

EL ACUÍFERO DE LA VEGA DE GRANADA: 40 AÑOS DE MEDIDAS DE NIVELES

A. Castillo⁽¹⁾, V.M. Robles-Arenas⁽²⁾, J.A. Luque⁽³⁾ y L. Sánchez-Díaz⁽²⁾

(1) CSIC e Instituto del Agua de la Universidad de Granada. c/Ramón y Cajal, 4. 18071 Granada.

acastill@ugr.es

(2) Instituto del Agua de la Universidad de Granada. robles.arenas@gmail.com/ lsanchezdiaz@ugr.es,

(3) Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Urb. Alcázar del Genil, 4 bajo Ed. Zulema. 18006.

Granada. ja.luque@igme.es

RESUMEN

El acuífero detrítico de la Vega de Granada, uno de los más importantes de Andalucía (200 km² y 160 hm³/a), ha sufrido en los últimos 40 años una notable transformación. En gran parte, ésta se ha podido documentar a través de la recopilación y tratamiento de las series de aforos y de niveles disponibles (1967-2007). En esta comunicación se exponen, para ilustrar los cambios de ese periodo, 7 mapas piezométricos significativos del acuífero. Del mismo modo, se han actualizado y representado las evoluciones de nivel de 9 piezómetros. Por último, también se alude a las series foronómicas de 13 manantiales (hoy prácticamente secos) y la descarga conjunta del sistema en la estación de aforos de Puente Castilla. Los resultados obtenidos avalan la importancia de seguir controlando al acuífero (posible pieza clave en el futuro para el abastecimiento urbano) para garantizar una explotación sostenible, que sea capaz de mantener los niveles piezométricos, y permita al mismo tiempo un adecuado flujo ambiental al río Genil.

Palabras clave: acuífero Vega de Granada, evolución histórica, piezometría, aforos

ABSTRACT

La Vega de Granada aquifer is one of the most important aquifers of Andalusia (200 km² and 160 hm³/a). In the last forty years, the aquifer is undergoing remarkable alterations. These changes have been documented by means of river flow and piezometric level data (1967-2007). The goal of this paper is to show these alterations by water level contour maps, level evolution in 9 observation wells, and flow data in 13 springs (almost waterless nowadays) and Genil river flow. The obtained results emphasize the importance of managing the aquifer, possibly (future) key reservoir for human supply, to allow a sustainable abstraction, according to water level conservation and river flow protection.

Key words: Vega de Granada aquifer, historic evolution, piezometric contour map, gauging

1. INTRODUCCIÓN

El acuífero detrítico de la Vega de Granada es uno de los más importantes de Andalucía, si nos atenemos a la cuantía de sus recursos renovables, del orden de 160 hm³/a. Se halla enclavado en la depresión intramontañosa de Granada, en las Cordilleras Béticas. El material acuífero es de naturaleza detrítica-aluvial (gravas, arenas y limos) y se extiende sobre una superficie llana de 200 km² (Fig. 1).

Su estudio hidrogeológico en profundidad empezó a finales de los sesenta del siglo pasado, con el famoso proyecto FAO. Desde entonces no han dejado de sucederse estudios y controles, por lo que hoy día no es frecuente hallar acuíferos que dispongan de una serie de registro temporal de niveles tan extensa, lo cual cobra creciente interés para documentar los cambios climáticos, ambientales, de uso y de explotación de las aguas de estas últimas décadas. La tarea de recopilación y homogeneización de datos históricos es siempre un trabajo complejo, tanto por la fragmentación y diferente procedencia de los mismos, como, por su localización, muchas veces en informes sin publicar o incunables, con un permanente riesgo de pérdida definitiva. En esta línea de recopilar y ofrecer a la comunidad científica datos históricos, con tantos esfuerzos obtenidos en tan largo periodo de tiempo, inciden varios trabajos previos (IGME-GEOMECAÁNICA, 1983; Castillo, 1986 y 2005;

Castillo et al., 1996; ITGE, 1989; Luque-Espinar, 2001...), de los que proceden la mayor parte de los mapas piezométricos y limnigramas que se exponen en este artículo.

A lo largo de los años han ido cambiando los organismos encargados del control de niveles piezométricos y aforos de la Vega de Granada. Los datos más valiosos por su antigüedad proceden de la “época de la FAO”, de 1966 a 1972. De 1972 a 1983 el control correspondió en exclusiva al Instituto Geológico y Minero de España (IGME). De 1983 a 1989, estos controles se simultanearon con los de la Universidad de Granada. Y, por fin, desde 1989 los controles pasan a depender casi en exclusiva del Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP) y de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG), con aportaciones puntuales del IGME y la Universidad de Granada.

