de 4 Hm³/año que se traduce en un consumo de las reservas. La evolución del sistema muestra una tendencia general al descenso de los niveles, siendo más acusada en los sectores donde se concentran las extracciones (San Isidro, Campo Hermoso), aunque localmente se observen recuperaciones en áreas donde se abandonan los sondeos. Las salidas naturales de este acuífero tradicionalmente han sido hacia el sector del Barranquete, perteneciente al acuífero Fernán Pérez-Hornillo-Cabo de Gata-Palmerosa. Actualmente las salidas hacia este sector se estiman en 2 Hm³/año con una tendencia a anularse.

El acuífero Hornillo-Fernán Pérez-Cabo de Gata-Palmerosa presenta localmente sobreexplotaciones, principalmente en los sectores del Barranquete y la Palmerosa con la existencia de conos de bombeo con depresiones negativas. Debido a la lejanía de estos sectores respecto al mar, pueden existir salidas hacia éste, estableciéndose el nivel de base en las salinas del Cabo de Gata o Laguna Rasa.

En este sistema acuífero el incremento de bombeo y/o la disminución de la aportación subterránea procedente del Campo de Níjar, puede originar un incremento de la sobreexplotación principalmente en la zona del Barranquete. Todo ello conduce a la necesidad de ampliar los límites de la zona sobreexplotada definida en el Real Decreto 2618/1986 de 24 de Diciembre. Como nuevos recursos a aportar a este sector cabría la posibilidad de investigación sobre la existencia de unidades carbonatadas alpujárrides o nevado-filábrides a profundidades mayores de las investigadas actualmente o bien utilizar previamente mediante una depuración terciaria las aguas residuales de Almería o en algunos casos mediante ósmosis inversa la desalinización de las aguas salobres de los acuíferos.

El acuífero del Bajo Andarax posee una tendencia generalizada al descenso durante los últimos años, no obstante en el delta se observa una marcada estabilidad que nos indica un sistema en equilibrio en su sector costero, en donde las cotas del nivel piezométrico son ligeramente positivas en su mayor parte, cuantificándose en unos 2 $\text{Hm}^3/\text{año}$ las pérdidas al mar. No obstante en los compartimentos carbonatados (Borde oriental de Sierra de Gador), sitúa dos aguas arriba existe una marcada sobreexplotación estimada en unos 3 $\text{Hm}^3/\text{año}$.

Actuaciones tendentes a la mejora de este sistema, serían la construcción de dos embalses, uno en el Andarax Alto y otro en el río Nacimiento, utilización de las aguas residuales de Almería (12 $\text{Hm}^3/\text{año}$), desalinizar las aguas de los acuíferos de mala calidad, y sellar algunas de las galerías existentes que pueden descargar el acuífero.

Las calizas y dolomías del borde oriental de Sierra de Gador que tienen contacto directo con el mar, debido a que la cota de las filitas impermeables de su substrato es elevada, no presentan una descarga apreciable hacia el mar.

Es notoria la sobreexplotación existente del Campo de Dalías; actualmente se cifran en 23 $\text{Hm}^3/\text{año}$ el consumo de las reservas. La fracturación regional y la existencia de varios subsistemas acuíferos origina que las relaciones acuífero-mar sean diferentes en los distintos sectores, existiendo incluso una descarga al mar cuantificada en 8 $\text{Hm}^3/\text{año}$ que se localiza principalmente en el sector de Agua-Dulce, donde las calizas y dolomías conectan con el mar y a lo largo del sector costero central, correspondiendo con el acuífero superior. También existe intrusión marina ubicada en los sectores de Bala-negra y Roquetas, cuantificada en 2 $\text{Hm}^3/\text{año}$.

El consumo de los recursos en el Campo de Dalías debe de disminuir con la puesta en servicio del embalse de Reninar del que ya se está suministrando unos 300 l/s.

El Delta del Adra en la actualidad es excedentario con unas salidas al mar de 5 $\text{Hm}^3/\text{año}$. En cabecera se ubica el acuífero carbonatado de la ventana de Turón-Peñarodada, cuyo manantial "Fuentes de Marbella", representa la descarga más importante del borde occidental de Sierra de Gador.

