

El río Congost

Condicionantes de su inundabilidad

Autor: Mario Salerno Muñoz

Tutora: Glòria Furdada (UB)

Master de Recursos Minerales y Riesgos Geológicos
Especialidad: Riesgos Geológicos

10 Julio 2013

RESUMEN

En el presente trabajo se ha estudiado el cambio que ha sufrido el río Congost en los últimos sesenta años para ver si en la actualidad aún conserva características o dinámicas naturales. En primera instancia se ha analizado la totalidad de la cuenca a escala general para determinar los cambios en los usos del suelo y así calcular la variación de los caudales pico entre 1956 y la actualidad. Por otro lado se ha hecho un análisis detallado del cauce y de las terrazas baja y media de 1956 para compararlas con estudios actuales de zonificación de la inundabilidad. Se ha pretendido ver si esas áreas hoy en día tienen alguna relación con la morfología que poseía el río en condiciones naturales. La cuenca del Congost en las últimas décadas ha sido fuertemente modificada por la creciente actividad antrópica y este hecho ha repercutido directamente en la dinámica del río hasta el punto de que ha perdido totalmente su fisionomía. Los cambios a lo largo de todo el cauce han hecho variar tanto la hidrología del Congost que se hace imposible relacionar las antiguas geoformas naturales con las características actuales. Por lo tanto en episodios de crecida las aguas seguirán unos nuevos parámetros geomorfológicos que vendrán determinados por la nueva topografía generada por la actividad humana.

ABSTRACT

The changes suffered by the Congost River the last sixty years have been studied in this work, to check if nowadays it preserves some natural characteristics or dynamics. First, the whole catchment was studied in order to determine the land use changes and to calculate the maximum or pick discharge increases from 1956 to nowadays. On the other hand, a detailed analysis of the channel and the low and medium terraces in 1956 was done. It was compared to the studies that characterize the nowadays conditions of flooding (different return periods). The objective was to determine if the nowadays flooding areas maintain a relationship with the morphology of the river in more natural conditions (1956). The Congost basin has been hardly modified for the increasing anthropic activity, and this has impacted directly on the river dynamics. The river has completely changed. These changes affected so much the Congost hydrology that it is impossible now to relate the ancient forms with the nowadays characteristics. As a result, during next flood events the waters will follow new paths that are mainly determined by the new topography generated by the anthropogenic activity.

INDICE DE CONTENIDOS

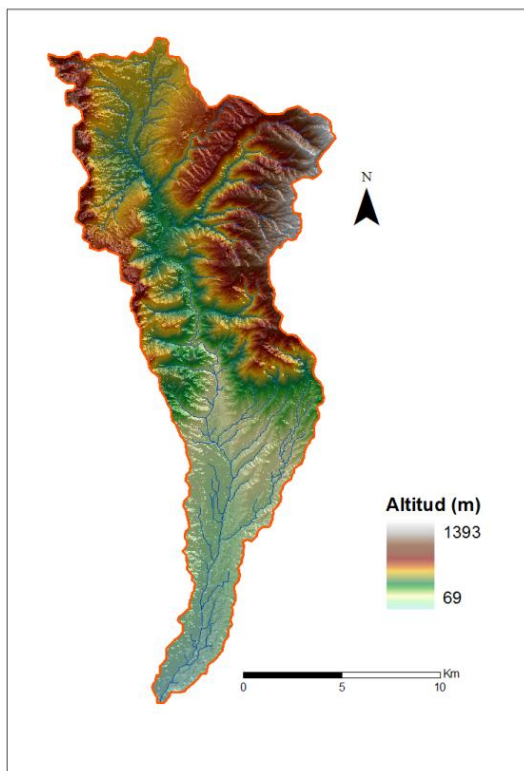
INTRODUCCIÓN.....	3		
Descripción de la cuenca.....	3	METODOLOGÍA DEL TRABAJO SOBRE RÍO CONGOST: CAUCE Y TERRAZAS BAJAS.....	11
Descripción del río Congost.....	3		
		PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOBRE EL RÍO CONGOST.....	12
OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	4	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS PUNTOS CRÍTICOS.....	14
ANTECEDENTES.....	5	DISCUSIÓN SOBRE EL ESTUDIO DEL CAUCE Y DE LAS TERRAZAS.....	17
Proyectos, estudios e informes relacionados con el espacio fluvial del Congost.....	5		
Resumen de inundaciones históricas.....	6	CONSIDERACIONES SOBRE EL RIESGO RESIDUAL.....	19
METODOLOGÍA DEL TRABAJO SOBRE LA CUENCA.....	6	CONCLUSIONES.....	21
RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA CUENCA.....	9	REFERENCIAS.....	22
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	10		

