

CASTILLO, A. y FERNÁNDEZ-RUBIO, R. (1984)
"Hidrogeología de la cuenca vertiente a la Depresión de Padul (Granada)"
I Congreso Español de Geología, IV: 109-121

I Congreso Español de Geología. Tomo IV, págs. 109-121 (1984)

HIDROGEOLOGIA DE LA CUENCA VERTIENTE A LA DEPRESION DE PADUL (GRANADA)

CASTILLO MARTIN, Antonio*
FERNANDEZ-RUBIO, Rafael**

RESUMEN

La depresión de Padul es un área de descarga regional, que se sitúa en el borde de la ladera occidental de Sierra Nevada (a 20 Km al Sur de la ciudad de Granada), y recibe aportes de una superficie próxima a los 150 Km², aunque su cuenca hidrográfica vertiente sólo posee 55 Km².

Los principales acuíferos presentes corresponden a los materiales carbonatados triásicos, que se sitúan al Norte y Sur de la misma.

Los recursos que recibe son del orden de 37-53 Hm³/año.

La calidad físico-química de las aguas es aceptable, en general, para todos los usos, aunque hay que hacer notar la presencia de una contaminación por fertilizantes agrícolas en una parte de la misma, y la generación de aguas ácidas, procedentes de un yacimiento de turba, que se sitúa en su centro, el cual permanece aún en la actualidad, prácticamente inexplorado.

Consideraciones generales

El sector objeto de esta investigación se encuentra a 20 Km al Sur de la ciudad de Granada ; corresponde a la cuenca hidrográfica vertiente al río de La Laguna, a la altura del puente de Cozvfjar, situado sobre la carretera local que va de Cozvfjar a Conchar, y posee una superficie de 55 Km².

Han sido numerosos los estudios neolíticos realizados en su entorno geográfico, entre los que destacan las investigaciones de base de GONZÁLEZ DONOSO (1967), ALDAYA (1969) y GALLEGOS (1975).

* Departamento de Hidrogeología. Fac. Ciencias. Univ. Granada.

** Cátedra de Hidrogeología. Esc. Tecn. Sup. Ingenieros de Minas. Madrid.

Entre las investigaciones de tipo hidrogeológico, son de destacar los trabajos de CASAS (1975), PULIDO-BOSCH (1979), ENADINSA (1980) y CASTILLO MARTIN (1982), que estudian la hidrogeología regional.

El área, dentro de la cual se localiza la depresión de Padul, ha llamado la atención de estratígrafos, estructurólogos, paleontólogos y geomorfólogos, por sus peculiares y diversas características geológicas. Desde el punto de vista hidrogeológico, un hecho da personalidad a este sector, y es el de ser área de drenaje de una amplia superficie, que excede a la de su propia cuenca vertiente, en la que están fundamentalmente representados, materiales carbonatados triásicos de la "orla" alpujárride de Sierra Nevada. Un potente yacimiento de turba, situado en el centro de la depresión, complica el esquema de descarga, viniendo a realzar el interés hidrogeológico del área, ya que su explotación futura dependerá, en gran parte, del comportamiento hidrogeológico de su entorno.