Hacia el Oeste después de un sector costero constituido por esquistos impermeables alpujárrides se ubica el acuífero detrítico de la rambla de Albuñol, acuífero excedentario con unas pérdidas al mar del orden de 6 $\text{Hm}^3/\text{año}$ y que en cabecera se recarga por el acuífero carbonatado del mismo nombre en unos 8,5 $\text{Hm}^3/\text{año}$. Su régimen puede verse modificado con la entrada en

servicio de cuatro perforaciones efectuadas por la Confederación Hidrográfica del Sur en el acuífero carbonatado, que son capaces de suministrar 1 m³/seg. La entrada en servicio de estas captaciones disminuirán la recarga en cabecera, y aunque se aumentarán los retornos de regadíos se deberá controlar el sector costero de este acuífero para evitar que dicha disminución provoque una intrusión marina. En el sector costero del Pozuelo, al no existir la recarga en cabecera en la rambla de Guarea, pueden presentarse problemas locales de intrusión.

El acuífero detrítico de Castell de Ferro, junto con las calizas y dolomías alpujárrides adyacentes, presenta conoides de descenso en el sector de la rambla Ancha en donde se concentran las extracciones con cotas negativas del nivel piezométrico durante los meses de mayor explotación, con intrusión marina por elevación de la interfase. En su balance se cuantifica 0,5 Hm³/año de pérdidas al mar, en su mayor parte procedentes del acuífero carbonatado situado entre Castell de Ferro y Calahonda, el cual conecta directamente con el mar.

El acuífero detrítico de Carchuna, presenta unos recursos totales muy escasos, 0,5 Hm³/año, que en su mayor parte derivan hacia el mar, debido a que casi la totalidad de los riegos se realizan con agua procedente del río Guadalfeo. La calidad química es variada debido a la posible existencia de aguas cloruradas sódicas congenitas.

La vega de Motril-Salobreña es el acuífero costero de mayor entidad del litoral granadino en base a sus importantes recursos (63 Hm³/año), en su mayor parte ajenos (50 Hm³/año) proporcionados mayoritariamente por el río Guadalfeo (30 Hm³/año). Presenta una importante descarga al mar de unos 30 Hm³/año, localizada a lo largo de todo el litoral. La existencia en cabecera del acuífero de Sierra de Lujar, que se descarga por los manantiales de Rules y Vélez de Benaudalla y del acuífero carbonatado de Escalate, garantiza los recursos ajenos de este sistema. Su balance actual se modificará por la construcción de la presa de Rules situada en su cabecera, la cual disminuirá en parte los recursos ajenos del mismo, aunque permitirá la regulación del río Guadalfeo y evitará las pérdidas al mar de aguas superficiales que se producen actualmente.

El acuífero aluvial del río Verde de Almuñecar, con tan sólo 0,5 Hm³/año de recursos propios, posee 13,5 Hm³/año de recursos ajenos. Sus bombeos se cuantifican en 0 Hm³/año y existen unas pérdidas al mar de 5 Hm³/año. Se ha podido observar unas altas variaciones del nivel piezométrico según el periodo de aguas altas o bajas (más de 15 m.) y en los últimos estiajes se aprecia un conoide de depresión con cotas negativas centrado a unos 2 kms. del litoral en el cauce del río Verde. Igual ocurre con el cauce del río Seco, aunque con menor entidad. Parece ser que existe una tendencia al descenso progresivo en los niveles más bajos, del orden de 50 cm. por año.

La existencia en cabecera del acuífero carbonatado de los Guajares puede incrementar mediante su explotación por bombeos los recursos ajenos de este acuífero. Los regadíos de este sector pueden tener garantizadas sus demandas con la construcción de la presa de Otivar, considerada como depósito de cola de la presa de Beznar. Por otro lado el abastecimiento de Almuñecar que se realiza con perforaciones de este acuífero va a verse dotado de agua procedente del río de la Miel.

Todas estas actuaciones conducirían a la mejora de este área.

El Sistema Sierra Tejeda-Almijara-Guajares, con 134 Hm³/año de recursos propios se drena principalmente por manantiales (83 Hm³/año) y por alimentación subterránea hacia otros acuíferos (25 Hm³/año).

Consta de cinco Unidades parcialmente conectadas e internamente compartimentadas, siendo la Unidad de las Alberquillas la que descarga directamente al mar en el sector de La Herradura con unas pérdidas puntuales cuantificadas en 16 Hm³/año. Esta Unidad se sitúa en cabecera de distintos acuíferos detríticos costeros por lo que podría utilizarse como acuífero de cabecera, lo cual incrementaría sus recursos mediante bombeos a galerías situadas estratégicamente, lo que requeriría un mayor conocimiento de esta Unidad y su funcionamiento, así como una mejor cuantificación de las pérdidas al mar, tradicionalmente conocidas.