Por lo que respecta a las series de aforos del río Genil a la salida del sistema, estas corresponden en exclusiva a la CHG, que dispone de datos diarios desde 1970, objeto de otra comunicación a este congreso (Castillo y Robles-Arenas, 2008).

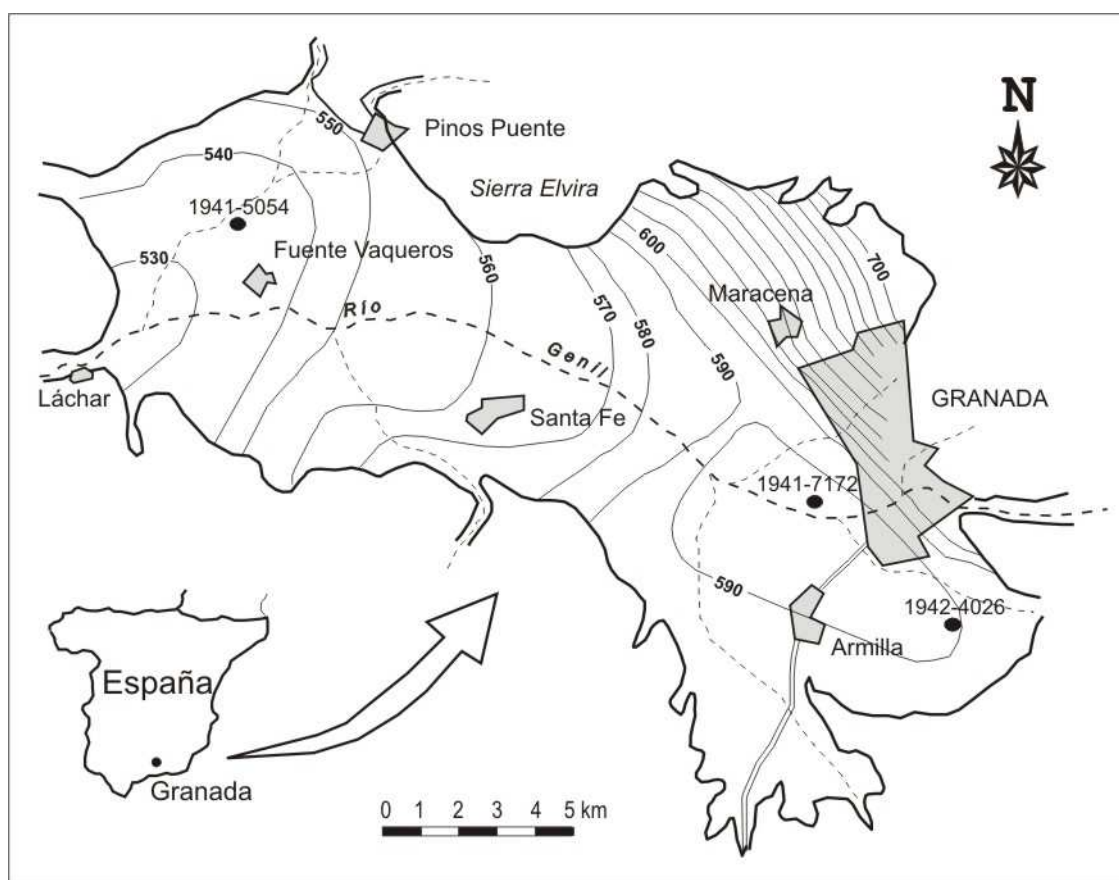


Figura 1. Localización del acuífero de la Vega de Granada, con la situación de los tres piezómetros utilizados en este trabajo (1942-4026, 1941-7172 y 1941-5054), junto al mapa piezométrico de julio de 1997, el último de los realizados para este acuífero.

2. DATOS DE PARTIDA

Los mapas piezométricos que se exponen en la figura 2 han sido tomados de trabajos publicados y de informes inéditos. De Castillo (1986) se han obtenido los mapas de noviembre de 1967 (a partir Trac, 1968), mayo de 1976 (a partir IGME, 1981) y septiembre de 1983; de Castillo (1994) el de octubre de 1989 y marzo de 1994; y de Castillo (2005) el de julio de 1997, lamentablemente el último de los realizados, que se tenga constancia.

Para las evoluciones de niveles piezométricos se ha dispuesto de una abundante documentación. En Luque-Espinar (2001) se consultaron las evoluciones temporales de 37 piezómetros de la “época FAO”, con primeros datos en 1966-67 y últimos en fechas variables, de 1982 a 1992, con registros sólo en unos pocos casos hasta 1998 (a partir de FAO, IGME, SGOP y CHG). Para completar las series y continuar los registros, se contactó con la CHG, que aportó series de 36 piezómetros, con datos, generalmente, desde 1998 hasta la actualidad.

