

62584

ANÁLISIS Y ORDENACIÓN DE RECURSOS
HÍDRICOS DE LA MARINA ALTA (ALICANTE).
ALTERNATIVAS Y DIRECTRICES
(1ª Fase)

Volumen III

**DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DRENADOS POR LOS
RÍOS BULLENS Y RACONS, Y POR LOS MANANTIALES DE LA
CAVA Y LA BOLATA, MEDIANTE EL ESTUDIO DE LAS SERIES
DE DATOS GENERADOS EN SUS ESTACIONES DE CONTROL**

Año 2001



ANÁLISIS Y ORDENACIÓN DE RECURSOS
HÍDRICOS DE LA MARINA ALTA (ALICANTE).
ALTERNATIVAS Y DIRECTRICES
(1ª Fase)

Volumen III

**DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DRENADOS POR LOS
RÍOS BULLENS Y RACONS, Y POR LOS MANANTIALES DE LA
CAVA Y LA BOLATA, MEDIANTE EL ESTUDIO DE LAS SERIES
DE DATOS GENERADOS EN SUS ESTACIONES DE CONTROL**

Año 2001

El proyecto de investigación, cuyos resultados se exponen en este informe, se inscribe dentro del Convenio de Asistencia Técnica suscrito entre la Excma. Diputación Provincial de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España, y ha sido realizado por el siguiente equipo técnico:

Dirección y supervisión

D. Bruno J. Ballesteros Navarro (IGME)
D. Luis Rodríguez Hernández (DPA)

Análisis de demandas hídricas. Extracciones e infraestructuras urbanas

D. Juan Ramón Cobos Fernández (IGME)
D. Juan de Dios Gómez Gómez (IGME)

Evaluación de recursos hídricos subterráneos

D. Bruno J. Ballesteros Navarro (IGME)
D. Julio López Gutiérrez (IGME)
D. Juan Grima Olmedo (IGME)
Dña. Olga García Menéndez (IGME)

Determinación de volúmenes drenados por las estaciones de control hidrométrico

D. José Antonio De la Orden Gómez (IGME)

INDICE DEL VOLUMEN III.

| | | |
|----|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. | ANÁLISIS DE LOS DATOS DE AFOROS EN LAS DISTINTAS ESTACIONES CONTROLADAS | 2 |
| | 2.1. Estación E-23, Barranquet | 2 |
| | 2.2. Estación E-21, río Bullens | 12 |
| | 2.3. Estación E-22, río Racons | 19 |
| | 2.4. Aforos realizados en la fuente de La Cava (E-52) | 30 |
| | 2.5. Estación E-51, barranco de La Bolata | 37 |
| 3. | CONSIDERACIONES ACERCA DEL EFECTO DE LAS MAREAS EN LA VALIDEZ DE LOS DATOS DE AFOROS DIRECTOS | 45 |
| 4. | CONCLUSIONES Y PROPUESTAS | 49 |

2. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE AFOROS EN LAS DISTINTAS ESTACIONES CONTROLADAS..

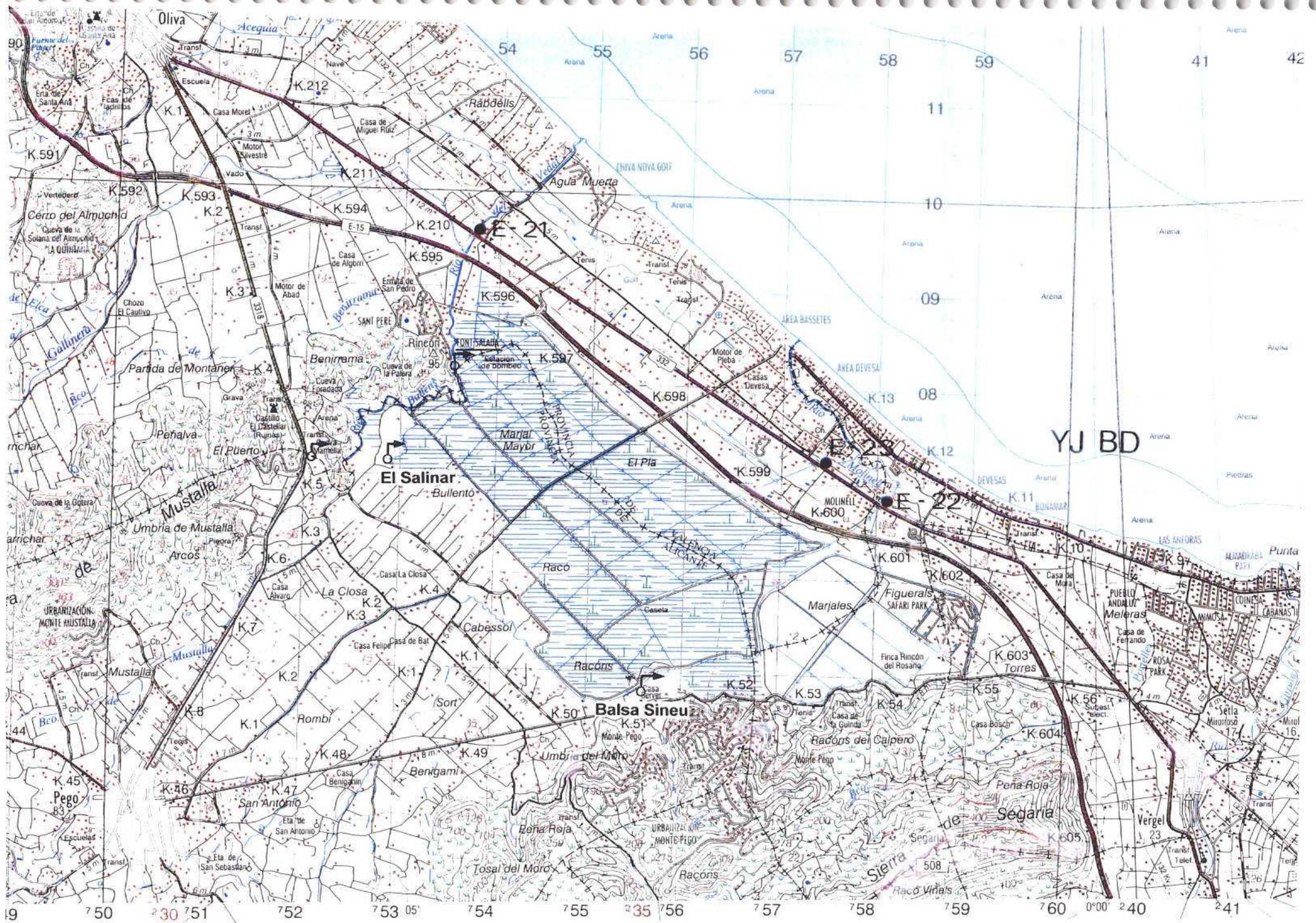
Para calcular las curvas de gasto de las estaciones de aforos de cuyos datos se dispone, es necesario un estudio previo acerca de la bondad de dichos datos y de su representatividad. Es imprescindible un análisis crítico previo a su tratamiento para cuestionar la validez de los mismos y su coherencia. Es obvio que, si no presentan la coherencia necesaria, el resultado de su tratamiento tendrá el mismo inconveniente y las conclusiones que puedan extraerse no serán válidas.

Por eso, en cada uno de los apartados siguientes, previamente al cálculo de las curvas de aforo, se ha realizado una análisis de los datos de partida, sobre todo en cuanto a su distribución temporal y cadencia.

2.1. ESTACIÓN E-23, BARRANQUET.

La estación E-23 se sitúa en el río de Barranquet, dentro del término municipal de Oliva (ver mapa 1). El agua que transporta procede fundamentalmente del drenaje del acuífero superficial de la marjal de Oliva-Pego. Está situada en la confluencia del río con la antigua vía férrea existente cerca de la carretera nacional N-332.

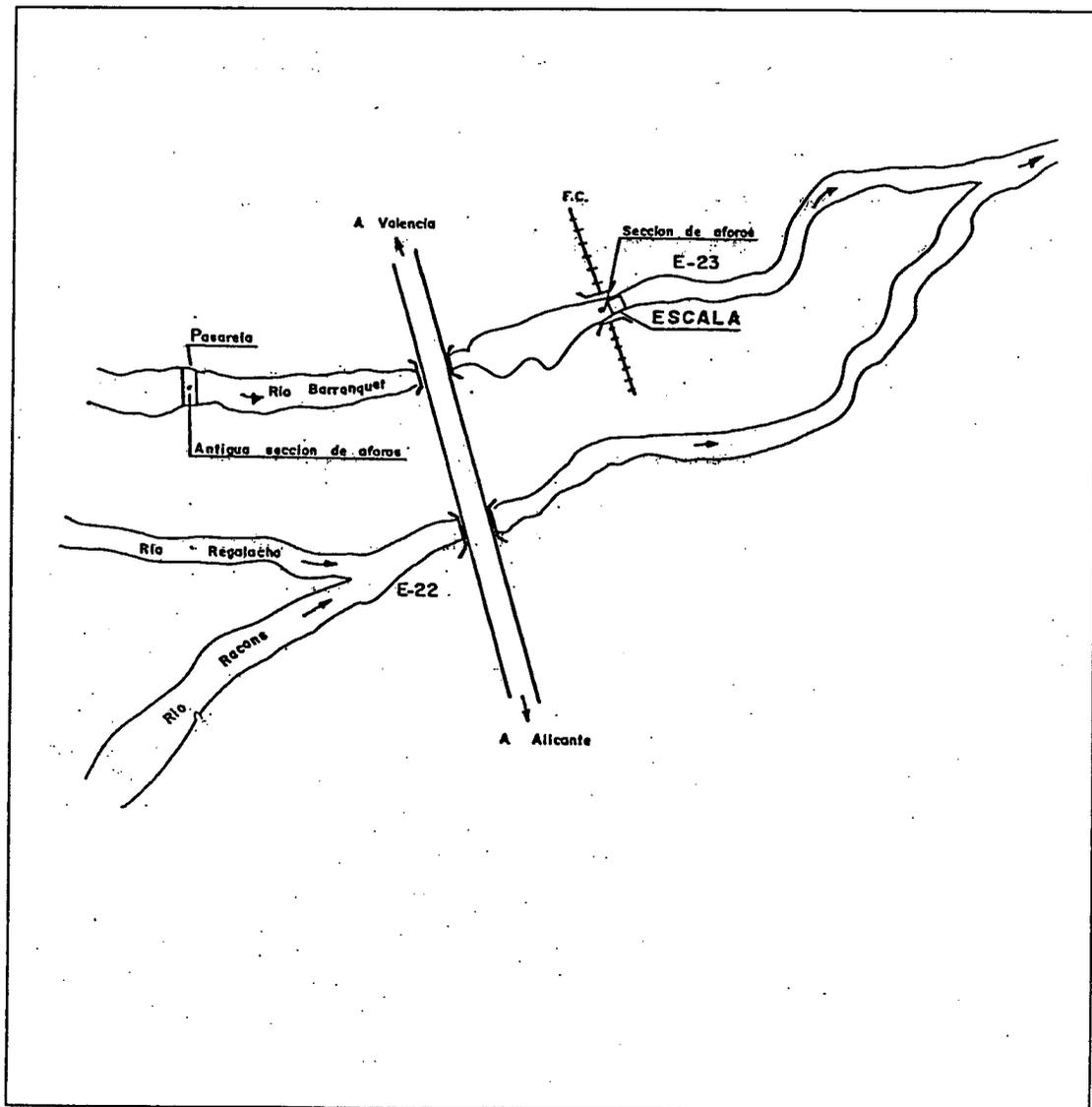
Los datos de aforos directos disponibles en esta estación se acompañan en la tabla nº 1. Un primer análisis de los mismos muestra que en el total del período controlado, que abarca desde el 1 de enero de 1974 hasta la actualidad, es decir, 26 años y 8 meses, se han realizado 46 aforos directos, lo que quiere decir que la media de aforos directos por año no llega a 2, quedándose en 1,7. Esta cifra en principio parece algo baja para poder realizar un estudio de recursos hídricos, ya que utilizando solamente los datos de dos aforos al año no cabe esperar una cifra de recursos totales anuales muy representativa.



Mapa 1. Situación de las estaciones de aforo y principales manantiales relacionados con el marjal de Pego-Oliva. (Escala 1:50.000)

ESTACIÓN DE CONTROL HIDROMÉTRICO E-23
RIO BARRANQUET

CROQUIS DE SITUACIÓN



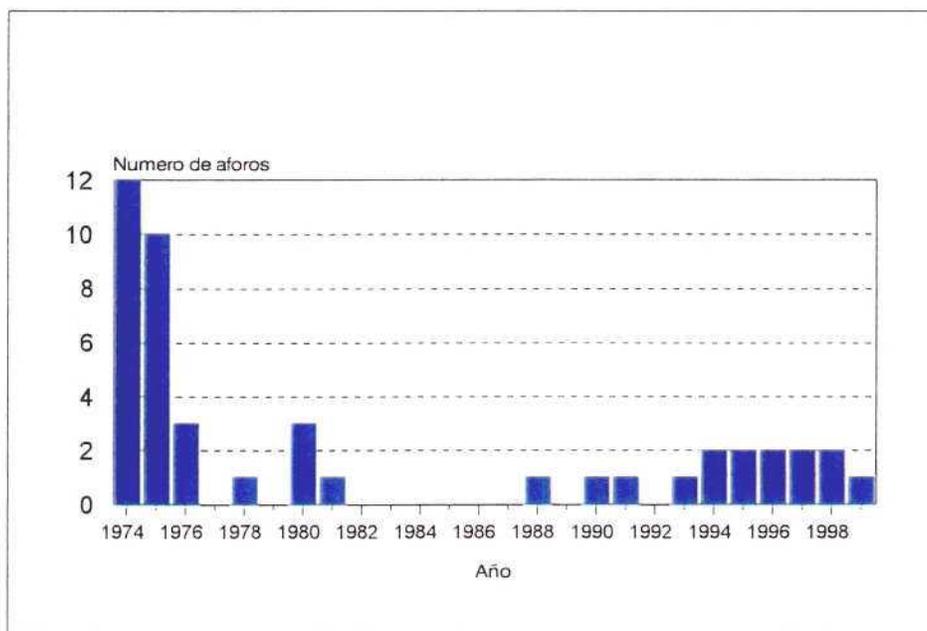


Figura 1. Distribución anual del número de aforos disponibles en la estación E-23, Barranquet.

Una distribución anual del número de aforos se muestra en la figura 1. En la misma puede observarse una gran irregularidad temporal, siendo únicamente en los dos primeros años de la serie, 1974 y 1975, cuando se dispone de un aforo cada mes. Con posterioridad a esos años, la escasez de datos es más acusada, habiendo varios de ellos, en concreto 10 de un total de 26, en los cuales no se ha realizado ningún aforo. La pauta predominante es un aforo anual hasta el año 1994, a partir del cual parece haberse tomado la decisión de realizar dos aforos anuales, uno en abril y otro en septiembre.

| Fecha | Horas de Pesca | Aforo (kg/ha) |
|-----------|----------------|---------------|
| 14-ene-74 | 35 | 1750 |
| 04-feb-74 | 21 | 307 |
| 29-mar-74 | 45 | 611 |
| 16-abr-74 | 34 | 881 |
| 27-may-74 | 40 | 1440 |
| 12-jun-74 | 28 | 830 |
| 01-jul-74 | 25 | 943 |
| 26-jul-74 | 29 | 921 |
| 20-sep-74 | 40 | 933 |
| 30-oct-74 | 57 | 1680 |
| 07-nov-74 | 42 | 1102 |
| 30-nov-74 | 28 | 1102 |
| 13-ene-75 | 17 | 259 |
| 21-feb-75 | 26 | 1246 |
| 10-abr-75 | 41 | 434 |
| 05-may-75 | 31 | 328 |
| 12-jun-75 | 44 | 1035 |
| 22-jul-75 | 24 | 430 |
| 04-ago-75 | 29 | 603 |
| 16-sep-75 | 25 | 516 |
| 21-oct-75 | 17 | 291 |
| 12-dic-75 | 94 | 3164 |
| 25-ene-76 | 22 | 554 |
| 13-may-76 | 12 | 136 |
| 08-jul-76 | 30 | 636 |
| 21-nov-78 | 45 | 475 |
| 25-ene-80 | 59 | 1079 |
| 06-may-80 | 76 | 549 |
| 29-jul-80 | 41 | 166 |
| 25-may-81 | 36 | 347 |
| 20-abr-88 | | 208 |
| 10-sep-90 | 40 | 401 |
| 11-jun-91 | | 365 |
| 21-abr-93 | | 1104 |
| 28-sep-93 | 65 | 801 |
| 20-abr-94 | 39 | 1297 |
| 15-sep-94 | 40 | 324 |
| 27-abr-95 | 31 | 878 |
| 26-sep-95 | | 667 |
| 17-abr-96 | 56 | 376 |
| 18-sep-96 | 90 | 2360 |
| 18-sep-97 | 46 | 2360 |
| 25-sep-97 | 51 | 1552 |
| 15-abr-98 | 56 | 635 |
| 16-sep-98 | | 259 |
| 15-abr-99 | 70 | 594 |

Tabla 1. Distribución temporal de los aforos en la estación E-23, Barranquet.