Geología

LEYENDA

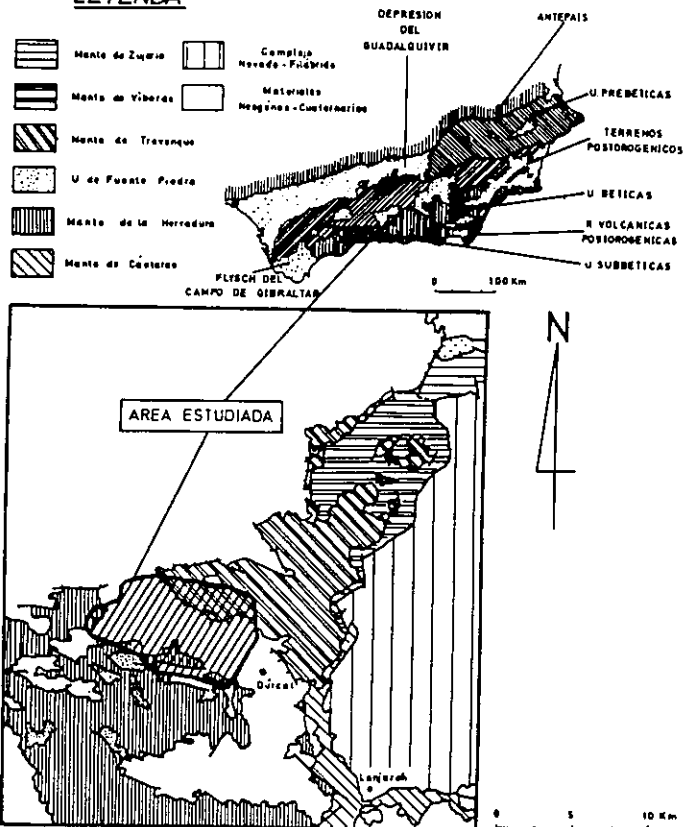


Figura 1.- Localización geológica del área de estudio (mapa superior tomado de FONTBOTE, 1965; inferior de ALDAYA et al., 1979)

El sector estudiado se encuentra en el ámbito de las Cordilleras Béticas, y de manera más concreta, en el contacto entre la Zona Bética (s. str.) y la Depresión de Granada (FONTBOTE, 1965; GONZALEZ DONOSO, 1967. Ver figura 1).

Según GALLEGOS (1971), la depresión de Padul (s. str.), sería una fosa tectónica subsidente, de dirección NW-SE, colmatada por materiales postorogénicos, de naturaleza detrítica, alternantes con formaciones de turba.

Los materiales béticos circundantes, representados por el manto alpujárride de Trevenque, están constituidos por filitas, calizo-dolomías y dolomías.

El contacto entre ambos conjuntos tiene lugar mediante las fallas de borde de Sierra Nevada, y de su correspondiente juego de fracturas antitéticas, que cierran la depresión por el Sur.

Características y comportamiento hidrogeológico de los distintos materiales

La depresión de Padul se puede considerar como el centro de drenaje de un amplio sector, cuyos límites hidrogeológicos, en líneas generales, no coinciden con los hidrográficos (PULIDO-BOSCH, 1979), al encontrarse desplazados hacia afuera de su cuenca hidrográfica vertiente.

Este es el caso de los materiales carbonatados triásicos, del borde septentrional, donde la divisoria hidrogeológica parece desplazarse hasta el río Dílar, y de los del borde meridional, donde la misma se desplazaría, dentro de la cuenca hidrográfica de la rambla de Cijancos, más al Sur. Por ello, es obligado analizar el comportamiento hidrogeológico, no sólo de los materiales ubicados en el entorno próximo al sector de estudio, sino de todos aquellos que drenarían hacia él.






En el área próxima a la depresión de Padul, se localizan, en principio, dos acuíferos netamente diferenciados, que corresponden a los materiales carbonatados triásicos del borde septentrional (sierra de El Manar), y del borde meridional (sierra de Los Molinos). Estos son los principales acuíferos del sector, pero existen otros materiales que se comportan, también, como acuíferos (o acuitardos), con la característica de que su alimentación prioritaria, proviene de los acuíferos antes mencionados. Quedaría, por fin, otro grupo de materiales, con comportamiento acuitardo-acuífero.

Dolomías del Triás (borde septentrional)

Se trata de las dolomías de la formación carbonatada del manto de Trevenque (Complejo Alpujárride), de edad Triás medio-superior.

Constituyen un acuífero por fisuración y, localmente, karstificación, de extraordinaria extensión e importancia; libre en las partes altas y confinado en las bajas, a causa del relleno de los materiales semipermeables de la depresión de Padul. En la cuenca hidrográfica, estrictamente vertiente a la depresión, aflora sólo en 14 Km², aunque por datos de balance se supone que la misma recibe agua de una superficie de 60 a 120 Km².

MATERIALES POSTOROGENICOS

	LITOLOGIA	EDAD	DENOMINACION
	detríticos (en general) y turba	CUATERNARIO	DEPRESION DE GRANADA: (PADUL - DURCAL)
	conglomerados	PLIOCENO-MIOCENO SUPERIOR	
	limos, arcillas y areniscas con yeso	MIOCENO MEDIO-SUPERIOR	
	calizas bioclásticas y organógenas		
	conglomerado bas.		

MATERIALES PREOROGENICOS




	dolomías "lakirilizadas"	TRIAS MEDIO-SUPERIOR	MANTO DE TREVENQUE (Alpujárride)
	calizas y calizo-dolomías	PERMO-VERFENENSE	
	filitas y cuarcitas		

Figura 2.- Columna estratigráfica del sector estudiado.

