

# 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)

Estimation of the resources drained by the Vega de Granada aquifer to the Genil river by analysis of the hydrographs obtained from the Puente Castilla gauging station (Granada; Spain)

A. Adarve(\*) y A. Castillo(\*\*)

(\*) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-Univ. Granada). Avda. Fuentenueva, s/n. 18071 Granada

(\*\*) CSIC e Instituto del Agua (Univ. Granada). c/ Rector López Argüeta, s/n. 18071 Granada. E-mail:acastill@goliat.ugr.es

## ABSTRACT

We consider the discharge patterns of the Vega de Granada aquifer by analysis of daily hydrographs from the Puente Castilla gauging station on the Genil river. The average groundwater drained flow is about  $130 \text{ hm}^3/\text{year}$  (not including previously extractions). The mean depletion coefficient obtained is  $4,6 \times 10^{-3} \text{ days}^{-1}$ .

We also relate the above flow data to daily precipitation and the piezometric level. Cross correlograms show an acceptable ratio between precipitation and piezometric level, which deteriorates when the drained flow is taken into account.

**Key words:** hydrographs, water resources, depletion curves, Vega de Granada aquifer

Geogaceta, 25 (1999), 7-10

ISSN: 0213683X

## Introducción y justificación

El acuífero de la Vega de Granada (Fig. 1) es uno de los más importantes de Andalucía (ITGE, 1988), si nos atenemos a la cuantía de sus recursos renovables, del orden de  $150$  a  $230 \text{ hm}^3/\text{a}$  según distintas estimaciones, y a la de sus reservas explotables, del orden de  $1.000 \text{ hm}^3$ . El material acuífero es de naturaleza detrítica-aluvial (gravas, arenas y limos) y se extiende sobre una superficie plana de  $200 \text{ km}^2$  (si bien la cuenca vertiente abarca un área de  $2.900 \text{ km}^2$ ), llegando a alcanzar espesores saturados superiores a  $250 \text{ m}$  en el sector central.

Las alimentación procede de la infiltración de aguas superficiales ( $\sim 70 \%$ ), de aportaciones laterales ocultas ( $\sim 15 \%$ ) y de la lluvia útil caída sobre su superficie ( $\sim 15 \%$ ). La descarga se produce por surgencias y explotación, variando notablemente la proporción de ambos tipos de descarga según la pluviometría anual. No obstante, en los últimos dos decenios se ha incrementado sensiblemente la explotación del acuífero, en detrimento de la descarga por surgencias.

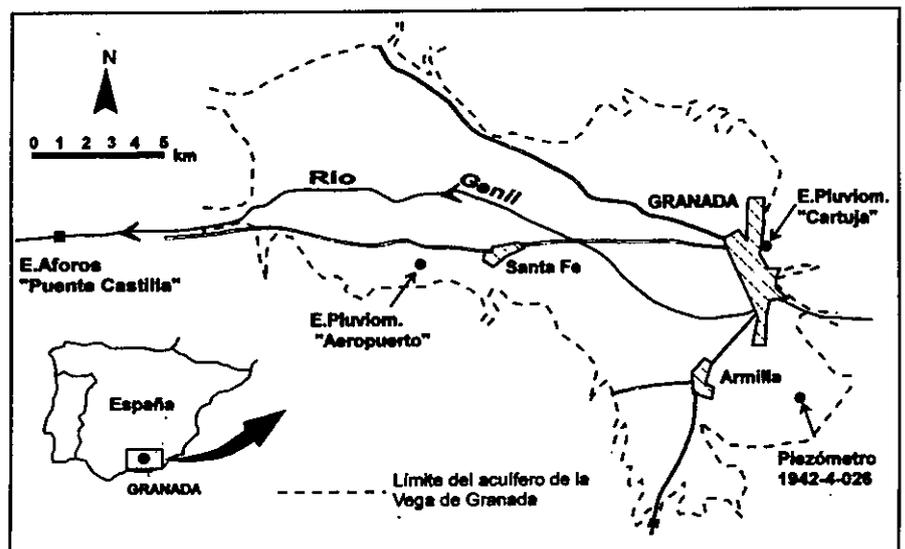


Fig. 1.- Localización del área estudiada y de las estaciones (de aforo y pluviométrica) y piezómetro utilizados.