Por lo que se refiere a la distribución mensual de los aforos, ésta puede observarse en la figura 2. Del análisis de la misma se desprende que los meses en los cuales se ha realizado un mayor número de aforos son abril y septiembre (9 y 10, respectivamente del total de los 46 aforos realizados durante el intervalo analizado). Esto es así porque a partir del año 1974 sólo se realizan dos aforos al año, precisamente en los dos meses citados. En los meses de mayo y julio se han realizado un total de 7 aforos, 3 en junio, 2 en febrero, octubre, noviembre y diciembre, y uno solo en agosto.

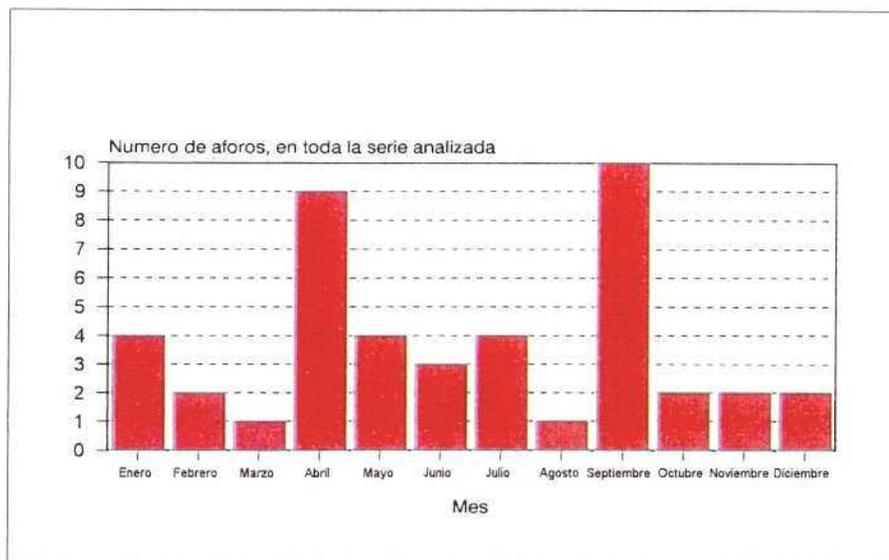


Figura 2. Número de aforos realizado en cada mes, en toda la serie analizada (1974-1999) en la estación E-23, río Barranquet.

A la vista de estos datos, lo primero que procede indicar es que la distribución de los aforos en los meses del año no es coherente con el régimen pluviométrico predominante en la zona, caracterizado por la existencia de precipitaciones en forma torrencial, de muy corta duración pero muy alta intensidad, en general asociadas a los fenómenos climatológicos conocidos como gotas frías que suelen presentarse en los meses de octubre, noviembre o finales de septiembre. Parece lógico pensar en plantear las campañas de aforos de tal manera que, si solamente se hacen dos aforos al año, uno de ellos coincida con las supuestas épocas en que mayores precipitaciones se producen, de tal forma que las medidas puedan recoger los datos

de caudal asociados a dichas lluvias. A este respecto, hay que indicar que la cadencia de medidas de los últimos años, en los cuales se realiza un aforo en primavera y otro en otoño, debería modificarse en el sentido de retrasar entre un mes y un mes y medio la segunda de las medidas, con el objeto de no dejar escapar eventuales gotas frías cuya no consideración producirá evidentemente errores importantes a la hora de cuantificar los recursos hídricos.

Para calcular las curvas de gasto de la estación de aforos E-23 se han utilizado los datos disponibles, con las salvedades indicadas en los párrafos anteriores. En principio, se consideran poco representativos del funcionamiento de la misma a escala hiperanual, tanto por la escasez de aforos como por la irregularidad temporal en que han sido realizados.

El análisis de los datos permite establecer dos curvas de gasto diferentes: la primera de ellas (figura 3) corresponde al período comprendido entre 1974 y 1978, y la segunda (figura 4) al período 1978-1999.

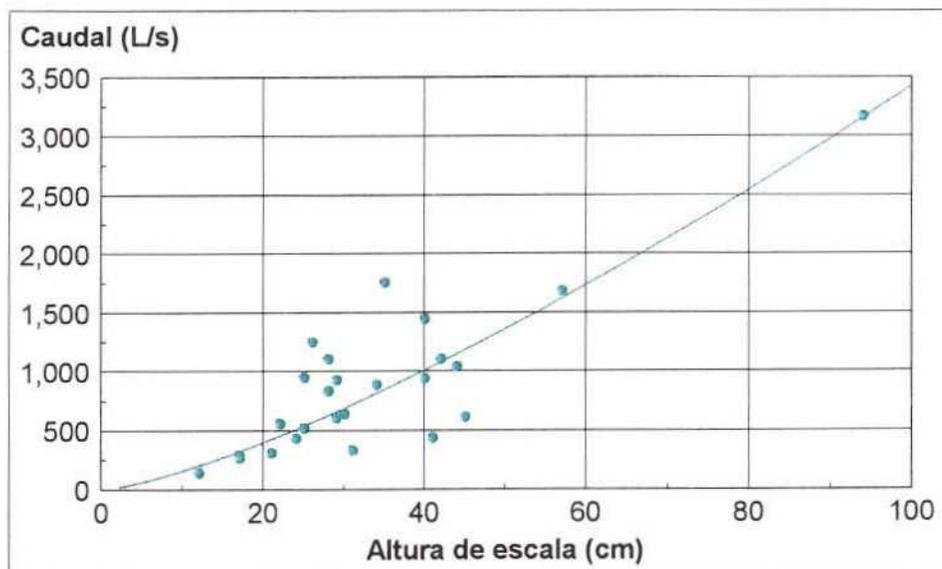


Figura 3. Curva de gasto de la estación E-23 para el período 1974-1978.

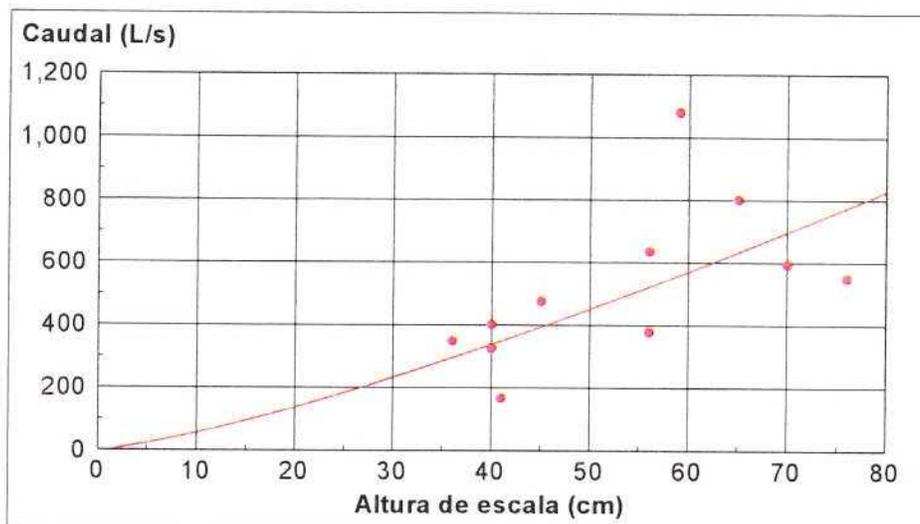


Figura 4. Curva de gasto de la estación E-23 para el período 1978-1999.

Sin embargo, no se detecta en la serie de datos estudiada ninguna información que permita asegurar que la causa de la necesidad de subdividir la serie en dos sea debida a ningún fenómeno físico, como un cambio en la estación de medida, un cambio en la escala, mareas altas, temporales de levante, etc, que puedan explicar la variabilidad de los datos. La división de los mismos en dos series temporales diferentes para su análisis obedece únicamente a criterios de tipo matemático.

Los datos correspondientes a la figura 3 han sido considerados en su totalidad, ya que no se han detectado incongruencias notables que obliguen a la eliminación de alguno de los datos. En cambio, en el caso de la figura 4, ha sido necesario eliminar varios datos cuya incongruencia era evidente. En concreto, se han eliminado los siguientes aforos:

| Fecha | Altura de Escala | Aforo directo (l/s) |
|-----------|------------------|---------------------|
| 20-abr-94 | 39 | 1297 |
| 15-sep-94 | 40 | 324 |
| 27-abr-95 | 31 | 878 |
| 18-sep-96 | 90 | 2360 |
| 18-sep-97 | 46 | 2360 |
| 25-sep-97 | 51 | 1552 |

Como puede observarse, existen dos aforos con el mismo caudal, 2360 L/s, pero con alturas de escala sensiblemente diferentes, una casi el doble que la otra, lo cual no es posible. Asimismo, los otros aforos presentan, para alturas de escala similares (39, 40 y 31 cm), valores de caudal incongruentes, hasta el punto de que para 39 cm se da un caudal cuatro veces superior al que se da para 40 cm. El valor 50 - 1552 no parece tampoco estar bien, a la vista del dato de abril de 1999, que da para 70 cm un caudal de 594 L/s, casi tres veces menor.

Una vez eliminados los aforos incorrectos, se han determinado los ajustes de las ecuaciones de las curvas de gasto para los datos válidos. Se han ensayado curvas de tipo lineal, exponencial, logarítmico y potencial, siendo éste último tipo de curva el que mejor se adapta a los datos y el que mejores parámetros estadísticos presenta.

Las ecuaciones resultantes para las curvas de gasto en la estación E-23 son las siguientes:

A) Período 1974-1978

$$Q = 7,4 H^{1,3}$$

con los parámetros estadísticos $r^2 = 0,64$

$n = 25$ (número de datos)

La bondad del ajuste conseguido está respaldada por la aplicación del Test de Fischer, según el cual, para un intervalo de confianza del 95%, y con una variable con 24 grados de libertad (el número de grados de libertad equivale al número de datos menos uno), el valor de r al cuadrado mínimo es 0,38. Como el valor de este parámetro obtenido es mayor, puede considerarse que la expresión adoptada es representativa del fenómeno que trata de describir, en este caso de la relación caudal-altura de escala.

B) Período 1978-1999

$$Q = 2,8 H^{1,3}$$

con los parámetros estadísticos $r^2 = 0,44$
 $n = 11$ (número de datos)

En este caso, la aplicación del Test de Fischer proporciona un intervalo de confianza algo menor del 90%, debido sobre todo al hecho de que el número de datos con los que se ha realizado el ajuste es bastante menor.

Una vez obtenidas las ecuaciones de las curvas de gasto para la estación E-23, para conocer el caudal que ha circulado por la estación durante el período de tiempo de estudio, hay que aplicar las expresiones matemáticas obtenidas a las lecturas de escala medidas durante dicho período. La lectura de la escala se ha realizado en general a nivel diario, si bien existen algunas lagunas de datos que pueden tener causas diversas, desde enfermedad o vacación del encargado de tomar la medida hasta imposibilidad de medir debido a avenidas u otras circunstancias.

Con respecto a los datos de las lecturas en la escala, hay que decir que existen también una cierta irregularidad temporal en cuanto a la toma de los mismos, ya que, si bien durante los 10 primeros años de la serie no existen prácticamente lagunas de datos, con posterioridad a 1984 empiezan a aparecer una serie de lagunas, algunas de ellas de meses completos, en las cuales no hay dato. Este fenómeno se aprecia con claridad en la figura 5, en la cual se muestra, para cada uno de los años de la serie estudiada, el porcentaje de días en los cuales no se ha tomado el dato de la altura de la escala.

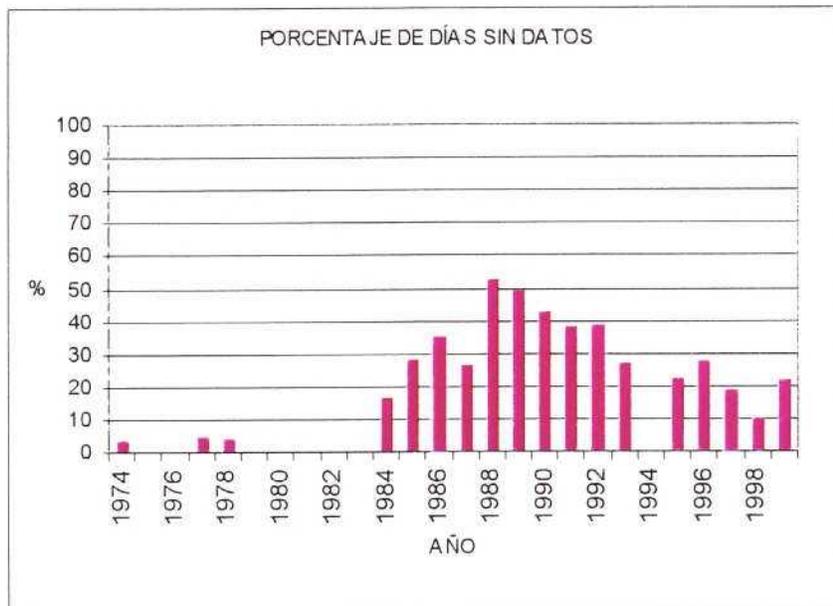


Figura 5. Porcentaje de días sin dato en la estación E-23.

En la figura 6 se representan los caudales circulantes por la estación de aforos, calculados a partir de los datos disponibles, y a cuyo análisis hay que aplicar las salvedades indicadas anteriormente.

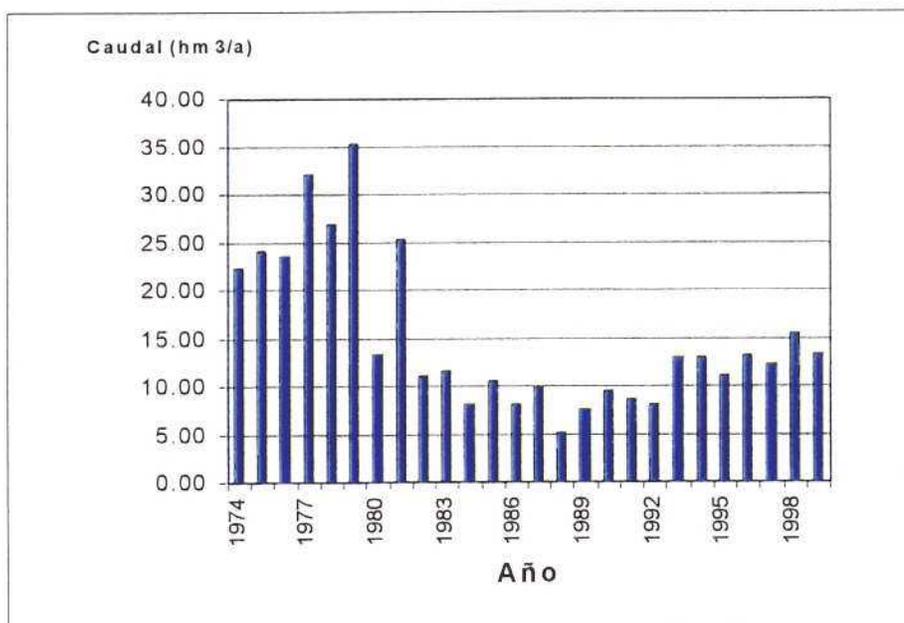


Figura 6. Caudales circulantes por la estación de aforos E-23 en toda la serie estudiada.

Los mismos datos, en forma numérica, se acompañan en la tabla 2.

| Año | Caudal (hm ³ /a) | Año | Caudal (hm ³ /a) |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 1974 | 22.27 | 1987 | 9.83 |
| 1975 | 24.12 | 1988 | 5.10 |
| 1976 | 23.50 | 1989 | 7.57 |
| 1977 | 32.15 | 1990 | 9.47 |
| 1978 | 26.89 | 1991 | 8.56 |
| 1979 | 35.26 | 1992 | 8.07 |
| 1980 | 13.42 | 1993 | 12.98 |
| 1981 | 25.27 | 1994 | 12.97 |
| 1982 | 11.10 | 1995 | 11.05 |
| 1983 | 11.58 | 1996 | 13.17 |
| 1984 | 8.01 | 1997 | 12.28 |
| 1985 | 10.45 | 1998 | 15.41 |
| 1986 | 8.09 | 1999 | 13.25 |

Tabla 2. Caudales circulantes por la E-23.

A la vista de los datos disponibles, agrupados en la gráfica y tabla anteriores, puede establecerse que el caudal medio interanual, para una serie de datos analizada que abarca desde 1974 hasta 1999, es de 15,07 hm³/a, oscilando entre un máximo de 35,26 hm³/a en el año 1979 y 5,10 hm³/a en el año 1988. Hay que hacer constar que los datos obtenidos en el intervalo 1986-1994 están incompletos, por lo cual la representatividad de los caudales calculados estará directamente relacionada con el porcentaje de días sin datos, de manera que, cuanto mayor sea éste, menor será la representatividad del caudal obtenido.