Con respecto a la permeabilidad de estos materiales, su extraordinariamente densa fracturación, incluso a pequeña escala, hace que se comporten como acuíferos de permeabilidad por porosidad intergranular. Se trataría de un caso muy especial, en el que pueden existir conductos privilegiados de circulación de agua, debidos a fenómenos tecto-kársticos, que delimitan bloques, dentro de los cuales la circulación es posible gracias a una permeabilidad por porosidad fisural intergranular.

Calizas y calizo-dolomías del Triás (borde meridional)

Se trata de las calizas y calizo-dolomías de la formación carbonatada del manto de Trevenque (aunque, para algunos autores, podría tratarse de otro manto denominado de La Herradura, ALDAYA et al., 1979, perteneciente también al Complejo Alpujárride), de edad Triás medio.

Constituyen un acuífero libre por fisuración y karstificación, que se hace semiconfinado en los bordes de la depresión de Padul. La extensión de este acuífero rebasa, ampliamente (igual que en el caso anterior), los límites de la cuenca hidrográfica vertiente, en la que sólo aflora sobre 5 Km², mientras que hay que suponer, igualmente, que la cuenca hidrogeológica se extiende a una superficie aproximada de 45 Km².

Debe su permeabilidad a los procesos de fracturación y karstificación. Aquí la circulación sí se efectúa, fundamentalmente, a través de grandes fracturas, de carácter distensivo, que drenan y alimentan, alternativamente, a los bloques capacitivos intermedios, donde los procesos de karstificación están poco desarrollados.

Calcarenitas bioclásticas del Mioceno (borde occidental)

Localmente denominadas como "maciños", su edad es Mioceno medio-superior.

Son materiales que se comportan como acuíferos, aunque de poca entidad en este sector, debido a la reducida superficie de afloramiento (7 Km²) y a su escasa potencia.

Debido a su permeabilidad a la porosidad intergranular, y a los fenómenos de fracturación e incipiente karstificación.

Este acuífero está conectado, hidráulicamente, con el de las calizas y calizo-dolomías triásicas del borde meridional, de las que reciben la mayor parte del agua que transmiten.

En algunos sectores, pueden presentar cierto carácter de semiconfinamiento, al existir sobre ellas un paquete impermeable limo-arcilloso del Mioceno superior.

Conglomerados del Plioceno (borde Suroriental)

Se trata de unos conglomerados muy heterométricos, con abundante matriz arcillosa, de edad Mioceno superior-Plioceno. Regionalmente son conocidos con los nombres de formación de Pinos Genil o Block Formation.

Se comportan como un acuífero pobre, con permeabilidad por porosidad intergranular. La mayor parte de sus recursos provienen de las dolomías triásicas del borde septentrional, con las que se ponen en contacto, indirectamente, a través de las formaciones de piedemontes que éstas han generado a lo largo de su borde.

Piedemontes del Cuaternario (borde septentrional)

Aparecen muy bien desarrollados, en todo el borde Norte y Noreste de la depresión de Padul, producidos a partir de la rápida y fuerte erosión de las dolomías triásicas, y favorecidos por los activos procesos neotectónicos de las fallas de borde. Su edad es cuaternaria y pueden llegar a sobrepasar la centena de metros de potencia.

Estos materiales, fundamentalmente conglomerados, pueden ser considerados en su conjunto, como un acuífero de permeabilidad por porosidad intergranular.

La mayor parte del agua que transmiten, la reciben, igual que en el caso anterior, de las dolomías triásicas del borde septentrional, con las que están íntimamente relacionadas, a través de las distintas fallas de borde que las separan.

Fallas del Permotriás

Con ellas iniciamos el comentario de los materiales que se comportan como acuitardos-acuícludos.

En general, por su litología y plasticidad, juegan un papel de acuitardos-acuícludos, y la impermeabilización total, a través de ellas, queda asegurada, cuando alcanzan potencias aceptables.

Constituyen el substrato impermeable de los acuíferos carbonatados del Triás antes comentados.

Limos, areniscas y arcillas con yeso del Mioceno (Lorde Noroccidental)

La edad de estos materiales es Mioceno superior y se encuentran sobre el acuífero de las calcarenitas bioclásticas, ya comentado.