INTRODUCCIÓN:

Descripción de la cuenca

El estudio está centrado en la subcuenca del río Congost, perteneciente a la cuenca del río Besos. Dicha subcuenca tiene una superficie de 221,94 km² y un perímetro de 104,9km. Es de forma rectangular (G=1,99), con un desnivel del 25,64%. La cota máxima se sitúa a 1393m s.n.m en el Turó d'en Bessa, entre los municipios del Brull y Viladrau en la comarca de Osona; la cota mínima está a 69m s.n.m, en la confluencia con el río Mogent, en la población de Montmeló dentro de la comarca del Vallès Oriental. (Figura 1).

La cuenca, a parte del curso fluvial que le da nombre, está drenada por numerosos torrentes o rieras de los cuales destacan el Torrent de Carbonell, la Riera de Vallcàrquera y la Riera de Avençó, éste



último es el de mayor entidad.

Figura 1. Mapa de la Cuenca del río Congost con su red de drenaje y altitudes (a través de un Modelo Digital del Terreno, MDT, 5x5).

Las poblaciones drenadas por los diferentes cursos fluviales de esta subcuenca de norte a sur son: Centelles, Seva, Aiguàfreda, Sant Martí de Centelles, Tagamanent, Figaró, La Garriga, Les Franqueses del Vallès, Canovelles, Granollers, Montmeló y Montornès del Vallès. (Figura 2).

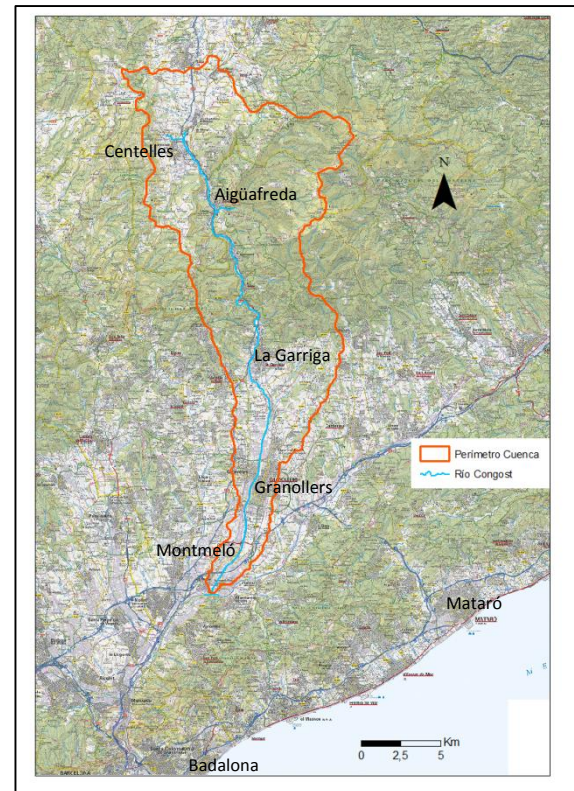


Figura 2. Mapa topográfico (escala original 1:50.000) donde se resalta el perímetro de la cuenca del río Congost, el curso principal y las principales poblaciones por donde discurre. (Fuente: ICC)

Descripción del río Congost

El río Congost nace en la Font de Can Regàs, en el pueblo de Hostalets de Balenyà a unos 820m de altitud. Debe su nombre a la estrecha garganta por la que pasa, en buena parte a través de la Cordillera Prelitoral. El río se encuentra en la brecha que separa el macizo del Montseny de los

Cingles de Bertí. Su acción erosiva ha conseguido una garganta importante que empieza en el Gorg Negre, cerca de Centelles, que continúa en Aiguafreda y en Figaró-Montmany para abrirse en la llanura del Vallès cuando llega a La Garriga. Después atraviesa toda la llanura del Vallés, pasando por Granollers, para acabar formando el Besós en su confluencia con el Mogent, que le viene por la izquierda, a la altura de Montmeló.

En total, el Congost tiene una longitud de 44 kilómetros, con un pendiente medio de 1,5%. Tiene un drenaje rápido ya que transcurre mayoritariamente por suelos permeables (arenosos), esto le da un índice bajo de sinuosidad y a su vez una baja torrencialidad. (Informe de la Agència Catalana de l'Aigua (ACA), 2011a)

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo de este estudio es determinar cómo ha cambiado el río Congost entre 1956 y la actualidad, y si han variado las condiciones naturales de inundabilidad.