Fig. 1.- Location of the study area, the stations (gauging and pluviometric) and the piezometer.

Pese a tratarse de un acuífero relativamente bien conocido (FAO-IGME, 1970 y 1972; IGME-GEOMECANICA, 1983; Jerez, 1983; Castillo, 1986 y 1994; ITGE, 1989...), para el que ape-

nas hay discrepancias en las líneas generales del funcionamiento, destaca la heterogeneidad en las cuantificaciones obtenidas para los recursos renovables. En parte, ello es debido a la deficiente

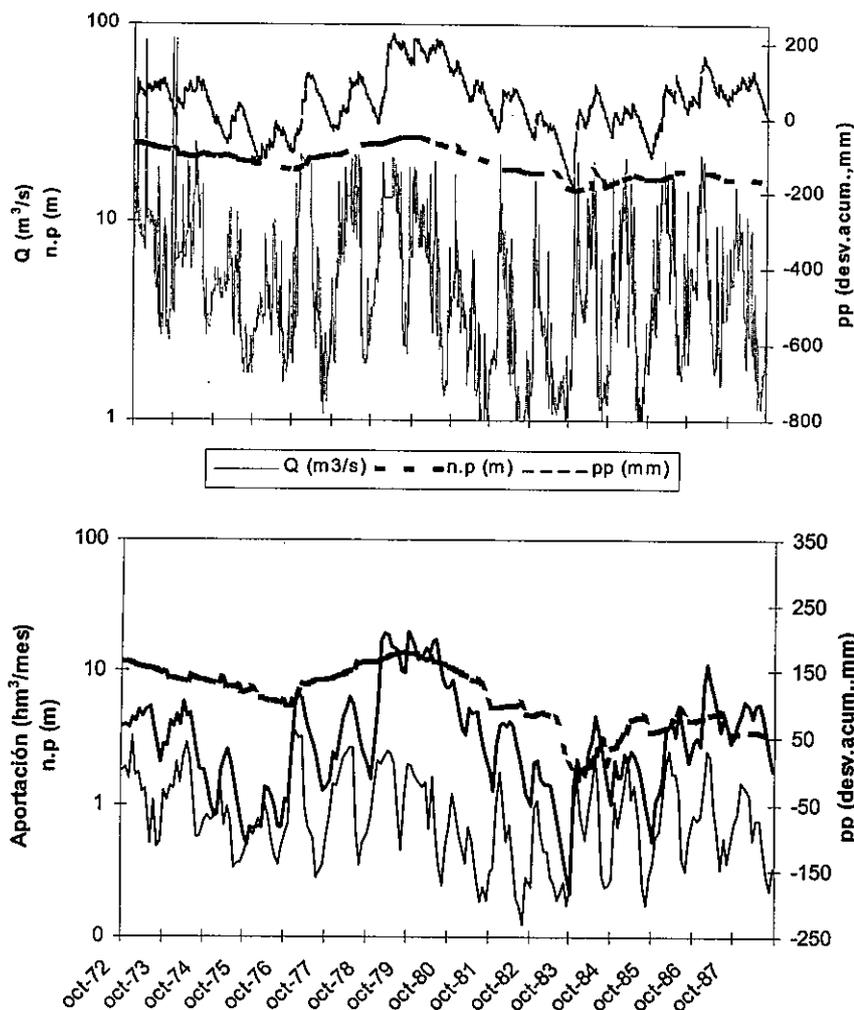


Fig. 2.- Evolución de precipitación (desviaciones acumuladas con respecto a la media), nivel piezométrico relativo y caudales, a nivel diario (arriba) y mensual (abajo).

Fig. 2.- Pattern of precipitation (accumulated deviations with respect to the media), relative piezometric level and discharge flows, both daily (above) and monthly (below).

información de base disponible, así como a los diferentes periodos de estudio considerados, en los que a las irregularidades pluviométricas propias del clima mediterráneo, hay que sumar la ocurrencia de ciertas alteraciones del régimen hídrico (construcción de embalses, canalización de acequias, etc).

