

## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 5.1 COMPARACIÓN HEC-SOBK

Esta comparación es necesaria para poder valorar el parámetro “reaction factor”. HEC-1 es un programa aplicado en la hidrología superficial; simplificando el programa podríamos decir que a través de un tipo de cuenca y una precipitación obtenemos un hidrograma. Compararemos para una cuenca y una precipitación determinada el hidrograma resultante con el programa HEC-1 y con el programa Sobek para poder determinar el valor del “reaction factor” que asemeja más estos dos hidrogramas. El siguiente paso será modificar la magnitud del suceso de precipitación, así como el área y la pendiente de la cuenca de tal manera que podamos comprobar como varia el parámetro “reaction factor”. Más adelante se explican estos pasos detalladamente. Antes de iniciar una comparación entre el HEC-SOBK tenemos que volver a recordar las simplificaciones que hicimos anteriormente. Entonces cabe decir que en la descripción de las características de las subcuencas suponemos un sustrato superficial impermeable, así como una ausencia de infiltración y de cualquier tipo de acuífero. Aceptamos esto porque trabajamos con precipitación neta. Aunque los datos en un primer momento son de precipitación bruta, a través de la caja negra de Hans Paul transformamos según unas funciones esta precipitación bruta a neta.

Con lo cual podemos decir que toda esta precipitación neta escurre hacia la riera, por eso hacemos la suposición que los estratos superficiales de todas las subcuencas son impermeables.

Se introdujo la topografía de cada subcuenca individualmente lo cual no dio ningún tipo de problema, no podemos decir lo mismo del “reaction factor” un parámetro con el cual tuvimos que ayudarnos con el programa HEC-1 porque su valor para las diferentes subcuencas se desconocía. Para conseguir el valor de este parámetro para cada subcuenca se escogieron diferentes tipos de cuencas con áreas de: 1Km, 10Km, 100Km y cada una de ellas con diferentes pendientes (ANEJO1 (figura 2 y tabla 1b)). Se calculó los hidrogramas para diferentes sucesos de precipitaciones tanto con el programa HEC-1 como para el programa SOBK donde la única incógnita era el parámetro “reaction factor”. De esta forma comprobamos que pusiéramos un “reaction factor” u otro la forma del hidrograma era la misma en SOBK como en el HEC-1 pero diferían en magnitud. Por lo tanto, fuimos calculando el “reaction factor” en cada tipo de subcuenca hasta igualar en magnitud el hidrograma del HEC-1 con el del SOBK (ANEJO1 (tabla 3)). El análisis posterior nos demostró que el “reaction factor” era un parámetro que no variaba en función de la intensidad de la precipitación, que era poco sensible a la pendiente, pero dependía en alto grado del área de la subcuenca. También del análisis se desprende la similitud entre el “reaction factor” y el área de la subcuenca con una curva logarítmica (ANEJO1 (figura 3)). Con lo cual pudimos definir el “reaction factor” para todos los tipos de subcuencas que tenemos en la riera del Carme.

De esta forma pudimos parametrizar los diferentes valores del en cada subcuenca.

Una vez se definidos todos los “reaction factors” para todas las subcuencas se empezó a trabajar con Sobek pero con la estructura real de riera del Carme. Es decir empezamos a imponer la posición de la riera principal, las rieras secundarias, las diferentes subcuencas cada una con sus diferentes características, etc.

Se pudo comprobar que los hidrogramas calculados con Sobek (ANEJO1(fig.4)) diferían en magnitud y algunos en la forma con el hidrograma medido en el final de la riera del Carme. Los valores se pueden comprobar en el ANEJO 2 (tabla 6)

El problema relacionado con la forma lo abordaremos en el apartado 5.3, ahora explicaremos el porqué de estas diferencias en magnitud de caudal.

Al calcular los “reaction factors” con la ayuda de HEC-1 se hicieron los cálculos con datos de precipitaciones cada hora para un suceso de 24 horas de duración. Cuando calculamos el hidrograma en Sobek para el proyecto de la Riera del Carme, lo hicimos con datos de precipitación con una frecuencia diaria, ya que son medidas recogidas en el campo y difícilmente pueden ser horarias. Tanto el hidrograma medido como el calculado con Sobek son hidrogramas de duración un año. Como el “reaction factor” es una variable que controla la velocidad de escorrentía, y la velocidad de escorrentía para una precipitación de 10 mm en una hora y las restantes 23 horas sin precipitación, es diferente a la velocidad de escorrentía para una precipitación de 10 mm que durase todo un día, tendremos que hacer una nueva modificación para el “reaction factor”. En el primer caso tendremos un hidrograma con un caudal pico más pronunciado. En el segundo caso al tener un suceso de precipitación más pausado en el tiempo, el hidrograma será más uniforme en el tiempo que en el primer caso. Por lo tanto tuvimos que volver a modificar el “reaction factor”.

Se hicieron comprobaciones en la riera del Carme solo modificando el “reaction factor” para un mismo suceso de precipitación. Esto se hizo para poder comparar las variaciones de los hidrogramas según los diferentes “reactions factors” con el hidrograma medido (ANEJO1(figura 4, 5, 6 y 7)).

Podemos ver, como ya explicamos, que el hidrograma para el “reaction factor” inicial (que deducimos con ayuda del HEC-1) sobre valora los caudales pico y en cambio tenemos periodos en los cuales el caudal es demasiado bajo (ANEJO1(figura 4)).

El siguiente paso fue reducir progresivamente el valor de los “reaction factors”. Primero reduje el “reaction factor” inicial en un 30% (ANEJO1(figura 5)), con lo cual pudimos ver una sensible reducción de los caudales pico. Los valores se pueden comprobar en el ANEJO 2 (tabla 7).

Después se redujo el “reaction factor” inicial al -100% produciéndose el mismo efecto que anteriormente. Lo mismo paso al reducir el “reaction factor” al 500% (ANEJO1(figura 6) y al 1000% (ANEJO1(figura 7)). Los valores se pueden comprobar en el ANEJO 2 (tabla 8)

Pero si nos detenemos en estos dos último casos. Cuando reducimos el “reaction factor” al 500%, es el valor que mejor ajusta en magnitud los hidrogramas calculado y el medido. Por lo tanto tenemos el mejor valor para ajustar el hidrograma calculado con el hidrograma medido. Si nos fijamos en el hidrograma con una reducción del “reaction factor” del 1000% (ANEJO1(figura 7) podemos comprobar que hay periodos con caudales más altos que el medido, hay periodos que estamos por debajo del caudal medido y los caudales pico calculados están muy por debajo de los caudales pico medidos. Con lo cual podemos decir que no es representativo.

Se hizo una comprobación de conservación de volúmenes para poder asegurar que el programa no generaba ninguna pérdida de agua. Para llegar a esta afirmación tuvimos que calcular por un lado el hidrograma sin aportaciones subterráneas con Sobek (integramos el área de la curva del hidrograma para conocer el volumen), y por otro lado la precipitación neta total, como conocemos el área total de la cuenca (100 Km<sup>2</sup>) tenemos el volumen total. Pudimos comprobar que el volumen de agua que genera el programa Sobek es igual al volumen de agua que nosotros introducimos en el programa. Los valores están representados en el ANEJO 2 (tabla 9 y 10).

Simplemente existen una serie de problemas (comentados en este apartado y que seguiremos comentando en el apartado 5.2 y 5.3) que provocan una distribución de la masa de agua diferente entre el hidrograma calculado y el medido.