A lo largo del desarrollo y evolución del presente trabajo se han encontrado numerosa información, mayoritariamente informes de la ACA, que hacen referencia a estudios previos tanto a nivel de cuenca como a nivel del curso fluvial del río Congost. (ver apartados de referencias y antecedentes). Esta circunstancia ha obligado a redefinir el objetivo del trabajo.

El objetivo general se desglosa, pues, en dos objetivos específicos, el primero a nivel de cuenca (general) y el segundo a nivel del estudio detallado del cauce y las terrazas bajas del río.

El principal objetivo del estudio a nivel de cuenca (primer objetivo específico) es determinar si los caudales máximos que pueden circular por el río Congost han

variado en las últimas cinco décadas. Para ello se pretende comparar los caudales máximos que pueden circular por el río en dos situaciones temporales bien definidas: en 1956 y en la actualidad.

En primer lugar es necesario determinar los caudales máximos que podrían llegar a circular en momentos de grandes avenidas y en condiciones donde el río Congost aún no había sido modificado y por lo tanto conservaba sus características y comportamiento naturales.

En segundo lugar es necesario comparar los caudales en condiciones naturales con los que se han calculado actualmente para la cuenca, la cual ha sufrido una fuerte antropización desde principios de los años sesenta del siglo XX. Con el rápido aumento de la actividad industrial fueron creciendo las zonas urbanas y con ello las infraestructuras como carreteras o líneas ferroviarias en detrimento de las zonas agrícolas.

Con este objetivo se pretende simplemente constatar si se puede esperar un aumento de caudal en situaciones de crecida respecto al caudal esperable en 1956. No se pretende realizar un cálculo muy detallado, sino simplemente obtener un orden de magnitud que permita la comparación.

Esta comparación nos va a permitir anticipar, como hipótesis, si los cauces que se observan en los documentos de 1956 actualmente serían desbordados con mayor facilidad o no.

El segundo objetivo específico del presente trabajo consiste en valorar si la foto de 1956 aporta información útil para evaluar el riesgo de inundación, centrando el estudio en el tramo del río que transcurre por la llanura del Vallès, desde La Garriga hasta su confluencia con el río Mogent en Montmeló. Para ello se realiza un estudio detallado de la morfología del cauce y las

terrazas en 1956, se compara con el cauce canalizado actual y con la zonificación de la inundabilidad actual generada por la ACA. El tramo superior, el más encajado, dentro de la sierra prelitoral apenas ha sufrido cambios en los últimos 60 años y no se ha considerado relevante su análisis detallado.

ANTECEDENTES

En este apartado se resumen buena parte de la información antecedente recopilada de la cuenca del Congost, ya sea documentos descriptivos, proyectos constructivos o informes. El principal objetivo de la recopilación y el análisis de esta información es la identificación de puntos conflictivos del espacio fluvial y el conocimiento del comportamiento hidrológico de la cuenca, así como de las características ambientales i territoriales.

Proyectos, estudios e informes relacionados con el espacio fluvial del Congost

1. *Recomendacions sobre mètodes d'estimació d'avingudes*, (Junta d'Aigües, 1994). Donde se propone a partir de dos metodologías la estimación de caudales máximos en crecidas en Catalunya, una directamente a partir de la extensión de la cuenca y la otra a partir de los datos de lluvias.
2. *Pla director de protecció contra avingudes a la conca del Besós*, (Junta d'Aigües, 1999). El objetivo era determinar los puntos o tramos negros a efectos de inundaciones y clasificarlos según su riesgo y realizar una propuesta de actuaciones necesarias para reducirlo.
3. *Delimitació de les zones inundables per a la redacció de l'INUNCAT. Conques internes de Catalunya*, (ACA, 2001). Trata de definir las líneas de inundación de los caudales correspondientes a periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años en los ríos más importantes de las cuencas internas de Catalunya.
4. *Informe referent a l'estudi hidràulic i projecte constructiu de l'endegament del riu Congost al seu pas pel polygon industrial d'Aigüafreda, sector XVIII al terme municipal de Centelles*, (C.T. AREN S.L., 2006). A petición del Ajuntament d'Aigüafreda.
5. *Estudi d'inundabilitat del tram final del riu Congost* (INCASOL 2007). Este estudio tiene como objetivo final determinar la inundabilidad de una esplanada situada al margen derecho del río, aguas abajo de la actual vía del tren.
6. *Projecte de Regeneració ambiental paisatgística del riu Congost a Granollers*, (Direcció General de Patrimoni Natural del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, 1995). El objetivo de este proyecto es restaurar y revegetar los márgenes de un tramo de 3,7 km del río Congost que están al sur del núcleo urbano de Granollers.
7. *Projecte de canalització de la llera del riu Congost al seu pas per Granollers, des del pont de la línia de ferrocarril Barcelona – Puigcerdà fins l'alçada de la companyia telefònica*. (Ajuntament de Granollers, Urbanisme, 1997)