Tras hacer un contraste, entre las redes piezométricas de la FAO-IGME y de la CHG, se detectaron pocos piezómetros coincidentes, y menos aún con serie completa, de los que a su vez hubo que renunciar a algunos de ellos que resultaron ser muy representativos o fiables, por colmataciones, por representar niveles colgados o sectores del acuífero marginales. Después de una laboriosa tarea de comprobación, se pudieron reconstruir las series de niveles de los tres piezómetros representativos que se exponen en la figura 3. El piezómetro 1942-4026 está situado en la cabecera del acuífero, en una zona muy representativa para conocer el comportamiento del acuífero frente a las extracciones. Es el único de los considerados que ha sido medido en el mismo punto por los diferentes organismos citados a lo largo del tiempo; de 1970-98 por FAO, IGME y SGOP (Luque-Espinar, 2001), y de 1998-03 por la CHG (PC 38), indicar que, desgraciadamente, se dejó de medir en el 2003.

El piezómetro 1941-7172 está situado en la zona de influencia del conoide de depresión situado al este del Puente de los Vados, y es igualmente muy indicativo de la evolución histórica de niveles en el acuífero de la Vega de Granada y de la progresión del citado conoide. De 1967-98 fue controlado por FAO, IGME y SGOP (Luque-Espinar, 2001), año en el que, por razones desconocidas, dejó de medirse, pasando a tomarse niveles hasta la actualidad por la CHG en otro punto próximo (PC 7), situado a 1,5 km al NW.

Por último, el piezómetro 1941-5054 está en la zona de descarga del acuífero, de la que es representativo. De 1967-93 fue controlado por FAO, IGME y SGOP, se dejó de medir en ese año, si bien se reanuda las medidas por parte del SGOP y la CHG en otro punto muy próximo (PC 1), situado a 0,5 km al W.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 La situación en 1966-72 (“época de la F.A.O.”)

Como se ha comentado, los primeros datos piezométricos y de aforos de que se dispone proceden de los proyectos de la FAO (1970 y 1972). En esa época, las extracciones por bombeo eran escasas, por lo que el acuífero presentaba abundantes descargas por emergencias. No obstante, el sistema estaba ya intervenido a través de la realización de canales de drenaje (madres, en el argot local) en la mitad occidental, lo que había provocado importantes descargas, en detrimento de parte de las naturales, que antaño se situaban aguas abajo, en el pago del Soto de Roma (cerca de Fuentevaqueros), caracterizado por extensos humedales y zonas encharcadas, que daban lugar a aportes muy caudalosos a los ríos Genil y Cubillas, aguas abajo de Fuentevaqueros y Valderrubio, respectivamente.

En cualquier caso, las superficies piezométrica y topográfica prácticamente coinciden en la mitad occidental del acuífero, entre las poblaciones de Santa Fe y Láchar. En el resto, la piezometría se acomoda a la recarga (y a la permeabilidad del acuífero), sin perturbaciones notables debidas a extracciones. La morfología de la superficie piezométrica puede observarse en el primer mapa realizado por Trac (1968), para noviembre de 1967 (Fig. 2), que describe muy bien el funcionamiento hidrogeológico del acuífero (y de sus bordes), muestra las pautas que se repetirán desde entonces, con las lógicas alteraciones por explotación, en los posteriores mapas piezométricos (Fig. 2).

Por su interés, reproducimos un párrafo contenido en el informe de la FAO-IGME de 1970: *“La capa se halla muy cerca del suelo en toda la parte situada al oeste de una línea Santa Fe-Maracena. A partir de esta línea hacia el sur la profundidad del nivel del agua aumenta rápidamente a consecuencia directa de la subida topográfica: en Armilla el agua está a 60 m y en La Zubia está a más de 100 m. La planimetría de las superficies entre curvas de igual profundidad han dado los resultados siguientes: sobre una superficie total de 200 km² de la capa en estiaje, 25% está a menos de 3 m del suelo, 25% está entre 3 y 10 m, 15% entre 10 y 20 m y 20% tiene el nivel a más de 60 m de profundidad”*.