## 5.2 EFECTO PRODUCIDO POR EL REACTION FACTOR

El “reaction factor” es el parámetro que controla la velocidad o los tiempos de escorrentía. Es decir con este parámetro definimos la resistencia al drenaje de la cuenca, sus unidades (1/día) nos dan una idea de este parámetro. Si nos fijamos en la ecuación de Zeeuw-Hellinga (1) podemos comprobar que al disminuir el valor del “reaction factor” el caudal específico en una de frecuencia de paso de tiempo es menor, por lo tanto a la cuenca le costará más tiempo drenar toda el agua. Es decir los caudales pico disminuirán y tendremos un caudal más uniforme en el tiempo. Si despejamos el parámetro “reaction factor” en la ecuación de Zeeuw-Hellinga podemos ver que si suponemos los demás parámetros constantes, y aumentamos el paso del tiempo el “reaction factor” tiende a minimizarse.

Podemos ver que el “reaction factor” es un parámetro muy importante dentro de la ecuación de Zeeuw-Hellinga, el cual es usado en el programa SOBEK para calcular los diferentes componentes del flujo subterráneo y superficial.

Como ya había comentado el flujo subterráneo no lo calcularemos con la ecuación de Zeeuw-Hellinga por lo tanto los parámetros de percolación y infiltración serán nulos ( $I=S=0$ ). Como ya explique los caudales subterráneos los tendremos en cuenta como aportes en caudal a lo largo de toda la riera principal de la cuenca del Carme.

$$q_t = q_{t-1} e^{-\alpha \Delta t} \oplus (I \oplus S)(1 - e^{-\alpha \Delta t}) \quad (1)$$

$q_t$  : caudal específico en un tiempo  $t$  [m/d]

$q_{t-1}$  : caudal específico en un tiempo  $t-1$  [m/d]

$\Delta t$ : frecuencia de paso [d]

$\alpha$  : reaction factor [1/d]

$I$  : infiltración [m/d]

$S$  : percolación (seepage) [m/d]

Como en nuestro caso no introducimos el valor del flujo subterráneo en la ecuación de Zeeuw-Hellinga solo tendremos que calcular el “reaction factor” para la capa más superficial de la subcuenca donde se produce la escorrentía. Si hubiésemos tenido en cuenta el flujo subterráneo tendríamos que definir la estratigrafía de toda la subcuenca (figura 11).

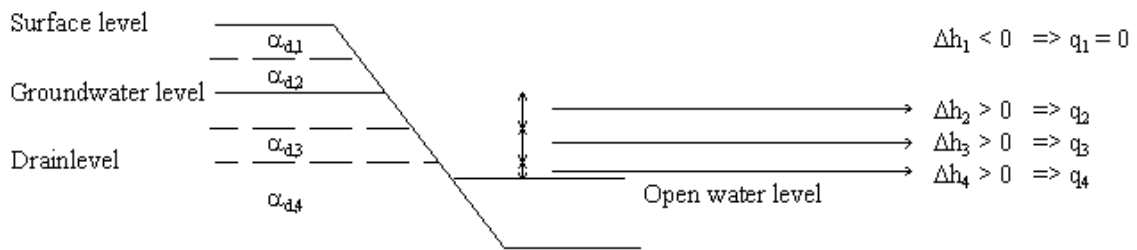


Figura 11 : Coeficientes reaction factor para las diferentes capas subterráneas

Estas variaciones del “reaction factor” pueden darse para las diferentes capas, también en el caso de diferentes niveles de superficie.

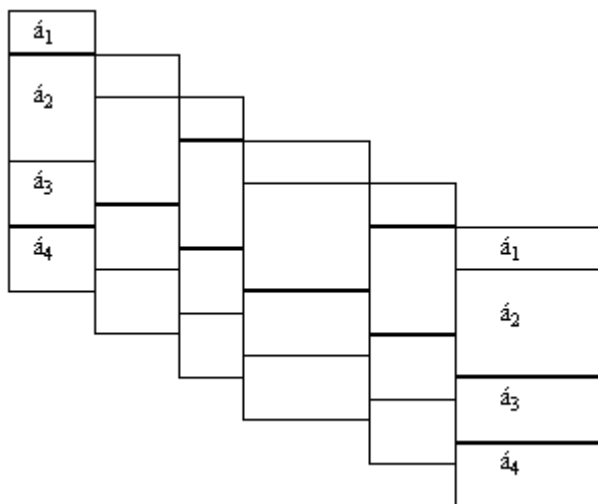


Figura 12 : Coeficientes reaction factor para diferentes capas subterráneas y diferentes niveles de superficie

Definir el “reaction factor” para cada capa puede llegar a ser imposible con los datos que disponemos. Por este y otros motivos ya descritos, decidimos utilizar la opción elegida.

El “reaction factor” es un parámetro que entra en juego una vez el nivel de agua subterránea excede el nivel de superficie o la precipitación excede la capacidad de infiltración, y no hay capacidad de almacenamiento en la subcuenca. Es decir el “reaction factor” entra en juego una vez existe escorrentía.

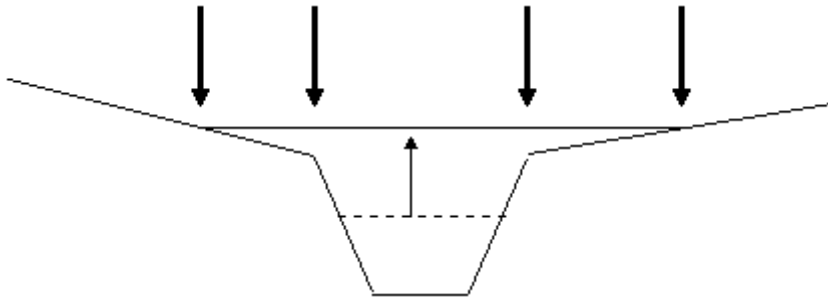


Figura 13: El nivel de agua excede el nivel de superficie (línea discontinua)

Hay tablas con determinados valores del “reaction factor” (muy generales y poco detallados) según el porcentaje de pendiente, tipo de material (infiltración), etc. Como el “reaction factor” es un parámetro muy importante y muy variable como pudimos comprobar, se decidió conocer el valor del “reaction factor” para cada subcuenca como hemos explicado anteriormente.

Como hemos dicho el valor del “reaction factor” entra en juego en el mismo instante que tenemos el proceso de escorrentía (rainfall run-off). Para calcular este inicio de escorrentía el programa se apoya en ecuaciones de continuidad, trata el problema como una porción diferencial de terreno donde hay entradas y salidas de caudal (figura 14).

