

I Congreso Español de Geología. Tomo IV, págs. 87-97 (1984)

EVOLUCION HIDROQUIMICA EN LOS CANALES DE DRENAJE
DE LA TURBERA DE PADUL (GRANADA)

CASTILLO MARTIN, Antonio*

RESUMEN

Se aborda el estudio de la evolución hidroquímica de cuatro canales de drenaje ("madres"), ubicados en el centro de la depresión de Padul (Turbera de Padul, situada a 20 Km al Sur de la ciudad de Granada), como metodología de trabajo válida para detectar, junto con los controles fononómicos y termométricos correspondientes, aportes difusos de aguas subterráneas a los mismos. Asimismo, ha sido objeto también de esta investigación, el estudio de los contenidos salinos de estas aguas, para detectar posibles efectos de lixiviados, producidos a su paso por la superficie del yacimiento de turba de Padul (prácticamente inexplorado).

Como resultado de esta técnica de estudio, se ponen de manifiesto nuevas zonas de aporte de agua, en dos de los cuatro canales muestreados. Respecto al segundo objetivo considerado, hay que decir que el yacimiento de turba, en su estado natural inexplorado, es muy poco contaminante, frente a la acción del lixiviado de estas aguas de escorrentía.

Introducción

La Turbera de Padul, coloquialmente, corresponde a un yacimiento de turba, de forma lenticular, de 4 Km² de superficie, que se encuentra interestratificado en la parte superior del relleno detrítico neógeno-cuaternario de la depresión de Padul (situada a 20 Km al Sur de la ciudad de Granada; figura 1).

Esta depresión que, en sentido estricto, posee una superficie de 14 Km², es de tipo endorréico y constituyó un medio lagunar (en el cual se formó el yacimiento de turba), hasta que a finales del siglo XVIII, fué drenada artificialmente, por motivos sanitarios y agrícolas, a partir de una serie de canales.

Denominados localmente como "madres", además de servir de canalización de las aguas que afluyen superficialmente a la depresión, recogen también toda una serie de descargas subterráneas definidas (manantiales), situadas a lo largo de sus bordes, y difusas (zonas pantanosas, charcas...), localizadas en su centro. En la actualidad drenan un caudal medio

* Ipto. Hidrogeología. Fac. Ciencias. Univ. Granada.
Centro coordinado del C.S.I.C.

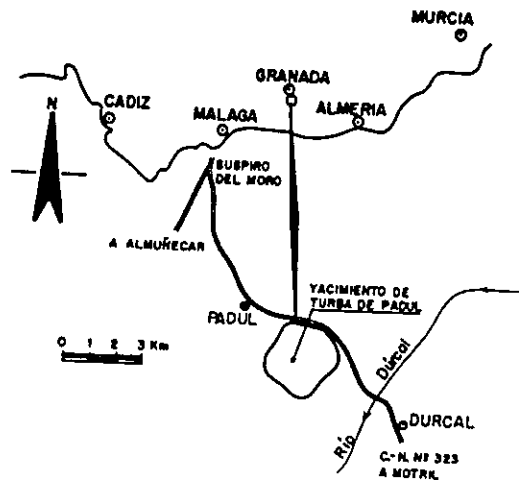


Figura 1.- Localización geográfica del yacimiento de turba de Padul (Granada).

conjunto de 600 l/s, que discurre por la parte superior del yacimiento, el cual permanece aún prácticamente inexplorado.

El estudio de los perfiles hidroquímicos de las "madres" más representativas, fué parte de una investigación de base, acerca del impacto en la calidad de las aguas por el yacimiento de turba, con la que se pretendía ver como evolucionaba la calidad físico-química de las mismas, frente a posibles efectos de lixiviado, sobre la parte superior del yacimiento, al mismo tiempo, que intentó poner de manifiesto los cambios de quimismo, debidos a aportes subterráneos difusos.