8. *Projecte de Construcció d'un mur de formigó armat en el marge dret del riu Congost per protecció del polígon industrial "El Pedregar" a Montmeló, (Junta d'Aigües, 1997).*
9. *Projecte bàsic i d'execució de la recuperació i millora ambiental del tram del riu Congost a la Garriga, (Aspecte, S.C., 1996).* Trata de establecer las características ejecutivas de las obras previstas de la canalización para la correcta recuperación y mejora ambiental de los márgenes de río Congost en el tramo de la Garriga.
10. *Evolució de les inundacions a Catalunya en els últims cinc-cent anys, (M^a Carmen Llasat et al., 1999).* Se trata de un análisis de la documentación relativa a inundaciones, obtenida de archivos municipales y eclesiásticos de diferentes lugares de Catalunya, e identificar y caracterizar la dinámica de las inundaciones desde el siglo XV hasta la actualidad.

Resumen de inundaciones históricas

El estudio de estos fenómenos históricos permite diagnosticar las diferentes problemáticas de la zona de estudio, detectar puntos críticos de la red fluvial y hacer una estimación del fenómeno hidrometeorológico que provoca el incremento de los caudales que circulan. A continuación se citan las inundaciones históricas que han afectado la cuenca del río Congost desde el siglo XVII:

- Noviembre de 1642. Afectaciones a Granollers
- 9 de abril de 1643. Afectaciones a Granollers.

- 14 – 18 de enero de 1896. Afectaciones en Les Franqueses, Granollers y Montmeló.
- 15 de diciembre de 1943. Afectaciones en las poblaciones del Figaró, La Garriga y Granollers.
- 25 de febrero de 1944. Desprendimientos de la carretera entre el Figaró y La Garriga
- 28 de agosto de 1947. Afectación a Granollers.
- 10 de octubre de 1994. Afectaciones a Aiguafreda, al Figaró y a Granollers

METODOLOGÍA DEL TRABAJO SOBRE LA CUENCA

Para la comparación de los caudales máximos en 1956 y la actualidad se ha procedido al cálculo de dichos caudales en condiciones de 1956 y se han tomado los datos calculados por la ACA (calculados con los mismos parámetros para la actualidad). (ACA, 2011b)

Para realizar los cálculos de caudales máximos en 1956 se ha utilizado el Método Racional ya que es una manera rápida y directa para calcular caudales pico en cuencas pequeñas, hasta 3.000km² (Témez, 1978; Ferrer, 1993), hasta 1.000km² (ACA, 2003) y tiempo de concentración de entre 0,25 y 24 horas.

Con este método se supone una lluvia constante en un intervalo de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y un coeficiente de escorrentía que es función de la humedad inicial del terreno y de la precipitación.

Se han extraído los parámetros necesarios a través del Mapa de Cubiertas del Suelo de 1956 de la provincia de Barcelona generado por La Diputación de Barcelona a partir de la ortofotografía del año 1956 cedida por el

Ministerio de Defensa y en convenio con el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) Este Mapa de Cubiertas muestra la distribución de las principales cubiertas (forestales, agrícolas, urbanas) para la provincia de Barcelona y permite analizar su cambio respecto a la actualidad (Figura 3).

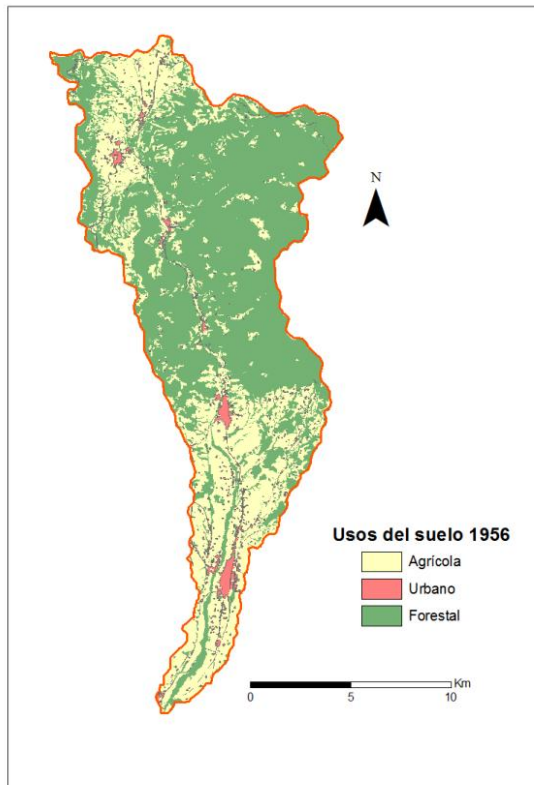


Figura 3. Mapa de cubiertas del suelo de 1956 para la cuenca del Congost.