Estos acuíferos costeros se localizan en los aluviales de los ríos - Algarrobo, Torrox y Chillar, de los que actualmente desconocemos sus balances pero que existen indicios de contaminación marina en su desembocadura, concretamente en el río Algarrobo, estando actualmente en tramitación un perímetro de protección para el aluvial de este río.

El río Vélez en su sector costero presenta dos acuíferos superpuestos, el inferior está confinado y estacionalmente es surgente. Sus recursos -- ajenos, 31 Hm³/año, se deben en su mayor parte a la infiltración de aguas superficiales en la zona alta del acuífero, predominando notablemente sobre los propios que son de 2 Hm³/año. En el sector medio, debido a un estrechamiento -- en el cauce, hay una restitución del acuífero al río de unos 5 Hm³/año, y en la parte alta del sector costero hay unos importantes bombeos para abastecimiento de la Costa del Sol Oriental, 6 Hm³/año, y otras captaciones con fines agrícolas; ello origina un cono de depresión durante el estiaje que motiva una intrusión marina estacional en el acuífero superior, el cual se recupera con las primeras avenidas del río, retrocediendo la intrusión marina e incluso aportando subterráneamente agua al mar (1 Hm³/año). El acuífero profundo por el contrario no presenta síntomas de verse afectado por este fenómeno estacional. En periodos de precipitaciones inferiores a la media las demandas superan a los recursos y se utilizan las reservas del acuífero. Estas reservas se recuperan con las primeras precipitaciones, al comienzo de un nuevo ciclo hidrológico, -- debido a la alta permeabilidad de los materiales.

La evolución de los piezómetros muestra, en general, altas oscilaciones estacionales con máximos y mínimos que dependen de las aportaciones de cada año, pero no se observan descensos continuados, lo que significa que la sobreexplotación que se produce en el acuífero es ocasional y reversible.

Este acuífero se verá afectado por el embalse de La Viñuela, por lo que en el transcurso de tiempo entre el cierre del embalse y la puesta en marcha de los riegos, periodo que puede durar varios años, es necesario efectuar desembalses controlados para facilitar la recarga.

Posteriormente es evidente que la explotación del embalse de La Viñuela y del acuífero del río Vélez debe realizarse de un modo conjunto.

En el valle del Bajo Guadalhorce correspondiente a la Hoya de Málaga

existen diferentes acuíferos ligados a los materiales detríticos del mioceno, plioceno y cuaternario, con una interconexión hidráulica entre ellos, siendo el primero el de menor entidad. Existe una notable interrelación entre el río Guadalhorce y los acuíferos, alimentando el río a éstos en su cuenca alta, y por otra parte se realiza una descarga (5 Hm³/año) de los acuíferos al río en los últimos kilómetros de su recorrido, para posteriormente desembocar en el mar. Esta descarga en el balance se ha cuantificado como pérdidas al río. -- Durante los estiajes y dependiendo de las precipitaciones del año, hay sectores en el que el acuífero se encuentra muy deprimido debido a la concentración de las explotaciones, destacando en este aspecto las áreas más próximas a los pozos de abastecimiento a Málaga, donde se llegan a superarse los 10 m. por debajo del nivel del mar; estas depresiones no se prolongan hasta el litoral y en aguas altas se recuperan con facilidad.

La evolución piezométrica indica que las oscilaciones estacionales se condicionan bien con la pluviometría, no existiendo descensos continuados que puedan ser atribuidos a sobreexplotación.

En los sectores costeros marginales se presentan también zonas deprimidas negativas de modo más permanente, abiertas al mar, observándose indicios de intrusión marina.

Es preciso destacar que el 35 % de los recursos (24 Hm³/año) se destinan para el abastecimiento de Málaga. Estos recursos pueden verse modificados de diversas formas, en primer lugar por la construcción de embalses en los afluentes laterales de mayor entidad, principalmente Campanillas, Río Grande, Seco y Pereilas, que originarían su reducción. Por otra parte, existe una tendencia a la disminución de las aportaciones subterráneas procedentes de Sierra de Mijas, debido a su intensa explotación actual en su sector Noroccidental. Todo ello nos lleva a considerar la necesidad de la búsqueda e investigación de nuevos recursos que consideramos podrían obtenerse en los macizos carbonatados de cabecera del Sistema Yunquera-Nieves, con lo que también se mejoraría la calidad química de las aguas de estos acuíferos.