Se trata de materiales de muy baja permeabilidad, que se comportan como acuitardos.

Gravas, arenas, limos, arcillas y turba del Cuaternario (centro de la depresión)

Dentro de este apartado se incluyen todos los materiales, de edad cuaternaria, que componen el paquete de relleno de la depresión de Padul, en sentido estricto.

Las permeabilidades son muy variables, por efecto de las distintas litologías presentes, pudiendo considerarse como acuíferos los lentejones y niveles de gravas y arenas, los cuales reciben el agua de los materiales de piedemonte, y como acuitardos-acuícludos los tramos arcillo-turbosos, los cuales confinan hidráulicamente a los anteriores.

En superficie, este paquete de materiales se comporta como impermeable, debido al predominio de arcillas y turba.

Acuíferos presentes

Acuíferos triásicos

Están situados al Norte y al Sur de la depresión de Padul.

Los relieves carbonatados situados al Norte (sierra de El Manar), correspondientes a las dolomías del manto de Trevenque (Complejo Alpujárride), presentan una superficie de afloramiento vertiente al sector de estudio, de 14 Km², si bien, en base a los datos de balance, pueden poseer una cuenca hidrogeológica vertiente, de 60 a 120 Km² de superficie. No se tienen datos concretos acerca del espesor de esta formación, aunque se supone que, en algunos puntos, puede llegar a los 1000 m.

La formación impermeable infrayacente está constituida por filitas de la base del mismo manto, cuando existen, ya que en muchos sectores se encuentran laminadas, por lo que no constituyen, en general, un nivel que asegure una desconexión hidráulica, con respecto a los materiales carbonatados inferiores del manto de Las Víboras (también Alpujárride).

Estos materiales se ponen en contacto con los detríticos de la depresión de Padul (s. l.), a través de grandes fallas normales de borde, que hunden el labio meridional, el cual no ha sido cortado bajo el depósito Neógeno-Cuaternario, que rellena la depresión, por ningún sondeo. Se sabe, sin embargo, por datos de geofísica eléctrica (PULIDO-BOSCH, 1979), que existen materiales altamente resistivos ($R = 500$ ohmios.m), bajo el relleno detrítico, a profundidades que oscilan entre 40 y más de 350 m.

Los relieves carbonatados situados al Sur de Padul (sierra de Los Molinos), corresponden a las calizas y calizo-dolomías del manto de Trevenque (o manto de La Herradura, para otros autores, ambos pertenecientes al Complejo Alpujárride), las cuales presentan una superficie de afloramiento vertiente a la depresión de 5 Km², aunque, por datos de balance, pueden recibir agua de una cuenca hidrogeológica próxima a los 50 Km². No se dispone de datos relativos a la potencia de estos materiales, aunque se supone que no deben sobrepasar los 200 m.

El nivel impermeable infrayacente está constituido, también, por filitas de la base del manto de Trevenque, que tampoco aseguran, en general, la desconexión hidráulica con los niveles carbonatados inferiores del manto de Las Víboras. Presentan, también, conexión hidráulica con las calcarenitas bioclásticas del Mioceno que, en algunos puntos, se disponen encima discordantemente. Con los materiales carbonatados del borde septentrional no parece que haya conexión hidráulica, al existir un límite de intercambio nulo bajo el relleno de la depresión de Padul, al menos a escala de flujo local. Estos materiales, se ponen en contacto con los de relleno de la depresión, de muy baja permeabilidad, en este sector, mediante fallas normales, que hunden el bloque septentrional.

Acuíferos neógenos

El acuífero formado por las calcarenitas bioclásticas del Mioceno, es el más importante de este grupo.

Presenta una superficie de afloramiento de 7 Km². Su potencialidad hidráulica es pequeña, debido, sobre todo, a su reducido espesor, del orden de los 60 m, como máximo.

Aparece dentro del sector estudiado, de forma más o menos subhorizontal, dispuesto discordantemente sobre los materiales carbonatados triásicos del borde meridional. Sobre él, se disponen, discordantemente, en algunos sectores, los limos y arcillas con yeso del Mioceno superior.

Los conglomerados de edad Mioceno superior-Plioceno (formación de Pinos Genil), constituyen un acuífero muy pobre, debido a su baja permeabilidad. El espesor de esta formación, en el sector, es considerable, ya que puede alcanzar los 100 m. Mantiene comunicación hidráulica con los materiales de piedemonte, por su borde septentrional y con las calizas y calizo-dolomías triásicas, por el meridional.