No obstante, con el fin de dar un valor de caudal que supere de alguna manera el inconveniente de haber sido calculado con series de lecturas de escala incompletas, se ha calculado un caudal medio anual para la serie estudiada pero considerando únicamente los datos correspondientes a años que tienen dato en más de un 80% de sus días. Con esta condición, solamente se pueden tener en cuenta los datos de 14 años, y el caudal medio obtenido es de 19,59 hm³/a. Si se circunscribe el cálculo únicamente a los años en los cuales no falta ningún dato, el caudal medio anual sería de 19,65 hm³/a.

2.2. ESTACIÓN E-21, RÍO BULLENS.

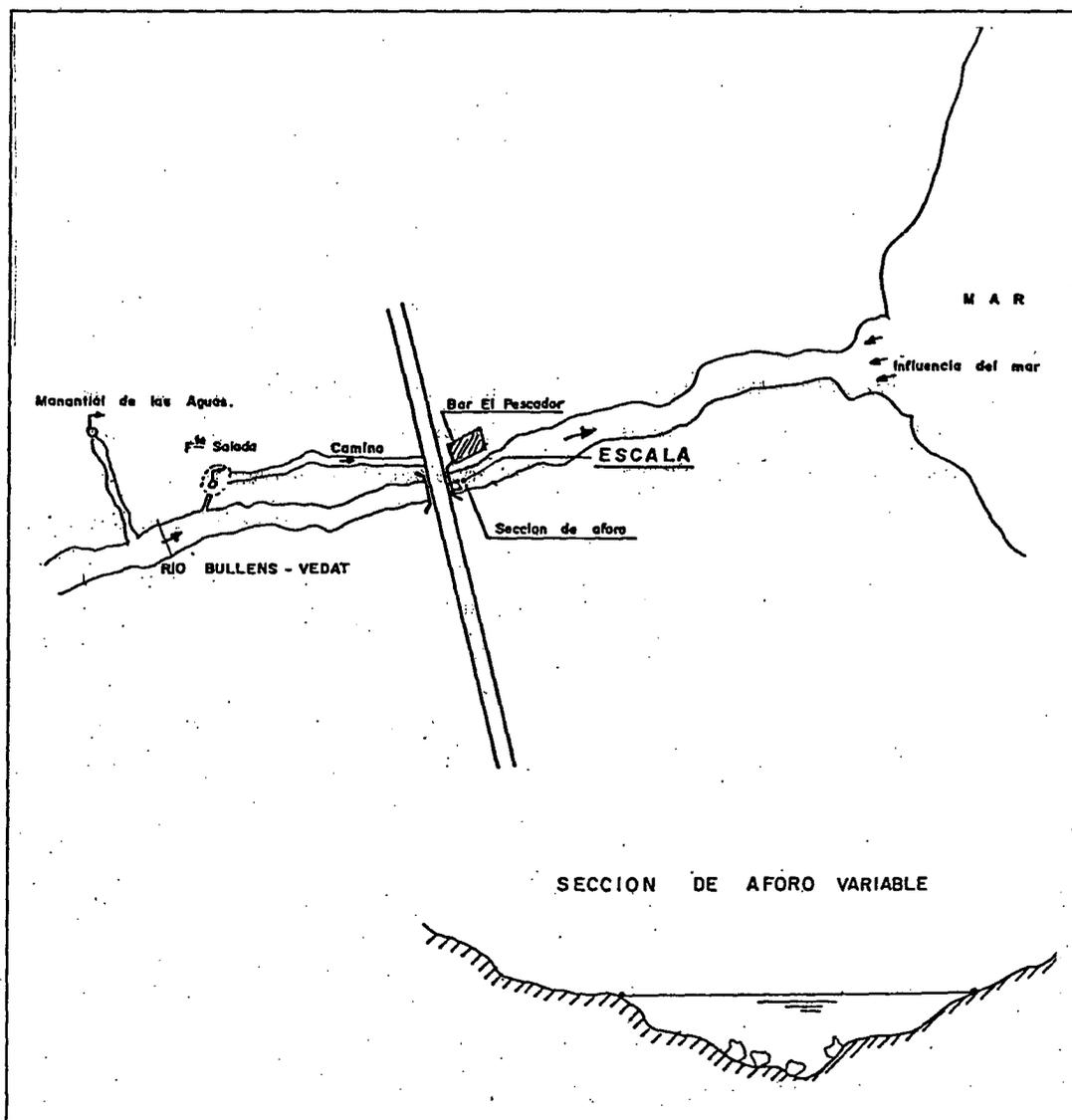
Esta estación está situada en el cruce de la carretera nacional 332 con el río Bullens, también denominado Vedat, dentro del término municipal de Oliva (ver mapa 1). Este río recoge los aportes de varios manantiales que drenan el acuífero calizo que delimita por el norte el marjal de Oliva-Pego, conocido como acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla. El primer manantial, que da origen al río, se sitúa junto a la carretera que va de Pego a Oliva (ver mapa 1). Tras este punto, el río va aumentando su caudal como consecuencia del drenaje difuso a lo largo del contacto del mismo con las calizas que conforman el acuífero, así como también del drenaje de la propia marjal, que se sitúa a lo largo de la margen derecha del río. Existe también otro drenaje, situado dentro de la marjal (ver mapa 1) conocido como manantial de El Salinar, cuyas aguas desembocan, tras un corto recorrido de apenas doscientos metros en el río. Una vez fuera de la marjal, se incorporan al cauce los recursos procedentes del manantial conocido como Font Salada, que drena el mismo acuífero que los comentados anteriormente. En el punto de aforo, la estación E-21, ya están incorporados al río todos los aportes que éste recibe a lo largo de su recorrido.

Los datos de aforos directos disponibles para esta estación abarcan un período de tiempo comprendido entre octubre de 1973 y abril de 1999, y se recogen en la tabla 3.

En la figura 7 se muestra la distribución anual de estos aforos, para estudiar su frecuencia. A la vista de los datos contenidos en la misma, se puede concluir que la distribución no es idónea, ya que existe una concentración importante de aforos en los dos primeros años de la serie, el 1973-74 y el 1974-75, con diez aforos cada uno de ellos, para pasar, en años posteriores, a una cadencia de aforo mucho menor, claramente insuficiente para poder abarcar todas las situaciones que pueden presentarse a lo largo del año.

ESTACIÓN DE CONTROL HIDROMÉTRICO E-21
RIO BULLENS VEDAT

CROQUIS DE SITUACIÓN



| Aforo | | Aforo | | Aforo | |
|-----------|----|-------|-----------|-------|------|
| 28-oct-73 | 57 | 2110 | 23-mar-81 | 41 | 1823 |
| 30-nov-73 | 54 | 2579 | 25-may-81 | 35 | 2168 |
| 22-feb-74 | 80 | 4129 | 21-jul-81 | 46 | 882 |
| 29-mar-74 | 72 | 3018 | 11-mar-82 | 43 | 1453 |
| 16-abr-74 | 65 | 2935 | 23-jun-82 | 53 | 1177 |
| 27-may-74 | 54 | 1692 | 03-dic-82 | 72 | 2452 |
| 03-jun-74 | 46 | 1744 | 04-oct-84 | | 772 |
| 01-jul-74 | 43 | 1526 | 15-oct-84 | | 420 |
| 26-jul-74 | 50 | 1804 | 25-ene-85 | | 1627 |
| 20-sep-74 | 66 | 1675 | 31-ene-85 | | 1702 |
| 05-nov-74 | 80 | 3002 | 20-abr-88 | 70 | 1418 |
| 07-nov-74 | 74 | 2805 | 21-jul-89 | 80 | 2401 |
| 04-dic-74 | 62 | 2516 | 10-sep-90 | 95 | 2881 |
| 13-ene-75 | 60 | 2288 | 11-jun-91 | | 1946 |
| 21-feb-75 | 67 | 2024 | 27-jun-91 | | 1805 |
| 10-abr-75 | 67 | 2023 | 21-abr-93 | 80 | 2913 |
| 03-may-75 | 60 | 2121 | 28-sep-93 | 83 | 2600 |
| 12-jun-75 | 65 | 2000 | 20-abr-94 | 70 | 2786 |
| 23-jul-75 | 30 | 574 | 27-abr-94 | 67 | 1566 |
| 20-oct-75 | 50 | 1467 | 15-sep-94 | 62 | 875 |
| 10-nov-75 | 55 | 1783 | 26-sep-95 | 60 | 1370 |
| 21-nov-78 | | 2018 | 18-abr-96 | 60 | 841 |
| 06-feb-79 | | 1929 | 18-sep-96 | 70 | 2322 |
| 11-may-79 | | 1136 | 25-sep-97 | 61 | 1782 |
| 25-ene-80 | 60 | 2736 | 16-abr-98 | 53 | 2032 |
| 06-may-80 | 60 | 2766 | 16-sep-98 | 41 | 666 |
| 28-jul-80 | 60 | 1621 | 15-abr-99 | 58 | 1383 |
| 27-oct-80 | 58 | 1057 | | | |

Tabla 3. Distribución temporal de los aforos disponibles en la estación E-21, río Bullens.

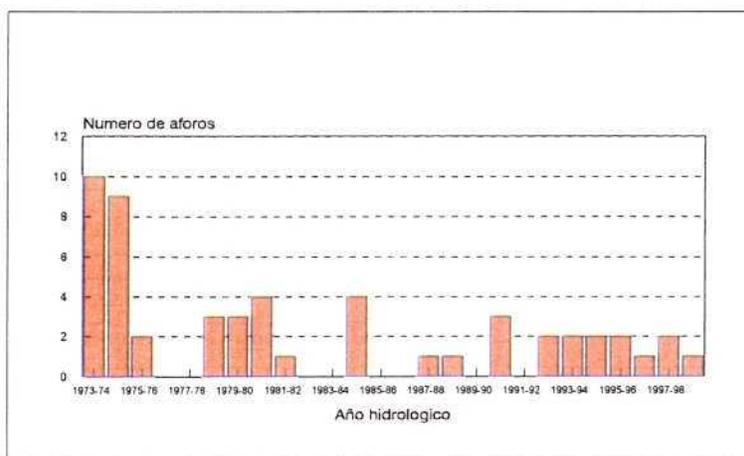


Figura 7. Número de aforos directos realizados en cada uno de los años de la serie estudiada en la estación E-21, río Bullens.

A partir del año 1992-93 se realizan dos aforos anuales, concretamente en los meses de abril y septiembre. A este respecto, hay que hacer constar de nuevo que, según el criterio expuesto anteriormente, el aforo que se realiza en septiembre debería retrasarse al menos un mes, con el objeto de poder recoger las ocasionales gotas frías, que descargan en la zona importantes cantidades de agua en tiempos muy cortos, o en todo caso hacer un aforo más después de haber tenido lugar una gota fría. Este tipo de fenómeno genera caudales importantes, cuyo aprovechamiento no siempre es fácil, pero cuya medida es importante para conocer los recursos de los distintos sistemas de explotación.

Para calcular la curva de gastos correspondiente a esta estación, ha sido necesario dividir el período completo de datos en otros dos, en los cuales las curvas son lo suficientemente diferentes como para que se haga necesaria la consideración de dos curvas distintas para los dos períodos. La división realizada ha sido la siguiente:

- Primer período: 1974-1975
- Segundo período: 1975-1999

Para el primero de los dos, el ajuste de la curva de gastos calculada se muestra en la figura 8. La ecuación de la curva resultante, que es de tipo exponencial, es la siguiente:

$$Q = 4,29 H^{1,51}$$

Los parámetros estadísticos del ajuste (para una curva del tipo $y = a x^b$) son los siguientes:

- $r^2 = 0,77$
- $a = 4,29$
- $b = 1,51$
- número de datos: 21

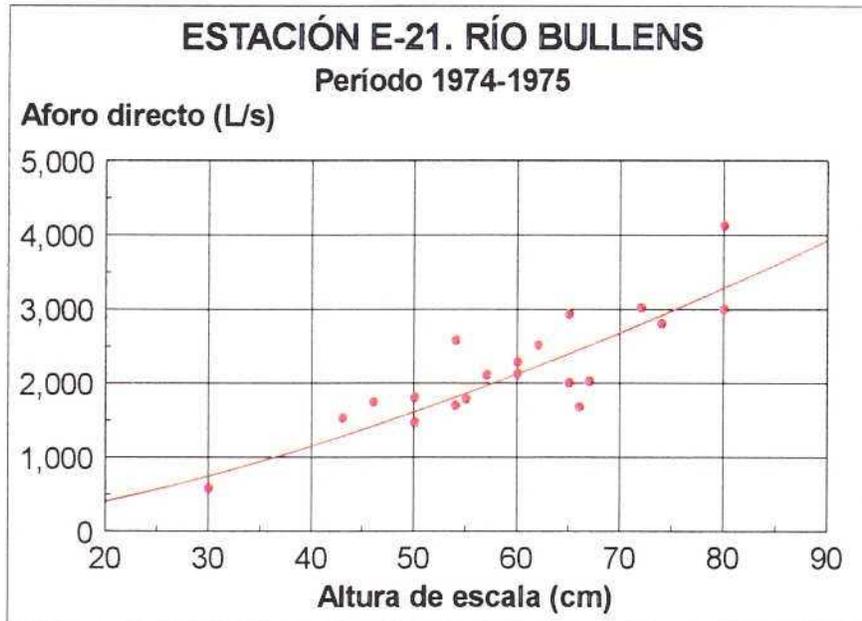


Figura 8. Curva de gastos para el período indicado en la estación situada en el río Bullens.

Aplicando el test de Fischer, se obtiene que, para un número de datos igual a 21, un valor de r^2 como el obtenido implica un intervalo de confianza mayor del 99,9%

Para el segundo período se ha obtenido una curva de gastos distinta, que se muestra en la figura 9.

La ecuación de esta curva es la siguiente:

$$Q = 0,4 H^{1,98}$$

Los parámetros estadísticos del ajuste (para una curva del tipo $y = a x^b$) son los siguientes:

- $r^2 = 0,74$

- $a = 0,4$

- $b = 1,98$

- número de datos: 19

Aplicando de nuevo el test de Fischer, se obtiene el mismo intervalo de confianza que para el período anterior.

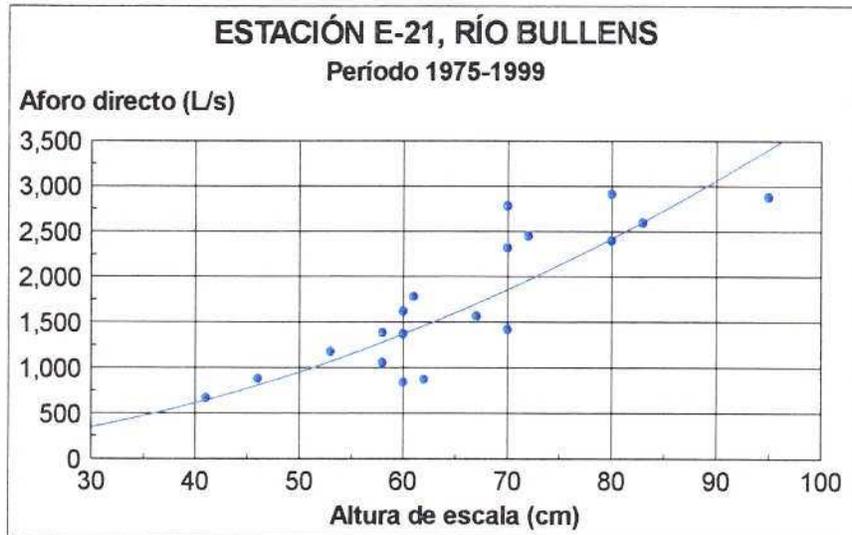


Figura 9. Curva de gastos para el período indicado en la estación E-21, río Bullens.

Para calcular los recursos que circulan por la estación estudiada, en base a las curvas de aforos determinadas, es necesario aplicar sus ecuaciones a los datos de lectura de escala a nivel diario. A este respecto, se ha realizado el estudio previo acerca de la distribución temporal de los datos de lecturas de escala, para detectar las lagunas que existen. La misma se muestra en la figura 10.

A la vista de los datos aportados por la figura, se ve claramente que la serie analizada presenta dos tramos diferenciados: el primero de ellos corresponde con los 5 primeros años, en los cuales se observa que no hay un seguimiento continuado de los niveles, existiendo muy pocas medidas en cada año, llegando incluso, en los años 1976 y 1977, a cero medidas; y en 1978 y 1979, a 1 y 2 medidas respectivamente. En este período los datos de caudal que se han obtenido no pueden ser significativos, ya que falta una gran cantidad de lecturas de

escala que permitan una mayor exactitud en el cálculo del caudal.