Consideraciones hidrogeológicas

La depresión de Padul es un área de descarga regional. En ella se centraliza el drenaje de una superficie próxima a los 150 Km², la mayor parte de los cuales corresponden a afloramientos carbonatados triásicos, que la rodean por el Norte y Sur, los cuales constituyen los principales acuíferos del entorno.

Los recursos que recibe oscilan entre 37 y 53 Hm³/año y las salidas tienen lugar, fundamentalmente, a través de la descarga de todos los manantiales de su borde y de las emergencias difusas de su centro, que son recogidas, en última instancia, por el río de La Laguna, colector principal de todos los canales de drenaje. Otra parte de las mismas, fluyen, de forma subterránea, a través de los conglomerados de base (Mioceno superior-Plioceno), y de los niveles más arenosos que se encuentran interes-

tratificados, en el paquete detrítico-turboso impermeable, de relleno de la depresión.

Para mayor información se puede consultar las investigaciones hidrogeológicas de base de CASAS (1975), PULIDO-BOSCH (1979), ENADIMSA (1980) y CASTILLO MARTIN (1982).

Metodología de trabajo

Una vez definidos los objetivos que se pretendían alcanzar con esta investigación, se procedió a seleccionar los cauces ("madres"), sobre los que se iba a llevar a efecto. Se eligieron los cuatro más idóneos para los fines que se perseguían, cuya característica común fué la de disponer de un caudal aceptable y atravesar en todo su recorrido al yacimiento de turba. Las "madres" consideradas fueron: Blanca, Maestra Capucha, Quiti y Río Viejo (figura 2), siendo Maestra Capucha y Río Viejo las más representativas.

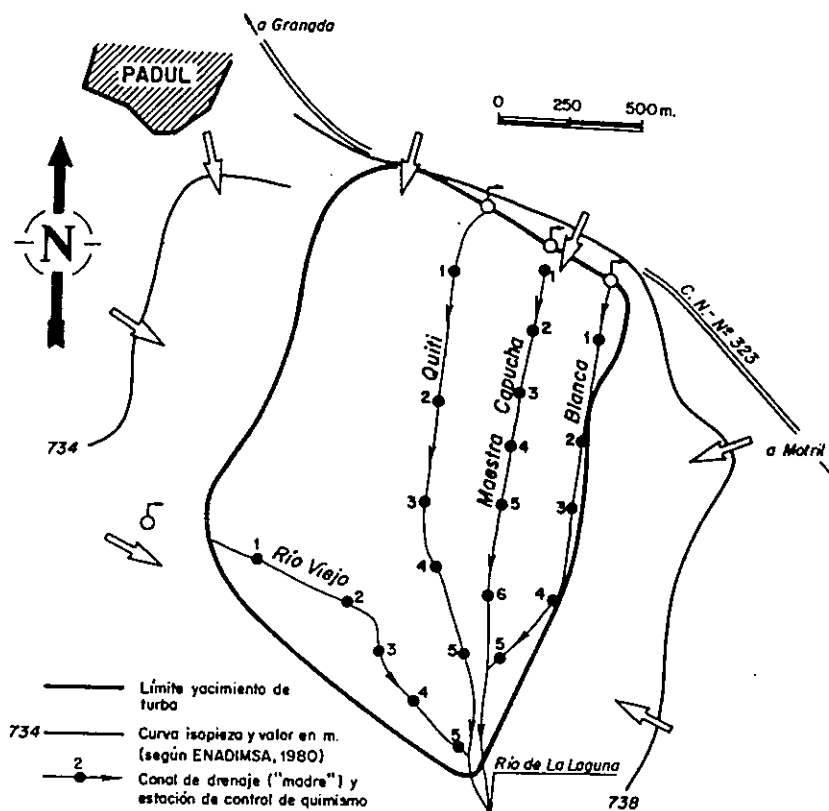


Figura 2.- Esquema de situación de las "madres" muestreadas, con las estaciones de control consideradas.

