

Sobre la contaminación microbiológica del acuífero de la Vega de Granada

Microbiological contamination in the Vega de Granada aquifer

A. Castillo ⁽¹⁾ y A. Ramos-Cormenzana ⁽²⁾

⁽¹⁾ CSIC e Instituto del Agua (Univ. Granada). Ramón y Cajal, 4. 18071 Granada. E.mail: acastill@ugr.es

⁽²⁾ Fac. Farmacia. Dpto. de Microbiología (Univ. Granada)

ABSTRACT

The microbiologic quality of the groundwater in the alluvial aquifer of the Vega de Granada is acceptable. Nevertheless, almost 20% of the points sampled present low to moderate degrees of faecal contamination. These cases are closely related with leaks and the discharge of urban wastewater. A further contributory factor is the existence of high-risk irrigation practices, such as inundation with untreated (or ineffectively treated) urban wastewater where the piezometric levels are less than 20 m below ground level. Consequently, the incidence of contamination detected corresponds to specific situations or practices, in particular geographic areas and is generally of very limited duration

Key words: Vega de Granada aquifer, faecal contamination, urban wastewater

Geogaceta, 32 (2002), 191-194
ISSN:0213683X

Introducción

El acuífero detrítico de la Vega de Granada está constituido por la llanura aluvial del río Genil y sus afluentes de cabecera (Fig. 1); su extensión es de aproximadamente 200 km². Se trata de uno de los acuíferos detríticos más importantes de Andalucía (Castillo, 1986a y 1995; ITGE, 1989). Sus recursos renovables son del orden de 150 hm³/año y las reservas explotables de 1.000 hm³. El sistema es actualmente excedentario, manteniendo surgencias permanentes aguas abajo de Fuente Vaqueros (río Genil) y Valderrubio (río Cubillas). Sus aguas se aprovechan mayoritariamente para el regadío, con una extracción neta anual superior a 70 hm³, y, en menor medida, para abastecimiento urbano, sirviendo a una población estable de unos 40.000 habitantes de los más de 500.000 que se asientan en el área metropolitana de Granada capital. El abastecimiento de este área urbana se realiza a partir de recursos superficiales de Sierra Nevada, si bien tras la última gran sequía (1992-95), se perforaron numerosos sondeos de emergencia de los que se llegó a abastecer Granada capital; en la actualidad el acuífero es una valiosa fuente alternativa de reserva en caso de nuevas restricciones de suministro.

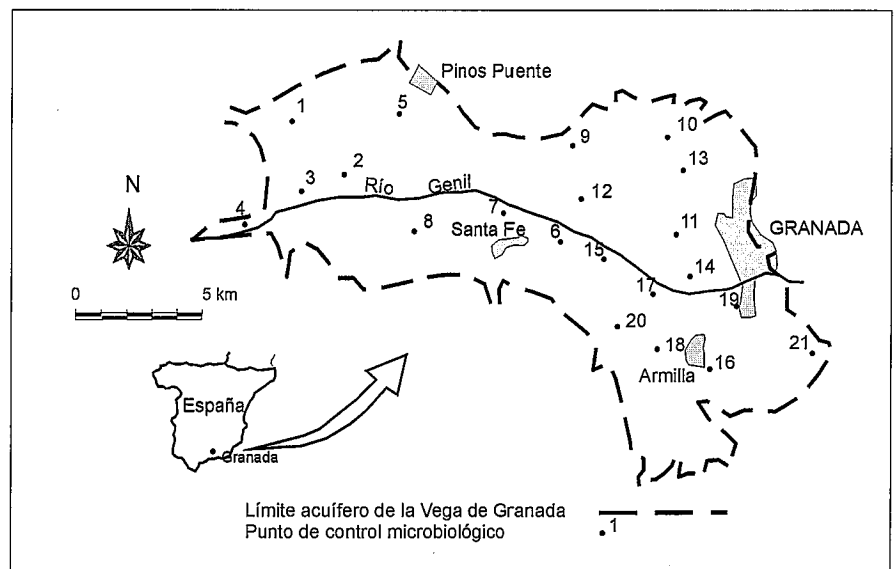


Fig. 1.- Situación del acuífero de la Vega de Granada y localización de los puntos de control microbiológico cuyos análisis se exponen en la Tabla 1

Fig. 1.- Location of the Vega de Granada aquifer, and that of the microbiologic control points used for the analysis presented in Table 1.

