

LÓPEZ CHICANO, M.; CASTILLO, A. y PULIDO, A. (1992)
"Algunas consideraciones acerca de la evolución temporal del contenido de nitratos en un río con importante influencia kárstica: el Río Frío (Granada)"
Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, XVI: 195-203

V SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGÍA

ALGUNAS CONSIDERACIONES ACERCA DE LA EVOLUCION TEMPORAL DEL CONTENIDO DE NITRATOS EN UN RIO CON IMPORTANTE INFLUENCIA KARSTICA: EL RIO FRIO (GRANADA)

LOPEZ CHICANO, Manuel *
CASTILLO MARTIN, Antonio *
PULIDO BOSCH, Antonio *

* Instituto Andaluz de Geología Mediterránea (CSIC - Univ. Granada) y Departamento de Geodinámica (Univ. Granada)

RESUMEN

Los muestreos de calidad de aguas llevados a cabo mensualmente por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) en el río Frío permiten hacer algunas consideraciones acerca de la evolución del contenido en nitratos a lo largo de 15 años recientes. Las aguas del río que circulan por el punto de aforo y muestreo proceden principalmente de surgencias kársticas. Pese a que el contenido de nitratos en el agua no alcanza valores altos (6,7 mg/l de media), el aporte medio anual (385 t de NO₃) no es nada despreciable. Asimismo, se detecta un aumento paulatino de los nitratos con el tiempo. Los valores relativamente más altos de concentración se dan en los años y meses más caudalosos. El comportamiento temporal de los nitratos en las aguas del río Frío se relaciona principalmente con el funcionamiento hidrodinámico e hidrogeoquímico del acuífero de Sierra Gorda.

INTRODUCCION

El río Frío es tributario del río Genil por su margen izquierda a cota 430 m s.n.m. Tiene su origen en las proximidades de la población de Riofrío (provincia de Granada), en unos manantiales que representan la principal descarga del acuífero kárstico de Sierra Gorda. Tras un corto recorrido recibe por su margen izquierda las aportaciones del arroyo de las Mozas, también denominado, a veces, arroyo Salado o del Barrancón. Este último puede considerarse como un curso fluvial permanente desde sus proximidades a la Sierra de Gíbalto, donde recibe ciertos aportes hídricos subterráneos de la misma a través del manantial-galería del Charcón (figura 1). Antes de su confluencia con el río Frío (s.str.), el arroyo de las Mozas recibe una importante descarga de aguas subterráneas en el paraje denominado La Tajera, cuya procedencia es también del acuífero de Sierra Gorda.

La CHG dispone de una estación de aforos y control de calidad (nº 88) localizada inmediatamente aguas abajo de la confluencia del río Frío con el arroyo de las Mozas. La cuenca

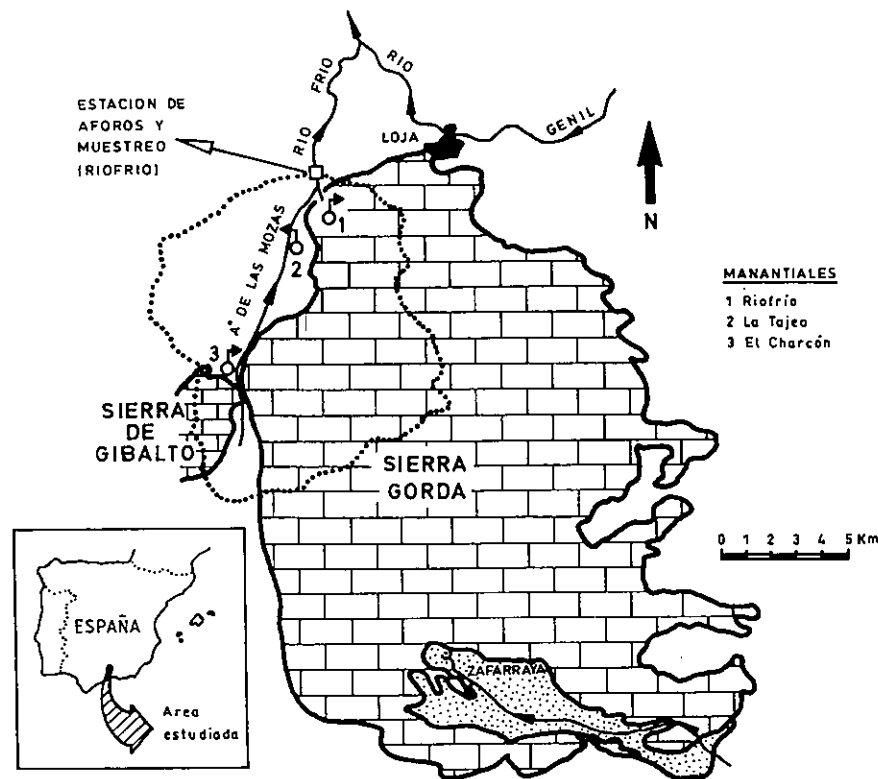


Figura 1.- Localización de la estación de aforos y control de calidad del río Frío. Se muestra la cuenca hidrográfica y su relación con los acuíferos kársticos principales.