Afortunadamente, se pudo disponer de los perfiles topográficos de todas estas "madres", los cuales fueron realizados por personal del Ministerio de Agricultura y cedidos gentilmente para esta investigación.

A partir de estos perfiles, se procedió al diseño de la red de puntos de control, que se estableció, a "grosso modo", situando la estación n° 1, lo más aguas arriba posible, dentro del yacimiento de turba, y distanciando las sucesivas de 200 a 400 m, según los casos, hasta salir del mismo.

El muestreo de la "madre" Maestra Capucha se efectuó el día 15/VII/81, con la toma de datos y muestras en 6 estaciones de control, el de las restantes "madres" se realizó los días 7 y 8/VIII/81, a partir de los datos obtenidos para 5 estaciones, en todos los casos (figura 2).

En cada uno de los puntos de control se procedió a la recogida de una muestra de agua, de la que se analizaron: cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos, nitritos, sodio, potasio, calcio, magnesio y litio, al mismo tiempo que se tomaron, "in situ", los siguientes datos: situación, naturaleza del fondo y paredes, velocidad de la corriente, caudal, temperatura ambiente y del agua, pH y conductividad.

Las "Madres" (canales de drenaje)

Como ya se ha comentado, fueron realizadas a final del siglo XVIII, para dar salida a las aguas de la cuenca endorréica, que constituían un lago en su centro, con fines sanitarios y agrícolas. Debido a sus peculiares características, es conveniente hacer una mera descripción de las mismas, antes de entrar en el comentario de los aspectos hidroquímicos de cada una de ellas.

Tienen su origen en las diferentes zonas de emergencia, tanto difusas como localizadas, a partir de las que siguen, generalmente, un trazado recto, aunque no se puede decir que descendente, ya que las diferencias de cota entre nacimientos y salidas es mínima, existiendo tramos intermedios situados a menor cota incluso que las de las salidas. Esto condiciona un flujo extremadamente lento (velocidad inferior a 20 cm/s, en superficie), lo cual favorece, junto a otros factores condicionantes, el crecimiento de grandes cantidades de algas, que obstruyen y ralentizan, aún más, el flujo. Sin embargo, frente a esta situación favorable a una mayor lixiviación de los materiales que atraviesa, la naturaleza, extremadamente impermeable, de sus bordes y fondo de tipo arcilloso, ponen estas aguas al resguardo, generalmente, de tramos de turba, que son los más contaminante potencialmente, por lixiviación (CASTILLO MARTIN, 1983).

Sus dimensiones, en cuanto a anchura y profundidad, son muy variables de unas a otras, oscilando estas entre 1-5 m y 0,5-3 m, respectivamente. El caudal que circula a través de ellas es extremadamente variable para cada una, estando las medias comprendidas entre 20 y 600 l/s, en los casos más extremos.

"Madre" Blanca

Es la de menor caudal de todas y discurre por el límite oriental del yacimiento, al que corta de Norte a Sur. La distancia entre las estaciones 1 y 5, es de 1520 m y la diferencia de cota mínima, existiendo un umbral importante a lo largo de las estaciones 2, 3 y 4 (figura 3).

