

LA ESTACIÓN DE AFOROS DE PUENTE CASTILLA, DESDE 1970 MIDIENDO LAS DESCARGAS DEL ACUÍFERO DE LA VEGA DE GRANADA

A. Castillo⁽¹⁾ y V. M. Robles-Arenas⁽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

RESUMEN

En esta comunicación se resalta la localización estratégica e importancia de la estación de aforos de Puente Castilla de la red oficial de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, sobre el río Genil, para el seguimiento de las descargas subterráneas del acuífero detrítico de la Vega de Granada. Su extensa serie de datos ofrece información muy ilustrativa sobre el régimen de descarga de dicho acuífero, así como sobre los cambios acaecidos en el ciclo hidrológico del Alto Genil, incluidos los descensos de aportaciones pluviométricas de los últimos años. Se expone el hidrograma diario completo desde 1970 a 2007 y el medio mensual de dicha serie. Los resultados obtenidos muestran una sensible regularidad intraanual de caudales, indicativos de un río con gran inercia, debido a la regulación ejercida por la alta tasa de aportación subterránea del acuífero de la Vega de Granada. El valor de la descarga total (aguas superficiales-subterráneas) fue de 202 hm³/a.

Palabras clave: Acuífero Vega de Granada, descargas, río Genil, Puente Castilla

ABSTRACT

In this paper is shown the strategic location and significance of Puente Castilla gauging station (which belongs to Hydrographic Confederation of Guadalquivir gauging network), in Genil river, monitoring discharge flow of the Vega de Granada detritic aquifer. Available data give information about aquifer discharge patterns, and changes happened along the hydrologic year in the Alto Genil, including decreases in rainwater volume in the last years. The hydrograph obtained with daily data to the period 1970-2007 and a mean year hydrograph are shown. A regular flow during the year is observed, due to high aquifer contribution. The total discharge amount (surface and ground water) is estimated in 202 hm³/y.

Key words: Vega de Granada aquifer, discharge, Genil river, Puente Castilla

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

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 150 a 230 hm³/a según distintas estimaciones. 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. Desde el punto de vista hidrológico, forma parte de la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir, y dentro de ella de la subcuenca del Alto Genil (Fig. 1), de la que recibe aportaciones de un área próxima a 2.950 km².

Pese a tratarse de un acuífero relativamente bien conocido (FAO-IGME, 1972; IGME-GEOMECAICA, 1983; Jerez, 1983; Castillo, 1986; ITGE, 1989...), para el que apenas hay discrepancias en las líneas generales del funcionamiento, destaca la heterogeneidad en las cuantificaciones obtenidas para los recursos renovables. En parte, ello se ha debido a la insuficiente información de base disponible, así como a los diferentes periodos de estudio considerados, en los que a las irregularidades pluviométricas propias del clima mediterráneo, se le han añadido ciertas

alteraciones antrópicas del régimen hídrico (bombeos, regulación de embalses, depuradoras, cambios en los usos del suelo, canalización de acequias, etc.).

La existencia de una estratégica estación de aforos a la salida del sistema, en el río Genil (Puente Castilla, nº 80 de la red de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir-CHG-.Fig. 2), ha permitido controlar las descargas subterráneas del acuífero de la Vega de Granada, junto a las escorrentías superficiales de la cuenca vertiente. La disposición de una serie de aforos desde el año hidrológico 1970/71 hasta el 2006/07 (con algunas interrupciones y lagunas de datos), constituye, en principio, una sólida base para obtener información sobre la evolución de la descarga del sistema aguas superficiales-subterráneas.

La estación dispone de un limnógrafo de banda (del que se han tomado los datos de caudales para este trabajo) y, desde hace un año aproximadamente, de otro de presión, con envío de datos en tiempo real. Junto a la estación hay otra de la red SAIHCA, construida hace casi una década. La sección de aforo corresponde al cauce natural del río, en el que se han dispuesto varias escalas a diferentes cotas. Bajo el puente de la carretera local de Moraleda de Zafayona a Montefrío se llevan a cabo aforos con molinete, con una periodicidad aproximadamente mensual, datos que también han sido tenidos en cuenta en este trabajo.