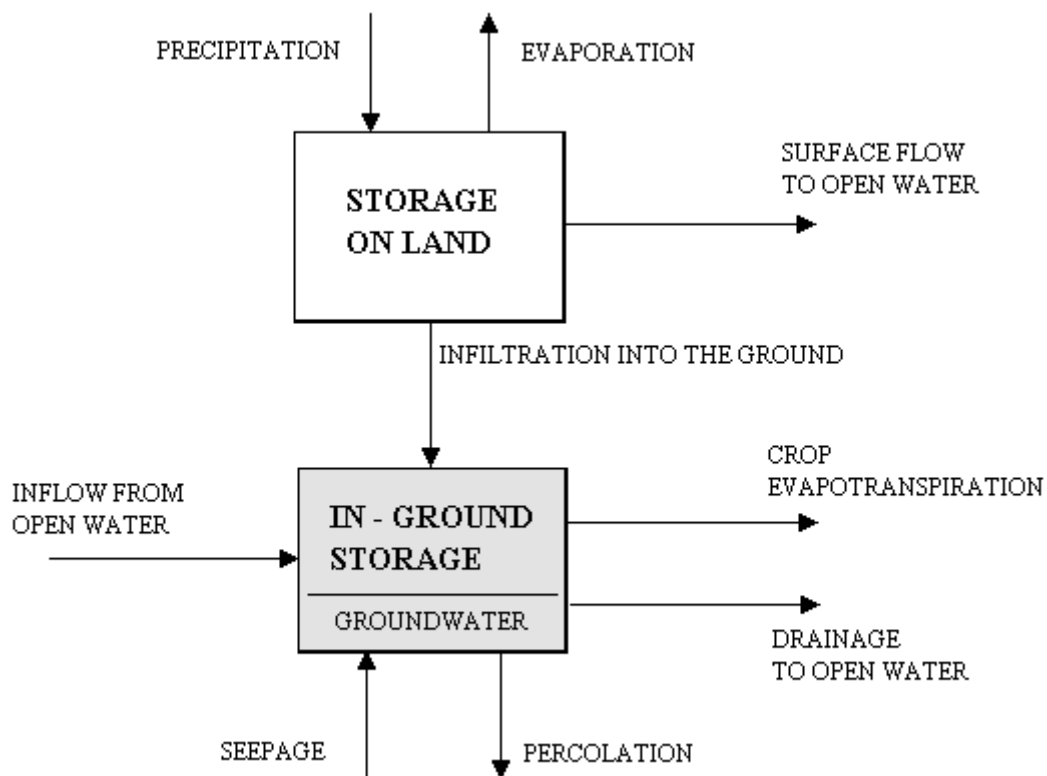


Figura 14: Cálculo de la ecuación de continuidad a través de una dovela diferencial

### 5.3 ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LOS DATOS

Existen una serie de problemas asociados a los datos, algunos de ellos son de fácil comprobación pero difíciles de intuir. Como se ha dicho en este apartado abordaremos el problema de la poca similitud entre el hidrograma calculado y el hidrograma medido.

Estos dos hidrogramas como ya dijimos difieren en la magnitud y la forma. Las diferencias de forma pueden ser por diferentes factores: podría ser porque el caudal subterráneo no está localizado en el punto de aporte elegido, falta de precisión en los valores de precipitación, altura de lámina de agua (condición de contorno aguas abajo en el programa Sobek) o caudales medidos poco precisos. También tenemos una falta de discretización en el tiempo de los valores de precipitación, altura de lámina de agua o caudal; es decir, una frecuencia de valores de las diferentes variables más alta ( en precipitación necesitábamos mm/hora y en cambio teníamos mm/día), hay una carencia de estaciones de aforo y meteorológicas (solo hay una ).

Estos son algunos de los factores que pueden haber provocado la desviación de forma entre el hidrograma calculado y el hidrograma medido.

En una primera instancia es complicado conocer el problema que lo provoca. Tuve que ir descartando uno por uno. Había que verificar que los aportes subterráneos fueran correctos, así como la posición de todas las subcuencas y los puntos de salida de las subcuencas( cabe decir que en algunas subcuencas no había claras rieras donde circular el agua y el flujo era difuso). La precisión con la que están tomados los datos es una incógnita pero lo que si puedo decir respecto a los datos que hay periodos de tiempo que hay precipitaciones bastante irregulares y tenemos que el caudal es uniforme o hasta caudales nulos (estos datos son poco creíbles en bastantes periodos), (ANEJO (tabla 4)).

También tenemos periodos de casos opuestos. Hay periodos que no hay precipitaciones y el hidrograma presenta picos en caudal (ANEJO (tabla 5)).Estos errores se reflejan en el hidrograma y su corrección es imposible. Por desgracia esta imprecisión en la toma de datos son frecuentes, lo único positivo es que tenemos documentados desde el año 1987 al 1997. Al tener una serie tan larga de datos de precipitación, altura de nivel de agua y caudal nos permite tener pequeños periodos donde la precisión de la toma de datos no es tan mala, como podemos comprobar en la figura 17(6-1-96 4-2-96). Cabe decir que no tenemos datos de aporte subterráneo en toda esta serie de años, como podemos comprobar en la figura 19 (91-92).

Los problemas ocasionados por una falta de frecuencia en los datos puede ser importante ya que un dato de precipitación cada día puede que ese dato no sea para nada representativo de un suceso de lluvia.

Como podemos ver en la siguiente figura 15, la curva del caudal medido difiere de la curva teórica del SOBEK, aún siendo este año el 94-95 uno de los cuales guarda mayor similitud entre estas dos curvas. Esto se debe a diversas razones como:

La dificultad de encontrar datos sobre caudales, precipitación, niveles de agua,..., cada hora y sobretodo una medida precisa de estas variables; en nuestro caso solo conocemos datos de esas variables cada día y me temo que estos no son fiables. Si tenemos un pico en el hidrograma a las 6 de la tarde y las medidas en la estación de aforo están hechas a las 12 del mediodía nosotros desconoceremos ese pico porque no tendremos datos. Los datos de precipitación como he dicho son diarios, y esto provoca un error, porque no es lo mismo 12mm de lluvia repartidos uniformemente durante todo el día que 12 mm de lluvia durante 4 horas y el resto del día sin precipitaciones. Tenemos sucesos de precipitaciones considerables que deberían estar representados en los hidrogramas y en cambio no es así. Tenemos periodos extensos (meses) de caudales constantes en el hidrograma que no se pueden atribuir a una riera con lluvias irregulares. Ni tan solo considerando un caudal importante de flujo subterráneo podría darse; sobretodo considerando que en esos periodos de tiempo hay picos en el pluviograma.

Los datos de las precipitaciones no son datos medios entre las diferentes estaciones de pluviométrica que hay repartidas por toda la cuenca de la riera del Carme; ya que solo hay una estación de pluviométrica en toda la cuenca en el final de esta. Por tanto nos encontramos con tan solo una estación de pluviométrica en una cuenca de 100 Km<sup>2</sup>, que por más "INRI" tiene una forma alargada, con lo cual los datos de precipitación de la estación pluviométrica para una zona alejada de la cuenca pueden no tener validez en algunos sucesos de precipitaciones. Solo existe una estación de aforo con lo cual tenemos un problema, porque no podemos comparar los valores de precipitaciones para diferentes zonas de la cuenca para un mismo suceso de precipitación.

Dentro de la cuenca hay unos núcleos rurales los cuales pueden verter sus aguas sucias en la riera de Carme, estas aguas son consideradas aguas abajo en la estación de aforo pero nunca en los datos de precipitación; además de ser pequeñas zonas semipermeables que no hemos tenido en cuenta ya que difícilmente podemos conocer su aportación a la cuenca.