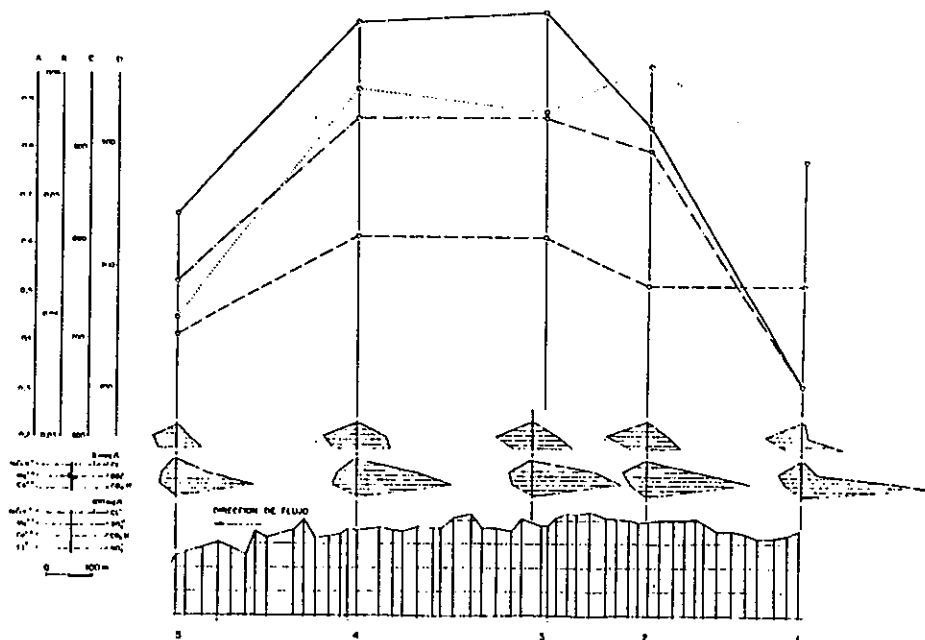


Figura 3.- Perfil topográfico (abajo) e hidroquímico (arriba), de la "madre" Blanca (A- raya continua. $rCl^- + rSO_4^{2-}/rCO_3H^-$. B- raya discontinua. $rNa^+ + rK^+/rCa^{++} + rMg^{++}$. C- raya de puntos. Sólidos disueltos en mg/l. D- raya-punto. Sulfatos en mg/l).

Las características físico-químicas de sus aguas, pueden observarse en el cuadro 1. A partir de ellas se ha elaborado el perfil hidroquímico correspondiente (figura 3).

A la vista de dicho perfil se comprueba que existe una evolución "lógica" de aumento de la salinidad hasta la estación 4, inclusive, ya que la n° 5 presenta una menor concentración, lo que encaja bien con el incremento de caudal observado entre las estaciones 4 y 5, por métodos foronómicos. La conclusión que se obtiene, es la de un aporte, de buena calidad, que debe provenir del acuífero de los conglomerados pliocenos de la formación de Pinos Genil, situado inmediatamente al Este del tramo mencionado.

Estación	Cl	SO ₄ ⁼	CO ₃ H ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Li ⁺	Cond.	S.d.
Nº 1	21	64	561	0	0.00	9	95	72	2.5	0.0	821	825
" 2	14	249	464	6	0.00	11	105	72	0.1	0.0	870	921
" 3	14	278	391	6	0.00	9	90	80	7.1	0.2	821	875
" 4	14	278	403	10	0.50	9	83	100	6.3	0.2	845	904
" 5	7	143	354	20	0.00	5	61	72	0.8	0.0	435	663
Media	14	202	435	9	0.10	9	87	79	3.4	0.1	758	838

Quadro 1.- Características físico-químicas de las aguas de la "madre" Blanca (cifras en mg/l, salvo cond. en μ mhos/cm).

Las facies hidroquímicas son para todos los casos bicarbonatadas magnésicas, estando los sólidos disueltos comprendidos entre 663 y 921 mg/l. La calidad físico-química de las aguas, para el consumo humano, es comprometida, debido a los altos contenidos existentes en magnesio (según la nueva Reglamentación Técnico-Sanitaria) y bicarbonatos. Desde el punto de vista de la aptitud para riego, corresponden al tipo C₃-S₁, según la clasificación del U.S.S.L.S.* (1954), lo que indica que se trata de aguas medianamente salinas, válidas para el regadío en suelos con buen drenaje.

