

Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe
Coruña. 2003. Vol. 28, pp. 301-310

ISSN: 0213-4497

Evaluación de la calidad química del agua de un pequeño manantial del macizo granítico de A Coruña (NW España)

Evaluation of the water quality of a small spring located in the granitic massif of A Coruña (NW Spain)

RODRÍGUEZ BLANCO, M. L.¹; TABOADA CASTRO, M. M.¹
& TABOADA CASTRO, M. T.¹

Abstract

The present work evaluates the water quality of a small spring that surfaces from the granitic massif of A Coruña. Several physico-chemical parameters, major ions, some nitrogenated ions and certain trace metals were determined. The results were compared with the values established by Spanish Law for drinking water. The data suggest incipient nitrogen contamination, given ammonium concentrations surpassed the maximum threshold values in some samples and guide levels on several occasions. Nitrates, like sulfates and chlorides, surpassed the recommended values in practically all samples and sodium in many cases. However, trace metal levels were below the established values, with the exception of aluminum and zinc in one sample.

Key words: Water quality, spring, physico-chemical parameters, major ions, nitrogenated ions, trace metals

(1) Facultad de Ciencias, Universidad de A Coruña. A Zapateira, 15071 A Coruña, España. E-mail: teresat@udc.es

INTRODUCCION

Dentro del ciclo hidrológico, las aguas subterráneas son fundamentales tanto como fuente de agua potable para la sociedad como para el mantenimiento de muchos ecosistemas acuáticos. No obstante, cada vez es más común el incremento de ciertos elementos químicos en las aguas causado por prácticas humanas inadecuadas, ocasionando su inutilización para un uso determinado. Así FARINAN *et al.* (1994) indican que la mayor proporción de las aguas degradadas en el mundo se debe a la acción antrópica.

En España los problemas de contaminación de las aguas subterráneas son importantes. Según indicaciones del MIMAM (2000), el 63% de las unidades hidrológicas presentan grados considerables de contaminación, encontrándose el 26% de las unidades con concentraciones muy altas de contaminantes. Existe por una parte la contaminación natural, esto es debida a la naturaleza geológica del subsuelo. Un ejemplo de ello son los depósitos evaporíticos que inducen la presencia de sulfatos y cloruros en cantidades que pueden ser excesivas para usos potables, algunos usos industriales e incluso a veces para los regadíos.

Entre las actividades que pueden causar la contaminación de las aguas subterráneas se incluyen la actividad industrial y urbana, siendo la primera más variada y peligrosa que la segunda en cuanto a los productos objeto de vertido. La contaminación generada por la actividad urbana a través del vertido de residuos sólidos, efluentes líquidos domésticos, lavado de

calles, fugas de colectores y alcantarillas, fugas de fosas sépticas, etc... (FEIGIN *et al.*, 1991; FOPPEN, 2002), se manifiesta por aportaciones significativas de materia orgánica soluble, nitrógeno orgánico y amoniacal, nitratos y nitritos, fósforo, potasio, cloruros, boro, metales, ácidos y bases, así como posible contaminación bacteriológica (MOPTMA-MINER, 1994; NIÑEROLA PLÁ, 1998).

Otro factor desencadenante de contaminación es la intrusión mariana. La explotación intensiva de las aguas subterráneas puede facilitar el que las aguas salinas invadan la zona de aguas dulces, por desplazamiento de la interfase entre los dos tipos de aguas (MIMOUNI *et al.*, 1991, LLAMAS *et al.*, 2000). Esta intrusión supone un aumento progresivo de la mineralización y por consiguiente el deterioro de la calidad del agua.

Las actividades agrícolas y ganaderas son fuentes de gran importancia en la contaminación de las aguas. El uso de fertilizantes y plaguicidas en concentraciones elevadas conllevan a infiltraciones hacia las aguas, lo que en muchos casos ha puesto en peligro la calidad de los recursos hídricos e incluso se ha llegado a su inutilización. Paralelamente a esto se han incrementado los impactos ambientales a causa de prácticas de cultivo inapropiadas, regadío intensivo, sustitución de rotación de cultivos por monocultivo, ocasionando problemas de degradación de suelos que repercuten en la calidad de las aguas subterráneas (CANDELA LLEDO, 1998).