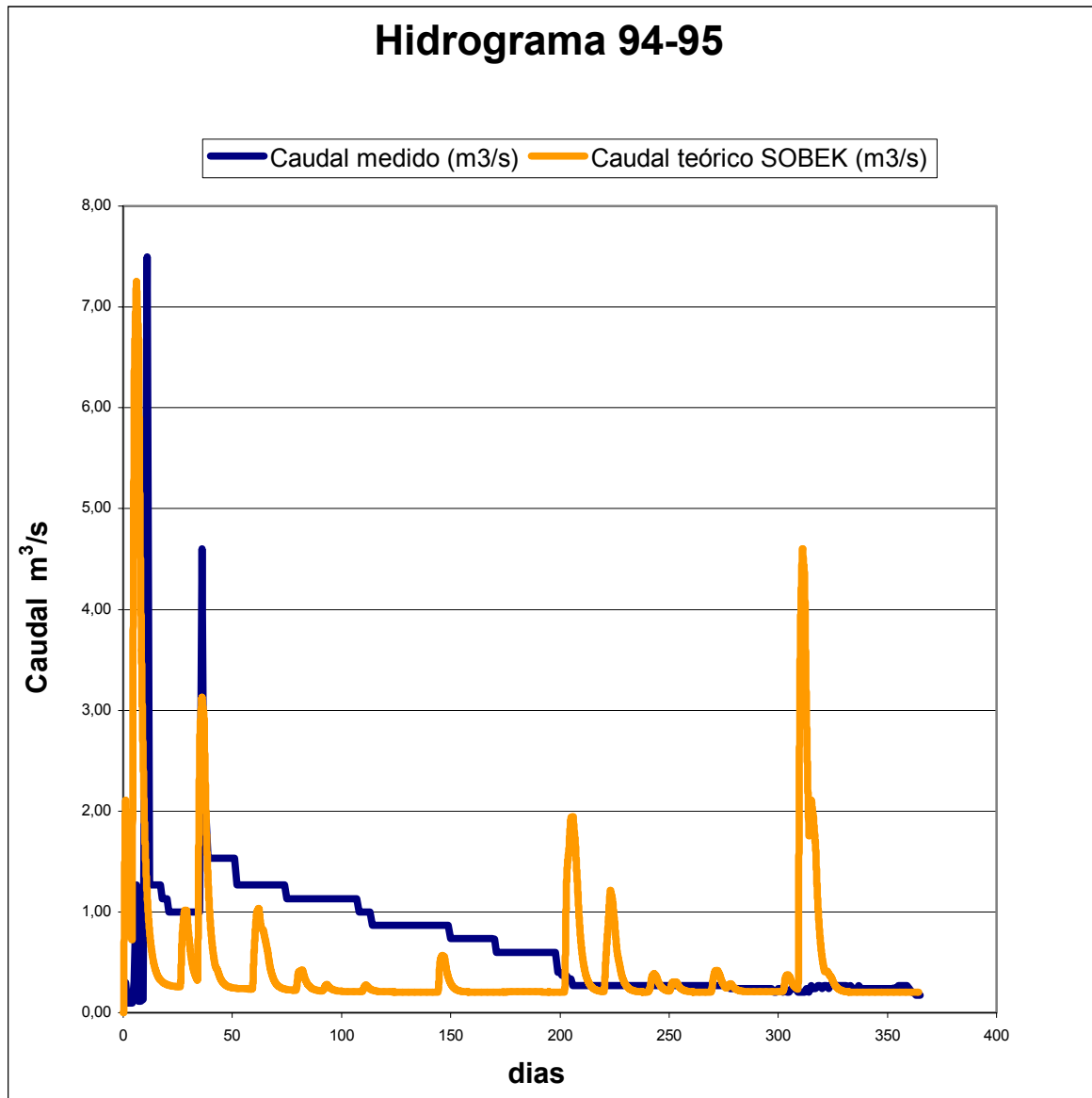


Figura 15: Hidrograma calculado (naranja) VS Hidrograma medido (azul)

La figura 16 representa el hidrograma del año 95-96 podemos ver como la curva de caudales medidos se asemeja en algunas puntas de caudal a la curva teórica del SOBEK, podemos ver como en este año como los siguientes existen los mismos problemas, esto se debe a los mismos errores que se produjeron en el año 94-95. Quizá este año las curvas se asemejan menos que en el año 94-95, esto puede deberse a una variación más acusada de las precipitaciones en las diferentes áreas de la cuenca de la riera del Carme. Ya que no existen otras diferencias en la cantidad ni la calidad de los datos medidos, ni en el número de estaciones de aforo, ni en las características de la cuenca.

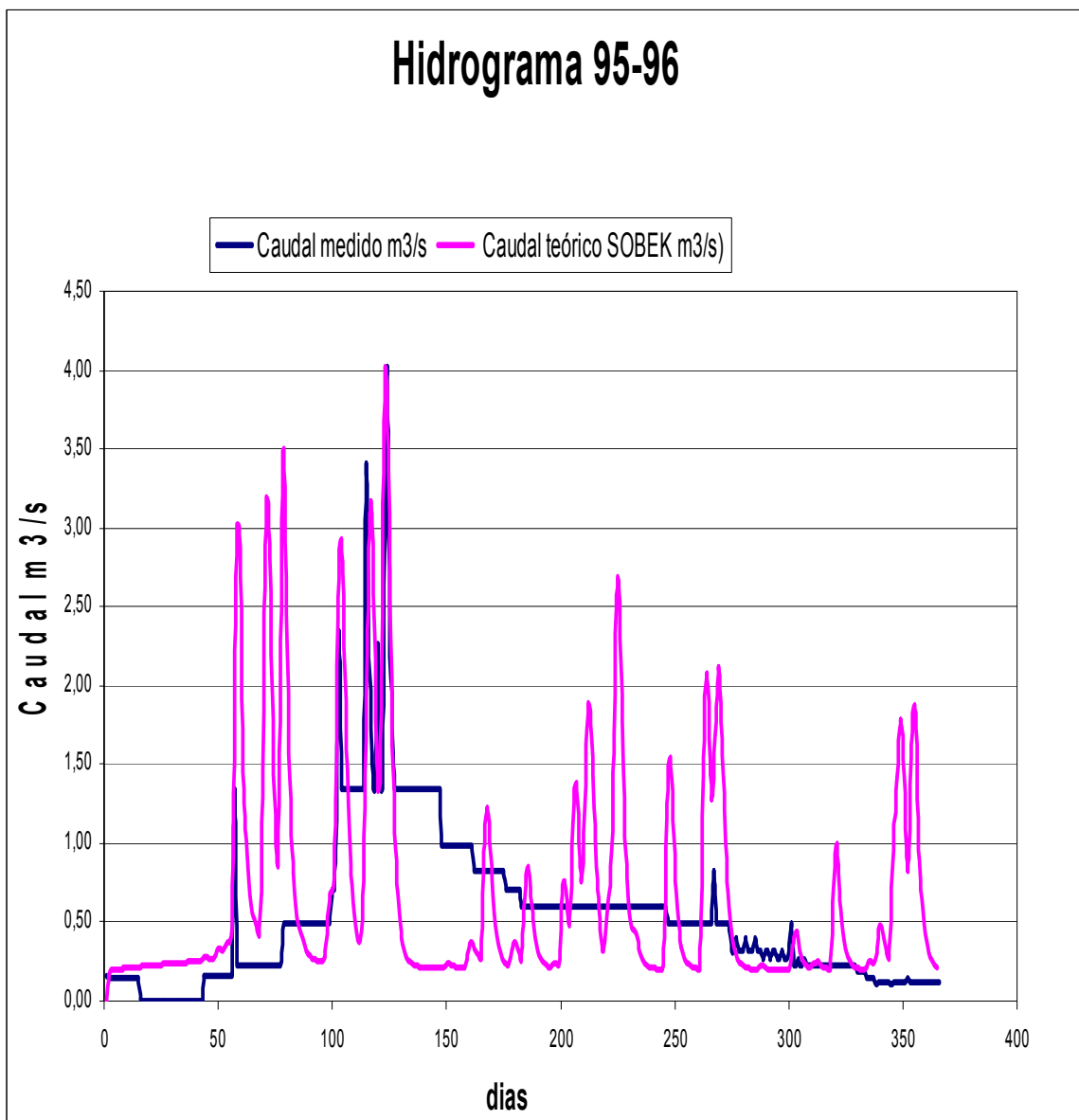


Figura 16: Hidrograma calculado (lila) VS Hidrograma medido (azul)

Posiblemente en este año tenemos la mayor semejanza entre el hidrograma calculado y el hidrograma medido. En concreto en éste año tenemos un mes (del 6-1-96 al 4-2-96) que el hidrograma calculado y el hidrograma medido son muy parecidos como podemos ver en la figura 17 (se ha ampliado la escala en el eje y).