Se dispone de forma subhorizontal, discordantemente, sobre los limos y arcillas con yeso del Mioceno superior, que corresponden al nivel impermeable infrayacente (cuando existe). No se conoce, demasiado bien, todavía, su continuidad bajo el relleno cuaternario de la depresión de Padul y de los materiales de piedemonte, que se sitúan sobre sus bordes occidental y septentrional, respectivamente.

Acuíferos cuaternarios

Dentro del sector de estudio, están representados sobre una superficie de 10 Km². En general, tienen poca importancia, por sus escasas potencias que, en algunos puntos, pueden ser bastante aceptables, debido a las grandes subsidencias diferenciales ocurridas durante el Cuaternario, a favor de las principales fallas de borde que delimitan la depresión.

Tienen conexión hidráulica con los materiales carbonatados triásicos del borde septentrional, sobre todo, de los que reciben la mayor parte del agua que transmiten.

Características hidráulicas

Son aceptablemente numerosos los datos existentes que hacen referencia a las características hidráulicas de los distintos materiales acuíferos comentados.

Por la necesidad de síntesis, que caracteriza a este tipo de notas, referimos sólo los valores medios calculados para cada tipo de material acuífero, en base a los ensayos de bombeo realizados por PULIDO-BOSCH (1979) y ENADIMSA (1980).

Dolomías del Triás (borde septentrional)

Poseen una transmisividad media comprendida entre 2.400 y 4.800 m²/día. El gradiente hidráulico que presentan es del 4 por mil.

Calizas y calizo-dolomías del Triás (borde meridional)

Son pocos los datos de los que se dispone para conocer sus parámetros hidráulicos, sin embargo, la impresión general que dan, es la de materiales menos transmisivos que los anteriores. Una transmisividad media, con reservas, podría estar sobre los 2000 m²/día. El gradiente hidráulico es del orden del 4 por ciento.

Calcarenitás bioclásticas del Mioceno (borde occidental)

Poseen una transmisividad media comprendida entre 2000 y 4000 m²/día y un gradiente hidráulico del 3.5 por mil.

Conglomerados del Plioceno (borde Sureste)

Aunque existen numerosos puntos de agua, que captan a estos materiales, no se tienen datos acerca de sus parámetros hidráulicos dentro del sector de estudio. En otras áreas son normales transmisividades del orden de la centena de metros cuadrados día. El gradiente hidráulico que presentan es del 1.5 al 2.1 por ciento.

Piedemontes del Cuaternario (borde septentrional)

No se dispone, todavía, de suficientes datos relativos a sus parámetros hidráulicos; los ensayos realizados sobre los mismos, han arrojado valores para la transmisividad comprendidos entre 500 y 5000 m²/día. El gradiente hidráulico medio que presentan es del orden del 8 por mil.

Gravas, arenas, limos, arcillas y turba del Cuaternario (centro de la depresión)

Aunque son materiales con una gran variabilidad de transmisividades por separado, se presentan y comportan como un único paquete indiferenciable.

En base a los ensayos, de presión o de descarga, efectuados en los sondeos piezométricos surgentes, útiles, que existen en el centro de la depresión, se han obtenido unos valores para la transmisividad del conjunto de 8 m²/día (ENADIMSA, 1980).

Funcionamiento hidrogeológico

La depresión de Padul es el área de descarga de los acuíferos que la rodean, situados, principalmente, al Norte y al Sur.

La cuantía estimable de la descarga, tanto de los manantiales de borde, como de la subterránea, que se produce a través de los niveles arenosos confinados del relleno de la depresión, hace necesario suponer que las divisorias hidrogeológicas, se encuentran desplazadas respecto a las hidrográficas, lo cual es, por otra parte, lógico, ya que esta depresión tectónica, presenta una cota media de 728 m, inferior a la de los cauces de las cuencas hidrográficas limítrofes (al Norte, río Dilar y al Sur, rambla de Cijancos).

El agua drenada por la depresión de Padul, corresponde a la infiltrada del agua de lluvia caída sobre su cuenca hidrogeológica y a la parte del agua de los ríos que la atraviesan. Si tenemos en cuenta, que el volumen de agua drenado anualmente por la depresión es, aproximadamente, el triple del correspondiente a la lluvia útil media caída sobre su cuenca hidrográfica vertiente, se puede estimar una cuenca hidrogeológica de unos 120 a 170 Km² de superficie.