Las evoluciones temporales de niveles y caudales muestran varios aspectos de interés. En primer lugar, la enorme influencia que tiene la infiltración de las aguas superficiales (procedentes del deshielo de Sierra Nevada, infiltradas desde ríos, acequias y regadíos), y más en comparación con la moderada cuantía de la recarga pluviométrica sobre el propio acuífero. Ello puso de manifiesto el singular comportamiento de este acuífero, como regulador de aportaciones de superficie, a través también de prácticas de recarga, sabiamente ideadas y realizadas desde antaño desde una intensa derivación de las aguas superficiales. Por otra parte, se comprueba que la respuesta piezométrica es muy rápida a las aportaciones, con máximos niveles en primavera y mínimos en otoño. Ello pone de manifiesto una alta velocidad de infiltración (gran permeabilidad vertical), unida a un escaso espesor saturado sobre amplias zonas del acuífero.

Como se ha comentado, a través de los canales o zanjas de drenaje se producía una notable descarga. En la época, esos “manantiales” (casi todos desaparecidos), como los de Fuente de La Reina Isabel La Católica, Canal de San José, Canal de San Juan, Canal de Aragón, Ojos de Viana, Madres del Rao (de Santa Fe y Atarfe), San Jorge, La Laguna, Berrales, Fontana y El Martinete arrojaban caudales extraordinarios (para el periodo 1966-75 el caudal medio de todos ellos fue de 1.500 l/s; Castillo, 1986).

3.2 Evolución piezométrica (1966-2007)

3.2.1 Mapas piezométricos

En la figura 2 se reproducen, a la misma escala, seis mapas piezométricos representativos (no todos los existentes, aunque el último disponible si es él de 1997) realizados para los años 1967, 1976, 1983, 1989, 1994 y 1997. Como podrá observarse, la morfología de la superficie piezométrica es similar en todos ellos, si bien se detecta un retroceso paralelo con los años en el trazado de las isolíneas. Ello refleja un progresivo descenso de niveles, en correlación, como se ha comentado, con el paulatino incremento de las extracciones por bombeo, así como con una disminución de aportaciones superficiales. Merece comentarse, que en el mapa de septiembre de 1983 se detecta por primera vez un conoide de depresión aguas arriba del Puente de los Vados, en un sector donde se concentran (por sus excelentes condiciones hidráulicas) varios sondeos de gran caudal, conoide que ya se mantiene y agranda sensiblemente en mapas posteriores, en los que toma forma alargada de dirección NW-SE (Fig. 2).

En general, los descensos son moderados en la mitad occidental, hasta la transversal de Santa Fe (zona de descarga) y más intensos, como es lógico, en el sector de alimentación del acuífero, en el tercio oriental. En concreto, los mayores abatimientos de nivel se producen en el extremo Suroriental, descensos que se aprecian y comentan con más detalle en las evoluciones de los piezómetros-testigo, en el epígrafe siguiente.

3.2.2 Piezómetros-testigo

En la figura 3 se muestra la evolución de tres piezómetros representativos (Fig. 1) de los que ha sido posible reconstruir series de niveles extensas (1967 a 2008). Como puede observarse, en los tres casos se constata la existencia de una clara tendencia decreciente de niveles, salvando las típicas oscilaciones interanuales debidas a diferentes periodos más o menos húmedos.

Como es lógico, el área de descarga (1941-5054) es la menos afectada por los descensos, que presentan una mayor modulación, tanto inter como intraanual, y en la que el descenso acumulado a lo largo de estos años ha sido de 3 m. Ese valor, aunque pudiera parecer pequeño, ha tenido una enorme influencia en la zona de descarga del acuífero, con un retroceso de las cotas de surgencia y una disminución de los caudales drenados, que han pasado en estos años de unos 4,5 m³/s (Castillo, 1986) a menos de 3 m³/s.

Un comportamiento contrario presenta el área de recarga (1941-7172 y 1942-4026), en los que la amplitud de los descensos interanuales en llega a alcanzar los 25 m para el periodo considerado.