Las actividades ganaderas son un foco importante de contaminación microbiológica de las aguas como consecuencia, sobre

todo, del uso de sus deyecciones como abono. Entre los contaminantes inorgánicos derivados de ellas se encuentran los nitratos y los metales pesados. Estos últimos pueden ser aportados como impurezas de algunos abonos, como sucede por ejemplo con el cobre en relación al abonado de porcino (MEEUS-VERDINNE, 1986; CASTRO INSUA, 1997). El vertido de purines y los desechos provenientes de la ganadería son la principal causa de contaminación de las zonas ganaderas de Galicia, cuyos contaminantes más significativos son los compuestos nitrogenados (XUNTA DE GALICIA, 1991; LÓPEZ PERIAGO *et al.*, 1994; SAMPER *et al.*, 1997; MOLINERO *et al.*, 1999; DÍAZ-FIERROS, 2000; TABOADA *et al.*, 2003) y la contaminación bacteriológica (ARAUJO, 1993; DIAZ-FIERROS & NUÑEZ, 1995; ARAUJO *et al.*, 1996).

Con el fin de delimitar la aptitud del agua para diferentes usos, existe una normativa que especifica los criterios de calidad para consumo humano, vida piscícola, riego y baño.

El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad química del agua de un manantial que aflora dentro del macizo granítico de A Coruña (NW España), para lo cual se han determinando diversos parámetros físico-químicos, los iones mayoritarios, así como iones nitrogenados usados frecuentemente como indicadores de contaminación de las aguas y algunos metales traza. Los resultados obtenidos se comparan con los valores guía establecidos por la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el Abastecimiento y Control de la calidad de las aguas potables de consumo público en España (R.D. 1138/1990).

MATERIAL Y MÉTODOS

Características del área de estudio

El manantial se encuentra en los Montes de A Zapateira, localizados en la zona elevada del macizo granítico de A Coruña. Las características del área de estudio han sido descritas en un trabajo previo (RODRÍGUEZ BLANCO *et al.* 2003) por lo que aquí sólo se presenta una breve síntesis. Se ubica en una zona de ladera, sobre granodiorita tardía caracterizada por un elevado contenido de SiO_2 y Al_2O_3 , predominio del K_2O sobre el Na_2O y escasez de calcio (IGME, 1981). Desde el punto de vista hidrogeológico son rocas de baja permeabilidad, reduciéndose la acumulación de agua a las zonas de fractura (XUNTA DE GALICIA, 1999; IGME, 1981).

El punto de muestreo se ubica en un área de la ladera con suelos de escaso espesor, que está dedicada a monte de eucaliptos, con algún pino disperso y abundante matorral bajo formado básicamente por tojos, aunque en la zona son frecuentes las urbanizaciones y las viviendas unifamiliares, que en algún caso no disponen de alcantarillado. También son importantes las áreas escolares y el Campus Universitario y escasas las parcelas dedicadas a cultivo.

Toma de muestras

Las muestras de agua se tomaron manualmente en un punto (P1) situado a unos 50 m de distancia del manantial, a través de los cuales el agua fluye superficialmente ladera abajo.

Se realizaron tres campañas de muestreo, recogiendo un total de 163 muestras. La primera se efectuó entre noviembre de 1997 y marzo de 1998 (46 muestras), la segunda entre febrero y junio del año 2000 (36 muestras) y la tercera entre febrero y diciembre del 2002 (81 muestras).

Métodos analíticos

Las muestras se filtraron a través de filtros Millipore Millex-HN 0,45 μm . Durante las dos primeras campañas se analizaron Ca^{+2} , Na^+ , K^+ , NO_3^- , Cl^- y NH_4^+ , así como pH y conductividad eléctrica mediante la Sonda Multiparamétrica Hydrion-10, un instrumento analítico basado en el empleo de electrodos selectivos, que permite realizar análisis simultáneos en aguas de una serie de parámetros físico-químicos de una forma más rápida y económica que los métodos convencionales, según se ha comprobado en DIÉGUEZ VILLAR (1998) y en TABOADA *et al.* (2000).

En la tercera campaña, además de los parámetros citados, con la excepción de NH_4^+ y conductividad eléctrica, se midió la temperatura y se analizaron los siguientes aniones: SO_4^{2-} por electroforesis capilar, Mg^{2+} , Al, Mn, Cu y Zn por ICP-MS y Fe mediante Plasma Screen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 1, 2 y 3 se recogen los valores medios y el rango de variación de la temperatura, pH, CE y aniones analizados durante las diferentes campañas en el punto P1. En la tabla 4 se reproducen los niveles guía y las concentraciones máxi-

mas admisibles de los parámetros analizados establecidos por la legislación española para las aguas potables de consumo público (R.D. 1138/1990). En esta misma tabla se muestra la frecuencia de los parámetros que superan el valor guía y el valor máximo.