El acuífero detrítico ligado al río Fuengirola, presenta unas pérdidas al mar de unos 4 Hm³/año, si bien debido a bombeos intensivos localizados en el cauce del río a 1 km. de la costa se producen importantes descensos en estiaje, existiendo indicios de salinización. En algunos puntos próximos al litoral la superficie piezométrica permanece prácticamente constante bajo el nivel del mar durante el periodo de explotaciones, aunque en el momento en que se interrumpen éstas se produce la recuperación, fenómeno que es mucho más rápido en los sectores más próximos al río.

En este sistema los recursos pueden incrementarse mediante la explotación del acuífero carbonatado de cabecera (borde oriental de Sierra Blanca) y por la utilización de las aguas residuales depuradas del sector costero y de Mijas.

En la zona litoral situada entre Marbella y Estepona se localiza un acuífero costero que ocupa una estrecha franja de 40 kms de longitud y 2 kms. de anchura, constituida por materiales pliocénicos y cuaternarios arenosos. El comportamiento del acuífero es diferente dependiendo de la cuantía de las explotaciones y de las mayores o menores posibilidades de alimentación procedente de los arroyos que se inician en su cuenca alta; así el sector oriental al tener una cuenca en cabecera de materiales impermeables, contrasta negativamente con los sectores central y occidental, en los cuales, las cabeceras -

de cuencas, están constituidas por los materiales carbonatados de Sierra Blanca, de la Unidad Yunquera-Nieves y de las peridotitas de Sierra Bermeja.

Por todo ello existe una sobreexplotación localizada en el sector oriental y por otra parte se cuantifican unas salidas al mar de 3 Hm³/año en el resto del acuífero.

Este sistema en su sector central quedará modificado al realizarse el trasvase de los ríos Guadaiza, Guadalmina y Guadalmanza hacia el embalse de la Concepción con motivo de garantizar el abastecimiento urbano de la Costa del Sol Occidental; por lo que sus recursos quedarán disminuidos. No obstante, existe una posibilidad de suministrar nuevos recursos procedentes de los macizos carbonatados de cabecera, tanto al embalse de la Concepción como al resto del sistema.

Hacia el Este se localiza el acuífero costero de Manilva, de reducidas dimensiones y de recursos propios limitados, con la existencia de dos pequeños acuíferos carbonatados en cabecera que presentan 5 Hm³/año de recursos totales que se drenan mediante manantiales.

El río Guadiaro se caracteriza por presentar en cabecera acuíferos carbonatados con elevados recursos que se drenan por manantiales, ubicados en las cercanías de su cauce.

En los últimos balances efectuados se cuantifican unas elevadas pérdidas al mar procedentes del acuífero (13 Hm³/año), pero que son minoritarias en comparación con la aportación superficial a través de las aguas del río. Puesto que este sistema es el más excedentario de la cuenca, se considera necesaria su regulación.

Las areniscas del plioceno de Sotogrande, ubicadas en la desembocadura del Guadiaro, poseen 5 Hm³/año de recursos de los que gran parte se pierden al mar (3,8 Hm³/año).

Los acuíferos ligados a los cauces de los ríos Guadarranque y Palmos, constituidos por materiales detríticos del Plioceno y Cuaternario, presentan unas pérdidas al mar evaluadas en unos 6,5 Hm³/año, los bombeos son escasos y no existe intrusión salina. No obstante el hecho de que presentan una pendiente muy baja en su tramo final, ocasiona que el agua marina en la pleamar penetre a lo largo del cauce grandes distancias.

En este sistema se encuentran ubicadas en cabecera las presas de Guadarranque y Charco Redondo.

Consideraciones finales

Los acuíferos detríticos costeros se caracterizan por tener, generalmente, unos recursos propios bajos, mientras que los recursos ajenos son de mayor cuantía que los propios. En la mayor parte de la Cuenca Sur existen acuíferos carbonatados de cabecera cuyos recursos propios son los predominantes. En ellos existen manantiales cuyas salidas recargan a los acuíferos costeros inmediatos, o bien en época de aguas altas descargan a través de los ríos directamente al mar.

Por otro lado existen acuíferos carbonatados costeros, los cuales normalmente se descargan directamente al mar, tales son los casos de la Unidad de las Alberquillas en Sierra Tejeda-Almijara, el existente entre las poblaciones de Calahonda y Castell de Ferro y el sector de la Sierra de Gador al Oeste de la ciudad de Almería.

En cuanto a su situación actual, podemos establecer tres grandes grupos de acuíferos costeros. En primer lugar aquellos acuíferos que son excedentarios, en los cuales existen unas salidas importantes hacia el mar, en este grupo se incluyen los acuíferos del Campo de Gibraltar, el aluvial del Guadiaro, el carbonatado de Sierra Tejeda-Almijara, el detrítico de Motril-Salobreña y el delta del Adra.