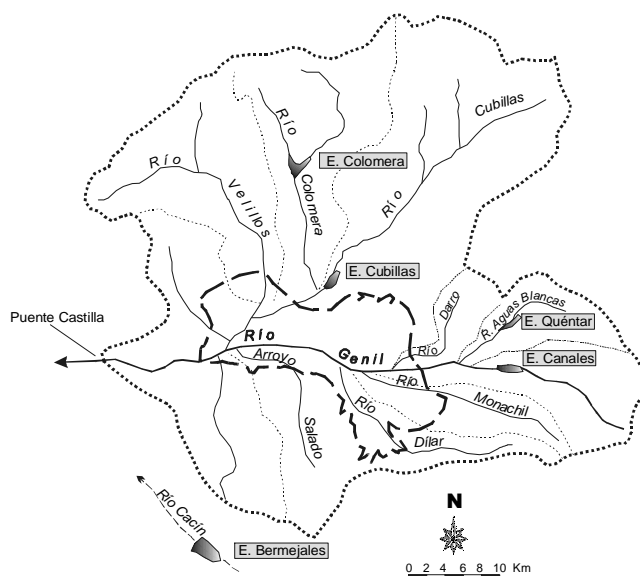


Figura 1. Localización geográfica del acuífero de la vega de Granada y de la cuenca del Alto Genil, vertiente a la estación de aforos de Puente Castilla (a la izquierda del mapa).

Los datos de aforos de esta estación de Puente Castilla han sido utilizados en diferentes ocasiones por distintas instituciones y autores para cuantificar las descargas conjuntas y de aguas subterráneas del acuífero de la Vega de Granada. En concreto, evaluaciones de los recursos subterráneos drenados fueron llevadas a cabo con anterioridad (y series temporales más cortas) por Jerez (1983), IGME/GEOMECANICA (1983), Castillo (1986 y 1994), e ITGE (1989). Utilizando diferentes series de datos y métodos de desglose de recursos, obtuvieron valores de descargas subterráneas de 130, 196, 115-125, 130 y 244 hm³/a, respectivamente, correspondientes a tasas de aportación subterránea en cada uno de los casos estudiados del 40, 57, 40, 56 y 68%, respectivamente.

Más recientemente, Adarve y Castillo (1999), a partir de la serie de aforos de 1970/71-1995/96, obtuvieron un valor de aportación total de 197 hm³/a, de los que 130 hm³/a procederían de descargas subterráneas (69 %).



Figura 2. Detalle de la estación de aforos de Puente Castilla en el río Genil, junto a otra de la red SAIHCA.

En esta publicación, se abunda en el estudio realizado por Adarve y Castillo (1999), una vez que se dispone de una serie de aforos más extensa, que alcanza hasta el año hidrológico 2006/07 (11 años más). La evolución obtenida es de interés para conocer de nuevo la cuantía y evolución de los recursos drenados por el sistema, cuyo análisis, más detenido del que aquí se ha podido hacer, debe arrojar información sobre cambios en la recarga y en la cuantía de las extracciones por bombeo.

Otra línea de trabajo más compleja es la de precisar la cuantía de las extracciones netas por bombeo, habida cuenta de la ausencia de contadores, de registro de concesiones reales y de un inventario fehaciente de captaciones. La suma de esta partida y de la anterior correspondería, de forma muy sensible, a la cuantía de los recursos renovables del acuífero de la Vega de Granada, cifra clave para el diseño de la gestión hídrica conjunta, en un espacio de alta demanda agrícola, pero que está llamado a ser en los próximos años pieza clave también en los abastecimientos urbanos.

2. DATOS DE PARTIDA

Como se ha comentado, en este trabajo se han utilizado las series de aforos diarios informatizadas, aunque también se ha dispuesto de las series de los estadillos manuales, ambas suministradas por la CHG para el periodo 1970/71-2006/07. También se ha dispuesto de la serie de aforos directos llevados a cabo en el mismo periodo por técnicos de la CHG, con periodicidad aproximadamente mensual. Se llama la atención en este punto en las discrepancias existentes entre la serie de aforos diarios de los estadillos confeccionados a mano y la de los facilitados en formato digital, hecho que ya fue puesto de manifiesto anteriormente por Adarve y Castillo (1999) y por Castillo (2003). En concreto, los datos informatizados, los utilizados para confeccionar este trabajo, así como los anteriores citados, son aproximadamente un 25 % inferiores a los aportados en los estadillos. También se ha dispuesto, para el mismo periodo, de los datos pluviométricos mensuales de la estación de la CHG en Granada, amablemente cedidos por dicho organismo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la información disponible se han elaborado los hidrogramas (en escala semilogarítmica y doble decimal) e hietograma de la figura 3. En ella se han representado tanto las series de caudales diarios informatizados, como las de aforos directos con molinete (en m^3/s), junto a las precipitaciones anuales de la estación del edificio de la CHG en Granada (en mm).