La calidad de las aguas ha sido investigada en numerosas ocasiones, siendo muy buena para el regadío (Castillo, 1993), y sólo aceptable para el consumo humano (Castillo, 1986b); en este último caso, las principales deficiencias detectadas fueron la elevada

dureza general de las aguas, y, sobre todo, los notables contenidos en nitratos (a partir de fertilizantes) que se dan en ciertos sectores y épocas (Castillo *et al.*, 1997).

Siendo, como se ha comentado, un acuífero utilizado para abastecimiento ur-

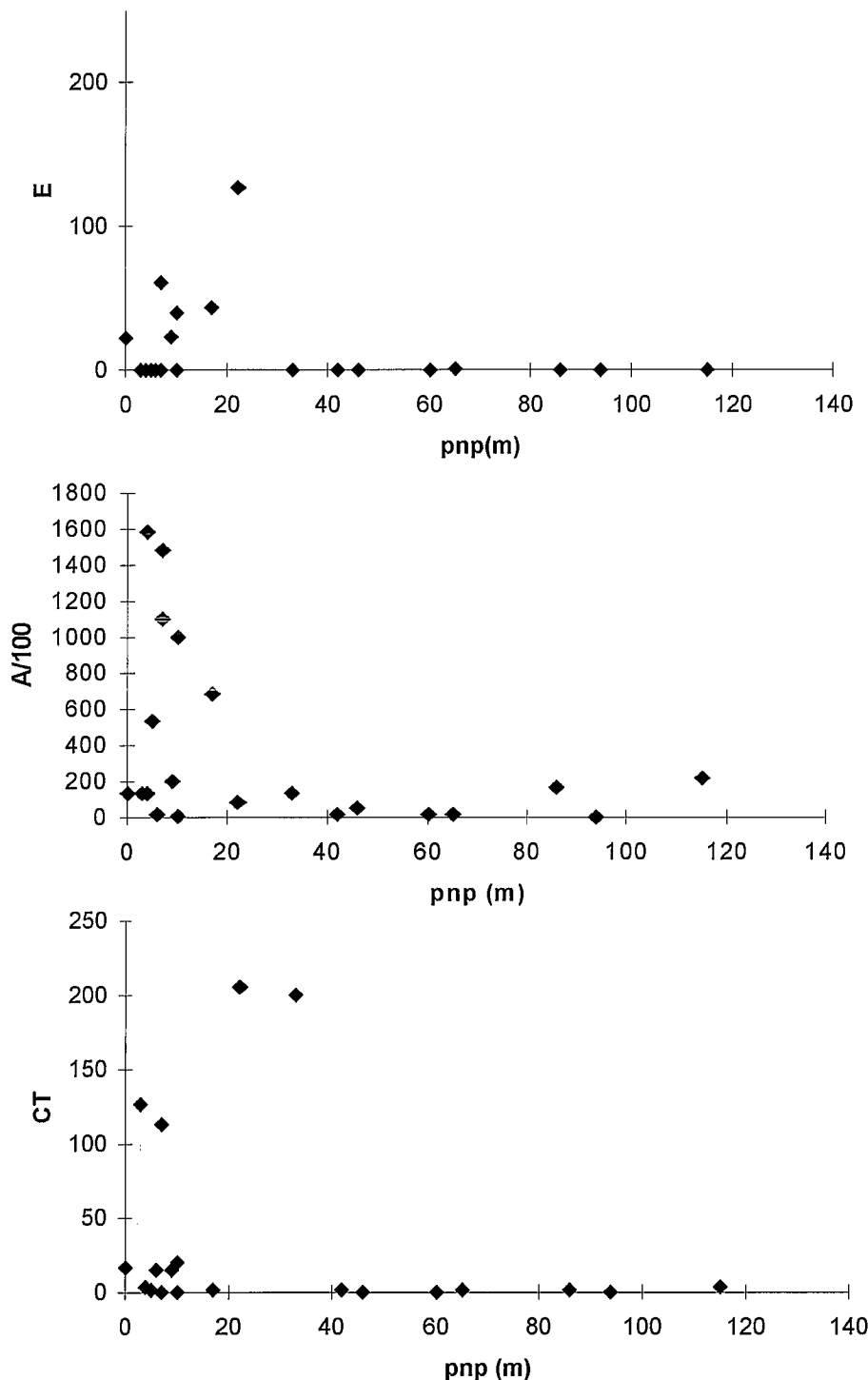


Fig. 2.- Relación de coliformes totales (CT), enterococos (E) y bacterias aerobias (A) (ufc/100 ml), con la profundidad del nivel piezométrico (en m), para un muestreo de puntos representativos del acuífero de la Vega de Granada

Fig. 2.- Content of total coliform (CT), enterococci (E) and aerobes (A) (cfu/100 ml), and the depth of the piezometric level (in m), in samples obtained from representative points of the Vega de Granada aquifer

bano, la información sobre la calidad microbiológica de sus aguas es aún bastante escasa. García-Villanova (1985) llamó la atención sobre la aparición de numerosos brotes fecohídricos, que relacionó con

una situación muy frecuente de riesgo en la comarca de la Vega de Granada, el consumo de verduras deficientemente lavadas y/o desinfectadas tras haber sido irrigadas con aguas residuales brutas. Ramos-

Cormenzana *et al.* (1994) investigaron la propagación de las principales bacterias indicadoras de contaminación fecal en una parcela piloto del acuífero irrigada con aguas residuales urbanas brutas. Castillo *et al.* (1994) estudiaron el comportamiento autodepurador de la zona no saturada del acuífero frente a riegos intensos con aguas también residuales.