La temperatura del agua durante la tercera campaña osciló entre 10 y 19°C presentando un valor medio de 14,89°C, encontrándose siempre por debajo del límite máximo establecido por el R.D. 1138/1990.

El valor medio de pH fue ligeramente superior a la neutralidad, situándose dentro del rango característico de las aguas naturales (6,5-8,5). La CE mostró valores muy bajos durante las dos campañas en las que ha sido analizada (tabla 1). El valor más bajo fue de 243 y el más alto de 294 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo tanto inferiores al valor guía para aguas de consumo público (400 mS/cm). Los datos de conductividad indican que se trata de un agua de mineralización media (conductividad eléctrica comprendida entre 200 y 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$) de acuerdo con la clasificación dada por RODIER (1990). Este resultado concuerda con los obtenidos por SORIANO y SAMPER (2000) en aguas subterráneas de la cuenca del río Valiñas (afluente del río Mero cercano a los Montes de A Zapateira) que circulan por materiales geológicos similares a los del manantial objeto de estudio.

En cuanto a los aniones (tabla 1), las concentraciones medias de cloruros y nitratos están bastante próximas entre las tres campañas y entre sí. Los valores medios de cloruros ascienden a 29.88, 33.88 y 28.63 mg/L , situándose la con-

	Tª (°C)	pH			CE (µS/cm)		NO ₃ ⁻ (mg/L)			Cl ⁻ (mg/L)			SO ₄ ²⁻ (mg/L)
	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C3
Media	14,89	7,41	7,43	7,35	273,78	255,67	29,41	31,83	35,16	29,88	33,88	28,63	38,83
Mínimo	10	7,13	7,13	6,80	243,00	243,00	23,10	27,70	20,10	25,10	27,40	24,60	33,60
Máximo	19	7,64	7,71	7,80	294,00	263,00	37,90	38,00	40,90	37,90	41,80	38,40	44,60

Tabla 1. Valores medios y rango de variación de los parámetros físico-químicos y aniones analizados (C1: campaña 1; C2: Campaña 2; C3: Campaña 3).

	Ca ²⁺ (mg/L)			Na ⁺ (mg/L)			K ⁺ (mg/L)			Mg ²⁺ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C3	C1	C2
Media	21,44	19,06	20,04	20,80	20,23	20,63	2,33	2,13	2,94	6,01	0,05	0,37
Mínimo	11,90	11,50	8,77	13,80	16,40	13,60	1,57	0,48	1,47	5,30	0,00	0,00
Máximo	31,10	22,00	24,80	29,80	21,30	26,00	3,02	2,99	5,04	7,90	0,23	1,26

Tabla 2. Valores medios y rango de variación de los cationes analizados durante las diferentes campañas de muestreo.

	Al (µg/L)	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	Zn (µg/L)
	C3			
Media	14,58	3,51	1,77	5,43
Mínimo	2	0,89	0,23	0,33
Máximo	52,10	12,50	19,20	146,00

Tabla 3. Valores medios y rango de variación de los metales traza.

centración máxima en 37.90, 41.80 y 38.40 mg/L para la primera, segunda y tercera campaña respectivamente, con un rango de variación muy próximo entre campañas, del orden de 13 mg/L. De las 163 muestras, 162 presentaron una concentración mayor del valor guía, cifrado para este anión en 25 mg/L (tabla 4).

Los contenidos medios de nitratos se situaron en 29.41, 31.83 y 33.16 mg/L para la primera, segunda y tercera campaña respectivamente, lo que denota una ligera tendencia ascendente en la evolución temporal de este ión. En ningún caso alcanzó el umbral de 50 mg/L establecido en la Reglamentación Técnico Sanitaria,

siendo los valores máximos de 37.90, 38 y 40.90 mg/L. Sin embargo, un amplísimo número de muestras (160 de 163 analizadas) superaron el nivel guía (25 mg/L), tal como se aprecia en la tabla 4.

Los sulfatos, analizados en la última campaña, oscilaron entre 33,60 y 44,60 mg/L, situándose la media en 38,83 mg/L, encontrándose siempre por encima del valor guía.

Respecto a los cationes (tabla 2), los valores promedio de calcio y sodio presentan una gran similitud, siendo del orden de 20 mg/L en las tres campañas. El rango

de variación es en ambos casos más elevado en la primera campaña, siguiéndole la tercera y por último la segunda. Destacan los elevados valores de sodio, que en su mayor parte sobrepasaron el valor guía, hecho que nunca ocurre con el calcio.