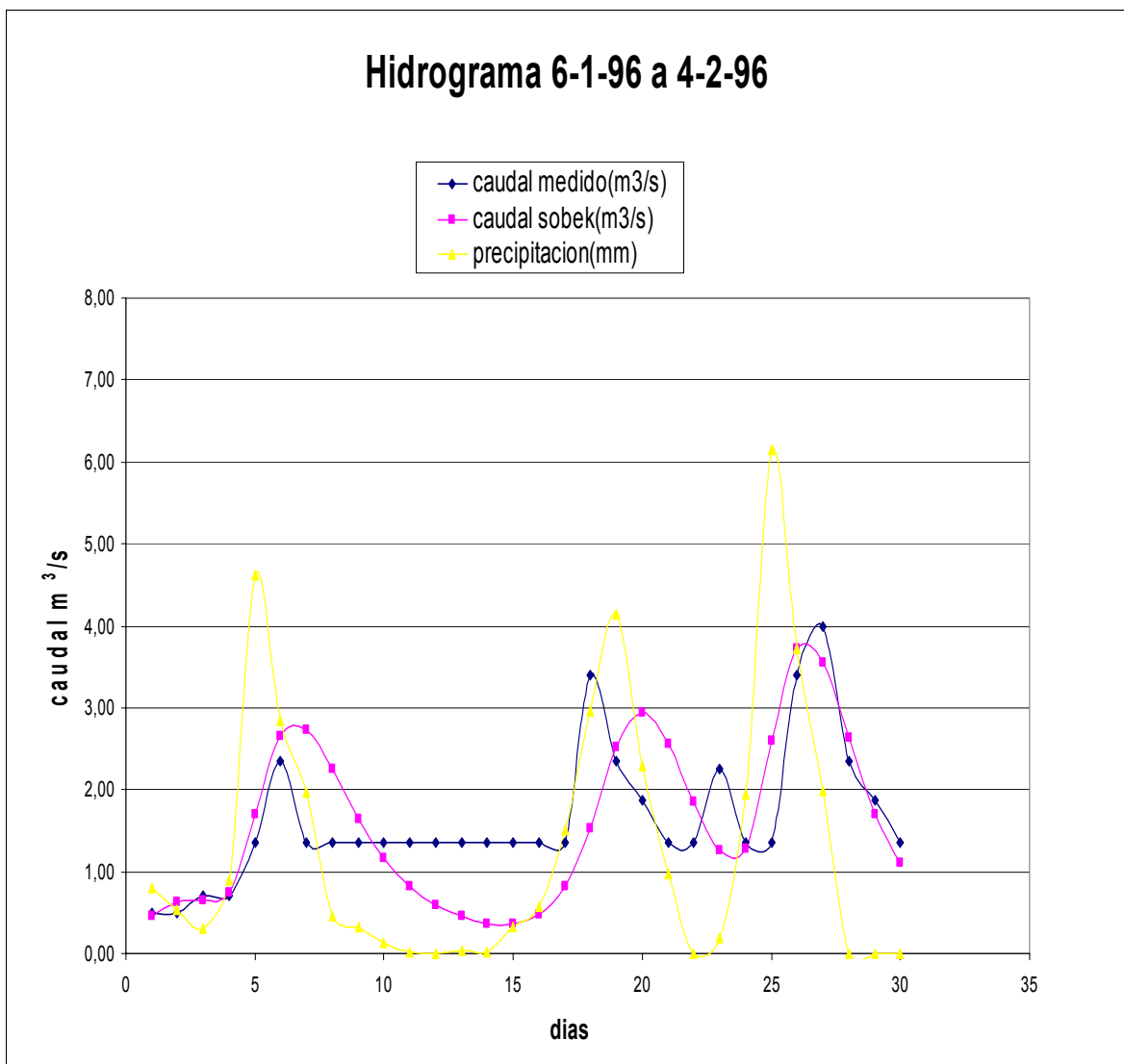


Figura 17: Hidrograma calculado (lila), Hidrograma medido (azul) y precipitación (amarillo)

En la figura 18 representa el hidrograma del año 92-93 podemos comprobar que seguimos arrastrando los mismos problemas pero de una manera más acusada.