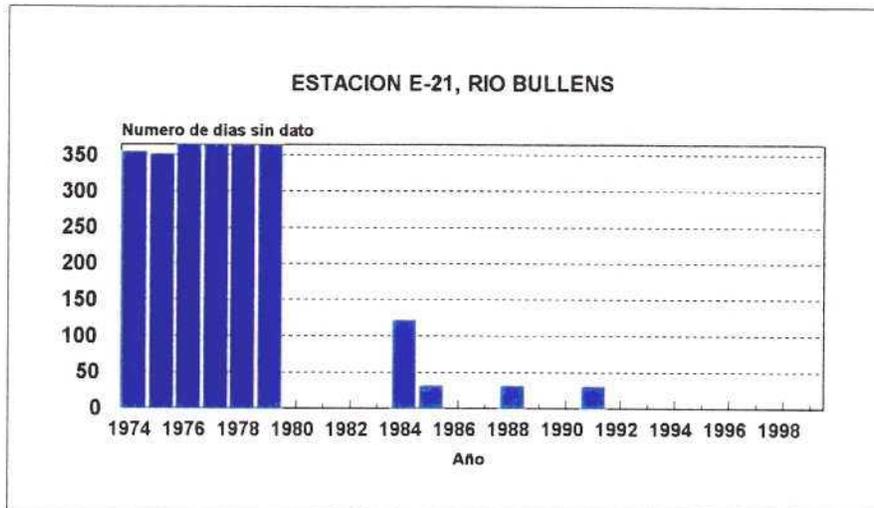


Figura 10. Número de días sin dato en toda la serie estudiada en la estación E-21.

Por el contrario, el período que abarca desde 1980 hasta 1999 presenta una elevada regularidad en cuanto a las lecturas diarias del nivel de la escala, ya que prácticamente no hay lagunas de datos. Únicamente se ha detectado en tres años una laguna de un mes en cada uno de ellos, y en otro año una laguna de cuatro meses. En general puede calificarse esta serie como muy buena.

Con las consideraciones realizadas, se han aplicado las expresiones matemáticas de curvas de gasto obtenidas en el análisis de las series de aforos directos a los datos de altura de escala a nivel diario, haciendo constar que la primera de las dos ecuaciones obtenidas es válida para el intervalo 1974-1975, y la segunda, para el intervalo 1975-1999. Los caudales obtenidos se muestran en la figura 11. Los datos contenidos en esta figura están contenidos en forma numérica en la tabla 4.

| Año | Caudal (hm ³ /a) | Año | Caudal (hm ³ /a) | Año | Caudal (hm ³ /a) |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 1974 | 3.81 | 1983 | 39.53 | 1992 | 88.77 |
| 1975 | Sin dato | 1984 | 28.27 | 1993 | 77.78 |
| 1976 | Sin dato | 1985 | 91.37 | 1994 | 54.02 |
| 1977 | Sin dato | 1986 | 94.47 | 1995 | 53.93 |
| 1978 | Sin dato | 1987 | 91.63 | 1996 | 50.07 |
| 1979 | Sin dato | 1988 | 50.03 | 1997 | 61.44 |
| 1980 | 38.42 | 1989 | 84.72 | 1998 | 44.08 |
| 1981 | 29.19 | 1990 | 92.08 | 1999 | 48.86 |
| 1982 | 39.25 | 1991 | 83.29 | | |

Tabla 4. Caudales circulantes por la E-21, río Bullens.

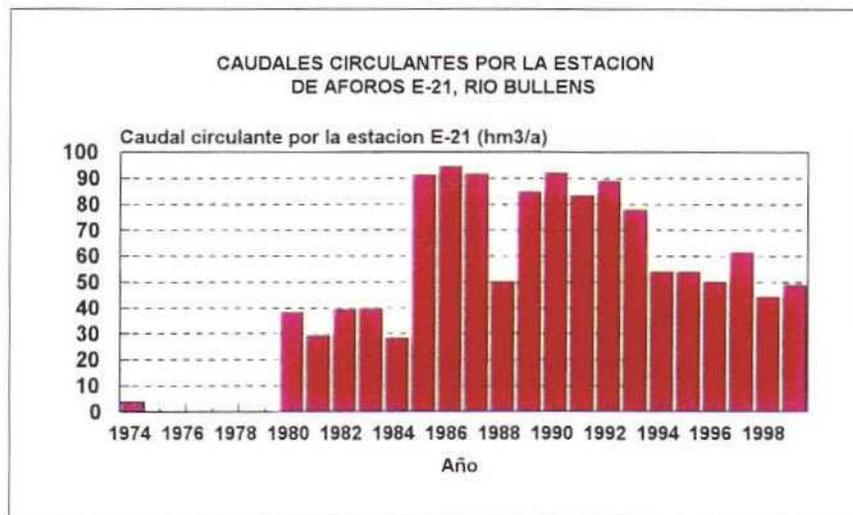


Figura 11. Caudales que circulan por la estación de aforos E-21, situada en el río Bullens, aplicando las curvas de gasto obtenidas en el análisis de los datos de aforos directos.

Como resumen de los datos presentados, puede establecerse un caudal medio anual de 59 hm³/a, si se tiene en cuenta la serie completa, y de 62 hm³/a si se exceptúan de la misma los cinco primeros años, en los cuales la carencia de datos de altura de escala es importante, que es la forma de proceder más correcta. El máximo de la serie corresponde al año 1986, con 94,47 hm³/a, y el mínimo al año 1984, con 28,27 hm³/a.

2.3. ESTACIÓN E-22, RÍO RACONS.

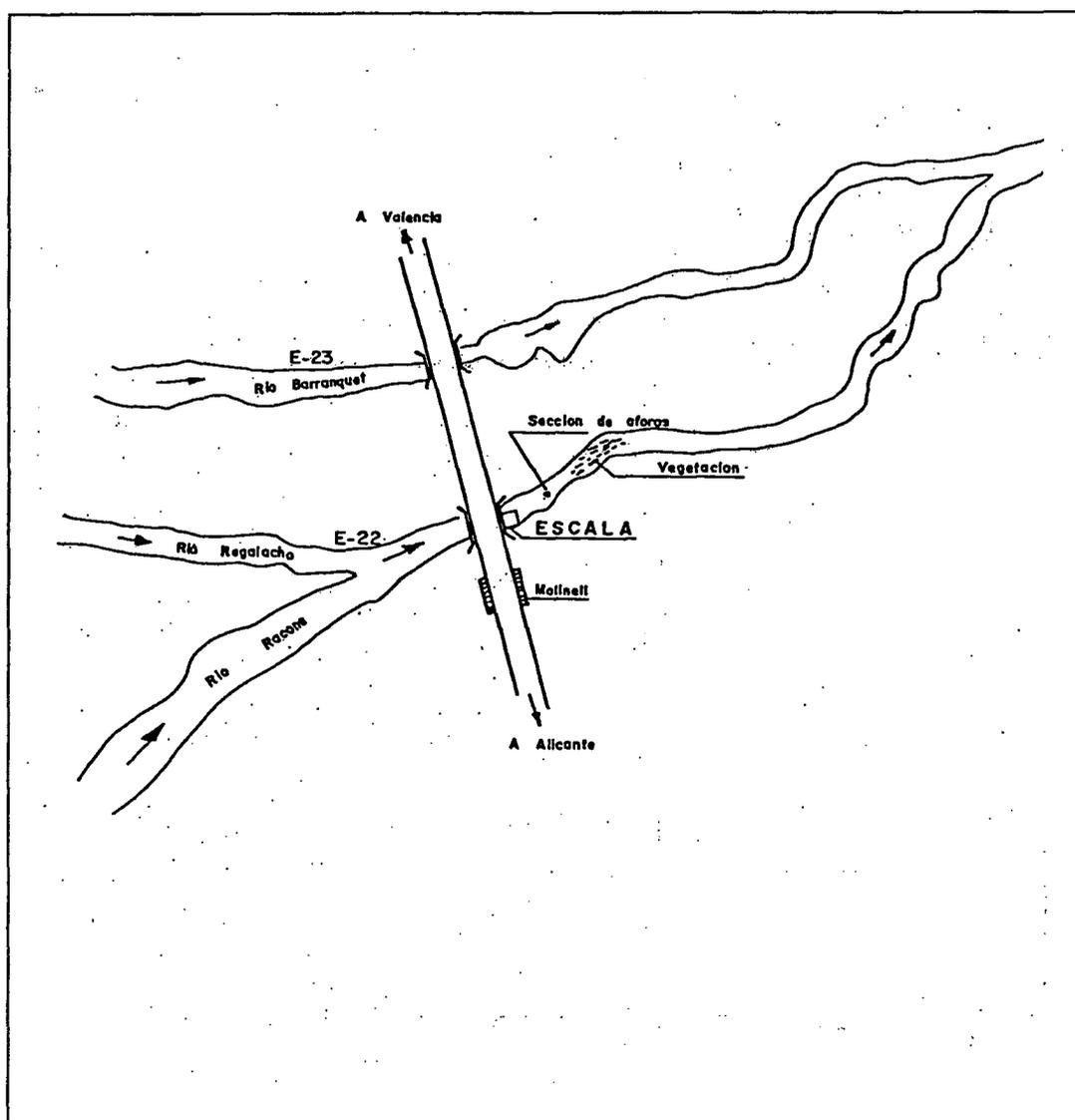
Esta estación de aforos está situada en la confluencia del río Racons con la carretera nacional N-332, en el término municipal de Oliva. En este punto el río transporta recursos tanto propios como los que le aporta el río Regalacho, que ha confluído con él muy pocos metros antes de la estación. Este último transporta recursos procedentes del drenaje de la marjal a favor de los canales construidos al efecto, que a su vez está alimentada por el sistema calizo Almudaina-Alfaro-Segaria. Los recursos que transporta el río Racons proceden también del mismo acuífero calizo, cuya salida natural, conocida como Balsa Sineu, vierte directamente al río Racons.

Discernir qué parte del caudal que pasa por la estación de aforos procede del acuífero calizo y cuál lo hace del drenaje estricto de la marjal es tarea imposible sin disponer de una serie de aforos diferenciales en cada uno de los puntos que se desee controlar. Para poder conocer los caudales drenados a través del manantial de Sineu es preciso hacer aforos a la salida del mismo. Como estos aforos no se han realizado, el resultado que podría obtenerse del análisis de la serie de datos de la estación E-22 será el caudal total que circula por la misma, sin separar sus componentes.

Para conocer las descargas del manantial de Sineu, se están realizando aforos diferenciales que sean capaces de medir realmente dichas descargas. La salida natural de las aguas hacia el río Racons se produce a través de un pequeño canal cuyo aforo es muy difícil, como puede verse en la fotografía número 1. Para solucionar este problema se han escogido dos secciones de aforo en el mismo cauce del río, una aguas arriba del desagüe y otra aguas abajo. El punto elegido aguas abajo se muestra en la fotografía nº 3, y el situado aguas arriba en la fotografía nº 4. De esta manera se podrá calcular, por diferencia, el caudal drenado por el manantial. Este procedimiento operativo permitirá obtener un mayor conocimiento sobre los recursos drenados por ambos ríos

**ESTACIÓN DE CONTROL HIDROMÉTRICO E-22
RIO RACONS REGALACHO**

CROQUIS DE SITUACIÓN

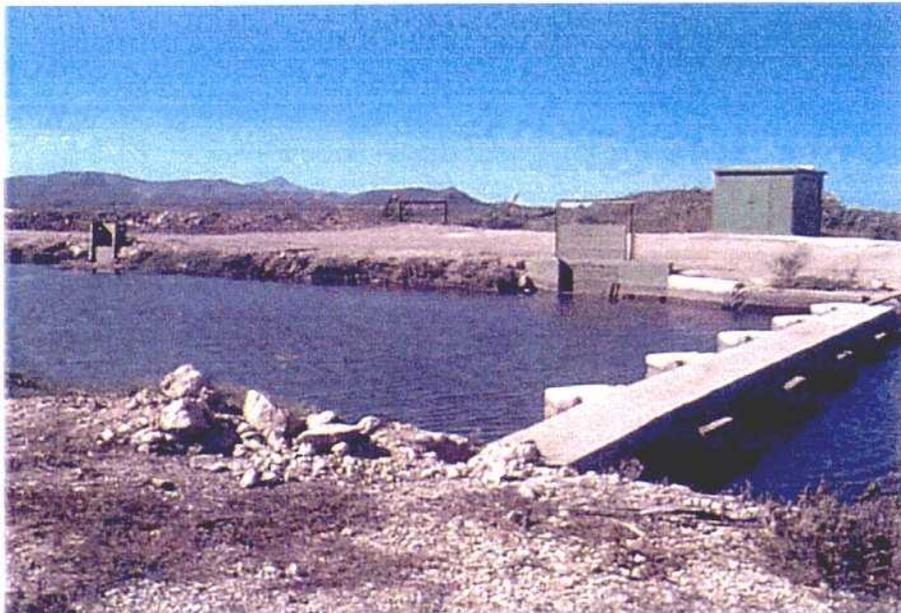




Fotografía 1. Vista del punto de desagüe de los caudales drenados por la Balsa Sineu hacia el río Racons. Obsérvese la dificultad de realizar aforos directos en este punto.



Fotografía 2. Detalle de la escala limnimétrica colocada bajo el arco de la fotografía 1.



Fotografía 3. Punto de aforo en el río Racons aguas abajo de la descarga de la Balsa Sineu, con objeto de conocer los caudales drenados por la misma como diferencia con los medidos en otro punto del mismo río situado aguas arriba del punto de descarga.



Fotografía 4. Punto de aforo en el río Racons aguas arriba del punto en que recibe la descarga procedente de la Balsa Sineu.

Una vez realizadas estas consideraciones se ha procedido al análisis y estudio de la serie de aforos directos disponibles en la estación E-22. Dicha serie se acompaña en la tabla 5. Los datos contenidos en esta tabla se han representado gráficamente en la figura 12.

| Fecha | Altura de Escala (cm) | Aforo directo (L/s) | Fecha | Altura de Escala (cm) | Aforo directo (L/s) |
|-----------|-----------------------|---------------------|-----------|-----------------------|---------------------|
| 12-dic-73 | 50 | 3091 | 25-ene-80 | 60 | 3670 |
| 14-ene-74 | 35 | 3423 | 06-may-80 | 76 | 2131 |
| 04-feb-74 | 28 | 2273 | 28-jul-80 | 41 | 321 |
| 29-mar-74 | 48 | 2050 | 28-sep-80 | 50 | 321 |
| 16-abr-74 | 51 | 2397 | 23-mar-81 | 38 | 1268 |
| 27-may-74 | 36 | 1210 | 25-may-81 | 37 | 1289 |
| 12-jun-74 | 31 | 1483 | 11-mar-82 | 63 | 558 |
| 01-jul-74 | 25 | 790 | 23-jun-82 | 43 | 1046 |
| 26-jul-74 | 29 | 1050 | 03-dic-82 | 66 | 1439 |
| 20-sep-74 | 43 | 716 | 17-ene-84 | 32 | 528 |
| 30-oct-74 | 67 | 3403 | 20-abr-88 | | 1204 |
| 07-nov-74 | 48 | 1694 | 10-sep-90 | 44 | 1780 |
| 04-dic-74 | 35 | 1694 | 11-jun-91 | | 1501 |
| 13-ene-75 | 30 | 1496 | 21-abr-93 | 58 | 1194 |
| 21-feb-75 | 38 | 1837 | 28-sep-93 | 66 | 1063 |
| 10-abr-75 | 46 | 1671 | 20-abr-94 | 59 | 3134 |
| 03-may-75 | 29 | 2161 | 27-abr-94 | 50 | 1070 |
| 12-jun-75 | 35 | 2085 | 15-sep-94 | 50 | 772 |
| 23-jul-75 | 12 | 404 | 30-sep-94 | 99 | 772 |
| 16-sep-75 | 29 | 279 | 27-abr-95 | 36 | 879 |
| 20-oct-75 | 29 | 1363 | 26-sep-95 | | 933 |
| 12-dic-75 | 81 | 479 | 17-abr-96 | 60 | 781 |
| 23-ene-76 | 38 | 227 | 18-sep-96 | 88 | 3685 |
| 08-jul-76 | 30 | 424 | 25-sep-97 | 60 | 804 |
| 21-nov-78 | 44 | 1526 | 15-abr-98 | 64 | 1081 |
| 19-ene-79 | 67 | 1354 | 16-sep-98 | | 484 |
| 11-may-79 | 24 | 894 | 15-abr-99 | 65 | 239 |

Tabla 5. Serie de aforos directos realizados en la estación E-22, río Racons.

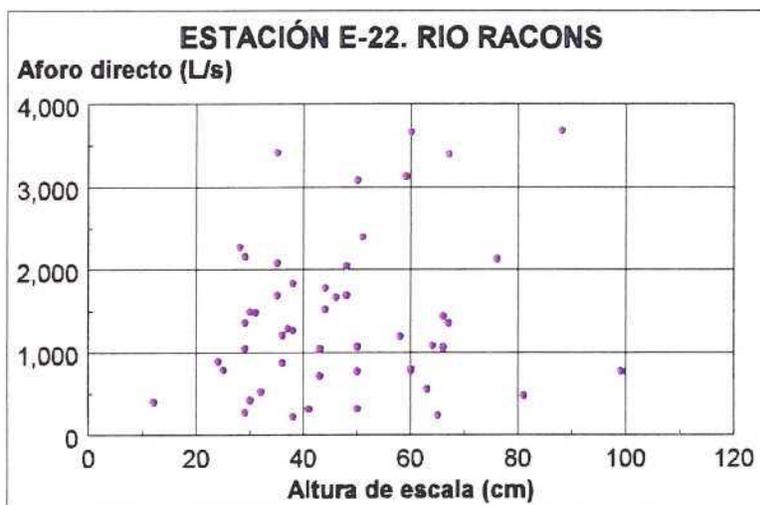


Figura 12. Puntos que representan los aforos directos realizados en la estación E-22, río Racons, desde 1973 hasta la fecha.