vertiente a este punto presenta una superficie de 101 Km², correspondiendo más del 60 % a materiales kárstico-carbonatados (figura 1). La aportación hídrica media estimada para el período de funcionamiento de la estación fue de 57 Hm³/año. El coeficiente de escorrentía medio que se obtiene es de 0,85, valor muy alto que ilustra sobre la ocurrencia de importantes aportes subterráneos derivados de otras cuencas. La relación entre el caudal medio en estiaje y el caudal medio en crecida es del 54 %, lo que implica una regulación natural moderada según la clasificación de Gavrilov (1965).

La influencia de los aportes hídricos subterráneos del karst de Sierra Gorda es claramente reguladora en esta cuenca, en el sentido de la atenuación de los caudales en aguas altas y del incremento en aguas bajas. Diferentes aforos directos de los manantiales -llevados a cabo por el ITGE desde 1974, y en los últimos años también por los autores- permiten cifrar los aportes del acuífero de Sierra Gorda en un 91 % de los totales registrados en la estación de aforos de Riofrío. El 6 %, por término medio, correspondería a la escorrentía directa de la cuenca (hay que tener en cuenta que esta es prácticamente nula en los afloramientos carbonatados) y el resto a la descarga del acuífero de la Sierra de Gibalto y otros aportes subterráneos minoritarios.

De acuerdo con los datos hidrológicos expuestos anteriormente, es preciso tener muy en cuenta la influencia del acuífero kárstico de Sierra Gorda en el comportamiento hidrodinámico e hidrogeológico del río Frío en la estación de aforos nº 88.

EVOLUCION TEMPORAL DE LOS NITRATOS EN EL RIO FRIO. RELACION CON LAS PRECIPITACIONES Y EL CAUDAL

A lo largo del desarrollo de un estudio multidisciplinar, llevado a cabo sobre la calidad y contaminación de las aguas del Alto Genil (Universidad de Granada, 1990), ya se puso de manifiesto el interés de la evolución temporal del contenido en nitratos de las aguas del río Frío, frente a la de otros parámetros analíticos. Los datos que utilizaremos en este estudio corresponden, pues, a la concentración de nitratos en muestras tomadas mensualmente, y a lo largo de 15 años (entre Octubre de 1974 y Septiembre de 1989), los cuales fueron cedidos gentilmente por la CHG.

En la figura 2 se muestra la evolución de la concentración en nitratos a lo largo del periodo considerado. La representación simultánea de los caudales mensuales -medios de los diarios- del río en la estación de aforos y de las precipitaciones en una estación meteorológica próxima, permite observar un cierto parecido en la distribución relativa de los valores máximos y mínimos de los distintos parámetros. Cabe destacar la mayor correlación de la serie cronológica de nitratos con la serie de caudales, que con la correspondiente a precipitaciones.

El valor medio del contenido en nitratos de las aguas del río no es muy alto (6,7 mg/l), oscilando entre 2,4 y 13,6 mg/l como valores mínimo y máximo de la serie, respectivamente. El coeficiente de variación es del 32 %, algo inferior al obtenido para los caudales (43 %), cuyo valor medio es de 1,7 m³/s en el periodo estudiado.