En este trabajo se aporta una nueva cuantificación sólo para los recursos subterráneos drenados, sin incluir los detraídos por explotación. Este dato es de bastante interés para conocer la cuantía y evolución de los recursos del acuífero, así como para detectar posibles cambios en su recarga o en la cuantía de sus extracciones por bombeo.

Para ello se ha dispuesto de la serie completa de aforos diarios del río Genil en la estación de Puente Castilla (también conocida como de Tocón o

Trasmulas), aguas abajo del área de emergencia del acuífero. Otros trabajos actualmente en marcha intentan precisar la cuantía de las extracciones netas por bombeo, tarea mucho más delicada, habida cuenta de la ausencia de contadores y de un inventario realista de las captaciones existentes. La suma de ambas partidas correspondería, de forma muy sensible, a la cuantía de los recursos renovables del sistema, cifra clave para el diseño de la gestión futura del sistema hídrico superficial-subterráneo de la Vega de Granada.

**Antecedentes**

La primera estimación de los recursos hídricos del acuífero fue realizada por la FAO-IGME (1970), con un valor

de 111 hm³/a; en la continuación de dicho macroproyecto (FAO-IGME, 1972) se corrigió el valor anterior para situarlo entre 59 y 102 hm³/a, si bien en ambos casos se aludía explícitamente a la vulnerabilidad, por insuficiencia de datos, de las estimaciones realizadas. En el año 1983 se dieron a conocer dos balances muy diferentes, uno realizado por Jerez (Jerez, 1983) para un modelo matemático del MOPU, y otro por el IGME (IGME-GEOMECAICA, 1983), para otro modelo matemático; en ellos se obtenían unos recursos renovables de 155 y 232 hm³/a, respectivamente. Más tarde, Castillo (1986), en su tesis doctoral, cuantificó los recursos renovables en 184 hm³/año. Por último, en otra tesis doctoral, aún sin publicar (Fischer, 1997), se establece que los recursos están próximos a 150 hm³/a.

Con posterioridad, han sido muy numerosos los trabajos sobre el área que repiten estas mismas estimaciones o hacen pequeños retoques a las mismas, sin aportar, hasta el momento, nuevos elementos de juicio dignos de consideración.

Por lo que respecta más concretamente a la evaluación de los recursos subterráneos drenados por emergencias, objeto de este trabajo, han sido varios los intentos ya realizados, todos ellos con menor información que la actualmente disponible, entre los que cabe destacar los trabajos de Jerez (1983), Castillo (1986 y 1994) e ITGE (1986), que aportaron valores de descarga subterránea de 130, 115-125, 130 y 196 hm³/a, respectivamente.

**Datos de partida**

Para la realización de este trabajo fue fundamental la disposición de la serie completa de aforos diarios de Puente Castilla (nº 80 de la CHG) en el río Genil (Fig. 1). El periodo analizado fue el correspondiente a 1970/71-1995/96, si bien la estación no estuvo operativa durante los años 1988/89-1991. Del primer análisis de los datos se constató la existencia de dos series diferentes para el periodo 1978/79-1994/95. La serie finalmente utilizada, para ese periodo, fue la más moderna de las suministradas por la CHG, con valores medios un 25% inferiores con respecto a la serie más antigua.

De forma complementaria, también se utilizaron datos de precipitación a nivel diario del periodo 1972/73-1995/96, procedentes de la estación de Aeropuerto