A la vista de esta distribución de datos hay que concluir que su dispersión es muy elevada, como lo demuestra el hecho de que la desviación promedio de los datos, es decir, su varianza, entendida como una medida de su dispersión, es de 1397 L/s, lo cual quiere decir que, como media, cada uno de los datos se desvía de la media en esa cantidad. Teniendo en cuenta que la media de todos los datos es de 700 L/s, una desviación promedio tan alta dificulta enormemente la depuración de los datos.

Hay que tener también en cuenta la dificultad de realizar los aforos en el punto en donde está actualmente la estación de aforos, de difícil acceso y mala sección, que puede ser responsable de grandes oscilaciones en los caudales calculados debido a las corrientes de agua que se derivan de la principal y que pueden quedar sin medir. Para solucionar este problema se ha ampliado la red de control realizando aforos también en los dos puntos del río Racons mostrados en las fotografías 3 y 4.

Dentro de la dificultad que entraña el análisis de la serie disponible, un estudio de los datos de los aforos directos permite establecer, al menos, dos períodos de tiempo en los cuales los datos se ajustan a dos curvas diferentes. Al igual que ocurría en casos anteriores, la única base para hacer esta distinción es matemática, ya que en los datos disponibles no hay ninguna indicación que permita establecer la existencia de algún fenómeno físico que de pie a pensar en que existan motivos para que la curva de gastos cambie.

El primero de ellos abarca desde el comienzo de la serie, diciembre de 1973, hasta el comienzo del año 1980. la curva de ajuste obtenida se representa en la figura 13. para su obtención, se han despreciado los caudales bajos.

La ecuación de la curva de gastos es la siguiente:

$$Q = 28,11 H^{1,15}$$

siendo $r^2 = 0,66$, con un número de datos de 22.

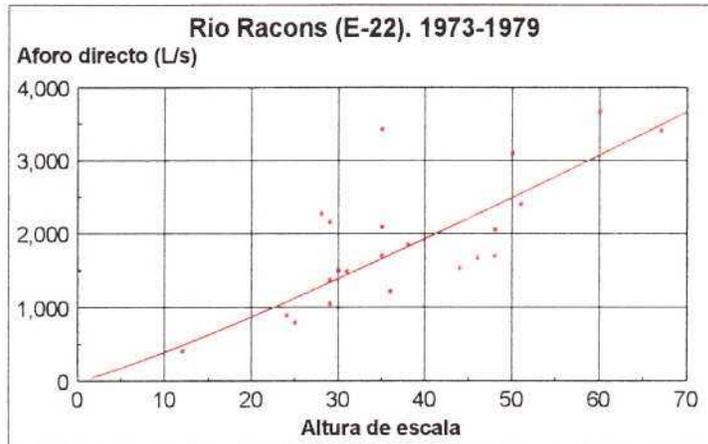


Figura 13. Curva de gastos de la E-22, río Racons, para el período 1973-1979.

Por lo que se refiere al segundo período, el comprendido entre 1980 y la actualidad, ha sido necesario eliminar de la serie los datos de escala que proporcionaban los caudales más bajos, porque distorsionan mucho la curva de gastos y empeoran los parámetros estadísticos del ajuste. Con estas consideraciones, la curva de gastos obtenida, representada en la figura 14, es la siguiente:

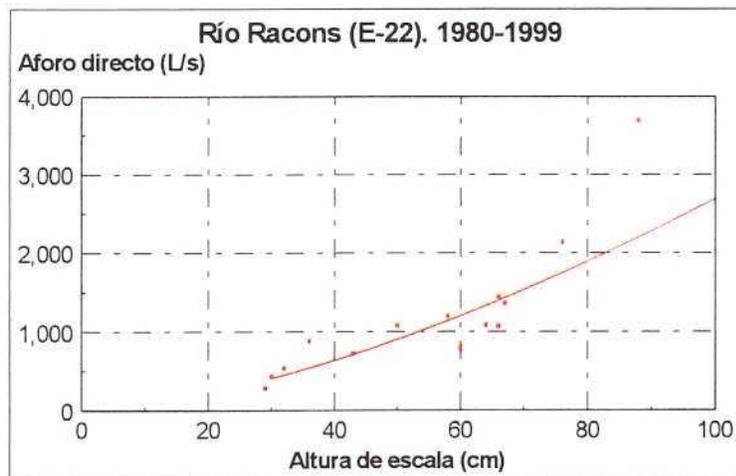


Figura 14. Curva de gastos de la E-22, río Racons, para el período 1980-1999.

$$Q = 1,9 H^{1,6}$$

con un coeficiente de correlación r^2 de 0,78, para un total de 15 datos.

Aplicando las ecuaciones de estas dos curvas a la serie de datos de lectura de escala en esta estación de aforos, se obtiene la serie de caudales circulantes por la estación de aforo del río Racons.

Los caudales calculados de esta manera se acompañan en la tabla 6, y se representan gráficamente en la figura 15.

| ANO | CAUDAL (hm ³) | ANO | CAUDAL (hm ³) |
|------|------------------------------|-------|------------------------------|
| 1974 | 63.45 | 1988 | 13.21 |
| 1975 | 52.47 | 1989 | 20.3 |
| 1976 | 59.07 | 1990 | 25.3 |
| 1977 | 70 | 1991 | 21.62 |
| 1978 | 59.18 | 1992 | 24.41 |
| 1979 | 52.18 | 1993 | 40.42 |
| 1980 | 30.93 | 1994 | 33.95 |
| 1981 | 27.81 | 1995 | 25.77 |
| 1982 | 32.31 | 1996 | 35.24 |
| 1983 | 30.14 | 1997 | 31.11 |
| 1984 | 21.9 | 1998 | 42.38 |
| 1985 | 25.44 | 1999 | 37.8 |
| 1986 | 20.02 | MEDIA | 3534 |
| 1987 | 22.46 | | |

Tabla 6. Caudales circulantes por la estación E-22, río Racons.

Como conclusión del análisis se obtiene que el volumen medio drenado anualmente en el período de 1974 a 1999 por el río Racons en este punto es de 35,34 hm³/año

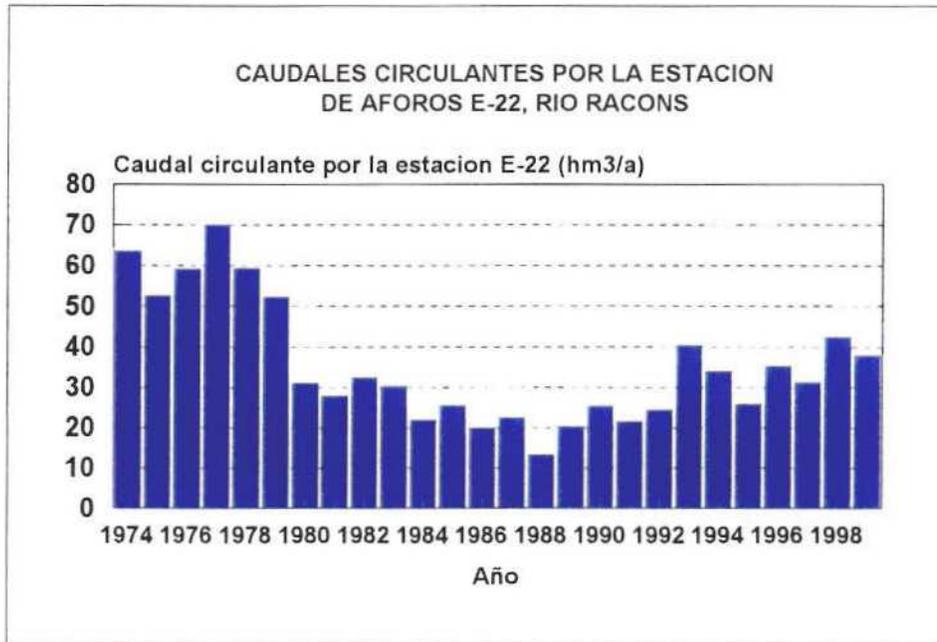


Figura 15. Caudales anuales que circulan por la estación de aforos E-22, situada en el río Racons.

2.3.1. Utilización de los datos procedentes de la Base de datos de la Diputación provincial de Alicante.

La Diputación de Alicante posee una extensa y completa red de medidas de caudales en ríos, arroyos y manantiales a lo largo de toda la provincia. Dentro de esta red se encuentra la estación E-22 en el río Racons, que es la que se está estudiando en el presente capítulo. Dada la complejidad de la serie de aforos manejada en el estudio previo, y que la Diputación de Alicante dispone de datos propios en el mismo punto de medida, que amablemente ha cedido para la realización del presente estudio, se considera de interés hacer también un análisis de estos últimos y compararlos con los que se han obtenido anteriormente.

El tratamiento de los datos para el cálculo de las curvas de gasto se ha realizado por parte de una consultora utilizando el software denominado "Aforos 5.0". Las ecuaciones de las citadas curvas se tomarán como punto de partida en el presente estudio. En concreto, se ha aplicado la siguiente expresión para la curva de gastos correspondiente a la estación E-22, río Racons:

$$Q = 111,69 H^{0,42}$$

obtenida a partir de siete aforos directos realizados entre el 10/4/1997 y el 28/2/2001, de los cuales para calcular la expresión matemática de la ecuación se han despreciado cuatro, por lo que está sustentada únicamente en tres datos de aforos directos. La figura 16 muestra la curva de gastos proporcionada por la DPA que presenta un coeficiente de correlación de 0,97.

Dando por buena la expresión de esta curva, y extendiendo su validez a todo el período analizado, lo cual no deja de ser una aproximación a la realidad, porque lo más probable es que esta curva no sea extensible a la totalidad del período, se ha aplicado la expresión matemática de la misma a los datos de lecturas de escala, con el fin de obtener una nueva

serie de aportaciones y compararla con la que se ha obtenido previamente.

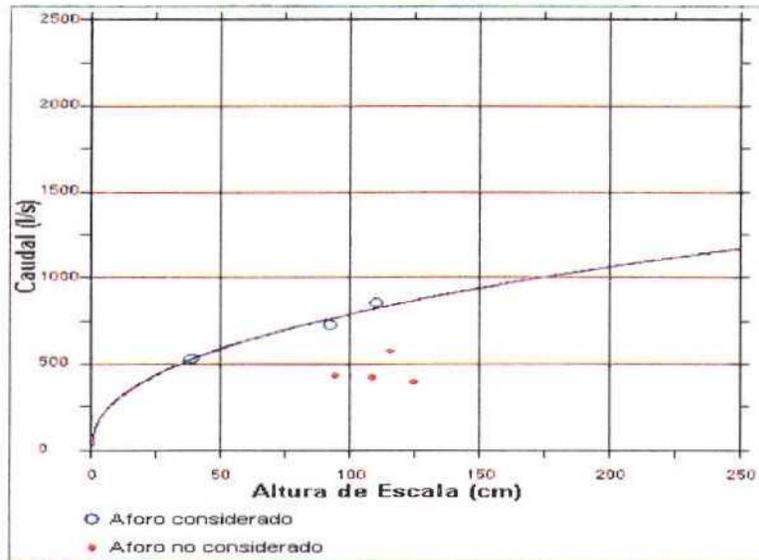


Figura 16. Curva de gastos de la estación E-22 proporcionada por la base de datos de la Diputación de Alicante.

Los resultados se muestran en la tabla 7. El valor medio de esta serie es de 14,47 hm³/a.

| AÑO | CAUDAL (hm ³ /a) | AÑO | CAUDAL (hm ³ /a) |
|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
| 1974 | 16.23 | 1987 | 11.86 |
| 1975 | 14.98 | 1988 | 8.19 |
| 1976 | 15.43 | 1989 | 7.83 |
| 1977 | 16.61 | 1990 | 11.24 |
| 1978 | 14.30 | 1991 | 11.33 |
| 1979 | 13.74 | 1992 | 11.93 |
| 1980 | 17.57 | 1993 | 18.30 |
| 1981 | 17.37 | 1994 | 18.41 |
| 1982 | 17.56 | 1995 | 13.57 |
| 1983 | 17.31 | 1996 | 14.49 |
| 1984 | 13.62 | 1997 | 15.30 |
| 1985 | 13.12 | 1998 | 18.19 |
| 1986 | 11.72 | 1999 | 16.03 |

Tabla 7. Caudales circulantes por la E-22, río Racons según los datos de la base de la Diputación de Alicante

Este valor medio es sensiblemente inferior al obtenido mediante el análisis directo de la serie de aforos directos, que fue de 35,34 hm³/a y representa únicamente un 36% de aquél. Ambos análisis presentan sus inconvenientes, ya que, si bien los datos de aforos directos en los que se basa el realizado para obtener la cifra de 35,34 hm³/a no son buenos, como ya se comentó en párrafos anteriores, no es menos cierto que la expresión matemática de la curva de gastos proporcionada por la base de datos de la DPA está calculada únicamente con tres datos, lo cual no permite asegurar su representatividad.

El único dato que se puede utilizar para contrastar los datos obtenidos aplicando las dos curvas de gastos distintas utilizadas es el hecho de que, en la estación de aforos E-22, río Racons, se recogen, además de las aportaciones naturales del río, los caudales bombeados en la finca “El Rosario”, que es una explotación de cítricos situada sobre la marjal, a una cota topográfica inferior a la del resto de la marjal, que dispone de un sistema de drenaje que confluye en una estación de bombeo automatizada que, a su vez, vierte sus caudales al río Racons, lo que permite deprimir el nivel freático y evitar así la inundación de la explotación. Los volúmenes medios anuales que se bombean en las instalaciones ubicadas en esta finca ascienden a unos 14 hm³/a, y son directamente evacuados hacia el cauce del río.

Este hecho parece incompatible con el valor de 14,47 hm³/a obtenido aplicando la curva de gastos contenida en la base de datos de la DPA, ya que, de ser cierta, significaría que el resto de la cuenca del río Racons solo aportaría del orden de 0,47 hm³/a al caudal total registrado en la estación de aforos, lo cual es prácticamente imposible. Por ello, parece más lógico pensar que la cifra de 35,34 hm³ es más cercana a la realidad que los 14,47 hm³/a, por lo que, en principio, se tomará esta cifra como la más próxima a la realidad para hacer la estimación final de los recursos drenados por este río.