En este trabajo se aporta información complementaria, de carácter general y preliminar, sobre la calidad microbiológica de las aguas del acuífero de la Vega de Granada.

Material y métodos

Para la caracterización de la situación microbiológica de las aguas del acuífero se realizaron diversos muestreos espaciales, seguimientos temporales y ensayos de campo. En todos los casos se muestrearon puntos de agua en explotación, tomando las muestras de la parte superior del nivel saturado. Los parámetros bacteriológicos considerados como indicadores de contaminación microbiológica fueron coliformes totales (CT) y fecales (CF), enterococos (E), enterococos fecales (EF), bacterias aerobias (A), Clostridios sulfito-reductores (An) y Salmonellas (S).

Para la determinación de coliformes totales (CT) y fecales (CF) se utilizó el método de membrana filtrante (Anon, 1989). Para la determinación de enterococos (E) se pasaron diluciones de las muestras por idénticos filtros, y se colocaron en medio KF-estreptococos, incubando a 37^o C durante 24 horas. Las colonias de estreptococos aparecieron rojo-salmón. El recuento de bacterias aerobias (A) se efectuó inoculando diluciones seriadas sobre medio nutritivo (TSA) a sobrefusión, que se incubó a 37^o C durante 24 horas. Para los Clostridios sulfito-reductores, las muestras fueron calentadas a 80^o C durante 10 minutos, antes de filtrar 20 ml de agua. El filtro en agar-sulfito férrico se incubó a 37^o C en condiciones anaerobias durante 48 horas. Las colonias que reducen el sulfito se presentan negras. En la detección de Salmonella se realizó una concentración por filtración de la muestra, colocando el filtro para enriquecimiento en caldo de selenito, incubando 18 a 20 horas a 39^o C. Se inocularon sobre medio de Hecktoen, confirmando las cepas por pruebas tales como Oxidasa, Kligler, Ureasa, Ornitina, Fenilalaninadesaminasa, movilidad y Gram.