El potasio, aunque es el álcali predominante en las granodioritas de la zona (IGME, 1981), se distancia mucho de los valores de calcio y sodio en las aguas. Presenta durante las tres campañas valores promedios muy uniformes, ligeramente superiores a 2 mg/L, siendo el valor máximo encontrado de 5,04 mg/L. Es decir, no

Parámetro	Nivel guía	Concentraciones máximas admisibles	Número muestras analizadas	Número muestras superando valor guía	% muestras superando valor guía	% muestras superando valor máximo
T° (° C)	12	25	51	50	98	0
PH	6,5 - 8,5	9,5	163	0	0	0
CE (µs/cm)	400	-	82	0	0	0
Cloruros (mg/L)	25	200	163	162	99	0
Nitratos (mg/L)	25	50	163	160	98	0
Sulfato (mg/L)	25	250	81	81	100	0
Calcio (mg/L)	100	-	163	0	0	0
Na (mg/L)	20	150	163	108	66	0
Potasio (mg/L)	10	12	163	0	0	0
Magnesio (mg/L)	30	50	81	0	0	0
Amonio (mg/L)	0,05	0,5	61	37	60	16
Aluminio (mg/L)	0,05	0,2	81	1	1	0
Hierro (µg/L)	50	200	81	0	0	0
Manganeso (µg/L)	20	50	81	0	0	0
Zinc (µg/L)	100	-	81	1	1	0

Tabla 4. Niveles guía y máximos para aguas de consumo público (RD 1138/1990) y frecuencia de los parámetros analizados que superan dichos niveles.

alcanzó en ningún caso el nivel guía cifrado en 10 mg/L para aguas de consumo, contrariamente a lo observado por SORIANO y SAMPER (2000) en algunas muestras de aguas subterráneas de la cercana cuenca del río Valiñas en las que incluso se llegó a superar el límite admisible (12 mg/L).

Las concentraciones de magnesio oscilaron en la tercera campaña entre 5,30 y 7,90 mg/L, obteniéndose como valor medio 6,01 mg/L. Estos valores están muy alejados del nivel guía para aguas de consumo (fijado en 30 mg/L), sin embargo son ligeramente superiores a los encontrados en un estudio efectuado por EPTISA e IDASA en 1991 (XUNTA, 1991) en aguas de la zona norte y noroeste de Galicia, que cifran el valor más elevado en 4 mg/L.

En lo que respecta al ión amonio, su presencia en las aguas en general se considera como una indicación de contaminación reciente y peligrosa. En la primera campaña osciló entre 0 y 0,23 mg/L, sobrepasando únicamente 6 muestras de las 25 analizadas el valor guía, mientras que en la segunda este valor lo sobrepasaron la totalidad de las muestras, alcanzando una concentración máxima de 1,26 mg/L (tabla 2). Por otra parte, cabe resaltar que en el 16% de las muestras en las que fue analizado superó la concentración máxima admisible, lo que indica que existe una contaminación incipiente nitrogenada en el manantial.

En Galicia las concentraciones elevadas de compuestos nitrogenados en las aguas, se asocian frecuentemente con la actividad agropecuaria (LÓPEZ PERIAGO *et al.*, 1994; TABOADA *et al.*,

2003), sin embargo ésta es muy escasa en la zona de estudio, por lo que no cabe esperar un alto aporte de abonos nitrogenados a los suelos y en consecuencia su transferencia a las aguas sería más bien pobre. Como se indicó anteriormente la presencia de amonio en las aguas se relaciona con episodios recientes de contaminación. Si se tiene en cuenta que además de los fertilizantes y abonos, elevadas cantidades de este ión en las aguas también se atribuyen a aguas residuales (SORIANO y SAMPER, 2000) se podría considerar su presencia en el agua del manantial ligada a algún escape de las fosas sépticas de viviendas particulares situadas en las cercanías del área de estudio. De hecho los efluentes domésticos junto con el abonado orgánico constituyen dos causas fundamentales de contaminación de las aguas en Galicia (LÓPEZ PERIAGO *et al.*, 1994; ARAUJO *et al.*, 1996; DIAZ-FIERROS, 2000; SORIANO & SAMPER, 2000).