Lo más destacable de los datos representados en la figura 2 es la observación de un paulatino y moderado incremento del contenido en nitratos de las aguas, con una ruptura brusca y algo

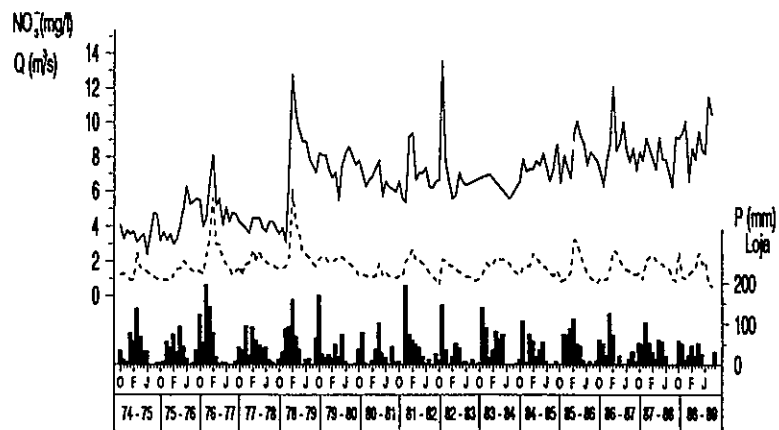


Figura 2.- Series temporales de concentración en nitratos (trazo continuo), caudal en el punto de muestreo (discontinuo) y precipitación en Loja.

sorprendente de los valores medios anuales a partir del año 1978-79. Esta tendencia no se reproduce en las series de caudales y precipitaciones. Si se observa la figura 3, donde se han representado los valores medios anuales de la concentración en nitratos y de los caudales del río, así como los totales anuales de precipitación en Loja, es posible apreciar cómo de una concentración media anual de 3,7 mg NO₃/l en el año 1974-75 se pasa a 9 mg/l en 1988-89, último año de la serie; el incremento medio anual ha sido del 7 %. A lo largo del período considerado se detectan ciertos aumentos bruscos del contenido medio anual en nitratos (años 1976-77 y 1978-79, especialmente), coincidiendo con años hidrológicos de fuerte recarga pluviométrica y de grandes aportes hídricos en la estación de control.

Teniendo en cuenta el aporte de nitratos (figura 3), es decir, el peso total de nitratos en el agua circulante por unidad de tiempo, se pasa de 4,8 g NO₃/s como valor medio del año 1974-75 a 12,2 g/s en el año 1988-89; o lo que es lo mismo, de 150 t/año a 430 t/año, respectivamente. El valor medio de aportación anual de nitratos es de 385 t NO₃ para toda la serie de observaciones.

El aporte específico medio obtenido es de 3,8 t NO₃/año/Km², valor sensiblemente alto, aunque esta cifra disminuye si se considera la superficie de la cuenca hidrogeológica en lugar de la correspondiente a la cuenca hidrográfica; en este sentido, la tasa de aporte específico debe ser inferior a 2,4 t NO₃/año/Km², a partir de una superficie vertiente total de 160 Km².

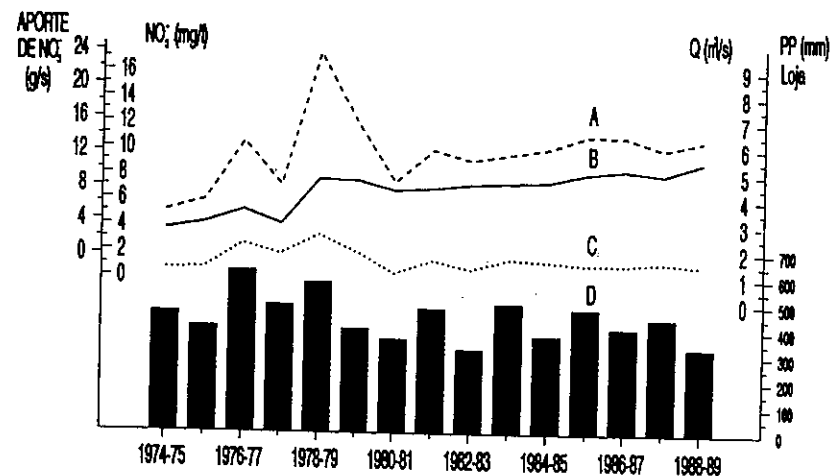


Figura 3.- Evolución interanual del río Frío: A, aporte medio anual de nitratos; B, concentración media anual de nitratos; C, caudal medio anual; D, precipitación anual registrada en Loja.

En la figura 4 se ha representado la componente mensual de las precipitaciones en Loja, del caudal, de la concentración de nitratos y del aporte de los mismos. La distribución intraanual de las lluvias muestra que el mes más húmedo corresponde a Diciembre. Suele aparecer un máximo pluviométrico secundario en el año, que se sitúa en el mes de Marzo para la estación meteorológica de Loja, y en el mes de Febrero para las áreas más altas localizadas al sur y sureste del área estudiada. Los valores mínimos de precipitación se registran, como es habitual en la región, durante los meses de Julio y Agosto.