| n1punto | n1IGME | P.n.p. (m) | Conductividad (microS/cm) | Temp. (°C) | NO2- (mg/l) | A | CT | CF | E | EF | S | An |
|---------|----------|---------------|------------------------------|---------------|----------------|---------|-------|----|-------|----|---|----|
| 1 | 19415005 | 17 | 954 | 16,9 | 0,14 | 68.330 | 1,6 | 0 | 43,3 | 0 | + | 0 |
| 2 | 19415117 | 3 | 797 | 16,8 | <0,05 | 13.330 | 126,6 | 0 | 0 | 0 | + | 0 |
| 3 | 19415143 | 0 | 1.002 | 17,5 | <0,05 | 13.330 | 16,6 | 0 | 22,5 | 0 | + | 0 |
| 4 | 19415176 | 4 | 2.040 | 18,2 | 0,05 | 158.330 | 500 | 0 | 2.830 | 0 | + | 0 |
| 5 | 19416035 | 7 | 2.090 | -- | <0,05 | 148.330 | 0? | 0 | 0? | 0 | + | 0 |
| 6 | 19416080 | 9 | 1.205 | 15,4 | 0,05 | 20.000 | 15 | 0 | 23,3 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 19416082 | 10 | 787 | 15,3 | <0,05 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 19416135 | 5 | 2.640 | 18,7 | 0,05 | 53.330 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 19417001 | 7 | 1.048 | 17,4 | <0,05 | 110.000 | 113 | 0 | 61 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 19417018 | 4 | 1.696 | 19,8 | <0,05 | 13.330 | 3,3 | 0 | 0 | 0 | - | 0 |
| 11 | 19417037 | 33 | 1.022 | -- | <0,05 | 13.330 | 200 | 0 | 0 | 0 | + | 0 |
| 12 | 19417133 | 10 | 1.820 | 15,4 | <0,05 | 100.000 | 20 | 0 | 40 | 0 | + | 0 |
| 13 | 19417178 | 6 | 1.302 | 17,2 | <0,05 | 1.660 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 19417212 | 46 | 814 | 14,9 | <0,05 | 5.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 19417162 | 22 | 1.155 | 16,9 | <0,05 | 8.330 | 205,4 | 0 | 126,6 | 0 | + | 0 |
| 16 | 19423070 | 94 | 656 | 17,3 | <0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 19423018 | 42 | 940 | 15,5 | <0,05 | 1.660 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | + | 0 |
| 18 | 19423112 | 86 | 534 | -- | <0,05 | 16.660 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 19423136 | 65 | 735 | 14,5 | <0,05 | 1.660 | 1,6 | 0 | 0,6 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 19423146 | 60 | 855 | -- | <0,05 | 1.660 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | s/n | 115 | 755 | 15,8 | <0,05 | 21.660 | 3,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla I.- Contenidos en bacterias indicadores de contaminación microbiológica (ufc/ml; $\times 100$ para A, CT y E) de puntos de agua representativos del acuífero de la Vega de Granada (Octubre de 1989), junto a otros parámetros de interés (especialmente, profundidad del nivel piezométrico-pnp)

Table I.- Content of bacteria indicative of microbiologic contamination (cfu/ml; $\times 100$ for A, CT and E) in samples obtained from representative points of the Vega de Granada aquifer (October 1989), together with other parameters of interest, especially the depth of the piezometric level - pnp)

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los resultados analíticos obtenidos en un muestreo preliminar, que fue realizado sobre puntos representativos del acuífero de la Vega de Granada, coincidentes o próximos a diferentes abastecimientos urbanos. Como puede apreciarse, en ningún caso se detectaron CF ni EF; en aproximadamente un 20 % de las muestras, los relativamente elevados contenidos de A, CT y E fueron sintomáticos de afecciones poco intensas y/o no recientes; la correlación de esos contenidos con la determinación positiva de S fue deficiente, si bien la aparición de S se vinculó, mayoritariamente, con elevados contenidos de A, CT y/o E.

En la Fig. 2 se muestra la relación de CT, E y A con la profundidad del nivel piezométrico. Como puede observarse, las concentraciones (siempre bajas) de estas bacterias indicadoras se relacionaron con espesores de zona no saturada inferiores a 20 m, y excepcio-

nalmente a 40 m. No obstante, el comportamiento de las bacterias aerobias es algo diferente; su presencia (mínima) a profundidades elevadas (de 80 a 120 m de p.n.p.) confirma su adaptación al medio (con escasos o nulos nutrientes) y altos tiempos de pervivencia. Así pues, su concentración "per se" es poco orientativa, y sólo el análisis de su evolución en el tiempo, para un mismo punto, es buen indicador de afecciones microbiológicas; Castillo *et al.* (1994) concluyeron que una alta concentración relativa en bacterias aerobias, con ausencia o mínima concentración de bacterias indicadoras de contaminación fecal (coliformes y enterococos) constituía un indicio sólido de contaminación no reciente, pernicioso en muchos casos por presencia de Salmonella y virus de mayores tiempos de supervivencia en las aguas subterráneas.