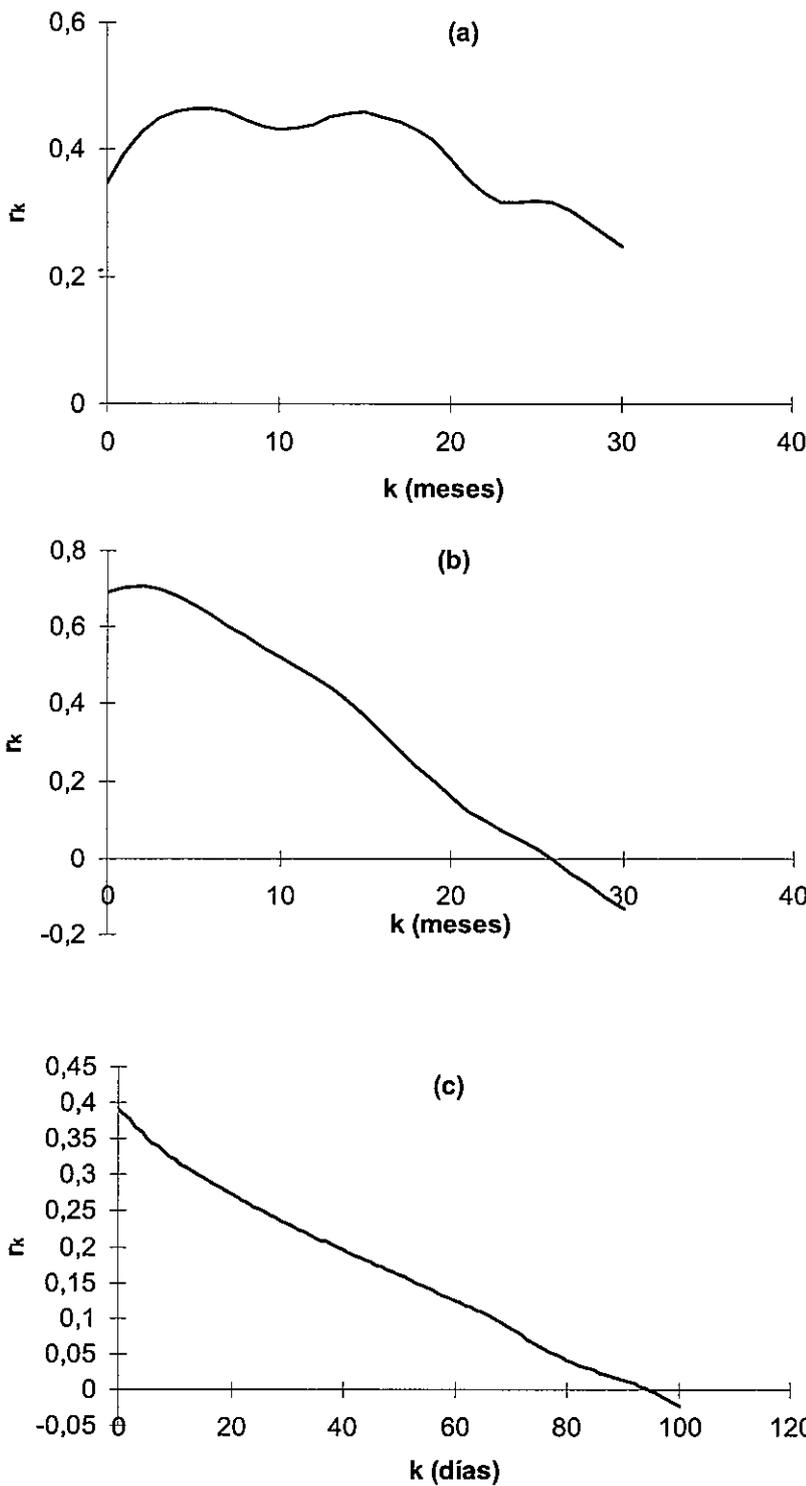


Fig. 3.- Correlogramas cruzados : a) nivel piezométrico caudales (mensual) ; b) nivel piezométrico-precipitación (mensual) ; c) caudales precipitación (diario).

Fig. 3.- Cross correlograms: a) piezometric level, discharge flows (monthly); b) piezometric level-precipitation (monthly); c) discharge flows-precipitation (daily).

(Fig. 1), así como valores de nivel piezométrico a nivel mensual, para el periodo 1972/73 a 1987/88, del piezómetro nº 1942-4-026 del ITGE (Fig. 1).