2.4. AFOROS REALIZADOS EN LA FUENTE DE LA CAVA (E-52).

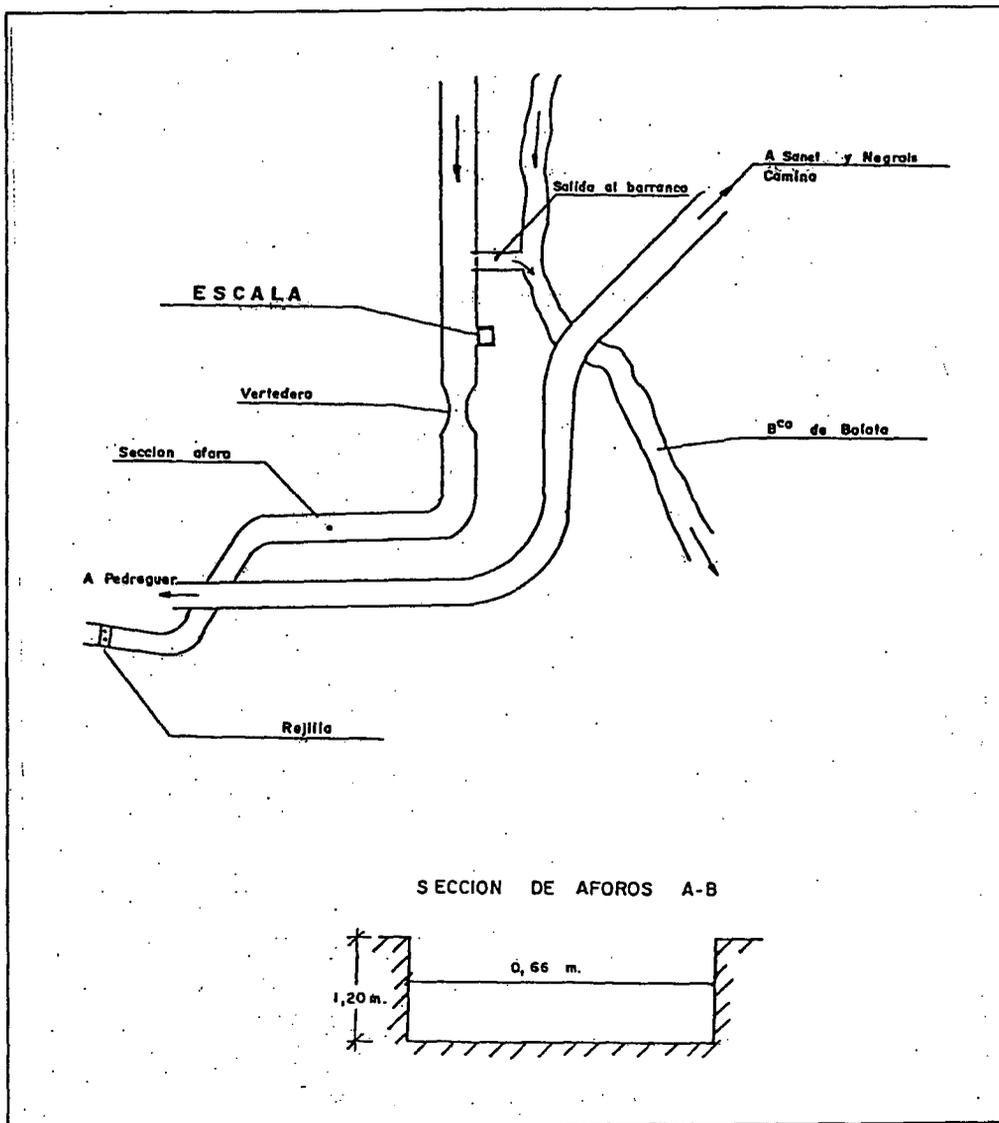
La fuente de La Cava constituye uno de los drenajes del acuífero carbonatado constituido por la Sierra de Mediodía. Se trata de una galería horizontal excavada hasta cortar el nivel freático que drena los recursos del acuífero. La galería tiene un recorrido subterráneo de algo más de 2 kilómetros, saliendo al exterior en las afueras del pueblo de Sanet y Negrals, dentro de su término municipal. Una vez en el exterior, el agua circula por una acequia canalizada, de sección conocida, hasta que es repartida por la superficie de regadío que aprovecha el agua. Los excedentes se vierten en el barranco de Bolata. (Ver situación en el mapa 2).

| Fecha | Altura de Escala | Aforo directo (l/s) | Fecha | Altura de Escala | Aforo directo (l/s) |
|-----------|------------------|---------------------|-----------|------------------|---------------------|
| 9-ago-74 | 96 | 264 | 27-oct-80 | 60 | 108 |
| 20-sep-74 | 99 | 247 | 23-mar-81 | 85 | 490 |
| 10-oct-74 | 85 | 219 | 22-may-81 | 93 | 138 |
| 30-oct-74 | 80 | 189 | 21-jul-81 | 66 | 148 |
| 4-dic-74 | 95 | 230 | 17-dic-81 | 55 | 76 |
| 13-ene-75 | 99 | 202 | 11-mar-82 | 62 | 72 |
| 6-feb-75 | 79 | 168 | 23-jun-82 | 66 | 113 |
| 13-mar-75 | 69 | 152 | 3-dic-82 | 45 | 60 |
| 3-may-75 | 87 | 125 | 20-abr-88 | 54 | 198 |
| 20-jun-75 | 70 | 176 | 1-jun-89 | 59 | 321 |
| 22-jul-75 | 65 | 103 | 19-jul-89 | 76 | 353 |
| 16-sep-75 | 79 | 131 | 7-sep-90 | 90 | 514 |
| 10-oct-75 | 60 | 112 | 5-jun-91 | 65 | 588 |
| 29-mar-76 | 67 | 146 | 25-jun-92 | 85 | 581 |
| 9-jun-76 | 90 | 269 | 29-sep-92 | 86 | 510 |
| 7-oct-76 | 70 | 121 | 26-abr-93 | 60 | 599 |
| 3-nov-76 | 70 | 100 | 29-sep-93 | 73 | 501 |
| 11-may-79 | 89 | 149 | 20-abr-94 | 72 | 590 |
| 11-jul-79 | 54 | 73 | 14-sep-94 | 40 | 478 |
| 30-oct-79 | 65 | 78 | 27-abr-95 | 40 | 208 |
| 14-ene-80 | 85 | 517 | 17-abr-96 | 51 | 185 |
| 28-feb-80 | 64 | 576 | 18-sep-96 | 75 | 204 |
| 29-jul-80 | 85 | 190 | | | |

Tabla 8. Datos de aforos directos realizados en la estación de aforos del manantial de La Cava.

ESTACIÓN DE CONTROL HIDROMÉTRICO E-52
MANANTIAL DE LA CAVA

CROQUIS DE SITUACIÓN



No existe una sección de aforo concreta, ya que, al tratarse de una acequia revestida, de sección prácticamente constante, no se introduce apenas error variando la posición del punto de aforo, aunque los aforos se hacen casi siempre a la salida de la galería al exterior.

La serie de datos de aforos directos se contiene en la tabla nº 8.

La cadencia temporal de los datos, a la vista de la tabla adjunta, se muestra algo escasa como para poder ser considerada representativa a nivel hiperanual del funcionamiento hidráulico del manantial-galería. Una representación gráfica que ilustra este comentario se muestra en la figura nº 17. En efecto, de toda la serie estudiada, que abarca desde 1974 hasta 1996, solamente hay dos años con más de cuatro aforos. Otros tres años presentan cuatro aforos, y el resto menos de cuatro, habiendo 7 años en los cuales no existe ni un solo dato y otros cuatro con un único aforo. Esta limitación es un inconveniente a la hora de otorgar representatividad a los resultados obtenidos. El análisis de los datos permite diferenciar dos períodos diferentes, el primero de ellos abarca desde 1976 hasta 1988 (aunque el intervalo 1982-1988 no presenta un solo dato) y, en general, presenta pares de

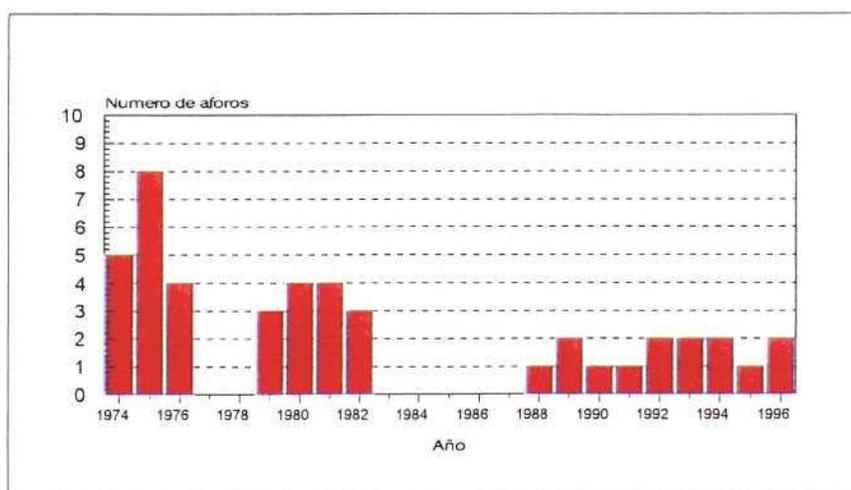


Figura 17. Distribución anual del número de aforos en el manantial de La Cava.

valores altura-caudal bastante coherentes. Para este intervalo, véase la figura nº 18, se ha podido obtener una curva de gastos con un intervalo de confianza aceptable.

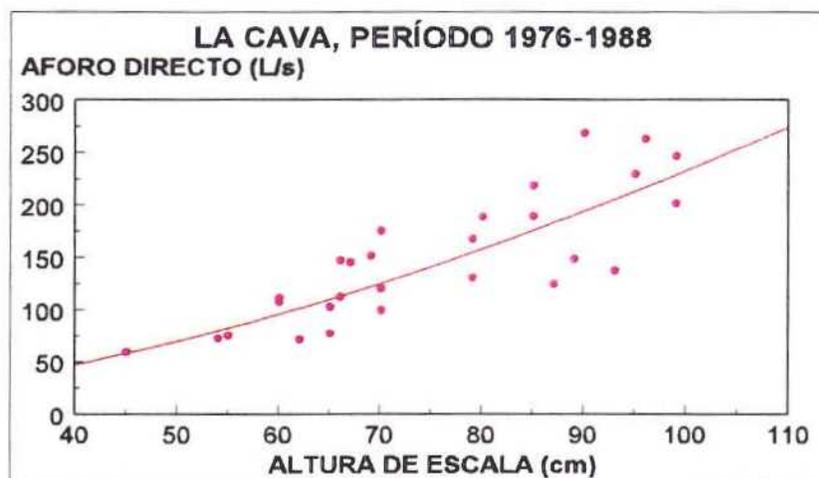


Figura 18. Curva de gastos propuesta para la estación E-52 Manantial de La Cava, para el período 1976-1982.

La ecuación de la curva de gastos propuesta sería la siguiente:

$$Q = 0,08 H^{1,73}$$

con los parámetros estadísticos $r^2 = 0,72$
 $n = 28$ (número de datos)

Aplicando a este ajuste el Test estadístico de Fischer se obtiene un intervalo de confianza para los resultados de más del 99%.

Por lo que se refiere al intervalo comprendido entre 1988 y 1996 (el intervalo 1982-1988 no presenta ni un solo dato), la situación no es tan satisfactoria, ya que existe una variación muy importante con respecto a los datos del período 1976-1988. Lo primero que se observa es un claro cambio en la escala, ya que, para las mismas alturas de escala, los caudales son sensiblemente mayores. La representación gráfica de los aforos realizados en este intervalo temporal se muestran en la figura nº 19.

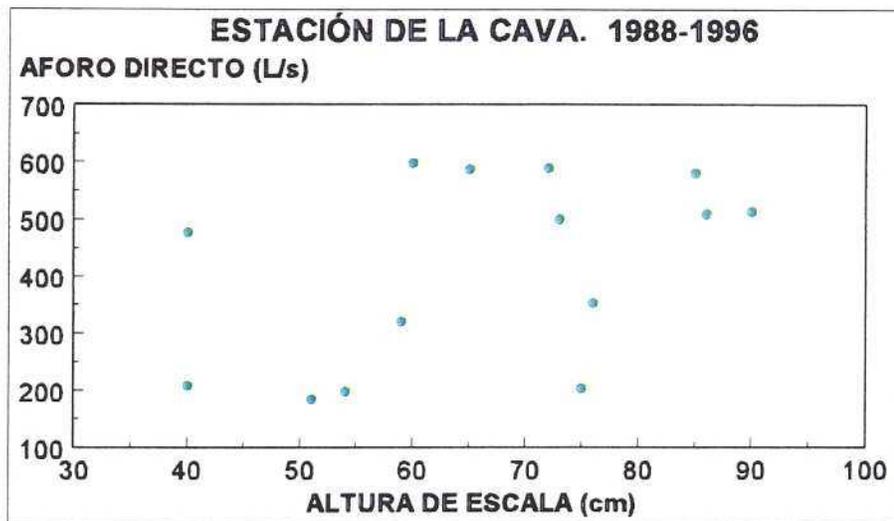


Figura 19. Datos de aforos directos en La Cava (E-52) posteriores a 1982.

No parece lógica la variación en el orden de magnitud los caudales aforados, sensiblemente diferente en ambos períodos. Para ilustrar esta afirmación baste señalar que durante el primero de los intervalos en que se ha descompuesto la serie analizada, no existen, salvo dos medidas puntuales, caudales tan altos como en la segunda. En el primero de los períodos raramente se superan los 300 L/s, mientras que en el segundo, las medidas son raramente inferiores a dicho caudal. Esta diferencia no parece explicable por razones climáticas, ya que éstas implicarían la presencia de caudales anormalmente altos en épocas muy determinadas y de corta duración, y, además, irían acompañadas de lecturas de escala mucho más altas.

Una posible razón que pudiera explicar la variación de las magnitudes de caudal podría ser un cambio en la sección de la acequia, que haya consistido en una ampliación de la misma, de manera que, a partir del momento en que se haya realizado esta modificación, sea capaz de transportar un caudal mucho más elevado. Esta razón sería mucho más lógica que la anterior, si bien un estudio detallado de los datos de aforos directos disponibles no permite establecer una conclusión acerca de la validez de la hipótesis planteada. Además, no se tiene constancia de que dicho cambio en la sección de la acequia se haya producido.

El análisis de la serie correspondientes al periodo 1988-1996 muestra cuatro grupos de datos cuya interpretación no es sencilla (véase la figura 20):

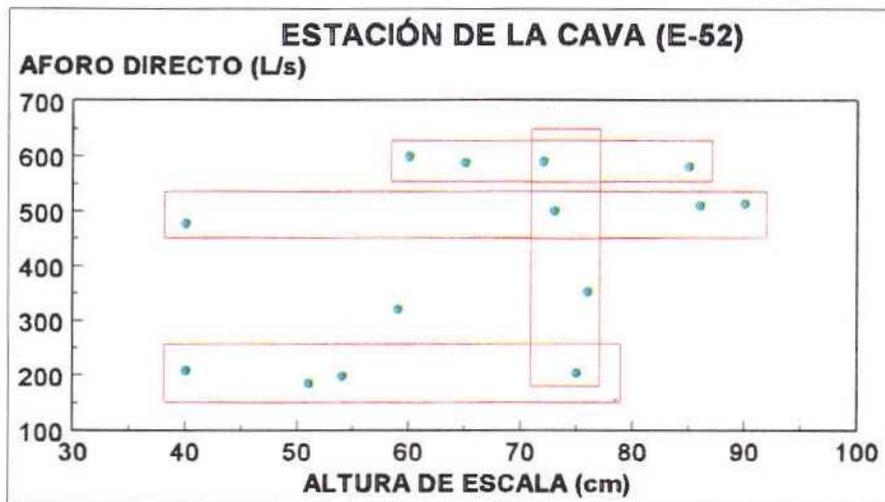


Figura 20. Grupos de datos con medidas incoherentes.

- El primero de estos grupos se corresponde con unos datos que presentan un caudal aforado en torno a los 600 L/s, pero cuyas lecturas de escala difieren notablemente: desde 60 cm hasta 85 cm. Esta diferencia de 20 cm de altura de agua, en un modelo de flujo laminar de agua a través de la acequia, no puede explicar que circulen caudales sensiblemente iguales con alturas de lámina libre de agua tan dispares.
- El segundo grupo de datos está formado por cuatro aforos cuyo caudal medido está en torno a los 500 L/s, con alturas de escala que oscilan entre 40 cm y 86 cm. Sirven aquí de nuevo las mismas consideraciones hechas en el párrafo anterior.
- El tercer grupo de datos comprende otros cuatro aforos que, en este caso presentan alturas de escala similares, situadas en el entorno de 75 cm, pero sus caudales oscilan entre 204 y 590 L/s. La única posibilidad física de que esto ocurra es que exista un cambio en la velocidad del agua que circula por la acequia, de manera que, manteniéndose la sección aproximadamente constante, el caudal varíe en función de la variación de la velocidad. Esto solamente puede ocurrir si el régimen es turbulento y a presión, en cuyo caso, los datos de lectura de escala-aforo directo no servirían para calcular la curva de gastos.

- El cuarto grupo presenta datos de aforo cuyos caudales oscilan en torno a los 200 L/s, con lecturas de escala comprendidas entre 40 y 75 cm.

De todas maneras, a la vista de los datos de la figura nº 20, no se puede concluir más que afirmando la imposibilidad de calcular una curva de aforos mínimamente fiable para la estación de La Cava, durante el período 1982-1996.

Para tratar de clarificar la situación se procederá a la realización de aforos directos mensuales en este punto, con objeto de comprobar los datos de la serie disponible para el período estudiado. De esta manera, se podría comprobar cuál de los dos períodos que en principio presentan diferencias sustanciales en cuanto al orden de magnitud de las medidas en la serie de datos se ajusta mejor a los datos de nueva obtención en la campaña propuesta de forma que se pueda tomar alguna decisión sobre la validez o no de los datos históricos, especialmente los correspondientes al período 1988-1999 y, en su caso, sobre la conveniencia o no de extrapolar la ecuación de la curva de gastos calculada para el período 1976-1988 al resto de la serie. A este respecto hay que señalar que el día 7 de noviembre de 2000, el equipo redactor del este informe no pudo realizar un aforo en la acequia porque ésta estaba seca, situación que se ha mantenido hasta mediados del mes de diciembre del año 2001.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, se ha calculado los caudales circulantes por la estación para el período 1974-1988 mediante la aplicación de la curva de gastos calculada. Los resultados a nivel anual se muestran en la figura 21 y en la tabla 9.

A la vista de estos datos, se puede concluir que el caudal medio para la serie analizada, desde 1974 hasta 1988 es de 3,4 hm³/a, oscilando entre los 5,29 hm³/a del año 1974-75 y los 0,9 hm³/a del año 1983-84.