"Madre" Maestra Capucha

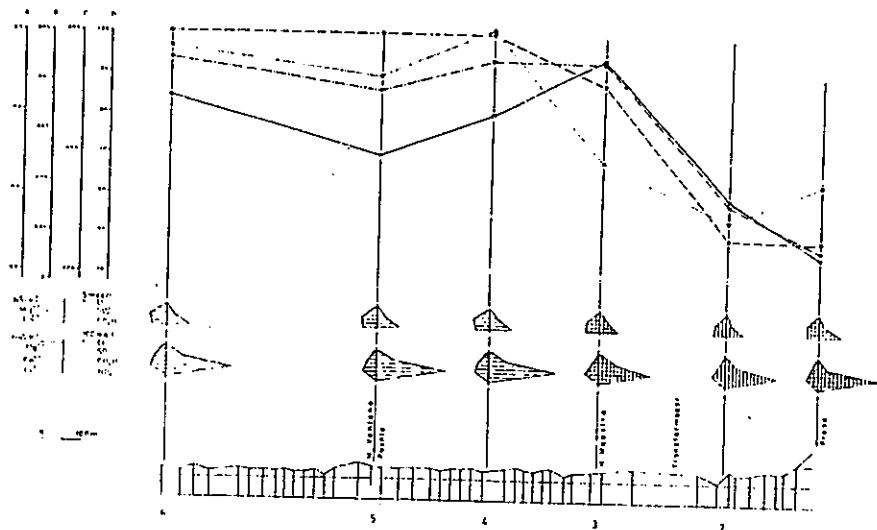


Figura 4.- Perfil topográfico (abajo) e hidroquímico (arriba), de la "madre" Maestra Capucha (leyenda en el pie de la figura 3).

* United States Salinity Laboratory Staff

Atraviesa de Norte a Sur el yacimiento, por su sector oriental. Su longitud desde la estación 1 a la 6, es de 1700 m, entre las que no hay apenas diferencia de cota, existiendo una gran meseta entre las estaciones 2 y 6. Discurre paralela a la anterior por su lado Oeste y entre ambas se encuentra, en cabecera, una pequeña explotación de turba (Aguadero).

En su parte alta, entre las estaciones 1 y 3, recibe todos sus aportes, mediante salidas, fundamentalmente, difusas. Aguas abajo desembocan a ella las "madres" Maestra (inmediatamente después de la estación 3) y Ventano (aguas abajo de la estación 5).

Las características físico-químicas de sus aguas pueden observarse en el cuadro 2. A partir de ellas se ha elaborado el perfil hidroquímico correspondiente (figura 4).

Estación	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ H ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Li ⁺	Cond.	S.d.
Nº 1	7	48	317	8	0.00	2	41	64	0.1	0.0	505	487
" 2	7	58	281	0	0.00	2	34	68	0.1	0.0	454	449
" 3	7	93	281	1	0.50	4	39	68	5.2	0.2	484	496
" 4	14	93	354	14	0.50	8	51	68	1.8	0.0	591	604
" 5	7	86	342	9	0.10	7	49	72	1.7	0.0	591	564
" 6	14	93	342	11	0.30	8	51	68	2.3	0.0	591	589
Media	10	79	320	5	0.23	5	44	68	1.9	0.0	536	532

Cuadro 2.- Características físico-químicas de las aguas de la "madre" Maestra Capucha (valores en mg/l, salvo cond. en μ hos/cm).

Como puede observarse, las características físico-químicas obtenidas para las estaciones 3, 4 y 5 apenas si difieren, hecha la salvedad de una ligera baja en la estación 5. Las diferencias con las estaciones 1 y 2 son también pequeñas, aunque estas presentan contenidos salinos algo más bajos, como era de esperar.

Las facies hidroquímicas que, en cabecera eran bicarbonatadas cálcico-magnésicas, pasan a ser magnésicas, aguas abajo, a partir de la estación 4. La cantidad de sólidos disueltos oscila entre 449 y 604 mg/l. La calidad físico-química de sus aguas, para el consumo humano, sería muy buena, si no fuera por los nitritos encontrados (los cuales están totalmente proscritos, para este tipo de uso), que evidencian un medio reductor, falta de oxígeno.

Desde el punto de vista de su aptitud para el riego, son del tipo C₂-S₁, lo que las hace adecuadas para el mismo, en cualquier tipo de terreno.