**Resultados obtenidos**

En la figura 2 se ha representado la evolución, a nivel diario y mensual, del caudal (Puente Castilla), precipitación (desviación acumulada con respecto a

AÑO	(1)	(2)	(3)	(4)
70/71	414,1	4,1	0.0016	29 julio
71/72	343,2	3,6	0.0008	13 julio
72/73	267,9	3,1	0.0011	1 junio
73/74	287,4	3,7	0.0037	19 julio
74/75	140,6	2,1	0.0016	30 junio
75/76	114,3	2,9	0.0054	31 mayo
76/77	268	-	-	-
77/78	276,1	2,1	0.0015	20 julio
78/79	293,4	2,6	0.003	21 julio
79/80	221	1,5	0.0001	21 julio
80/81	99,4	1,5	0.0043	21 mayo
81/82	106,3	1	0.0097	10 julio
82/83	81,3	-	-	-
83/84	167,2	1,4	0.0055	30 junio
84/85	166,6	1,8	0.0118	26 junio
85/86	204,2	1,9	0.0020	8 julio
86/87	188,8	1,7	0.0027	16 junio
87/88	140,5	-	-	-
92/93	95	2	0.0051	30 junio
93/94	83,1	2,9	0.018	10 junio
94/95	52,6	2,2	0.0048	11 febrero
95/96	242,2	3,1	0.0039	1 junio

Tabla 1.- Algunos parámetros del agotamiento del río Genil en "Puente Castilla" para el periodo 1970/71 a 1995/96. (1) Aportación anual (hm<sup>3</sup>); (2) Caudal de inicio del agotamiento (m<sup>3</sup>/s); (3) Coeficiente de agotamiento (días<sup>-1</sup>); (4) día de inicio del agotamiento.

Table 1.- Depletion parameters for the Genil river at "Puente Castilla" for the periods 1970/71 to 1995/96. (1) Annual flow (hm<sup>3</sup>); (2) Discharge at the onset of depletion (m<sup>3</sup>/s); (3) Depletion coefficient (days<sup>-1</sup>). (4) Day at the onset of depletion.

la media diaria; Aeropuerto) y nivel piezométrico (piezómetro nº 1942-4-026) para el periodo común comprendido entre 1972/73-1987/88.

En la figura 3 se exponen, para el mismo periodo, los correlogramas cruzados de los caudales de descarga - nivel piezométrico, nivel piezométrico - precipitación y caudales - precipitación.

Por último, en la figura 4 se muestran, en escala semilogarítmica, las curvas de agotamiento correspondientes a los caudales de estiaje (Puente Castilla) del periodo considerado (1970/71-1995/96). Como complemento de lo anterior, en la tabla I se exponen algunos parámetros representativos de los periodos de agotamiento analizados.

El caudal total medio obtenido (1970/71-1995/96) fue de 198 hm<sup>3</sup>/a. A la vista de los hidrogramas disponibles, se seleccionó el correspondiente al año 1986/87 como representativo del periodo, con una