Para esta serie se puede observar en la figura 22 el número de días de cada uno de los años

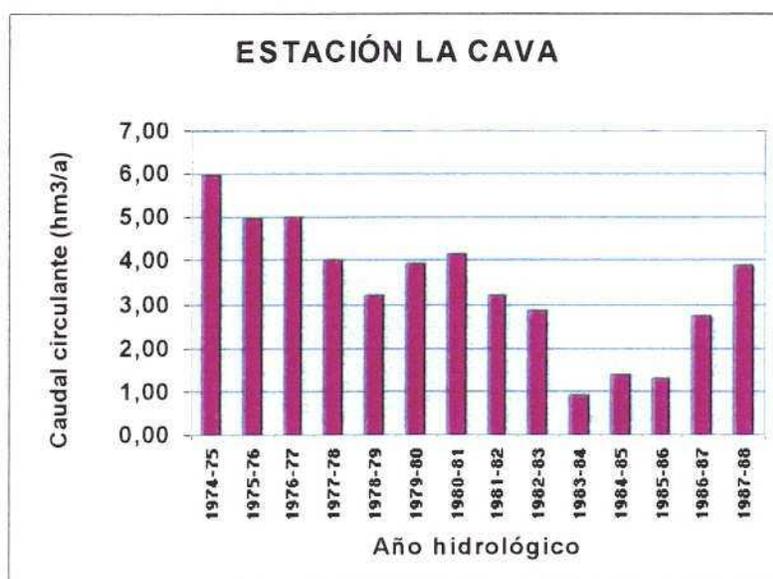


Figura 21. Caudales anuales circulantes a través de la estación de aforos situada en la acequia de la Fuente de La Cava.

| Año | Caudal anual (hm³) |
|---------|--------------------|
| 1974-75 | 5.29 |
| 1975-76 | 4.82 |
| 1976-77 | 4.99 |
| 1977-78 | 4.51 |
| 1978-79 | 3.28 |
| 1979-80 | 3.32 |
| 1980-81 | 4.33 |
| 1981-82 | 3.31 |
| 1982-83 | 3.44 |
| 1983-84 | 0.90 |
| 1984-85 | 1.32 |
| 1985-86 | 1.14 |
| 1986-87 | 2.75 |
| 1987-88 | 4.12 |
| MEDIA | 3.40 |

Tabla 9. Caudales circulantes por la acequia de La Cava.

en los cuales no hay medidas en la escala de la estación. La fiabilidad de los datos de caudal es mayor en los años en los que existen menos lagunas. En este sentido, son especialmente favorables los 8 primeros años en los cuales la ausencia de datos es mínima. En cambio, en

los años 1983 a 1986 la ausencia de datos es significativa, superando o rozando el 50% de los días de cada año sin dato. Por tanto, la representatividad de los caudales calculados para esos años es menor, y esta circunstancia debe ser tenida en cuenta en cualquier decisión que pueda tomarse.



Figura 22. Número de días en cada uno de los años estudiados, en los cuales no existe dato de lectura en la escala.

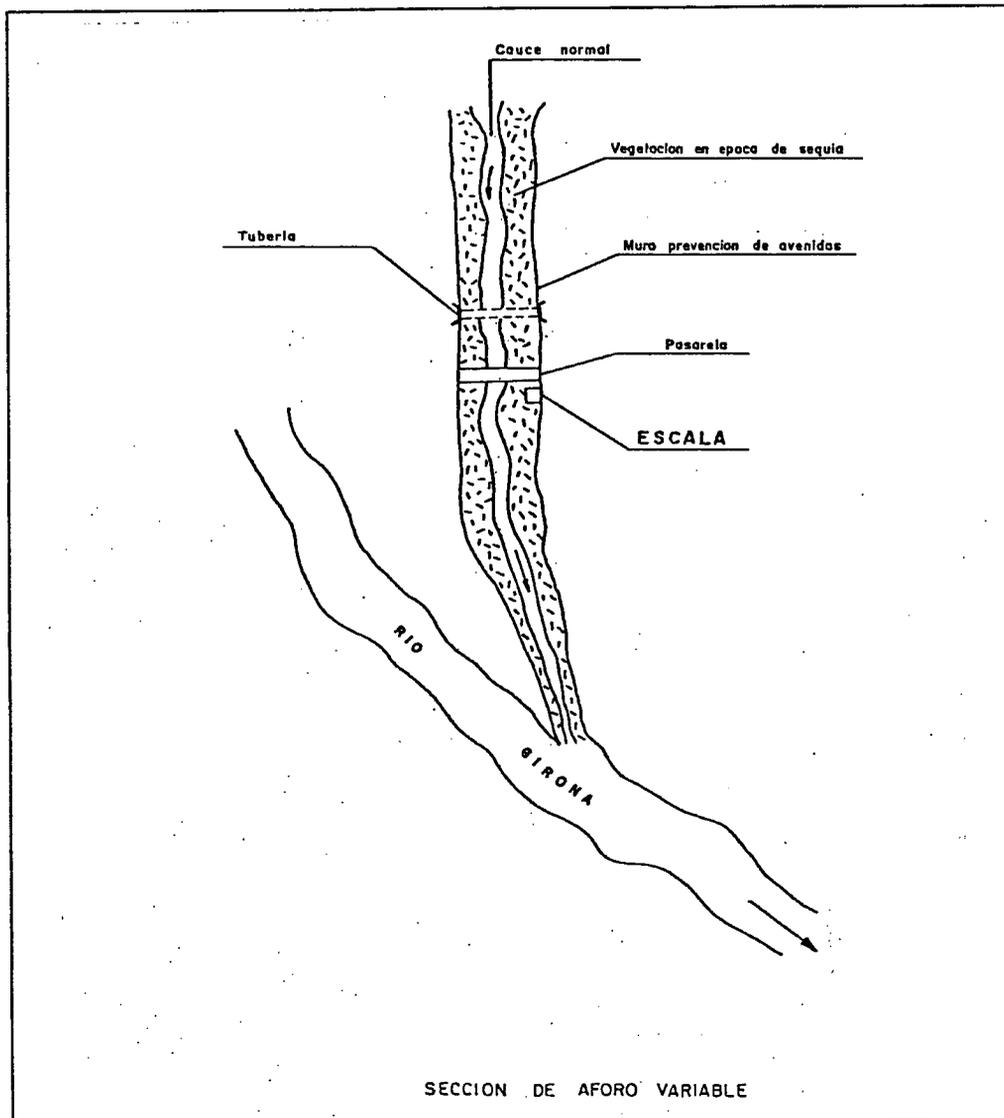
2.5. ESTACIÓN E-51, BARRANCO DE LA BOLATA.

La estación en cuestión es denominada E-51, y se sitúa en el Barranco de Bolata (término municipal de Sanet y Negrals) poco antes de su confluencia con el río Girona. El caudal que circula por este barranco procede de dos fuentes distintas: por una parte, de las descargas naturales del sistema acuífero que conforma la Sierra de Mediodía, drenadas a través del manantial de La Bolata, y por otra, los excedentes de regadío procedentes de la fuente de La Cava, que son vertidos al cauce cuando no son utilizados. Este hecho ha sido tenido en cuenta a la hora de realizar los aforos.

La situación de este punto de control se muestra en el mapa 2.

ESTACIÓN DE CONTROL HIDROMÉTRICO E-51
BARRANCO DE LA BOLATA

CROQUIS DE SITUACIÓN



La serie de datos analizada abarca el período comprendido entre el 1 de agosto de 1974 y el 15 de noviembre de 1985. En principio, es una serie algo corta, pero los datos obtenidos resultan bastante coherentes, como puede observarse en la tabla 9 y en su representación gráfica en la figura 23.

| Fecha | Altura de Escala | Aforo directo (l/s) | Fecha | Altura de Escala | Aforo directo (l/s) |
|-----------|------------------|---------------------|-----------|------------------|---------------------|
| 09-ago-74 | 1 | 80 | 09-jun-76 | 6 | 180 |
| 30-oct-74 | 15 | 1206 | 18-ene-79 | 17 | 421 |
| 05-nov-74 | 10 | 522 | 02-mar-79 | 8 | 180 |
| 04-dic-74 | 6 | 237 | 24-ene-80 | 24 | 823 |
| 13-ene-75 | 2 | 69 | 28-feb-80 | 39 | 3054 |
| 13-mar-75 | 21 | 1286 | 06-may-80 | 29 | 1355 |
| 10-abr-75 | 9 | 411 | 23-mar-81 | 10 | 384 |
| 13-abr-75 | 10 | 69 | 22-may-81 | 15 | 226 |
| 03-may-75 | 9 | 297 | 03-dic-82 | 19 | 2622 |
| 20-jun-75 | 4 | 136 | 30-may-89 | | 36 |
| 12-dic-75 | 34 | 2048 | 20-jul-89 | | 21 |
| 14-ene-76 | 17 | 809 | 22-jun-91 | | 126 |
| 29-mar-76 | 8 | 325 | | | |

Tabla 9. Datos de aforos directos en la estación E-51, La Bolata.

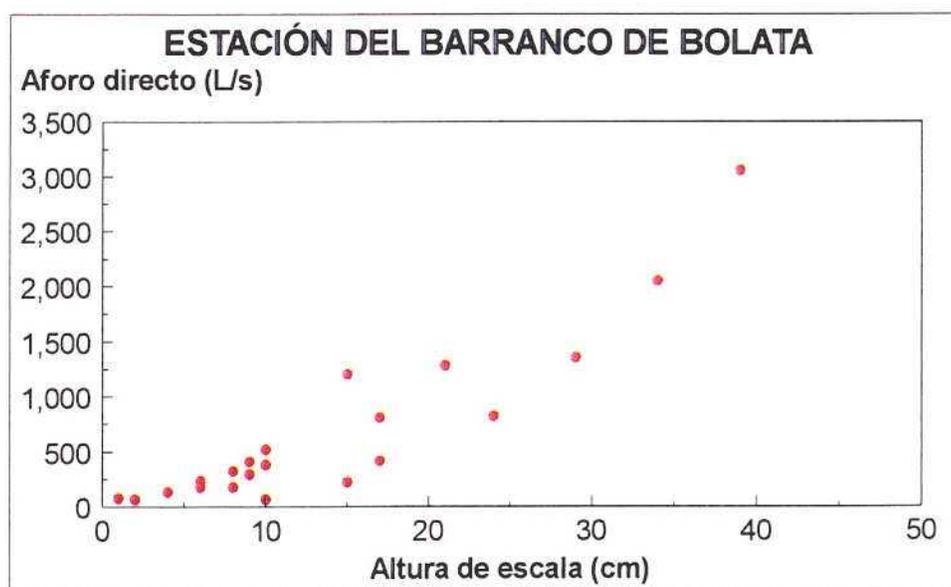


Figura 23. Aforos directos disponibles en la estación E-51.

La distribución anual de estos aforos se ha representado gráficamente en la figura 24.

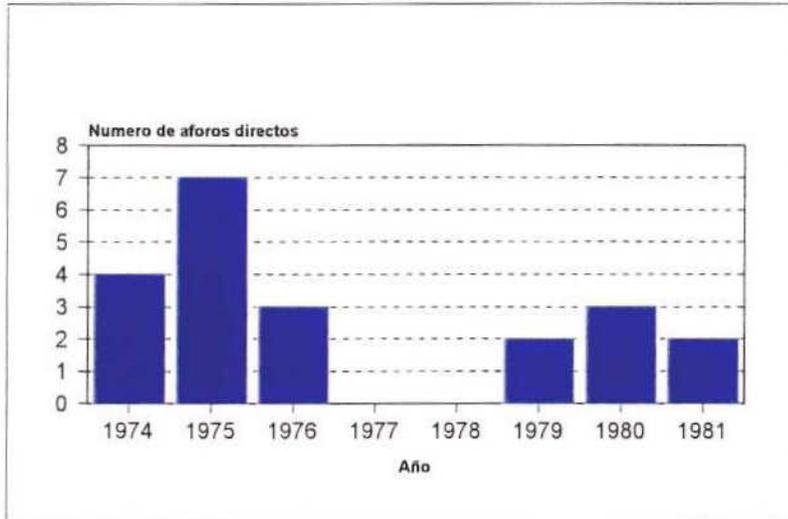


Figura 24. Número de aforos realizados en cada uno de los años de la serie analizada en el estación E-51, La Bolata.

Como puede observarse, existe una cierta regularidad en cuanto al número anual de aforos directos, exceptuando los años 1977 y 1978 en los cuales no hay ningún dato disponible. El año 1975 es el que más datos ofrece, con un total de siete aforos, mientras que el resto de los años de la serie es muy parejo en cuanto al número de aforos directos existentes, oscilando entre dos y cuatro.

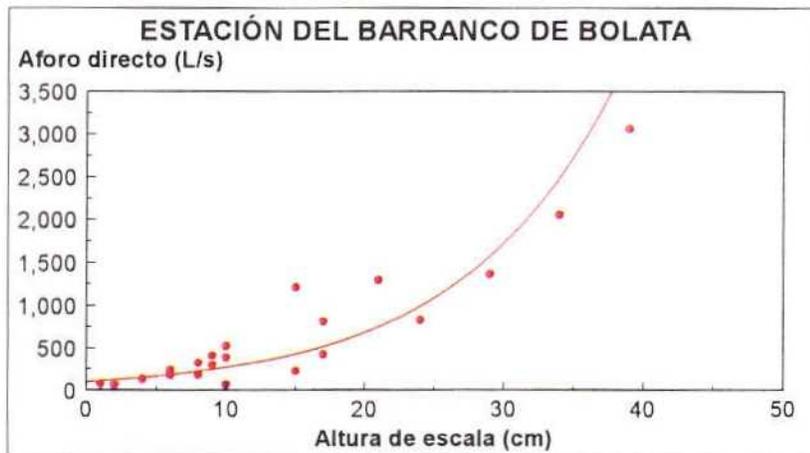


Figura 25. Curva de gastos propuesta para la estación E-51.

Estos datos se han analizado en busca de obtener una curva de gastos representativa de la estación. El resultado de ese tratamiento se observa en la figura 25.

La coherencia de los datos existentes queda demostrada con el ajuste que se observa entre la curva de gastos propuesta y los datos reales. No obstante, hay que hacer constar que, dado el escaso número de medidas de que se dispone y el pequeño intervalo temporal que éstas abarcan, no puede asegurarse su representatividad hasta la fecha, debido a que la sección de aforos puede haber visto variada su forma con el tiempo, debido a múltiples causas, como avenidas, almacenamiento de suciedad, obras realizadas, etc. Por ello, los datos y resultados que se obtengan al aplicar la ecuación de la curva de gastos a las lecturas diarias de la escala de la estación, únicamente tienen validez plena en el intervalo 1974-1982. La extrapolación de los mismos más tarde del año 1982 corre el riesgo de no reflejar la realidad. Una vez hecha esta salvedad, hay que apuntar también que, fuentes orales de los agricultores de la zona, indican que la sección de aforos se ha mantenido aproximadamente igual a lo largo del tiempo, lo único que ha sucedido es que con posterioridad a 1985 prácticamente no se han tomado medidas en la misma.

La ecuación de la curva de gastos resultante tiene forma exponencial, ya que es este tipo de curva el que mejor se ha ajustado a los datos reales, a la vez que es el que mejores parámetros estadísticos tiene. Su expresión matemática es la siguiente:

$$Q = 107 e^{0,1 H}$$

con los parámetros estadísticos $r^2 = 0,76$
 $n = 21$ (número de datos)

Aplicando a este ajuste el Test estadístico de Fischer se obtiene un intervalo de confianza para los resultados de más del 99%.

Para calcular los volúmenes totales anuales que circulan por la estación de aforos hay que aplicar la curva de gastos a la serie de lecturas de escala disponible. Esta serie, como ya se ha indicado, abarca desde el 1 de agosto de 1974 hasta el 15 de noviembre de 1985. Con respecto a las lecturas diarias hay que mencionar que existe una gran cantidad de lagunas en toda la serie, lo cual imposibilita el establecimiento de una serie de caudales anuales mínimamente fiable. Para ilustrar la presente afirmación, baste observar las figuras 26 y 27.

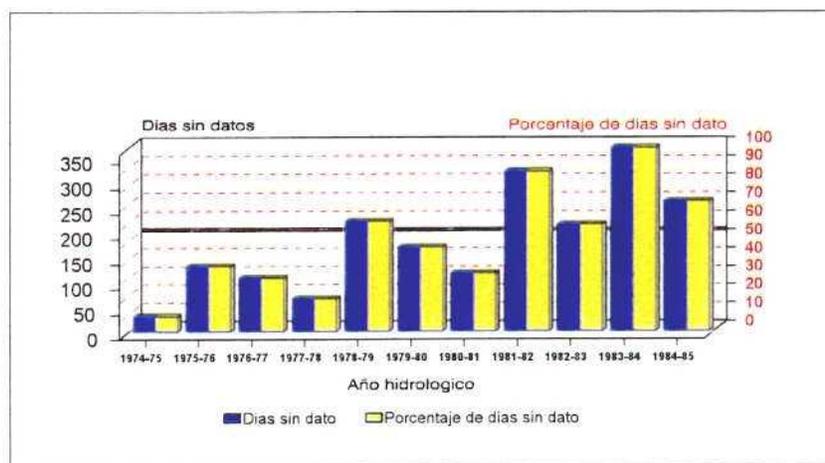


Figura 26. Número de días sin datos y porcentaje que representa sobre el total anual en la serie disponible de la estación del barranco de Bolata (E-51).