La mayoría de los puntos contaminados microbiológicamente se relacionaron con la proximidad a pozos negros de viviendas aisladas, previsibles fugas desde

redes de saneamiento y, en algún caso, a granjas de porcino y vacuno en intensivo. Otra fuente de afección importante se relacionó con riegos por inundación a partir de aguas residuales urbanas brutas (o deficientemente tratadas), especialmente en áreas con nivel piezométrico a menos de 20 m de profundidad. Las contaminaciones vinculadas con este último origen fueron poco persistentes en el tiempo, una vez interrumpidos los riegos. Ramos Cormenzana *et al.* (1994) pusieron de manifiesto para este acuífero una persistencia de CT, CF y E inferior a 200 horas en condiciones de riegos intensos. Por el contrario, las concentraciones de A mostraron su máxima concentración transcurrido ese tiempo, coincidiendo con el descenso generalizado en los microorganismos indicadores citados; en ningún caso se detectaron S.

Un comportamiento diferente presentaron las afecciones relacionadas con fugas de aguas residuales, o pozos negros, que se mantuvieron persistentes en el tiempo, si bien, en general, la extensión areal de la afección fue reducida. Castillo (1986a) puso en evidencia notables fugas de la red de saneamiento de Granada capital por elevaciones inusuales del nivel piezométrico a escala local, acompañadas con presencia frecuente de nitritos.

Como ya se ha mencionado, la contaminación microbiológica está relacionada muy estrechamente con el espesor de franja no saturada, la cual ejerce un eficiente papel autodepurador sobre las aguas residuales utilizadas en regadío en este acuífero (Castillo *et al.*, 1995). En este sentido, el sector Suroriental del acuífero (municipios de Churriana, Armilla, Cajar, La Zubia, etc), con mayor espesor de zona no saturada, no presentó indicios de contaminación microbiológica. Por el contrario, los sectores con nivel piezométrico más próximo a superficie, así como todo el borde occidental del casco urbano de Granada capital, fueron las áreas donde se localizaron todos los focos de contaminación microbiológica (en especial, términos de Granada, Santa Fé, Vegas del Genil, Chauchina y Fuente Vaqueros).

Agradecimientos

Este trabajo se realizó, en gran parte, al amparo de un contrato de Investigación suscrito entre la Dirección General de Obras Hidráulicas del Gobierno central y la Universidad de Granada, del que fue Investigador Principal el Dr. Alberto Ramos Cormenzana. Luis Gómez y Claudia Incerti realizaron la mayor parte de las determinaciones microbiológicas.

Referencias

- Anon (1989): *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. A.P.H.A
- Castillo, A. (1986a): *Tesis Doct., Univ. Granada e IGME*. 658 p
- Castillo, A. (1986b): *Sanidad e Higiene Pública*, 60, 1.141-1.152.
- Castillo, A. (1993): *Naturalia Baetica*, 5, 91-103.
- Castillo, A. (1995): *Tierra y Tecnología*, 9, 51-57.
- Castillo, A.; Pulido, A; Martínez-Carmena, N. (1997): *Freshwater Contamination*. IAHS, 245, 203-209.
- Castillo, A.; Ramos-Cormenzana, A.; Incerti, C y Gómez, L. (1994): *Investigación en zona no saturada*. Univ. Jaime I, 123-133.
- García-Villanova, B. (1985): *Tesis Doct., Univ. Granada*. 508 p.
- ITGE (1989). *El acuífero de la Vega de Granada*, Inf. Técnico.
- Ramos-Cormenzana, A.; Castillo, A.; Incerti, C and Gómez-Palma, L.F. (1994): *J. Applied Bacteriol*, 76, 95-99.