La serie de caudales diarios ha arrojado una aportación total para el periodo estudiado de 202 hm^3/a , mientras que esta ha sido de 250 hm^3/a para la serie de caudales procedentes de aforos directos. Aunque lógicamente la serie diaria es más robusta, se ha comprobado que no mide picos de grandes crecidas y eventuales avenidas, si controlados en algún caso por los aforos directos. Ello ha debido influir en la desviación al alza observada. La precipitación media de la serie estudiada ha sido de 406 mm.

En la representación de los hidrogramas a escala doble decimal se ha trazado la línea correspondiente al caudal mínimo registrado, de 0,6 m^3/s , con el fin de servir de referencia para detectar mejor tendencias y ciclos anuales. En concreto, las evoluciones de caudales permiten observar diferentes ciclos a nivel anual, con rangos de aproximadamente 5 a 6 años de duración. Las aportaciones medias extremas por ciclos oscilan entre 268 hm^3/a (70/71-76/77) y 79 hm^3/a (88/89-94/95). Al respecto, Adarve y Castillo (1999) obtuvieron para el periodo 1970/71-1995/96 una aportación total de 197 hm^3/a . La existencia de ciclos naturales de precipitación (escorrentía) refuerza una vez más la imperiosa necesidad de disponer de series lo más extensas posibles (que incluyan varios ciclos secos y húmedos), para dar la suficiente robustez a las estimaciones, que de lo contrario pueden arrastrar notables desviaciones con respecto a los valores reales. Otra cuestión son los insuficientes datos disponibles en cada momento, con los que muchas veces no hay más remedio que trabajar.

Como se ha expuesto, los valores más bajos de caudal se registraron de 1988 a 1995, coincidiendo con la puesta en funcionamiento y llenado del embalse de Canales a partir de 1986 (capacidad de embalse de 71 hm^3) y con un periodo de sequía entre los años 1992-95. Después de una serie con clara tendencia decreciente de caudales entre 1970 y 1995 (figura 3 arriba; y Adarve y Castillo, 1999), la ocurrencia de una serie de años de pluviometría superior a la media entre 1996 y 2003 (con dos años muy húmedos 1995/97) ha tenido una influencia directa sobre el incremento de las aportaciones de esos años. Esa importante recuperación del caudal (en parte consumida en subidas de los niveles piezométricos del acuífero, Castillo et al., 2008), pone de manifiesto el buen poder de respuesta del sistema frente a eventos húmedos, con una apreciable recuperación de niveles y caudales drenados por el acuífero de la Vega de Granada.

La alta proporción de las descargas subterráneas en la aportación total del río (entre el 40 y el 69 % según diferentes estimaciones) son responsables asimismo de una notable regularidad de los perfiles de los hidrogramas anuales, lo que es indicativo de un río con gran inercia, debido a la alta regulación ejercida por el acuífero de la Vega de Granada. Adarve y Castillo (1999) obtuvieron un valor medio para el coeficiente de agotamiento de la serie estudiada (1970-96) de $4,6 \times 10^{-3} \text{ días}^{-1}$, indicativo de esta situación.

En la figura 4 se expone el hidrograma medio mensual de la serie estudiada, junto al hietograma medio mensual de la estación de la CHG en Granada. Como se puede observar, hay un sensible desfase entre ambos, indicativo de la regulación ejercida por el acuífero, y en menor medida también por el proceso de fusión de nieve, la regulación de embalses en cabecera y el retardo provocado por las emergencias de los retornos de regadío.