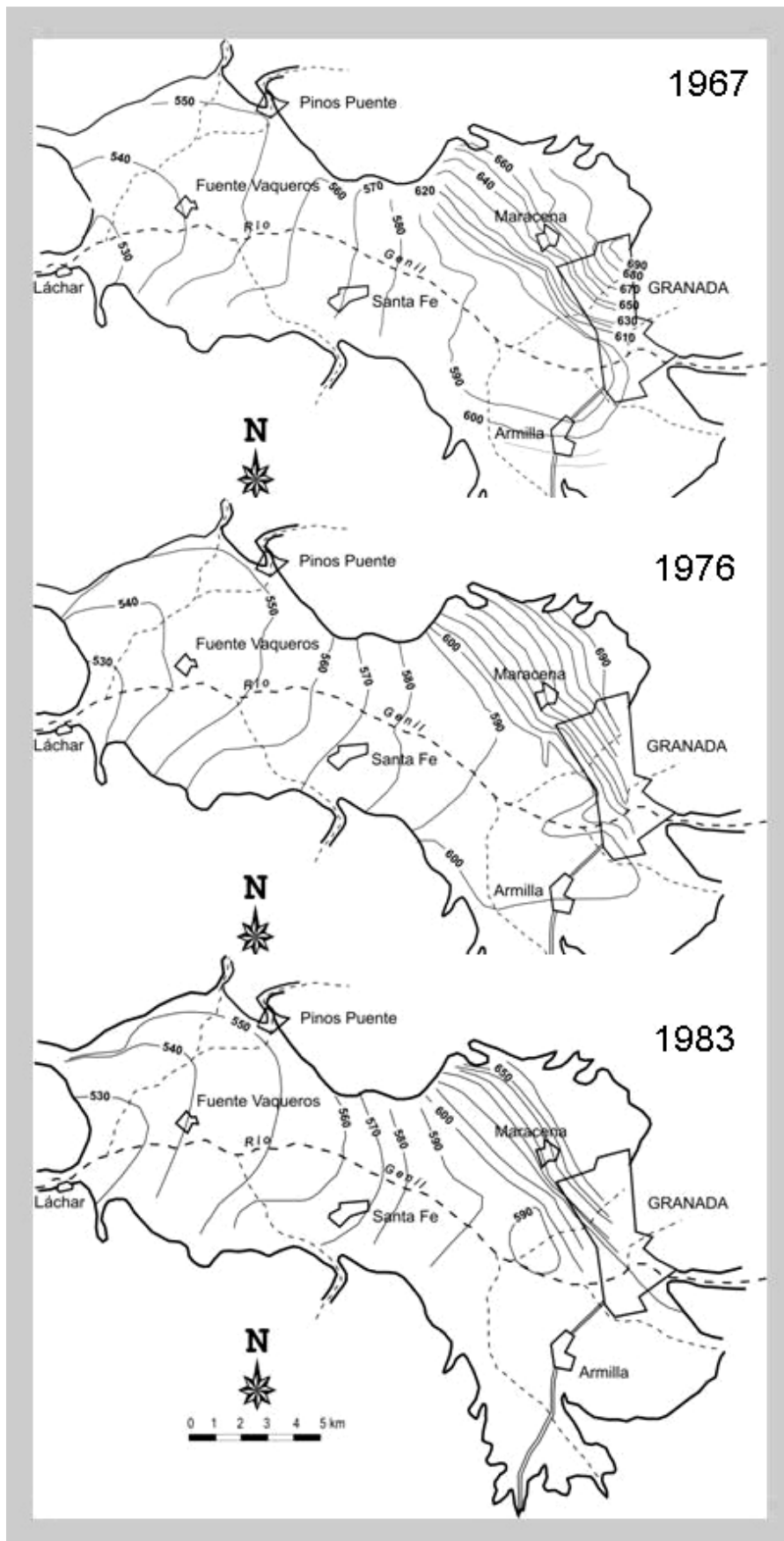
En todos los casos, el comportamiento, a escala intraanual, es bastante regular. En general, los máximos niveles (aguas altas) corresponden a los meses de junio, y los mínimos a los de diciembre. La amplitud de estas oscilaciones puede llegar en algunos años a los 7 m (sin considerar zonas de grandes bombeos), y, en general, se ven amortiguadas hacia los bordes, y hacia el sector de descarga, como ya se ha comentado anteriormente.

Las variaciones cíclicas anuales responden, bastante bien, a los periodos de explotación y reposo, de distinta intensidad según las condiciones de recarga y de explotación de cada año. En general, se observan rápidas recuperaciones en años húmedos, lo que da idea de la alta permeabilidad y poder de regulación del acuífero. No obstante, parece consolidarse una tendencia decreciente de niveles, a la que se ajustan bastante bien funciones de regresión, con índices muy significativos de correlación de 0,78 a 0,85. Para los piezómetros situados en cabecera (1941-7172 y 1942-4026) las pendientes de las curvas son de 1,1 a 1,2 x 10⁻³.

Utilizando datos de otros piezómetros con series incompletas (Luque-Espinar, 2001; y tablas de niveles de la CHG), puede decirse que las bajadas consolidadas y acumuladas, de 1967 a 2008, han sido del orden de 3 m en el sector de Pedro Ruiz, de 12 m en la transversal de Santa Fe y del orden de 20 m en el extremo Suroriental del acuífero, entre las poblaciones de Armilla y La Zubia. Dichos descensos provocaron el agotamiento casi definitivo de las surgencias del sector central del acuífero, que, en la mayor parte de los casos, se secaron en el estiaje de 1992, dentro de un periodo de aguda sequía en Andalucía (1992-95).