Un segundo grupo de acuíferos sobreexplotados, en los cuales existen unos consumos anuales de las reservas, Campo de Dalías, Sector del Campo de Níjar.

Y un tercer grupo, en los cuales se origina una sobreexplotación temporal en época de estiaje con la formación de importantes depresiones que producen incrementos en la salinidad por intrusión marina.

En los acuíferos sobreexplotados es necesario incrementar los recursos ajenos, así en el Campo de Dalías, estos aportes provienen de la presa de Beninar en el río Adra. En el resto de los acuíferos las acciones a realizar dependerán fundamentalmente de la existencia o no de acuíferos carbonatados en cabecera. En el caso de no existir éstos, por ejemplo detrítico de Castell de Ferro, la posible solución sería la construcción de un embalse que retenga las escorrentías superficiales importantes (avenidas), que normalmente van al mar.

En el caso de acuíferos carbonatados en cabecera que es la norma casi general de la distribución de los acuíferos de esta cuenca, los aportes necesarios se pueden obtener mediante su regulación por baterías de sondeos (carbonatado de Albuñol), por galerías de captación (Guaro), mediante la construcción de presas (río Guadalfeo, río Verde de Marbella, Guadalhorce, río Vélez) o bien una regulación de tipo mixto como podría ser el río Verde de Almuñécar y los ríos Torrox y Algarrobo.

Esta regulación mixta tendría una doble finalidad, por un lado embalsar las escorrentías en régimen de avenidas, y por otro lado prolongados periodos de sequía, normales en esta región, las demandas se podrían satisfacer en base a la explotación de las reservas en los embalses subterráneos de cabecera.

No obstante hay que tener en cuenta que la construcción de una presa aguas arriba de un acuífero costero lleva consigo el que durante unos años, el periodo de tiempo existente entre el cierre de la presa y la puesta en servicio de los canales de riego, disminuyen en gran cuantía los recursos ajenos de ese acuífero costero (río Vélez, río Almanzora), y que por lo tanto se deberán prever desembalses modulados para su recarga y llegar así a una reconversión de la dinámica general del área, puesto que los nuevos regadíos van a generar un mayor retorno de riegos y una posible disminución de los bombeos existentes.

Otras alternativas para incrementar los recursos en los acuíferos -- sobreexplotados consistirían en trasvases desde los sistemas excedentarios -- junto con la utilización de las aguas residuales previamente depuradas.

También se considera de gran importancia las acciones en los cauces de los ríos que favorezcan la infiltración, como puede ser la utilización de excavaciones (graveras ... etc.), ejecución de balsas de percolación en los tramos más permeables y una tercera alternativa que en algunos casos podría ser la ejecución de pantallas subterráneas semipermeables, que generen embalses subterráneos con las consiguientes retenciones de flujo.

Como último aspecto, consideramos la necesidad de efectuar balances detallados en todos los sistemas acuíferos costeros en los que se cuantifiquen las salidas al mar y no sean éstas el término que se ajuste para cuadrar el balance. Para ello sería necesario realizar una red piezométrica completa, -- con determinación de los parámetros hidrodinámicos de los acuíferos y medidas de los gradientes hidráulicos y salinidades en las diferentes épocas del año.

BIBLIOGRAFIA.

- Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Cádiz. 1.985. Diputación de Cádiz.
Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Málaga (en edición). Diputación de Málaga.
Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Granada (en edición). Diputación de Granada.
Benavente Herrera, J. (1.982). Contribución al conocimiento hidrogeológico de los acuíferos costeros de la provincia de Granada. tesis Doctoral. Universidad de Granada.
C.H.S.E. (1.980). Plan Hidrológico Nacional. Avance.
C.H.S.E. (1.983). Estudios básicos para la redacción del Plan Hidrológico del Sur de España. 1ª Fasc.
C.H.S.E. (1.987). Estudio hidrológico de los ríos Vélez y Benamargosa.
I.G.M.E. (1.982). Aportación al Plan Hidrológico Nacional. Cuenca Sur. Sector Oriental.
I.G.M.E. (1.982). Aportación al Plan Hidrológico Nacional. Cuenca Sur. Sector Occidental.
I.G.M.E. (1.982). Estudio Hidrogeológico del Campo de Dalías. Almería.
I.G.M.E. (1.985). Estudio Geotérmico del Campo de Níjar.
I.G.M.E. (1.985). Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del río Guadalfeo y sectores costeros adyacentes (1ª y 2ª fases).