En relación a los aportes, habría que considerar los ligados a la escorrentía superficial de la cuenca vertiente a la depresión (que son mínimos); la lluvia útil caída sobre la misma, en sentido estricto; y la alimentación a partir de los acuíferos carbonatados triásicos, de sus bordes septentrional y meridional.

La alimentación septentrional fluye ortogonalmente al contacto entre los materiales acuíferos de piedemonte cuaternarios, y las dolomías triásicas, y se ve "frenada" por un cambio brusco de permeabilidades, al encontrar a los materiales impermeables del relleno de la depresión, lo que da lugar a la aparición de numerosos manantiales y salidas difusas, alineados a lo largo del borde de la misma.

Otra parte de la alimentación recibida continúa su flujo subterráneamente, a través de los lentejones de arenas y/o gravas, que se inter-

calan en el paquete arcillo-turboso del relleno. El agua recibida por dichos lentejones se drena a través de los conglomerados de la formación de Pinos Genil y de las calizas y calizo-dolomías triásicas, situadas al Sureste, produciéndose la descarga al río Dúrcal, que discurre por el límite oriental del sector estudiado, aguas abajo de la confluencia con el río de La Laguna. También se drena, ascensionalmente, a través de las discontinuidades del paquete detrítico-turboso. Este aporte es el responsable de buena parte del caudal que discurre por los canales de drenaje de la depresión, y que justifica el incremento de caudales aguas abajo de sus cabeceras.

La gran potencia del paquete detrítico-turboso, que rellena la depresión (más de 200 m, según los sondeos), su baja permeabilidad y la gran pérdida de carga originada durante la circulación vertical, reducen los caudales surgentes dentro de la misma, pero esta circulación, de tipo sifonante, que proviene de las dolomías triásicas del borde septentrional, fundamentalmente, se verá muy incrementada hacia la "corta" de una futura explotación de turba, si no se adoptan los dispositivos de drenaje periféricos adecuados.

El sector Suroccidental recibe una alimentación procedente de las calizas y calizo-dolomías triásicas del borde meridional. En este caso, no existe un flujo subterráneo hacia el interior de la depresión, ya que, en el mismo, los materiales de relleno son prácticamente impermeables, sin intercalaciones de arenas y gravas. La descarga se manifiesta en la aparición de una serie de manantiales alineados con el borde, la cota de los cuales da a entender una circulación oblicua al mismo, según la dirección NW-SE.

Hidroquímica

Dentro de la depresión de Padul, aparecen aguas con distintas características físico-químicas, las cuales se agrupan por familias. Cada una de las familias está ligada a un borde de alimentación, ya que las distintas composiciones se deben a los diferentes materiales que han tenido que atravesar en su flujo hacia la misma; es por ello, que el estudio hidroquímico se enfoca por bordes de alimentación.

En el cuadro nº 1, están sintetizadas las características físico-químicas medias y sus desviaciones típicas, para las aguas de los distintos bordes. Este cuadro se ha elaborado con el apoyo de 109 análisis físico-químicos completos, realizados en el verano-otoño de 1981 (por el Centro de Análisis de Aguas, S.A., de Murcia).

El borde Norte y Noreste recibe el agua del acuífero de las dolomías triásicas (en el Noreste existe una mayor influencia del quimismo de las aguas de los piedemontes). El Sur la recibe de las calizas y calizo-dolomías triásicas. El Oeste de las calcarenitas bioclásticas del Mioceno. El Este de los conglomerados de la formación de Pinos Genil. Y el "centro" de los niveles gravosos y arenosos confinados dentro del paquete arcillo-turboso de relleno de la depresión (los cuales han recibido el agua indirectamente de las dolomías triásicas del borde septentrional).