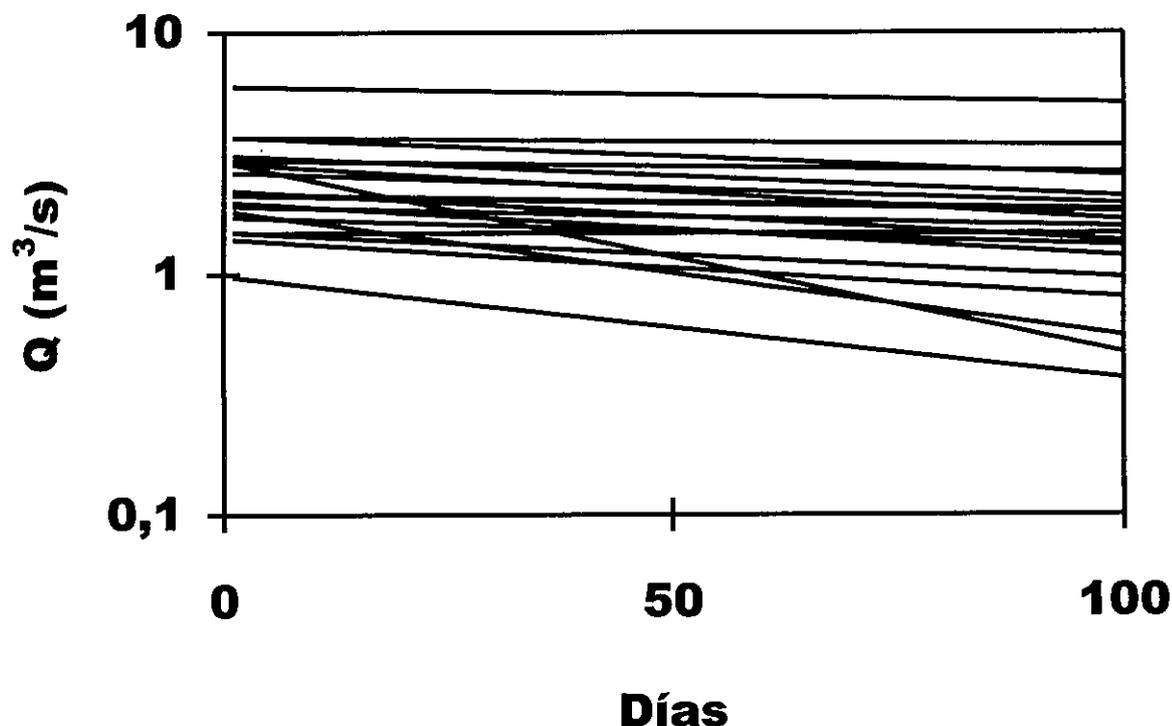


Fig. 4.- Curvas de agotamiento del río Genil en "Puente Castilla" para el periodo 1970/71 a 1995/96.

Fig. 4.- Depletion curves for the Genil river at "Puente Castilla" for the period 1970/71 to 1995/96.

aportación de 189 hm<sup>3</sup>/a. La descomposición del mismo dió un valor para la descarga subterránea de 130 hm<sup>3</sup>/a, indicativa de una tasa de aportación subterránea del 69 %. Otros trabajos anteriores, como los de Jerez (1983), ITGE (1989) y Castillo (1994), utilizando diferentes métodos de desglose de recursos, obtuvieron tasas de aportación subterránea del 40, 68 y 56 %, respectivamente.

Los hidrogramas obtenidos reflejan una sensible regularidad intraanual, indicativa 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. En este sentido, los coeficientes de agotamiento obtenidos oscilaron entre  $1,8 \times 10^{-2}$  días<sup>-1</sup> y  $1 \times 10^{-4}$  días<sup>-1</sup>, con un valor medio de  $4,6 \times 10^{-3}$  días<sup>-1</sup> (Fig.4). La fecha de inicio del agotamiento se situó en

torno a los meses de junio-julio, de forma prácticamente independiente a la aportación pluviométrica anual.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, al ITGE y al Servicio Meteorológico Nacional la cesión de los datos utilizados en este trabajo.

#### Referencias

Castillo, A. (1986): *Tesis Doctoral*. Serv. Publ. Univ. Granada. 658 p.  
 Castillo, A. (1994): *Caracterización de los recursos y reservas del sistema hídrico de la Vega de Granada*. Inf. restringido. GIRSA. Granada. 150 p

Castillo, A. (1995): *Tierra y Tecnología*, 9: 37-42  
 FAO-IGME (1970): *Inf. restr. AGL:SF/SPA*, 9. Roma. 115 p  
 FAO-IGME (1972): *Inf. restr. AGL:SF/SPA* 16. Madrid. 218 p.  
 Fischer, J. (1997): *Tesis Doctoral* (inéd.). Univ. Paderborn (Alemania)  
 IGME-GEOMECHANICA (1983): *Modelo matemático de flujo del acuífero de la Vega de Granada*. Inf. restr.  
 ITGE (1986): *Actualización de balances y evolución de los sistemas acuíferos del Alto Guadalquivir*. 2ª Fase. Inf. restr.  
 ITGE (1988): *El agua subterránea en Andalucía*. Ed. ITGE. 71 p  
 ITGE (1989): *Vega de Granada*. Serie manuales de utilización de acuíferos. Madrid.  
 Jerez, F. (1983): *El uso conjunto en la Vega de Granada*. Curso Valencia. 1-13