"Madre" Quiti

Atraviesa de Norte a Sur el yacimiento, por su sector central, discurre paralela a la anterior, por el Oeste. Su longitud desde la estación 1 a la 5 es de 1420 m, entre las que el perfil topográfico vuelve a ser de tipo meseta, con umbrales en las estaciones 2 y 4. Tiene su origen en El

Ojo Oscuro, manantial muy conocido localmente, aguas abajo del cual recibe otros aportes de forma difusa, antes de llegar a la estación 2.

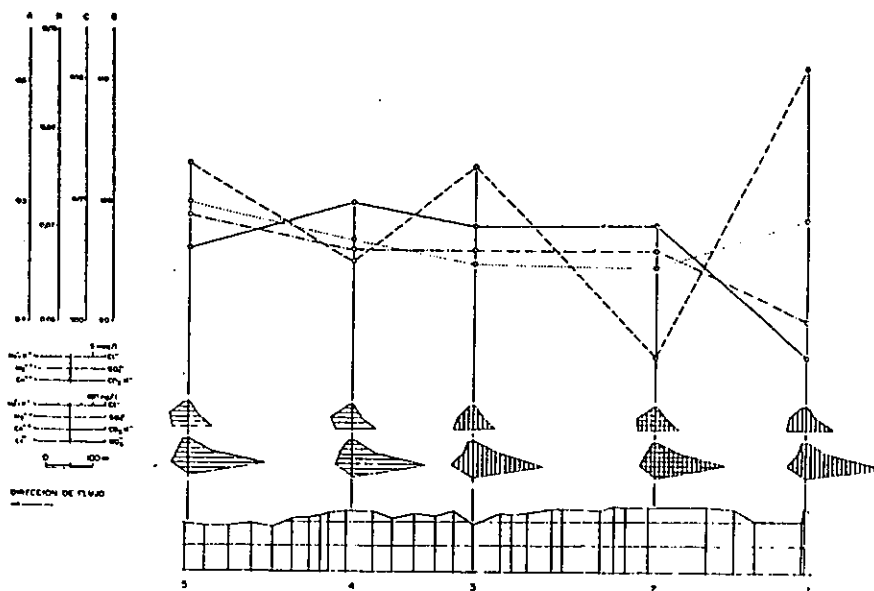


Figura 5.- Perfil topográfico (abajo) e hidroquímico (arriba), de la "madre" Quiti (leyenda en el pie de la figura 3).

Las características físico-químicas de sus aguas están reflejadas en el cuadro 3; a partir de ellas se ha elaborado el gráfico de evolución hidroquímica correspondiente (figura 5).

Se trata de la "madre" que presenta mayor regularidad en sus características físico-químicas, excepción hecha de una ligera baja de la salinidad en la estación 2, respecto de las demás.

Estación	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ H ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Li ⁺	Cond.	S.d.
Nº 1	14	93	354	17	0.00	12	41	80	4.7	0.0	435	617
" 2	14	109	317	9	0.00	8	46	68	2.6	0.0	591	575
" 3	14	109	317	6	0.00	11	37	80	3.9	0.0	591	579
" 4	21	109	330	8	0.00	9	51	64	3.6	0.0	591	596
" 5	14	113	342	17	0.00	11	49	72	6.6	0.4	616	624
Media	16	107	332	12	0.00	11	45	73	4.3	0.1	565	598

Cuadro 3.- Características físico-químicas de las aguas de la "madre" Quiti (valores en mg/l, salvo cond. en µmhos/cm).

Las facies hidroquímicas, que en cabecera eran bicarbonatadas cálcicas y cálcico-magnésicas, pasan a ser en las estaciones 4 y 5, magnésicas. La cantidad de sólidos disueltos oscila entre 575 y 624 mg/l; la calidad físico-química de las aguas, para el consumo humano, es muy buena. Desde el punto de vista de su aptitud para el riego, corresponden, también, al tipo C₂-S₁.