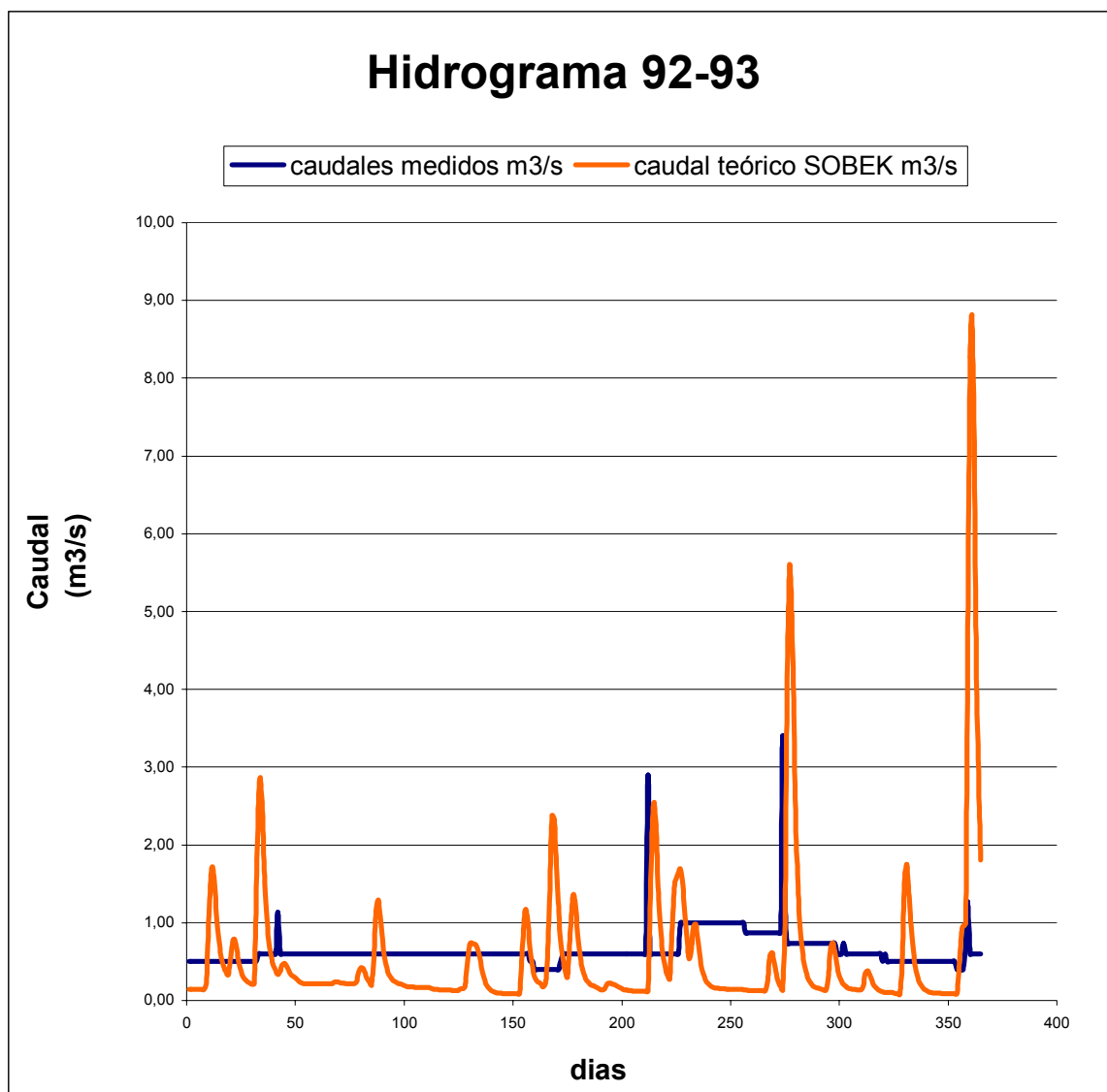


Figura 18: Hidrograma calculado (naranja) VS Hidrograma medido (azul)

En la figura 19 podemos ver una serie de caudales puntas que coinciden con los caudales medidos, pero en reglas generales los hidrogramas no tienen ninguna semejanza. Tenemos los mismos problemas que en los hidrogramas de los demás años aunque en este año en concreto no tenemos datos de caudal subterráneo. Es un problema importante porque vuelvo a recordar que hemos trabajado con precipitación neta, y hemos tenido en cuenta el aporte subterráneo aplicando unos valores de caudales conocidos en diferentes puntos de la riera principal. Este año 91-92 no conocemos estos valores en caudales subterráneos, lo que provoca en el hidrograma calculado periodos de tiempo con caudales nulos en la riera, ya que todo el aporte en caudal viene dado por la precipitación neta, y si esta no existe el caudal es nulo.

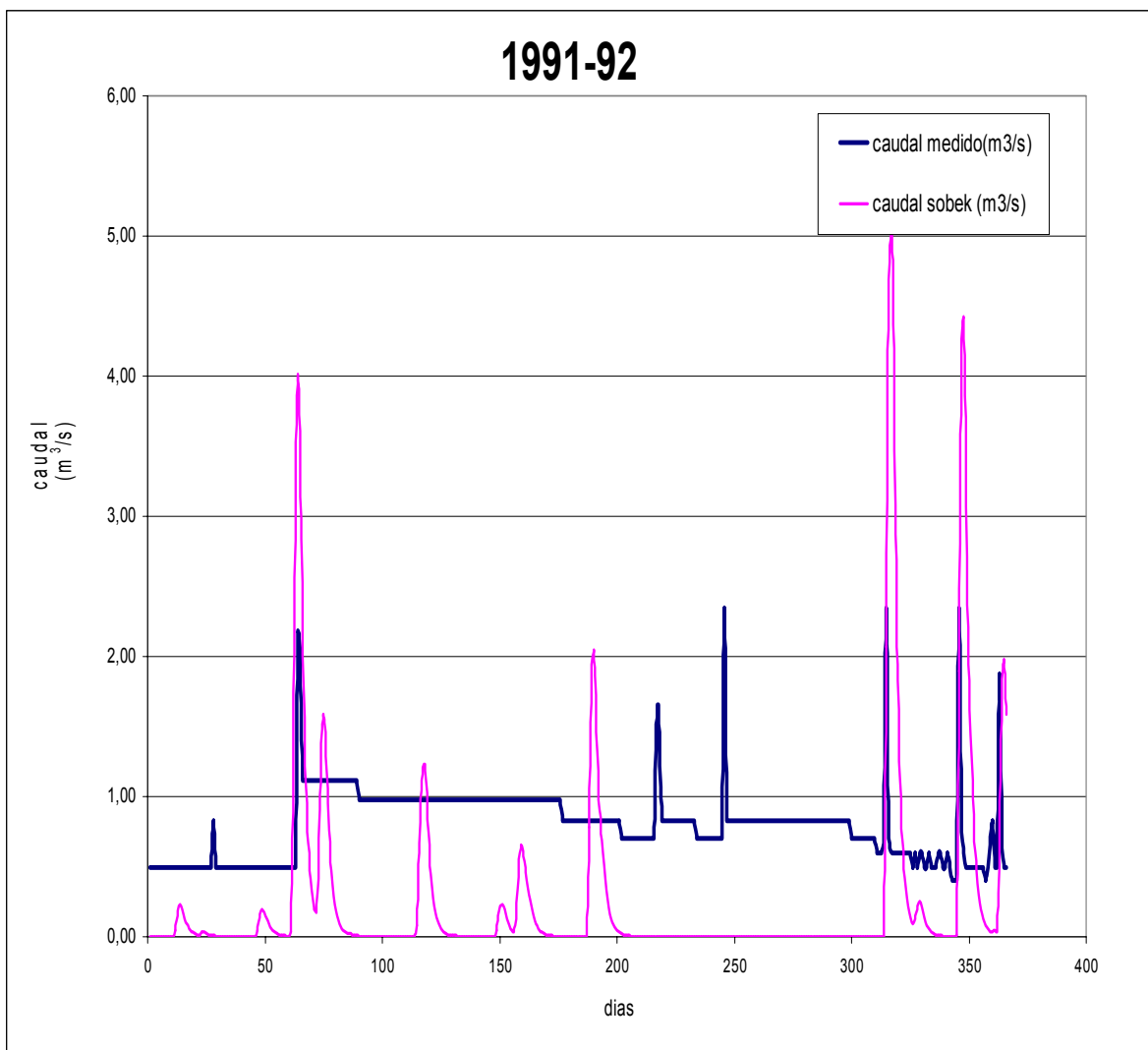


Figura 19: Hidrograma calculado (lila) VS Hidrograma medido (azul)

Podemos ver en el siguiente hidrograma como el programa Sobek ha calculado un hidrograma que sigue las pautas de la precipitación neta, en cambio podemos ver como el hidrograma medido parece en algunos periodos que no tenga relación con los valores de la precipitación neta, figura 20 (200-250 días). En cambio para otros periodos parece que hay una correspondencia entre los valores de precipitación con los hidrogramas calculado y medido, figura 20 (50-100 días).