Todas las facies hidroquímicas medias son bicarbonatadas; magnésicas, las de los bordes Noreste, Este y Oeste; cálcico-magnésicas, las de

	Borde Norte		Borde Sur		Borde Este		Borde Noreste		Borde Oeste						
Cl ⁻	10'1	3	0'29	14'2	0	0'40	17'7	4	0'53	11'3	8	0'33	44'2	27	1'25
SO ₄ ⁼	46'3		0'96	74'0	32	1'55	171'3	42	3'62	101	47	2'12	32'5	31	0'67
CO ₃ H ⁻	287'7	17	4'71	303'9	10	4'92	369	56	6'0	341'7	44	5'60	308	65	5'00
NO ₃ ⁻	13'0		0'21	19'2	7	0'29	25'7	12	0'41	13'8	6	0'21	39	21	0'63
Na ⁺ + K ⁺	4'5	--	0'18	7'7	--	0'30	13'3	--	0'52	7'9	--	0'30	29'6	--	1'25
Mg ⁺⁺	35'8	12	2'94	42'0	6	3'46	68'7	20	5'76	54'3	14	4'40	41'9	18	3'45
Ca ⁺⁺	62'4	5	3'11	64'3	4	3'25	38'1	11	3'98	69'5	8	3'40	67	2	3'00
Cond.	481	83	--	563	34	--	756	109	--	623	70	--	634	173	--
S. d.	460	72	--	576	34	--	744	104	--	600	92	--	557	162	--
	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	\bar{x}	D.T.	\bar{x}
	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l

	Centro			Total		
Cl ⁻	9'5	4	0'27	20'0	19	0'56
SO ₄ ⁼	23'3	21	0'48	83'2	68	1'73
CO ₃ H ⁻	313'2	7	5'13	317'4	43	5'20
NO ₃ ⁻	11'9	6	0'19	23'5	20	0'38
Na ⁺ + K ⁺	3'8	--	0'16	13'6	--	0'54
Mg ⁺⁺	32'4	7	2'67	46'1	17	3'79
Ca ⁺⁺	65'4	6	3'27	69'3	12	3'46
Cond.	516	13	--	613	149	--
S. d.	459	26	--	573	150	--
	\bar{x}	D.T.	\bar{x}	\bar{x}	D.T.	\bar{x}
	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l

Cuadro 1.- Características físico-químicas medias y desviaciones típicas, para las aguas de los distintos bordes de alimentación.

los bordes Norte y Sur; y cálcicas las del "centro". La cantidad media de sólidos disueltos oscila entre 460 (borde Norte y "centro") y 744 mg/l (borde Este). La calidad físico-química de las aguas, para los distintos usos, es aceptable, a escala global, aunque a este respecto hay que hacer referencia a dos situaciones particulares que se dan dentro de la depresión, y que originan aguas de mala calidad. Una se debe a la contaminación por abonos químicos de una parte de la vega alta de Padul (CASTILLO MARTIN, 1983), y otra a las aguas de drenaje, natural e inducido, de las incipientes explotaciones de turba, las cuales en los casos más desfavorables, dan contenidos salinos por encima de los 4.500 mg/l y facies sulfatada magnésico-sódica.

Balance hídrico

El balance hídrico de la cuenca vertiente a la depresión de Padul, no se puede abordar, simplemente, a partir de los valores de la lluvia útil media obtenida para ella (que fué de 163 mm; CASTILLO MARTIN, 1982), ya que la divisoria hidrográfica no coincide con la hidrogeológica, como ya se ha comentado repetidamente.

En estas condiciones se abordan las entradas subterráneas a la depresión, mediante la aplicación de la ley de DARCY a los distintos bordes de alimentación, en base al conocimiento de sus diferentes parámetros hidráulicos.

A continuación se presenta, de forma sintética, el balance global estimado, haciendo la salvedad de que se trata sólo de una aproximación a los órdenes de magnitud, ya que en el caso actual, son necesarios estudios más completos, a fin de conocer con mayor exactitud los parámetros hidráulicos de los distintos materiales, en sus bordes con la depresión, y un mayor equipamiento instrumental dentro de la misma.

<u>Entradas</u>	Caudal (l/seg)	Aportes (Hm ³ /año)
Borde Norte y Este.....	500 a 1000	16 a 32
Borde Oeste.....	100	3
Borde Suroeste.....	270	9
Acequias de derivación (río Dúrcal). Escorrentía superficial y lluvia útil directa.....	130	4
	170	5
Total entradas.....	1170 a 1670	37 a 53

<u>Salidas</u>		
Salida superficial al río de La Laguna.....	570	18
Evaporación directa y evapotranspi- ración real.....	150	5
Explotación.....	130	4
Salidas subterráneas ocultas.....	320 a 820	10 a 26
Total salidas	1170 a 1670	37 a 53