El hidrograma medio mensual obtenido refleja un desplazamiento importante de los meses más caudalosos (Febrero, Marzo y Abril) respecto a los más lluviosos. Los caudales medios mensuales mínimos se presentan en el mes de Septiembre. La mayor probabilidad de ocurrencia de caudales máximos dentro del año se da en el mes de Febrero, mientras que la mínima se presenta en Agosto y Septiembre.

La distribución de los valores medios mensuales de concentración de nitratos sigue una pauta más irregular que la de los caudales, quizás debido a que los cálculos se han efectuado a partir de datos diarios en el caso de la descarga. No obstante, hay que señalar que los contenidos medios de nitratos oscilan entre márgenes muy estrechos: entre algo más de 6 mg/l y menos de 8 mg/l. Los valores más altos de nitratos aparecen entre los meses

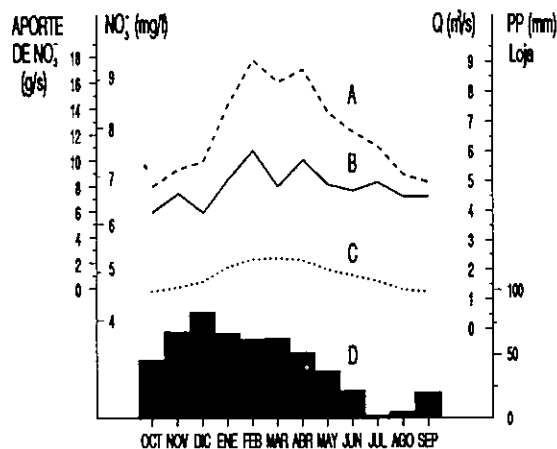


Figura 4.- Distribución media mensual del aporte de nitratos en el río Frío (A), de la concentración media de nitratos (B), de los caudales medios mensuales del río (C) y de las precipitaciones en Loja.

de Febrero y Abril, con un mínimo relativo en Marzo. El mes de Febrero presenta, también, la mayor probabilidad de alcanzar las máximas concentraciones anuales en nitratos. Las concentraciones más bajas se presentan en el verano y sobre todo en el otoño (mínimo absoluto en Diciembre), con un pequeño pico en Noviembre. El aporte de nitratos (figura 4) es máximo en los meses de Febrero a Abril, con más de 40 t NO₃/mes de aporte medio, y mínimo entre Agosto y Octubre.

DISCUSION

El río Frío presenta una concentración en nitratos ligeramente creciente con el tiempo, al menos para la serie de 15 años (1974-75 a 1988-89) analizada en este estudio. El fenómeno del aumento de la concentración de nitratos en las aguas es un hecho familiar en muchos sectores, desde hace ya tiempo (Sanchis, 1990). En el caso que nos ocupa, los valores medios de contenido en nitratos (6,7 mg/l) y el aumento anual de los mismos (7 %) no son espectaculares, ni alcanzan cotas preocupantes a corto plazo en comparación con otras áreas. Ello no quiere decir que el problema no deba ser identificado y en su caso corregido cuando

todavía se está a tiempo.

En la búsqueda de las posibles causas que determinan el aumento de concentración de los nitratos en el río se muestra revelador el hecho de que los contenidos en nitratos de las aguas de los manantiales de la Tajea y de Riofrío, encontrados por el IGME (1983) entre los años 1980 y 1983, oscilan en torno a los mismos márgenes de los del río, para la misma época. Los resultados obtenidos en campañas de muestreo que hemos venido realizando en un punto del río próximo a los manantiales de Riofrío muestran valores similares, o algo superiores en momentos de fuerte descarga de aguas subterráneas, a los registrados por la CHG en la estación de aforos nº 88. En definitiva, y dados los rasgos hidrológicos e hidrogeológicos de la cuenca hidrográfica, anteriormente expuestos, se puede afirmar que el comportamiento de los nitratos, así como el comportamiento hidrodinámico del río, están determinados esencialmente por el funcionamiento del acuífero kárstico de Sierra Gorda.

El principal foco de contaminación del acuífero de Sierra Gorda está constituido por el sector de Zafarraya, donde se sitúa una importante depresión kárstica cerrada. El relleno detrítico del polje de Zafarraya constituye un acuífero por porosidad intergranular que alimenta al de Sierra Gorda, de potencial hidráulico menor. La conexión del área de Zafarraya con los manantiales de Riofrío fue demostrada mediante campañas de trazado de las aguas, llevadas a cabo por el SGOP (Hidalgo, 1974). Ollero y García (1984) observan contenidos en nitratos de hasta 140 mg/l en las aguas subterráneas del mismo, a consecuencia de las altas dosis de fertilizantes, orgánicos e inorgánicos, que son aplicadas en los cultivos de hortalizas extratardías allí existentes. La gran rentabilidad de los productos hortofrutícolas del polje de Zafarraya ha llevado a una continua transformación de los cultivos tradicionales de secano, con una superficie actual de regadíos próxima a 1500 has.