En cualquier caso, el acuífero presenta buenas recuperaciones en años húmedos (p.e 1995-97, los dos años más húmedos de la serie estudiada; Fig. 3), lo que evidencia el excelente comportamiento y aptitudes reguladoras del mismo, aunque han sido totalmente insuficientes para restituir los niveles a cotas de años pasados, evidenciando que actualmente la explotación supera, al menos en este sector de cabecera, a la recarga.

Una información complementaria acerca de la evolución del acuífero de la Vega de Granada, puede obtenerse del análisis de la descarga del sistema al río Genil, cuyos caudales son medidos por la estación de Puente Castilla (nº 80 de la CHG), y que han sido objeto de diferentes trabajos (entre ellos, Adarve y Castillo, 1999 y Castillo y Robles-Arenas, 2008, a este mismo simposio).



Leyenda en página siguiente

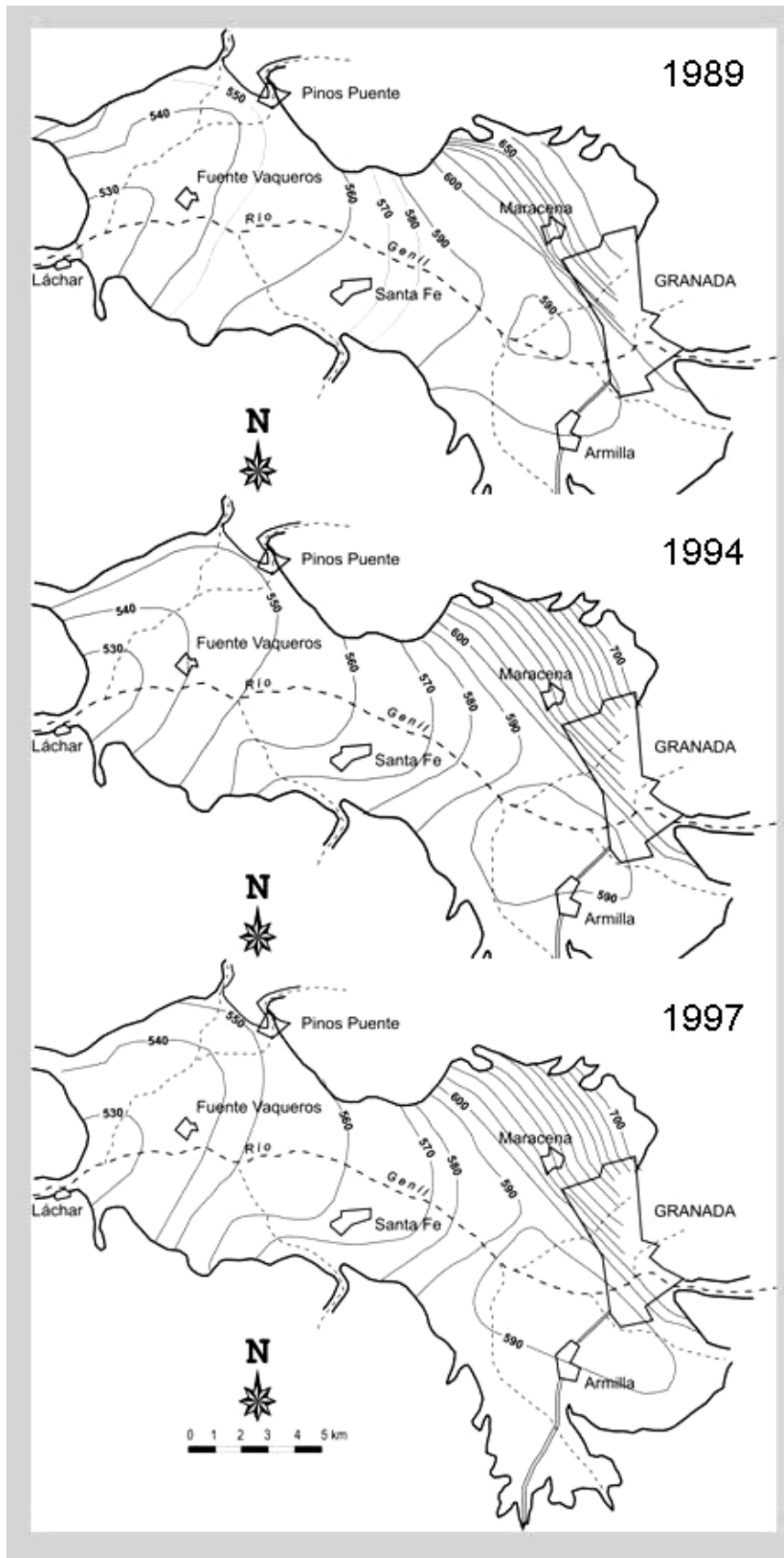


Figura 2. Mapas piezométricos representativos del acuífero de la Vega de Granada: noviembre de 1967 (Trac, 1968); mayo de 1976 (IGME, 1981); septiembre de 1983 (Castillo, 1986); octubre de 1989 (Castillo, 1994); marzo de 1994 (Castillo, 1994); julio de 1997 (Castillo, 2005).

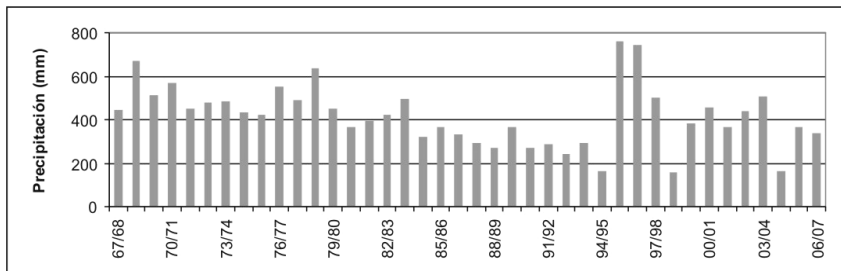
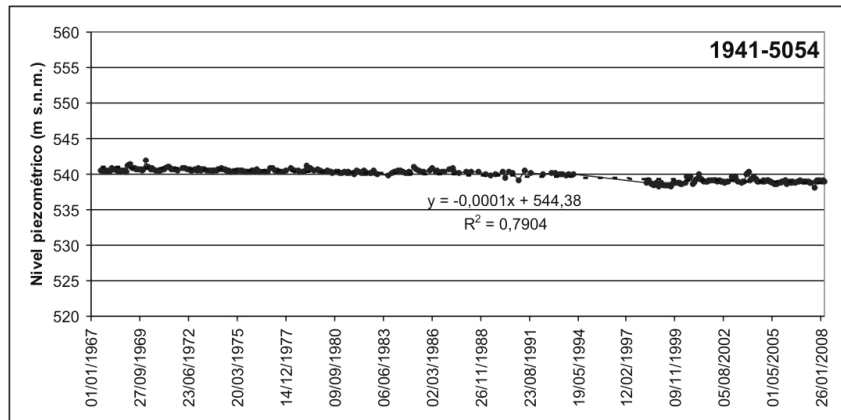
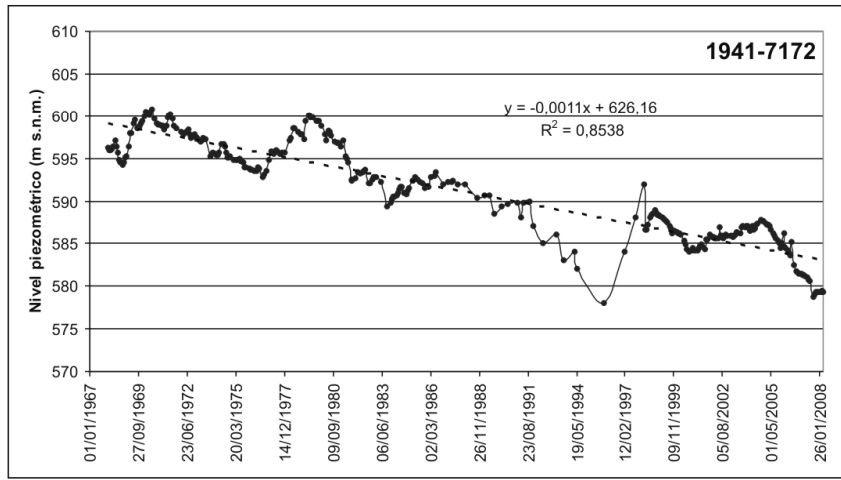
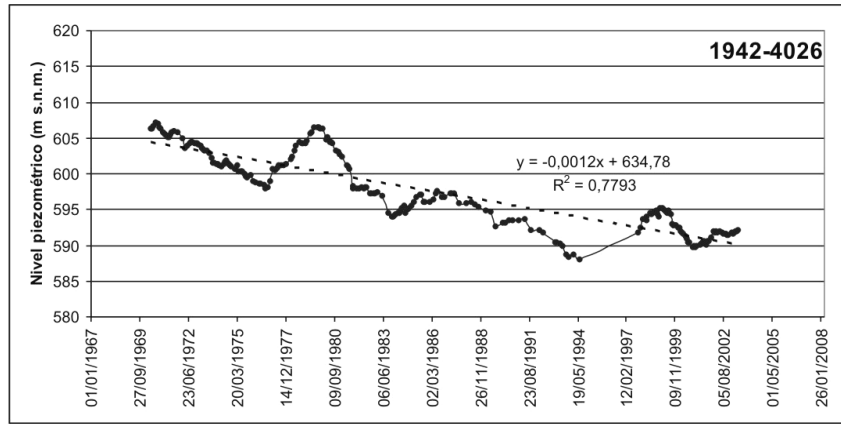