"Madre" Río Viejo

Atraviesa de Oeste a Este al yacimiento, por su borde meridional. Su longitud desde la estación 1 a la 5 es de 1450 m, siendo el perfil topográfico correspondiente de tipo meseta, igual que los anteriores. Tiene su origen en el entorno de los manantiales de Los Molinos, a partir de estos y de salidas difusas. Aguas abajo, entre las estaciones 2 y 3 atraviesa a una pequeña explotación de turba (Agia).

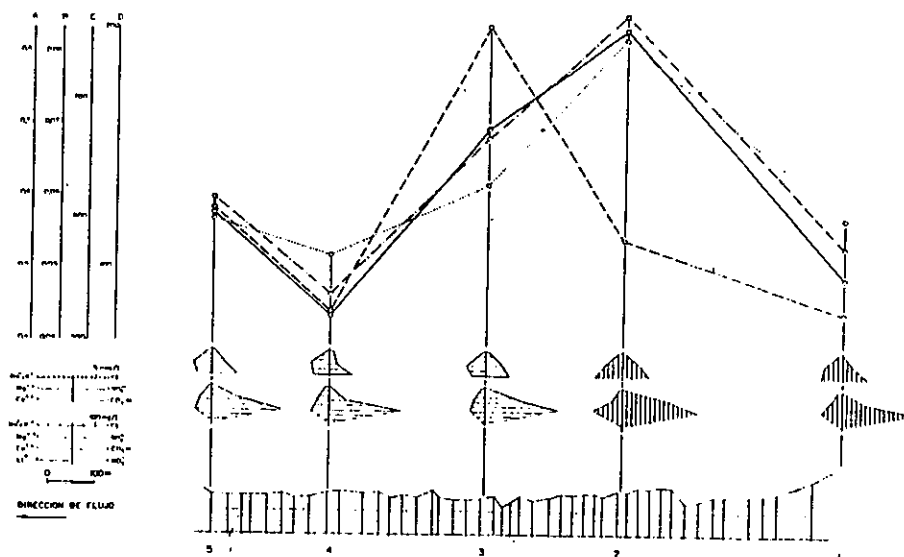


Figura 6.- Perfil topográfico (abajo) e hidroquímico (arriba), de la "madre" Río Viejo (leyenda en el pie de la figura 3).

Las características físico-químicas de sus aguas pueden observarse en el cuadro 4; a partir de ellas se ha elaborado el gráfico de evolución hidroquímica correspondiente (figura 6).

Esta "madre", junto con la de Blanca, es la que ofrece mayores variaciones de quimismo, las cuales son relativamente notables para los contenidos de sulfatos y calcio, sin que exista correlación entre ambos.

Después de una rápida subida de la salinidad, al atravesar materiales más turbosos, entre las estaciones 1 y 3 (turbera de Agia), esta desciende hasta llegar a ser mínima en la estación 4.

Estación	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ H ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	Li ⁺	Cond.	S.d.
Nº 1	14	97	317	11	0.00	7	41	88	2.3	0.0	548	576
" 2	14	194	342	9	0.00	9	44	112	1.9	0.0	643	727
" 3	14	143	317	0	0.00	13	54	64	1.6	0.0	558	607
" 4	14	78	317	9	0.00	6	46	72	1.6	0.0	548	545
" 5	14	117	317	0	0.00	7	49	64	2.3	0.0	569	570
Media	14	126	322	6	0.00	8	47	80	1.9	0.0	553	605

Cuadro 4.- Características físico-químicas de las aguas de la "madre" Río Viejo (valores en mg/l, salvo cond. μ hos/cm).

La baja de salinidad relativa, que se presenta entre las estaciones 3 y 4 se debe, posiblemente, a un aporte subterráneo difuso desde el acuífero carbonatado triásico, situado inmediatamente al Sur. Los controles foronómicos y termométricos reflejaron, en su momento, un tramo con más caudal y temperatura algo inferior (tomada en verano), a la del resto del cauce, lo que vendría a apoyar la hipótesis anterior.