Resumen y conclusiones

- La depresión de Padul es el centro de drenaje de una amplia cuenca hidrogeológica, cuyos límites se extienden más allá de la cuenca hidrográfica vertiente.
- En el entorno de la misma existen dos importantes acuíferos, desarrollados en los materiales triásicos carbonatados del manto de El Trevenque (Complejo Alpujárride; Zona Bética): en el borde Norte (sierra de El Manar) y en el borde Sur (sierra de Los Molinos), los cuales poseen unas superficies vertientes a la depresión de 60 a 120 y de 40 a 50 Km², respectivamente, necesarias para justificar sus excesivos recursos.
- La circulación de aguas subterráneas, hacia la depresión, tiene lugar:
 - Por flujos subhorizontales:
 - . desde los acuíferos carbonatados del borde Norte y Sur,
 - . desde las calcarenitas del borde Suroeste, y
 - . desde y a través de los piedemontes del borde Norte y Este.
 - Por flujos subverticales:
 - . desde las calcarenitas y conglomerados de base, y
 - . a través de las intercalaciones de arenas, gravas y limos que se indentan con la turba.

- Muy posiblemente hay un flujo regional, desde otras cuencas (rfo Dñlar y rambla de Cijancos), y un límite de intercambio nulo bajo el relleno de la depresión.
- Las aguas son bicarbonatadas, y generalmente cálcico-magnésicas. Las de menor contenido salino proceden de los acuíferos carbonatados triásicos de los hordos Norte y Sur. La calidad de las mismas, para los distintos usos, es aceptable, salvo en algunos sectores, debido a contaminaciones de tipo agrícola y minero.
- Los recursos totales (de la depresión) son del orden de los 37 a 53 Hm³/año.

Bibliografía

- Aldaya, F. (1969). LOS MANTOS ALPUJARRIDES AL SUR DE SIERRA NEVADA. Tesis Doctoral (inéd.). 380 págs. Univ. Granada.
- Aldaya, F.; García Dueñas, V. y Navarro Vilá, F. (1979). LOS MANTOS ALPUJARRIDES DEL TERCIO CENTRAL DE LAS CORDILLERAS BÉTICAS. ENSAYO DE CORRELACION TECTONICA DE LOS ALPUJARRIDES, Acta Geol. Hisp. 14. "Homenaje a Lluís Solé i Sabarís". Barcelona.
- Casas, D. (1975). HIDROGEOLOGIA DEL VALLE DE LECRIN (provincia de Granada). Tesis de Licenciatura (inéd.). 165 págs. Univ. Granada.
- Castillo Martín, A. (1982). ESTUDIO HIDROQUIMICO DE LA DEPRESION DE PADUL (Granada). Tesis de Licenciatura (inéd.). 227 págs. Univ. Granada.
- Castillo Martín, A.; Cañada, P. y Sánchez Fresneda, V. (1983). UN EJEMPLO DE CONTAMINACION URBANA Y AGRICOLA EN EL ACUIFERO DE LA VEGA ALTA DE PADUL (Granada). III. Simp. Nac. Hidrog. T. VIII. 457-469. Madrid.
- ENADIMSA (1980). INVESTIGACION DE CARBON EN ARENAS DEL REY Y PADUL. Plan Energ. Nacional (inéd.). Madrid.
- Fontboté, J.M. (1965). LAS CORDILLERAS BÉTICAS. In "Mapa Geológico de España y Portugal". Ed. Paraninfo, Madrid.
- Gallegos, J.A. (1971). LOS ALPUJARRIDES AL NW DE SIERRA NEVADA (Cordilleras Béticas). Nota prelim. Cuad. Geol. Univ. Granada. 1: 71-78. Granada.
- Gallegos, J.A. (1975). LOS ALPUJARRIDES AL W DE SIERRA NEVADA. Tesis Doctoral. 494 págs. Univ. Granada.
- Gonzalez Donoso, J.M. (1967). ESTUDIO GEOLOGICO DE LA DEPRESION DE GRANADA. Tesis Doctoral (inéd.). 149 págs. Univ. Granada.
- Puñido Bosch, A. (1979). APORTACION AL CONOCIMIENTO DE LA HIDROGEOLOGIA DE LOS ALPUJARRIDES Y SUS BORDES, EN EL EXTREMO OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA. Mem. Fund. J. March (inéd.). 189 págs. Granada.