Por último, en lo referente a los 5 metales traza estudiados, se deduce que el agua presenta contenidos muy bajos de estos metales. El cobre no llegó a alcanzar el límite de detección, mientras que el aluminio es el mayoritario. Atendiendo a los valores medios se obtuvo el siguiente orden de abundancia: Al>Zn>Fe>Mn. El aluminio presenta un alto rango de variación (2-52,10 µg/L) que tan sólo es superado por el zinc (0,33-146 µg/L) a causa de la existencia de una muestra con una concentración anómala, quizás fruto de alguna fuente superficial puntual contaminante. Únicamente aluminio y zinc sobrepasaron el valor guía en una proporción pequeña de análisis.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados de los parámetros físico-químicos de las muestras analizadas y teniendo como referencia la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de Consumo Público, que nos indica los rangos a partir de los cuales un agua es declarada apta para consumo humano, se puede concluir que el agua presenta una incipiente contaminación nitrogenada, superando el amonio el límite máximo en un 16% de las muestras y el nivel guía en el 60%. Por otra parte, exis-

te un riesgo potencial de contaminación por sulfatos, nitratos y cloruros, sobrepasando sus concentraciones, en todas o en la práctica totalidad de las muestras el umbral guía de 25 mg/L.

Los contenidos de calcio, magnesio y potasio se encuentran muy alejados de los valores guía, contrariamente a lo que ocurre con el sodio que los supera (20 mg/L) en el 66% de las muestras. De los metales tan sólo aluminio y zinc superan dicho umbral en un 1% de las muestras.

Recibido: 03-VI-03

Aceptado: 14-VII-03

BIBLIOGRAFIA

- ARAUJO, M. (1993). *Salubridad del agua en Galicia*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Microbiología y Parasitología, pp. 224.
- ARAUJO, M.; SUEIRO, R. & GARRIDO, M. (1996). Contaminación Biótica. En: *As Augas de Galicia*. Díaz-Fierros, F. (Coord.). Consello da Cultura Galega. Santiago, pp. 447-574.
- CANDELA LLEDÓ, L. (1998). La contaminación de las aguas subterráneas por las actividades agrarias en España: Visión desde la investigación. En: *La contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente*. Samper, J., Sahuquillo, A., Capilla, J.E. & Gómez Hernández, J.J. (Eds.). Instituto Geominero de España-Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Español. Madrid, pp. 53-63.
- CASTRO ÍNSUA, J. (1997). Producción de purines en Galicia. Especial referencia al purín producido en explotaciones lecheras. Valor agronómico. En: *curso sobre "Tratamiento y eliminación de residuos ganaderos en exceso"*. Vidal Bardán, M., López Fabal, A. & Santoalla Lorenzo, M.C. (Coords.). Diputación Provincial de Lugo, pp. 9-40.
- DÍAZ-FIERROS, F. & NÚÑEZ, A. (1995). La contaminación de las aguas subterráneas en España con origen en actividades ganaderas. En: *Prácticas agrarias compatibles con el medio natural*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, F. (2000). Contaminación de las aguas subterráneas por actividades agropecuarias en el noroeste de España. En: *Las aguas subterráneas en el Noroeste de la Península Ibérica*. J. Samper, T. Leitão, L. Fernández & L. Ribeiro (eds.). Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, pp. 281-293.
- DIEGUÉZ VILLAR, A. (1998). *Estudio del contenido en iones mayoritarios de las aguas de escorrentía de dos cuencas agrarias*. Tesis de Licenciatura. Universidade da Coruña, pp. 94.
- FARINAN, J. A.; ADELEKE, B. B. & ODERINDE, R. A. (1994). *Forcados Terminal Integrated Projects: Baseline Ecological Studies*. Commissioned by Shell Petroleum Development Company of Nigeria.
- FEIGIN, A.; RAVINA, I. & SHALHEVET, J. (1991). *Irrigation with Treated Sewage Effluent: Management for Environmental Protection*. Springer, Berlin. ISBN 3-540-50804-X.
- FOPPEN, J. W. A. (2002). Impact of high-strength wastewater infiltration on groundwater quality and drinking water supply: the case of Sana, Yemen. *J. Hydrol.*, 263: 198-216.
- IGME. 1981. *Mapa 1:50.000 y memoria de la hoja 45 (Betanzos)*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- LÓPEZ PERIAGO, E.; NÚÑEZ DELGADO, A. & DÍAZ-FIERROS, F. (1994). Contaminación biótica y abiótica de pozos en una zona ganadera. En: *Análisis y evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas*. Rebollo, L. F. (Eds.). IAH. Alcalá de Henares, pp. 393- 408.
- LLAMAS, R.; HERNÁNDEZ MORA, N. & MARTÍNEZ CORTINA, L. (2000). *El uso sostenible de las aguas subterráneas. Aspectos ecológicos, técnicos y éticos*. Fundación Marcelino Botín (Ed.), pp. 54.
- MEEUS-VERDINNE, K.; SCOKART, P. O. & de BORGER, R. (1986). Evaluation des risques pour l'environnement provenant des métaux lourds contenus dans les déchets animaux. *Revue de l'Agriculture*, 4: 801-817.
- MIMAM (2000). *Libro Blanco del Agua en España*, pp. 637.
- MIMOUNI, O.; CHETTIH, M. & TADJ, A. (1991). Problems of salinization in the Mzi valley aquifer (Laghout, Algeria). *XXIII Congr. A.I.H Sobreexplotación de acuíferos*, pp. 445- 450.
- MOLINERO HUGUET, J.; SORIANO HOYUELOS, G. & SAMPER CALVETE, J. (1999). Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en Galicia: situación actual y estudio de detalle en la cuenca del Valiñas. En: *Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente*. Samper, J., Sahuquillo, A., Capilla, J. E. & Gómez Hernández, J. J. (Eds.). Instituto Tecnológico Geominero de España-Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Español. Madrid, pp. 255-260.
- MOPTMA-MINER. (1994). *Libro blanco de las aguas subterráneas*, pp. 135.
- NIÑEROLA PLÁ, J. M. (1998). La contaminación de las aguas subterráneas por actividades urbanas e industriales. En: *La contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente*. Samper, J., Sahuquillo, A., Capilla, J. E. & Gómez