En la primera de ellas se muestra, para cada año hidrológico, el número de días y el porcentaje que éste número representa sobre el total de días del año en los cuales no existe dato de lectura de la escala. Como puede observarse, del total de años estudiados (que es de 11, 6) algo más de la mitad, dispone de un número de datos inferior al 50%, es decir, de cada dos días falta dato al menos uno. El año 1983-84 es el más completo, con casi el 95% de días con dato. En general es una serie algo pobre para poder considerar representativos los resultados obtenidos de su análisis

En la figura 27 se muestra para cada uno de los meses del año la media del número de días en los cuales no hay dato. Como puede observarse, los meses en los cuales falta un mayor número de datos son los comprendidos entre julio y diciembre. Los meses de julio, agosto,

y, casi siempre, septiembre, suelen ser climatológicamente secos y, por tanto, los recursos suelen ser de poca importancia. En cambio, los meses de octubre, noviembre y diciembre son muy importantes a la hora de cuantificar bien los recursos hídricos drenados por el manantial, ya que es en esta época cuando suelen producirse los fenómenos climáticos conocidos como gotas frías, que se caracterizan por lluvias de gran cuantía en periodos de tiempo muy cortos, lo que origina elevadas infiltraciones y, consecuentemente, importantes respuestas de los manantiales que drenan los acuíferos. Por consiguiente, es en estos meses en los que cabe esperar las mayores aportaciones del año, con lo cual, si faltan los datos correspondientes a los mismos, es de prever que los resultados estén fuertemente distorsionados, en principio por defecto, aunque puede haber años en los cuales la tendencia sea en un sentido diferente.

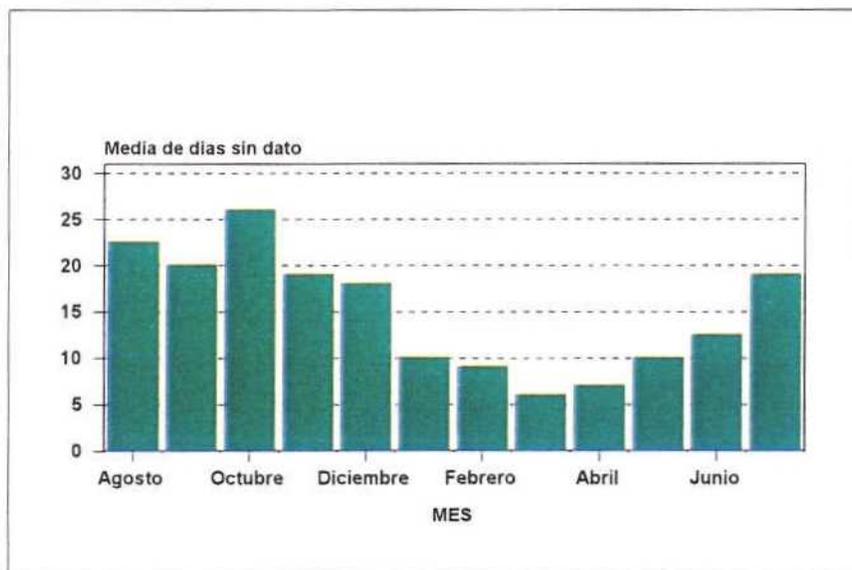


Figura 27. Número de días de cada mes en que no existen datos de lectura diaria de escala. Media de la serie estudiada.

Con todas las salvedades indicadas se ha realizado el cálculo de los caudales circulantes por la estación de aforos del Barranco de Bolata, mediante la aplicación de la curva de gastos calculada a todos los datos de escala disponibles. De esta manera, se han elaborado los datos contenidos en la tabla 10 y en la figura 28.

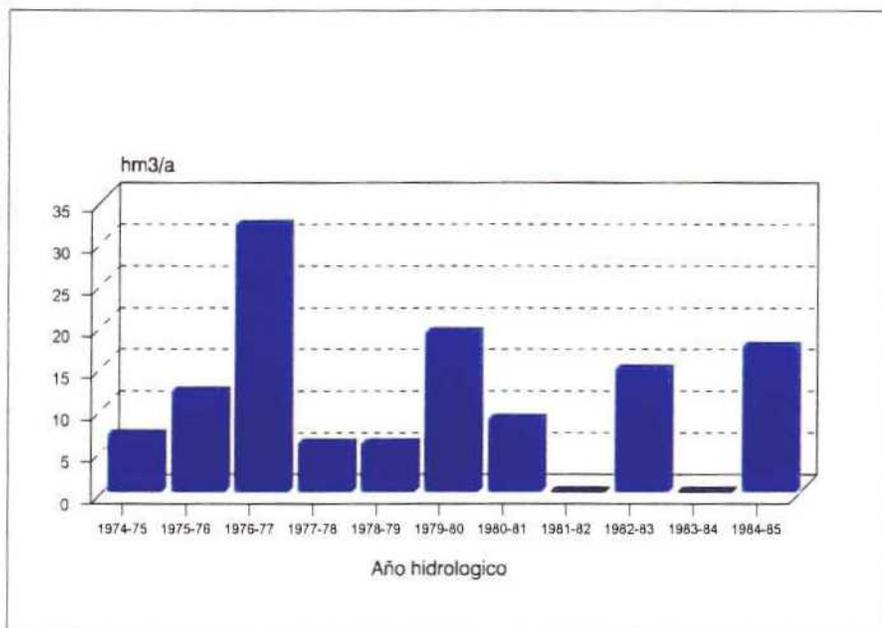


Figura 28. Caudales circulantes por la estación de aforos E-51 del Barranco de La Bolata.

| Fecha | Caudal (hm3) |
|---------|--------------|
| 1974-75 | 6.85 |
| 1975-76 | 11.98 |
| 1976-77 | 32.01 |
| 1977-78 | 5.8 |
| 1978-79 | 5.77 |
| 1979-80 | 19.02 |
| 1980-81 | 8.65 |
| 1981-82 | 0 |
| 1982-83 | 14.62 |
| 1983-84 | 0 |
| 1984-85 | 17.38 |
| Media | 11.10 |

Tabla 10. Caudales circulantes por la estación del Barranco de La Bolata.

De los datos expuestos se deduce que el caudal medio para la serie estudiada es de 11 hm³/a. Hay dos años en los cuales se asimila el caudal a cero por no existir datos de altura de escala, y un año anormalmente alto, con más de 32 hm³/a, por lo cual este dato hay que tomarlo con mucha precaución.

Estos datos concuerdan con los obtenidos en el informe realizado por el ITGE y la DPA en 1988 titulado "*Estudio para la regulación y gestión de los recursos hídricos del sistema acuífero Mediodía (Alicante). 1ª fase: Determinación del régimen hiperanual de descarga*". En éste se hizo un estudio por deconvolución de las aportaciones de todos los manantiales que drenan el sistema Mediodía, que engloban tanto a la fuente de La Bolata como a la fuente de La Cava y algunas otras de menor importancia. El resultado obtenido fue que dichas descargas son de 11,85 hm³/a en régimen natural, cifra que presenta el mismo orden de magnitud que la obtenida en el presente trabajo, que es de 14,5 hm³/a sumando los caudales de la fuente de La Bolata con los de La Cava.

3. CONSIDERACIONES ACERCA DEL EFECTO DE LAS MAREAS EN LA VALIDEZ DE LOS DATOS DE AFOROS DIRECTOS.

Históricamente, la validez de los datos de aforos en las estaciones que drenan la marjal de Oliva-Pego (E-21, E-22 y E-23) ha sido puesta en entredicho por la supuesta influencia ejercida por las mareas en los niveles medidos en las escalas de las estaciones de aforos.

Este efecto parece ponerse de manifiesto en la presencia de numerosos datos de aforos anómalos. La anomalía consiste en la existencia de datos de aforos directos en los que, con alturas de escala muy parecidas, se obtienen caudales muy diferentes entre sí, y otros en los cuales se registran caudales sensiblemente iguales, pero con alturas de escala muy diferentes.

Con objeto de evaluar la supuesta incidencia de este efecto sobre las medidas obtenidas en el análisis de los datos de aforos, se ha recabado información del Instituto Español de Oceanografía, sobre datos de altura de mareas a nivel diario para poder hacer algún tipo de correlación con los de las estaciones de aforos estudiadas. Técnicos de dicho Organismo informaron al equipo redactor de este informe de que ese organismo no dispone de ningún mareógrafo en la provincia de Alicante, estando situado el más cercano a la zona de estudio en las islas Baleares. De todas maneras, de los datos contenidos en los anuarios de dicho Instituto, se puede comprobar que las mareas en el mar Mediterráneo no oscilan más allá de 20 centímetros entre la fase de bajamar y la de pleamar, lo cual lleva a la conclusión de que la influencia del nivel de la marea en las lecturas de las escalas en las estaciones de aforos debe ser muy pequeña dada su localización geográfica. Por otro lado, el ritmo de oscilación de las mareas, que determina la existencia de dos fases de bajamar y otras dos de pleamar cada día, no permitiría tampoco hacer ningún tipo de correlación con los datos de las estaciones de aforos, ya que sería necesario disponer de, al menos, dos medidas diarias de la altura de la escala y coincidentes con la pleamar y bajamar para poder evaluar la descarga media.

De todas maneras, y dado que las estaciones de aforo están lo suficientemente lejos de la costa, no es previsible que este efecto se deje notar en las mismas, por lo cual se podría concluir en la práctica la escasa o nula influencia del nivel del mar en las medidas de las estaciones de aforo.

Por otra parte, los trabajos de investigación realizados a lo largo de este proyecto han permitido determinar que las anomalías registradas en las estaciones de aforo son achacables, no al cambio de nivel del mar por efecto de las mareas, sino a la formación de barras arenosas litorales paralelas a la línea de costa, generadas por las tormentas de levante, que elevan el nivel de base de los cauces de estos ríos entre 1 y 2 metros y provocan la ralentización del flujo superficial, llegando incluso a impedir totalmente la salida de agua al mar. Este hecho ha podido constatarse de forma directa durante la realización del proyecto, cuando el fuerte temporal que tuvo lugar entre los días 12 a 18 de noviembre creó una barra litoral en la desembocadura de los ríos Racons y Bullens de unos 2 metros de alto e introdujo arena hacia el interior de sus cauces hasta cerca de 200 metros, taponandolos totalmente (fotos 5 y 6).



Fotografía 5. Aspecto de la desembocadura del río Racons tras un fuerte temporal de Levante. Obsérvese que el cauce se encuentra totalmente obstruido por la arena depositada en el mismo durante el evento.



Fotografía 6. Aspecto de la desembocadura del río Bullens tras un temporal de Levante. Se pueden hacer en este caso las mismas consideraciones que las reflejadas en la fotografía 5 para el río racons.

Es claro que estos procesos, debido a la escasa cota de la base de las estaciones de aforo (entre 1 y 1,5 m. s.n.m.), y a la duración del suceso, modifica de forma apreciable su curva de gastos. La aleatoriedad con que se produce la formación de las barras arenosas, así como la mayor o menor magnitud de las mismas y las actuaciones humanas que conllevan (se necesitó abrir de forma artificial los cauces para evitar la inundación de amplias zonas de la marjal donde existen viviendas habitadas) impiden la corrección de las lecturas de escala con una mínima fiabilidad.

Dadas las actuales circunstancias la única manera posible de controlar las descargas de estos cursos de agua es la instalación de sensores de registro continuo de la velocidad del flujo y de la altura de nivel en las secciones de aforo. Dicha actuación está previsto llevarla a cabo en la segunda fase de este proyecto.

4. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS.

Una vez concluido el estudio de las series de datos disponibles en las 5 estaciones de aforos que constituyen de manera directa o indirecta los drenajes naturales de los sistemas acuíferos existentes en el entorno de la marjal de Oliva-Pego, en la comarca de la Marina Alta, procede sintetizar las conclusiones obtenidas en una tabla-resumen que contenga todos los datos resultantes.

Hay que señalar que de los cinco puntos de control analizados, cuatro están situados en cauces naturales, mientras que el quinto lo está en una acequia. Las series de datos disponibles abarcan períodos de tiempo no coincidentes, por lo cual los resultados son aplicables únicamente a cada una de las estaciones por separado.

Las estaciones de aforo estudiadas en el presente trabajo controlan los drenajes de tres Unidades Hidrogeológicas, que son las siguientes:

- U.H. 08.37 Almirante-Mustalla. Subsistema Albuerca-Gallinera-Almirante-Mustalla, constituida por los materiales calizos que bordean el marjal de Oliva-Pego por el norte. Los manantiales que lo drenan dan origen al río Bullens o Vedat, cuyo caudal se controla en la estación de aforo E-21.
- U.H. 08.39 Almudaina-Alfaro-Mediodía-Segaria, que se encuentra dividida en dos acuíferos:
 - Acuífero de Mediodía, que drena a través de los manantiales de La Bolata y Sagra, controlados en la estación E-52 y de La Cava, controlado en la E-51.
 - Acuífero de Almudaina-Alfaro-Segaria, que descarga hacia el marjal a través del manantial de Sineu y salidas ocultas a los ríos Racons y Regalacho, controlados en la estación E-22.

- U.H.08.38. Plana de Gandía-Denia, en la se sitúa el acuífero de Pego-Denia perteneciente a esta unidad. Su drenaje se produce subterráneamente hacia el mar, pero también de manera superficial a través de la red de canales de drenaje existentes a lo largo de su superficie, cuyo colector principal de salida es el río Barranquet, controlado en la E-23.

En la tabla 11 se presenta un resumen de todos los resultados obtenidos en el análisis de los datos disponibles para las estaciones de aforo referenciadas.

A la vista de lo expuesto en dicha tabla, se podría hacer una estimación de los recursos circulantes por las estaciones de aforo controladas sumando los caudales medios anuales obtenidos en el estudio en cada estación. Con respecto a esto, hay que mencionar que, al no ser coincidentes los intervalos temporales en los cuales se dispone de serie de medidas, la suma de los caudales no es un método estrictamente correcto para estimar los recursos, ya que los valores medios dependen siempre de la amplitud de las series que se utilicen para calcularlos, por lo que, siempre existirá una pequeña distorsión en sus resultados.

No obstante lo anterior, y dado que no se dispone de otros datos, se ha calculado el valor de la totalidad de dichos recursos según lo siguiente:

| | | | |
|------------------------|-------|--------------------|---------------------|
| - Río Bullens o Vedat: | 62 | hm ³ /a | (período 1973-1999) |
| - Río Barranquet: | 19,65 | hm ³ /a | (período 1973-1999) |
| - Río Racons: | 35,34 | hm ³ /a | (período 1974-1999) |
| - Fuente de La Cava: | 3,40 | hm ³ /a | (período 1974-1988) |
| - Fuente de La Bolata: | 11 | hm ³ /a | (período 1974-1985) |

TOTAL 131,39 hm³/a

Sobre lo anterior hay que hacer las siguientes puntualizaciones:

1. El volumen medido en el río Bullens (E-21) corresponde fundamentalmente a las descargas del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla, pero también incluye los aportes superficiales de la cuenca vertiente de la que dispone dicho río, así como el volumen de agua salina subterránea de origen marino.
2. El volumen drenado por el río Racons (E-22) corresponde a las descargas del acuífero Almudaina-Alfaro-Segaría e incluye cerca de 14 hm³/año procedente del drenaje de la finca del Rosario, así como también el agua superficial de su cuenca vertiente y agua subterránea de origen marino.
3. El volumen drenado por el río Barranquet (E-23) procede del acuífero sobre el que se asienta la marjal, cuyo origen está en los recursos propios del mismo, retornos de riego y alimentación lateral subterránea del acuífero de Albuerca-Gallinera-Mustalla.
4. En el caso de los manantiales de La Bolata y La Cava (E-51 y E-52) los volúmenes drenados corresponden al drenaje del acuífero del Mediodía.

NOTA.—El incumplimiento de alguna de estas instrucciones tendrá como sanción la retirada de esta tarjeta.

Tabla 11. Resumen de los datos obtenidos en el análisis de las series de datos disponibles en las estaciones de aforo referenciadas.

| ESTACIÓN | NOMBRE | COORDENADAS UTM | | INTERVALO DE DATOS | Nº DE DATOS DE AFORO DIRECTO | % DE DÍAS SIN DATO (Sobre el total de la serie) | CAUDAL MEDIO OBTENIDO (hm ³ /a) |
|----------|----------------|-----------------|---------|---------------------|------------------------------|---|--|
| | | X | Y | | | | |
| E-21 | Río Bullens | 753685 | 4309620 | 28/10/73 a 31/12/99 | 47 | 26 | 62 |
| E-22 | Río Racons | 758120 | 4306800 | 1/12/73 a 24/12/99 | 50 | | 35,34 |
| E-23 | Río Barranquet | 757320 | 4307250 | 1/1/74 a 24/12/99 | 46 | 18 | 19,65 |
| E-51 | La Bolata | 758160 | 4300655 | 1/8/74 a 15/11/85 | 22 | 50 | 11 |
| E-52 | La Cava | 757760 | 4300810 | 1/8/74 a 31/12/99 | 45 | 14,3 | 3,4 |