Existen otras actividades y focos potencialmente contaminantes sobre el acuífero kárstico y en la propia cuenca hidrográfica, como son: el pastoreo de ganado caprino y ovino en la sierra (más de 62000 cabezas censadas en los municipios que abarcan el macizo); los posibles residuos sólidos y líquidos de unos 1500 habitantes, asentados en aldeas y cortijadas dispersas en el valle; varias piscifactorías instaladas en Riofrío. No obstante, pensamos que el aumento progresivo del contenido en nitratos de las aguas del río Frío viene determinado principalmente por el paulatino y continuado crecimiento de la superficie puesta en riego en el polje de Zafarraya, y por el aumento de las dosis de fertilizantes aplicadas. Las prácticas de abonado en Zafarraya consisten en fuertes aportes de sementera, durante el mes de Abril, aunque se siguen manteniendo dosis importantes casi hasta la época de recolección, en el mes de Septiembre.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, la evolución media intraanual de los nitratos en el río Frío (figura 4) se

interpreta como sigue. Los meses de máxima concentración (Febrero y Abril) presentan una cierta coincidencia con los meses más caudalosos (Febrero, Marzo y Abril). El acuífero de Sierra Gorda, y por tanto el río Frío, responde lentamente a los impulsos pluviométricos; en general, las lluvias otoñales tienen escasa repercusión en la descarga por manantiales. Es especialmente en el mes de Febrero cuando se produce la máxima concentración de nitratos de las aguas, coincidiendo con la máxima infiltración eficaz en el acuífero y con puntas de descarga del mismo. Es posible que el máximo de concentración en nitratos registrado en el mes de Abril coincida con un lixiviado importante del abonado de sementera realizado en el polje de Zafarraya en la misma época. El caudal y la concentración en nitratos van disminuyendo hasta valores mínimos en el otoño y principio del invierno.

El pico secundario observado en el mes de Noviembre, respecto a la concentración media en nitratos, puede tener su explicación en el lavado superficial de fertilizantes y erosión de suelos de áreas de olivar y cereal ubicadas en el valle del arroyo de las Mozas, siguiendo el comportamiento más "normal" de cauces fluviales (Casey, 1977).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es fruto de la colaboración establecida en su día entre la DGOH y la Universidad de Granada. También queda enmarcado en el Proyecto PB 87-0245, financiado por la CICYT. Queremos mostrar nuestro reconocimiento a la CHG por suministrarnos los datos que han servido de base para la presente comunicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CASEY, M. (1977). "Origin and variation of nitrate nitrogen in the chalk springs, streams and rivers in Dorset and its utilisation by higher plants". Prog. Wat. Tech., 8, 4-5: 225-235.

GAVRILOV, A.V. (1965). "On the problem of the influence of karst on the hydrological regime of rivers". Act. Coll. Dubrovnik, A.I.H.S.-U.N.E.S.C.O., 73: 544-563.

HIDALGO, J. (1974). "Estudio hidrogeológico del Polje de Zafarraya y zonas adyacentes (provincias de Granada y Málaga)". Tesis de Licenciatura, Univ. Granada, 165 p. (Inédito).

IGME (1983). "Investigación hidrogeológica de las cuencas del sur de España (Sector Occidental). Informe técnico nº9. Sistema acuífero nº 40-E. Mesozoico calizo-dolomítico de la Sierra Gorda". P.I.A.S., I.G.M.E., 142 p.

OLLERO, E. y GARCIA, J.L. (1984). "Características hidroquímicas del acuífero aluvial del polje de Zafarraya". I Congr. Español de Geología, 4: 287-294.

SANCHIS, E. (1990). "Estudio de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas de la provincia de Valencia. Origen, balance y evolución espacial y temporal". Tesis Doct. Univ. Barcelona, 332 p.

UNIVERSIDAD DE GRANADA (1990). "Caracterización físico-químico-biológica de las aguas del Alto Genil. Estudio integral de la calidad y contaminación de las aguas". Memoria de proyecto Univ. Granada - DGOH, 278 p. (Inédito).