Figura 3. Evolución de niveles piezométricos para la serie estudiada (1967-2008) en los piezómetros 1941-4026, 1941-7172 y 1941-5054 (numeración IGME; ver localización en figura 1), a partir de datos originales de la FAO, IGME, SGOP y CHG. Abajo, hietograma de precipitaciones anuales de la estación de la CHG en Granada

Los datos piezométricos utilizados en la presente comunicación proceden de diferentes instituciones y organismos públicos, como la FAO, el IGME, el SGOP, la CHG y la Universidad de Granada. Los datos de precipitación fueron suministrados por la CHG. Se agradece a todos ellos la cesión de los mismos, al tiempo que se les insta a continuar en la posiblemente ingrata, pero valiosísima labor, de seguir con estas medidas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adarve, A. y Castillo, A. (1999): Estimación de los recursos drenados por el acuífero de la Vega de Granada al río Genil mediante el análisis de los hidrogramas de la estación de Puente Castilla (Granada; España). *Geogaceta*, 25: 7-10.
- Castillo, A. (1986): *Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada*. Tesis Doctoral Univ. Granada. Eds. Univ. Granada & IGME, 658 p.
- Castillo, A. (1994): "*Caracterización de los recursos y reservas del sistema hídrico de la Vega de Granada. Consideraciones sobre la calidad de las aguas*". Informe interno. Univ. Granada para GIRSA, 150 p.
- Castillo, A.; del Valle, M. y Perandrés, G. (1996): El acuífero de la Vega de Granada, según fue descrito en los "Proyectos de la FAO" (1966-72). *IV SIAGA Simposio sobre el agua en Andalucía*, II: 401-414.
- Castillo, A. (2005): "El acuífero de la Vega de Granada. Ayer y hoy (1966-2004). En: "Agua, Minería y Medio Ambiente, Libro Homenaje al Profesor Rafael Fernández Rubio". López Geta et al. (eds). IGME, 161-172 p.
- Castillo, A. y Robles-Arenas, V.M. (2008): La estación de aforos de Puente castilla, desde 1970 midiendo las descargas del acuífero de la Vega de Granada. *VII Simposio sobre el Agua en Andalucía*. Baeza.
- CHG (1969-2007): "*Anuario de aforos de la estación de Puente Castilla*".
- CHG (1970-2008): "*Serie de precipitaciones mensuales de la estación de la CHG en Granada*".
- FAO/IGME (1970): *Proyecto de investigación hidrogeológica de la cuenca del Guadalquivir*. Informe técnico nº 1. AGL:SF/SPA 9. 115 p.
- FAO/IGME (1972): *Proyecto piloto de utilización de aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir, España. Utilización de las aguas subterráneas para la mejora del regadío en la Vega de Granada*. Informe Técnico nº 2. AGL: SF/SPA 16. 218 p.
- IGME/GEOMECAÁNICA (1983): *Modelo matemático de flujo del acuífero de la Vega de Granada*. Informe interno. 4 vol.
- IGME (1981): "*Informe sobre la evolución y estado actual del acuífero aluvial de la Vega de Granada*". Informe inédito.
- ITGE (1989): *Vega de Granada*. Serie: Manuales de utilización de acuíferos.
- Luque-Espinar, J.A. (2001): *Análisis geoestadístico espacio-temporal de la variabilidad piezométrica. Aplicación a la Vega de Granada*. Tesis Doctoral Universidad de Granada, 298 p.
- Luque-Espinar, J. A., Pardo Iguzquiza, E. y Chica Olmo, M. (2005): Análisis de ciclicidades de series hidrogeológicas en el estudio de los procesos de recarga. *Actas del VI Simposio sobre el agua en Andalucía*. Madrid, 451-458.
- Trac, N.Q. (1968): *Mapa hidrogeológico de la Vega de Granada* (escala 1:25.000). FAO-IGME.