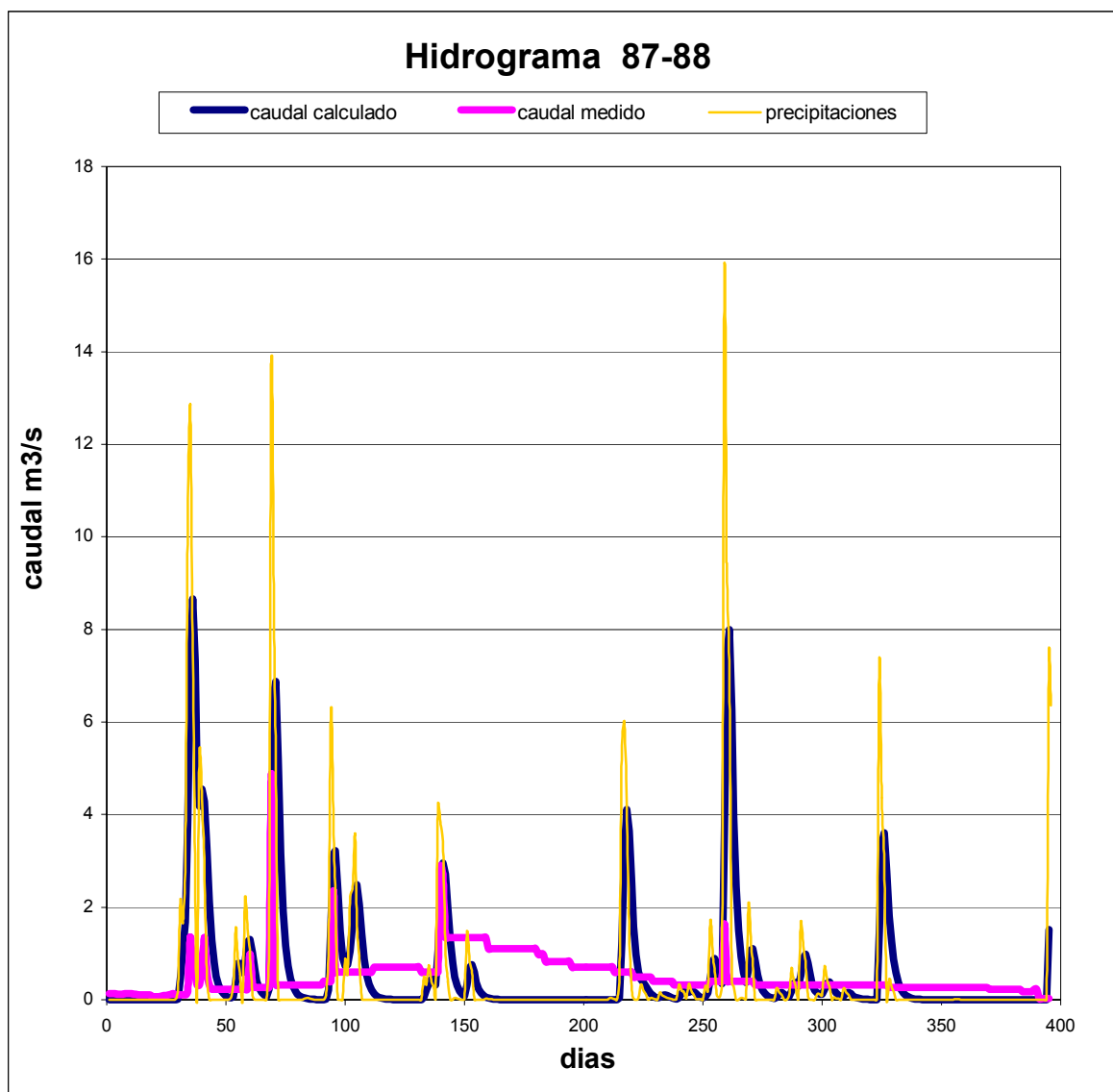


Figura 20: Hidrograma calculado (azul), Hidrograma medido (rosa) y precipitación (amarillo)

Podemos comprobar como vamos repitiendo el mismo patrón, tenemos unos sucesos de lluvias que el hidrograma calculado con Sobek se asemeja al hidrograma de medición, figura 20 (200-220 días) y también presenta sucesos de lluvia con grandes variaciones entre los dos hidrogramas, figura 20 (50-150 días). Las diferencias entre hidrogramas se repiten porque los errores son los mismos.

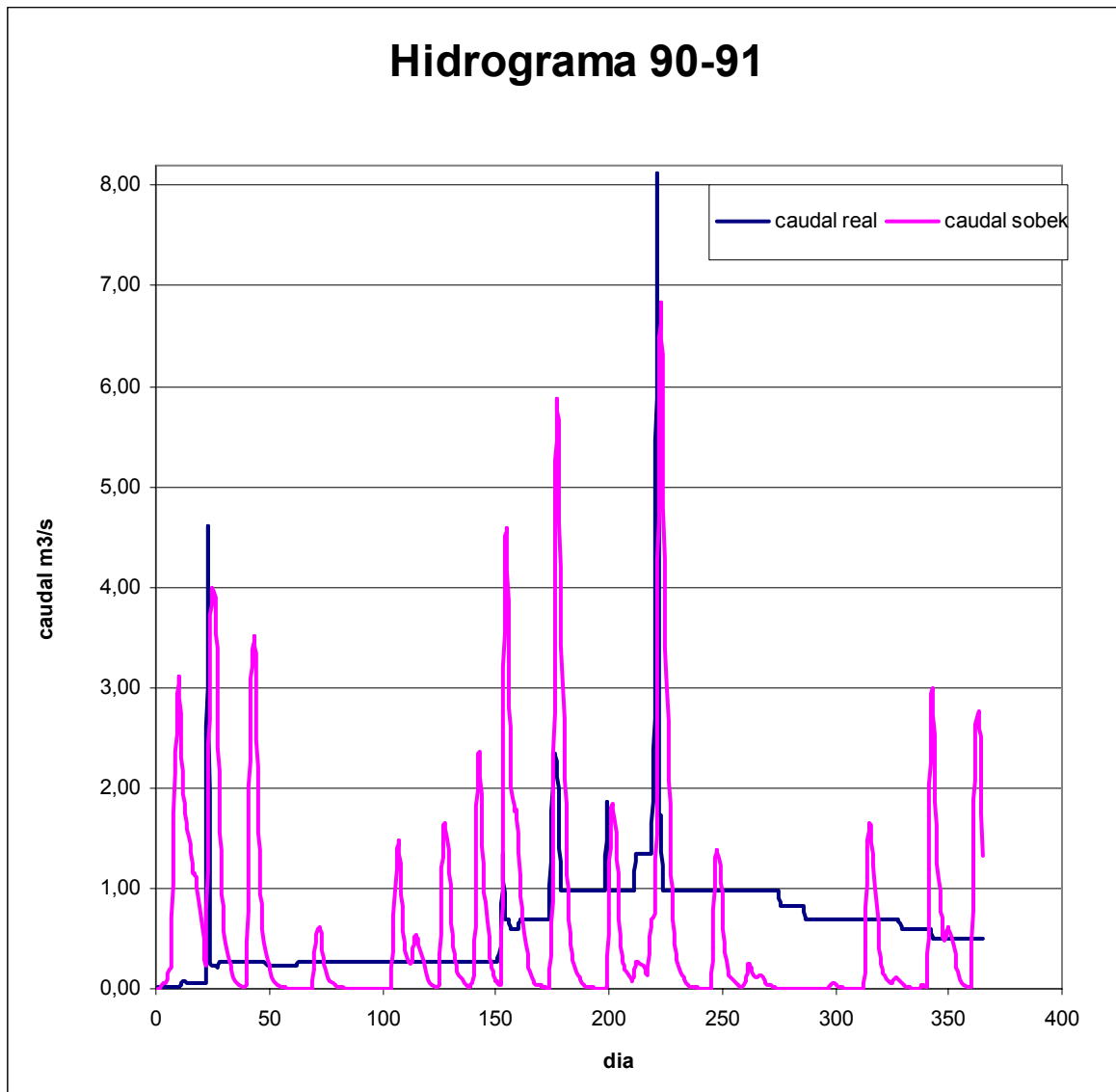


Figura 21: Hidrograma calculado (rosa), Hidrograma medido (azul)

## RESULTADOS

Hay periodos que no hay precipitaciones y el hidrograma presenta picos en caudal (ANEJO (tabla 5)). Estos errores se reflejan en el hidrograma y su corrección es imposible. Por desgracia esta imprecisión en la toma de datos son frecuentes, lo único positivo es que tenemos documentados desde el año 1987 al 1997. Al tener una serie tan larga de datos de precipitación, altura de nivel de agua y caudal nos permite tener pequeños periodos donde la precisión de la toma de datos no es tan mala, como podemos comprobar en la figura 17(6-1-96 4-2-96).