- Hernández, J. J. (Eds.). Instituto Geominero de España. Madrid, pp. 193-209.
- REAL DECRETO 1138/1990 de 14 de Septiembre. *Reglamento Técnico Sanitario para el Abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.*
- RODIER J. (1990). *Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar: química, fisicoquímica, bacteriología, biología.* Ediciones Omega. Barcelona, pp. 1059.
- RODRÍGUEZ BLANCO, M. L.; TABOADA CASTRO, M. M. & TABOADA CASTRO, M. T. (2003). Caracterización hidroquímica de un pequeño manantial del macizo granítico de A Coruña (NW España). *Cadernos Lab. Xeol. Laxe*, 28 (En prensa).
- SAMPER CALVETE, J. (2000). Estado actual del conocimiento de las aguas subterráneas en Galicia. En: *Las aguas subterráneas en el noroeste de la Península Ibérica.* Samper, J., Leitão, T., Fernández, L. & Ribeiro, L. (Eds.). Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, pp. 113-128.
- SAMPER, J.; SORIANO, G. & MOLINERO, J. (1997). Las aguas subterráneas de Galicia: resultados en la cuenca piloto del río Valiñas. En: *Hydrogeology of hard rocks, Some experiences from Iberian Peninsula and Babenian Massif.* Yelanas, J. & Villaroya, F. (Eds.). Madrid, pp. 149-158.
- SORIANO HOYUELOS, G. & SAMPER CALVETE, J. (2000). Calidad de las aguas subterráneas y su contaminación por aguas residuales y residuos ganaderos: Resultados en la Cuenca del Valiñas (A Coruña, España). En: *Las aguas subterráneas en el noroeste de la Península Ibérica.* Samper, J., Leitão, T., Fernández, L. & Ribeiro, L. (Eds.). Instituto Geológico y Minero de España, pp. 309-316.
- TABOADA CASTRO, T.; DIÉGUEZ, A.; LÓPEZ, B. & PAZ-GONZÁLEZ, A. (2000). Comparison of Conventional Water Testing Methods with Ion-Selective Electrodes Technique for NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , K^+ and Na^+ . *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 31 (11-14): 1993-2005.
- TABOADA CASTRO, M. M.; DIÉGUEZ VILLAR, A. & TABOADA, M. T. (2003). Temporal variation of nitrogen and phosphorus contents in surface waters from a small agricultural catchment in NW Spain. In: *Water Pollution VII: Modelling, Measuring and Prediction.* Brebbia, C., Almorza, D., Sales, D. (Eds.). WIT Press, pp. 499-508.
- XUNTA DE GALICIA (1991). *Estudio de Recursos de Agua Subterránea en Galicia.* Realizado por EPTISA y el ITGE por encargo de la COTOP.
- XUNTA DE GALICIA (1999). *Atlas climático de Galicia.* Centro de Información e Tecnoloxía, pp. 207.