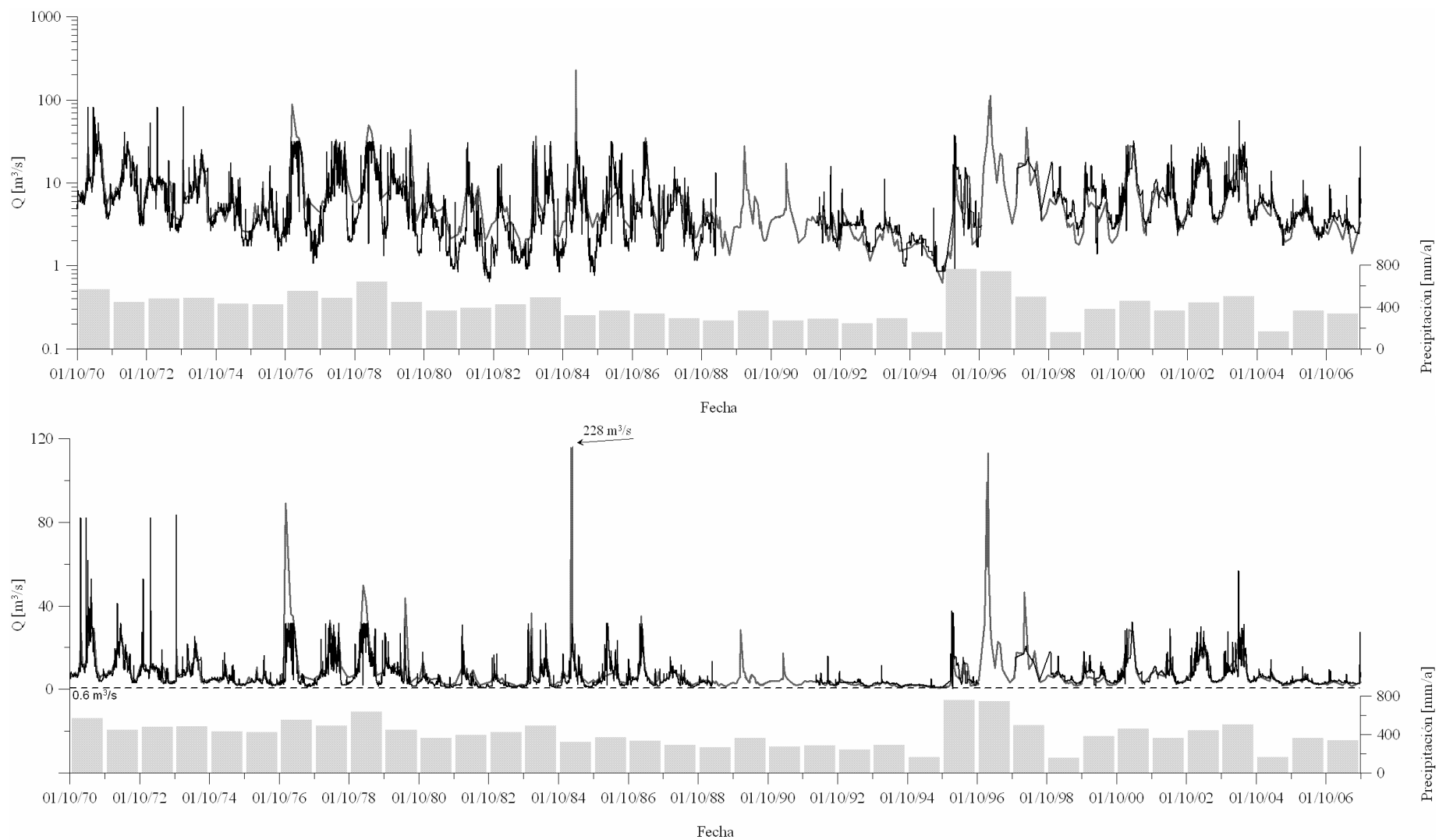


Figura 3. Hidrogramas de la estación de aforos de Puente Castilla para el periodo 1970/71-2006/07. Arriba en escala semilogarítmica y abajo doble decimal; en color negro valores de caudal diarios y en gris valores de caudal de aforos directos. Abajo, en ambas gráficas, hietograma de la estación pluviométrica de la CHG en Granada.

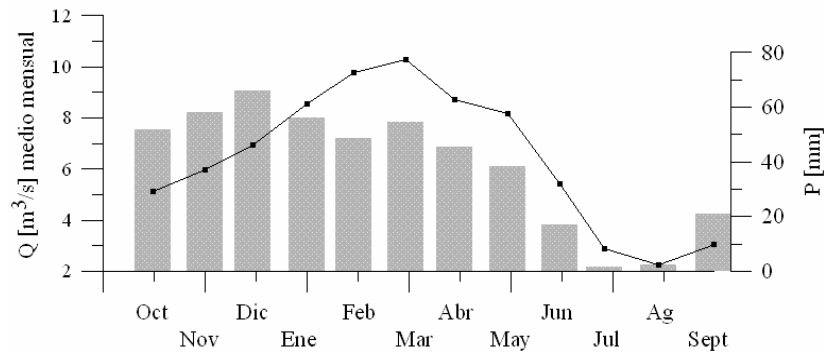


Figura 4. Hidrograma medio mensual de la serie estudiada (1970-07) para la estación de aforos de Puente Castilla (línea) e hietograma de las precipitaciones de la estación de la CHG en Granada (barras).

Los mayores caudales se registran en los meses de enero a mayo, con máximo en marzo, mientras que a partir de mayo y hasta agosto hay un rápido agotamiento, con mínimo caudal en agosto, a partir del cual nuevamente la recuperación vuelve a ser apreciable (especialmente en octubre), posiblemente por un aumento de la descarga procedente de retornos de riego estivales.