Los problemas ocasionados por una falta de frecuencia en los datos puede ser importante ya que un dato de precipitación cada día puede que ese dato no sea para nada representativo de un suceso de lluvia. Aunque este error de precisión es menor que el explicado anteriormente. Ya que con un error en la toma de datos puedes llegar a emitir una conclusión equivocada sino se trabaja con cuidado. Estos errores de imprecisión los podemos seguir viendo en la figura 18, 19, 20 y 21.

Cabe decir que este error (humano) en los valores medidos de caudal, nivel piezométrico y precipitación están acentuados por otro gran error (falta de recursos) como es la única y exclusiva existencia de la estación pluviométrica de la Pobl de Claramunt. Esto último es un gran problema sobretodo si hablamos de una cuenca con un área de 100 Km<sup>2</sup> y además con una morfología alargada.

Me gustaría dejar claro la necesidad de tener una base de datos más precisa, cuando hablo de precisión no solo me refiero a la toma de datos de campo sino también a tener más estaciones pluviométricas. Porque sino tendremos puntos de la cuenca muy alejados, lo que provoca que un suceso de lluvia en un punto no se parezca al de otro punto. Como solo tenemos una estación con datos de precipitación, estos datos de precipitación solo representarán bien una zona cercana a esa estación, por lo tanto al aceptar estos datos de precipitación para toda la cuenca estaremos suponiendo algo que no es verdad. Ahora podemos empezar a darnos cuenta porque en la figura 18,19,20 y 21 difieren tanto el hidrograma calculado y el hidrograma medido.

Si analizamos los hidrogramas podemos comprobar como existen años que no tenemos datos de caudal subterráneo como pasa en las figuras 19,20 y 21 esta falta de aporte subterráneo se puede comprobar por la ausencia de un caudal más o menos constante en épocas sin precipitaciones, en épocas ausentes de precipitaciones el principal aporte lo constituye el acuífero de la cuenca. Mientras que en épocas de precipitaciones el verdadero aporte de agua en la riera es a través la escorrentía superficial. Los aportes subterráneos se catalogan por tener unos valores en caudal más o menos constantes a corto plazo, todo lo contrario que los aportes de escorrentía superficial que son muy variables en el tiempo, más que variables en el tiempo podríamos decir que son muy sensibles a las precipitaciones.



En la figura 20 el hidrograma calculado solo depende de la escorrentía superficial (por desconocimiento de los aportes subterráneos) podemos ver que después de un valor máximo en las precipitaciones tenemos una respuesta en caudal. Con los aportes subterráneos no hay tanta celeridad, tenemos unos hidrogramas más sostenidos como podemos ver en los hidrogramas medidos de cualquier figura. Esto ocurre porque la hidrología subterránea en la riera del Carme tiene un papel muy importante, es importante por su magnitud en caudal aunque por desgracia nosotros no conozcamos esa magnitud. Como ya hemos dicho el hidrograma medido es mucho más regular que el hidrograma calculado, esta regularidad se puede comprobar por norma en todas las figuras, pero si nos fijamos en las figuras 15,16 y 18 que a priori conocemos los aportes subterráneos podremos ver como en el hidrograma medido hay muy pocos días al año que tengamos un caudal nulo en la riera, en cambio en el hidrograma calculado tenemos bastantes días con caudal nulo. Podemos pensar que el caudal es nulo en aquellos días que no hay precipitaciones pero esto es solo verdad si el caudal subterráneo es nulo y como podemos comprobar en el hidrograma medido rara vez el aporte subterráneo es nulo. En las figuras 19,20 y 21 no conocemos a priori los aportes subterráneos, estas figuras corroboran el planteamiento anterior, tenemos unos hidrogramas calculados que nos indican ausencia de caudal en largos periodos de tiempo, en cambio el hidrograma medido muestra muy pocos días con caudal nulo, exactamente igual que en las figuras 15,16 y 18 menos por una cosa, el hidrograma calculado se asemeja más al hidrograma medido en las figuras 15,16 y 18. Esto se debe a la aportación del caudal subterráneo que hemos considerado en las figuras 15,16,17 y 18, que aunque difieren mucho de la realidad por desconocimiento y falta de recursos se semeja más que trabajar solo con aportes de escorrentía superficial.

Los valores que tenemos “solo de algunos años” en caudal subterráneo están basados en el Mod-flow, es decir que no contamos con valores en caudal subterráneo de todos los años y los que conocemos son una aproximación de la realidad.

No tener datos del flujo subterráneo para periodos de un día como tenemos para el flujo superficial es un error. Pero tener solo datos de caudal subterráneo mensuales y que estos no se hayan medidos sino calculado es un problema.

También hay que comentar que una parte del acuífero que alimenta la riera del Carme esta situado fuera de la cuenca. Es decir una parte de los valores en caudal subterráneo provienen de la infiltración de precipitaciones fuera de cuenca. Por este motivo en las figuras 15,16 y 18 tenemos el hidrograma calculado con un caudal subterráneo muy bajo, porque este último se ha calculado con Mod-Flow para un acuífero con un área en superficie igual a la cuenca de la riera del Carme, en cambio en la realidad el acuífero de la riera del Carme es más grande que su cuenca.

Aunque es excusable porque estamos hablando de un acuífero con un área en superficie mas grande de 100 Km<sup>2</sup>, con una disposición complicada de estratos (hablando de la geodinámica de la zona), cada estrato con su litología, etc. Seria complicado representar bien este acuífero.

Aunque podemos concluir fijándonos en la figura 17 un periodo de un mes que los valores del hidrograma calculado y el medido se asemejan, podemos encontrar un mes o varios en algún año de la serie estudiada que tengamos semejanzas entre estos dos tipos de hidrogramas. Esto puede deberse a una menor variación de las precipitaciones en las diferentes áreas de la cuenca del Carne y una mayor precisión de los valores medidos. Dos de las variables junto a los aportes subterráneos más importantes para una buena caracterización de la hidrológica de la cuenca. Ya que no existen otras diferencias en la cantidad de los datos medidos, ni en el número de estaciones de aforo, ni en las características de la cuenca. Podemos finalizar después de comprobar el funcionamiento del programa para ciertos periodos de tiempo que hay un cálculo aceptable, el único problema es que estamos trabajando con un programa muy preciso y por tanto muy sensible a la variabilidad de los datos.