Las facies hidroquímicas, que eran bicarbonatadas cálcicas en cabecera, pasan a ser magnésicas aguas abajo, a partir de la estación 3. La cantidad de sólidos disueltos oscila entre 545 y 727 mg/l, siguiendo la tónica general, siendo la calidad físico-química de las aguas, para consumo humano, aceptable. Desde el punto de vista de su aptitud para el riego, son del tipo C₂-S₁, igual que las anteriores.

Conclusiones

- Cada uno de los gráficos de evolución comentados viene condicionado: por los distintos materiales que la "madre" atraviesa; por el caudal de la misma; por los aportes que recibe en cada momento, tanto superficiales como subterráneos; por la velocidad del agua... etc. Estos factores condicionantes son los responsables de que para cada "madre", el gráfico de evolución sea distinto, los cuales además serán variables en el tiempo, al cambiar los factores condicionantes.

- A la vista de los perfiles hidroquímicos y de los controles foronómicos y termométricos realizados a lo largo de las "madres", puede concluirse que: las "madres" Maestra Capucha y Quití, reciben todo su aporte en cabecera, a partir de manantiales y salidas difusas, mientras que las "madres" Blanca y Río Viejo, además de estos aportes de cabecera, reciben otros, de buena calidad, aguas abajo; la "madre" Blanca, entre las estaciones 4 y 5, a partir, probablemente, del acuífero de los conglomerados del Plioceno (formación de Pinos Genil), localizado al Este, y la "madre" Río Viejo, entre las estaciones 3 y 4, a partir, posiblemente, del acuífero carbonatado triásico, situado inmediatamente al Sur.

- Las características físico-químicas puestas de manifiesto, reflejan un yacimiento de turba, el de Padul, muy poco contaminante en la actualidad, frente al lixiviado por las aguas de circulación de las "madres", que discurren sobre él.

- Los contenidos de sulfatos y calcio son los únicos que se encuentran, en estas aguas, por encima de la media de las de borde (CASTILLO MARTIN, 1982), en cantidades que van desde 80 a 200 mg/l (media aguas de borde, 63 mg/l) y desde 70 a 80 mg/l (media aguas de borde, 64 mg/l), respectivamente. Este hecho confiere un mayor contenido salino a las aguas de las "madres", en comparación con las de borde. Los valores de sólidos disueltos oscilan entre los 532 y 838 mg/l (media aguas de borde, 538 mg/l).

- Las aguas, que tienen facies bicarbonatada cálcica, en cabecera (excepto en la "madre" Blanca), pasan a facies magnésicas, aguas abajo.

- La calidad físico-química de las aguas, para consumo humano, es buena, a excepción de las de la "madre" Maestra Capucha, por sus contenidos en nitritos y "madre" Blanca, por las cantidades de magnesio. Desde el punto de vista de su aptitud para el riego, todas son del tipo C_2-S_1 (según el U.S.S.L.S., 1954), es decir, buenas para el mismo en cualquier tipo de terreno, salvo las de la "madre" Blanca, que son del tipo C_3-S_1 , recomendables sólo para terrenos con buen drenaje.

Bibliografía

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. (1983). ENSAYOS DE LIXIVIADOS DE MUESTRAS DE TURBA. EJEMPLO DE UNA METODOLOGIA DE TRABAJO APLICABLE A ESTUDIOS DE CONTAMINACION DE AGUAS. III Simp. Nac. Hidrog. T. VIII. 469-483. Madrid.

ENADIMSA (1980). INVESTIGACION DE CARBON EN ARENAS DEL REY Y PADUL. Plan Energ. Nacional (inéd.). Madrid.

Pulido-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.

U.S.S.L.S. (1954). DIAGNOSIS AND IMPROVEMENT OF SALINE AND ALKALI SOIL. U.S. Dep. Agricul. Hand-book 60.