Teniendo en cuenta la aportación mínima en agosto, que corresponde en su totalidad a aguas subterráneas, la aportación subterránea drenada sería, como mínimo, de unos 80 hm³/a, el 40% de la aportación total aforada en el periodo estudiado, que, como se recordará, fue de 202 hm³/a.

En la figura 5 se expone el hidrograma e hietograma de la serie estudiada para los caudales de Puente Castilla y las precipitaciones medidas en Granada capital, respectivamente. Como puede observarse, las aportaciones son muy irregulares, si bien muestran una tendencia a la baja de 1970 a 1995, con una recuperación por encima de la media hasta el año 2003, en que vuelven a decrecer notablemente. Si bien hay una relación muy directa con el valor de las aportaciones pluviométricas, se observa un descenso relativo de los caudales drenados con el tiempo, achacable a mayores consumos dentro del sistema.

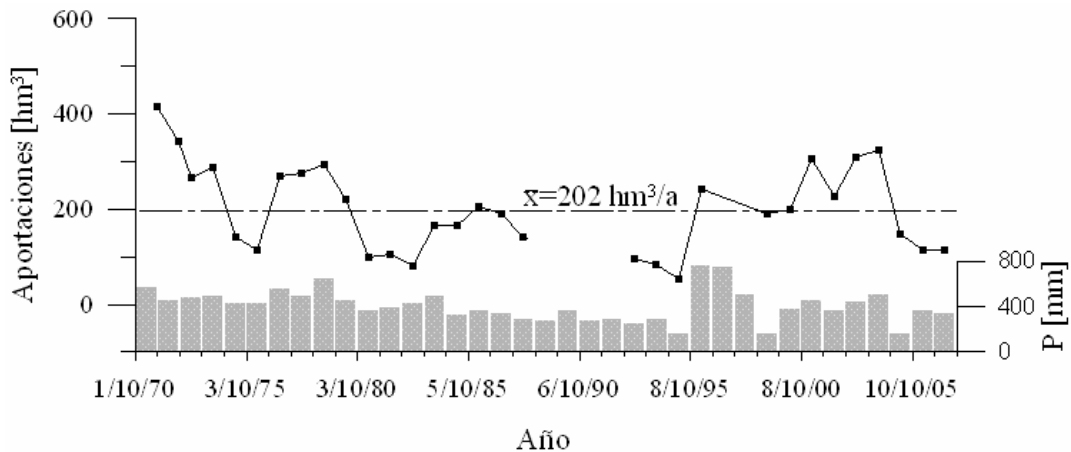


Figura 5. Hidrograma e hietograma anual de la serie estudiada (1970-07) para la estación de aforos de Puente Castilla y para la estación pluviométrica de la CHG en Granada, respectivamente.

Agradecimientos

Se agradece a la CHG la cesión de los datos de aforos de Puente Castilla y muy especialmente a D. José de la Fuente y a los ingenieros D. Jaime Riera y D. José Castillo, quién nos cedió también los datos pluviométricos de la estación de la CHG en Granada.

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. de Granada. Eds. Univ. Granada & IGME, 658 p.
- Castillo, A. (1994): *Caracterización de los recursos y reservas del sistema hídrico de la Vega de Granada*. Informe Restringido. GIRSA. Granada, 150 p.
- Castillo (2003): Estimación de los recursos hídricos en el sistema de la Vega de Granada. En *Propuestas para la gestión integral de la Vega de Granada*. EMASAGRA-Fundación Empresa-Universidad de Granada
- Castillo, A., Robles-Arenas, V., Luque, J.A. y Sánchez Díaz, L. (2008): El acuífero de la Vega de Granada: 40 años de medidas de niveles. In: *VII Simposio sobre el agua en Andalucía*. Baeza CHG. Series de aforos diarios de la estación de Puente Castilla en el río Genil (nº 80)
- CHG. Serie de precipitaciones de la estación de la CHG en Granada capital
- FAO/IGME (1972): *Proyecto piloto de las aguas subterráneas para el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir/Utilización de las aguas subterráneas para la mejora de los regadíos de la Vega de Granada*. Informe restringido AGL:SF/SPA 16. Madrid 218 p.
- IGME/GEOMECAICA (1983): *Modelo matemático de flujo del acuífero de la Vega de Granada*. Informe interno. 4 vol.
- ITGE (1986): *Actualización de balances y evolución de los sistemas acuífero del Alto Guadalquivir*. 2ª fase. Informe Restringido.
- ITGE (1989): *Vega de Granada*. Serie manuales de utilización de acuíferos. Madrid.
- Jerez, F. (1983): *El uso conjunto en la Vega de Granada*. Curso sobre utilización conjunta aguas superficiales-subterráneas. Valencia-Castellón. E-5: 1-13