De este mapa, ha sido necesario extraer el mapa de usos suelos para la cuenca con herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) (Figura 3). El porcentaje de uso forestal, agrícola y urbano en el año 1956 es de 75,81%, 22% y 2% respectivamente.

Al tener la cuenca un grado de urbanización inferior al 4% podemos calcular el tiempo de concentración directamente con la fórmula de Témez:

$$T_c = 0,3 \times \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

donde:

T_c (horas) = tiempo de concentración.

L (km) = la longitud del río.

j (m/m) = desnivel del río.

Como resultado nos da un T_c de casi **12 horas** por lo que el método racional se ajusta perfectamente.

Siguiendo con el análisis hidrológico de la cuenca a continuación se calcula la precipitación umbral P_0 , que se define como la precipitación mínima necesaria para generar escorrentía superficial y se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$P_0 = \frac{5000}{NC} - 50$$

donde: P_0 (mm) y NC (adimensional)

Para ello antes hay que calcular el número de curva (NC), método propuesto por el *Soil Conservation Service* (S.C.S) del Departamento de Agricultura de EEUU para estimar la escorrentía generada por un episodio de lluvia. Este valor se determina a través de la permeabilidad del suelo, grado de humedad previo a la precipitación y de la pendiente y usos que tienen esos suelos.

En este estudio de la cuenca del río Congost se han considerado parámetros típicamente mediterráneos con una humedad del suelo media, condición II según S.C.S. Para el grado de permeabilidad se ha considerado que una gran parte de la cuenca drena suelos del tipo B con una permeabilidad moderada cuando están saturados comprendiendo terrenos arenosos y poco arcillosos (al igual que considera la ACA).

Con todos los datos anteriormente citados se han consultado en unas tablas (Tabla resumen nº 1) los números de curva para los distintos usos del suelo que multiplicados con los porcentajes que nos indica el mapa de la figura 2 da un resultado de NC del total de la cuenca de **64,48**.

	A	B	C	D
Uso forestal	40	60	69	76
Uso agrícola	71	78	82	86
Zona urbana	98	92	94	95

Tabla resumen nº1. NC para distintos usos del suelo y para distintos tipos de permeabilidad.

Una vez se tiene el NC se procede a calcular la P_0 la cual hay que corregir con un factor multiplicador (M). Este valor refleja la variación regional de la humedad natural del suelo en el inicio de lluvias significativas y según la “Instrucción de Carreteras 5.2-IC” en el caso de las cuencas catalanas se encuentra alrededor del 2,5. (Figura 4).



Figura 4. Mapa de España para determinar el factor regional. (Fuente: Instrucción de Carreteras 5.2-IC. Drenaje Superficial, MOPU, 1990).

En España generalmente se estima que las máximas precipitaciones se producen en épocas secas pero en el caso de Catalunya está demostrado que acostumbra a producirse en estaciones húmedas (Primavera y otoño). Por esta razón para este estudio se han hecho los cálculos del Método Racional con un factor regional

$M=1,3$ (condición de humedad media ligeramente seca), tal y como recomienda la ACA para estudios de inundabilidad de ámbito local.

Como resultado de la precipitación umbral corregida, $P_o' = M \cdot P_o$, nos da **35,81 mm**.

A continuación y a partir de la superficie de la cuenca se calcula el coeficiente de simultaneidad (K_A):

$$K_A = 1 - \frac{\log S}{15}$$

donde S es la superficie en km^2 .

Este coeficiente multiplicado por la precipitación diaria (P_d) de cada periodo de retorno, 10, 50, 100 y 500 años, nos da la precipitación diaria corregida (P_d'):

$$P_d' = K_A \cdot P_d$$

donde P_d' y P_d en mm

(Para la precipitación diaria se han utilizado los datos del informe de la ACA “Planificació de l’espai fluvial a la conca del Besos, 2.A.2. Estudi hidrològic”, 2011. Tabla 38, página 29.)

Con la P_d' y con la P_o' se procede al cálculo del coeficiente de escorrentía (C) para cada periodo de retorno mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{(P_d' - P_o')(P_d' + 23P_o')}{(P_d' + 11P_o')^2}$$

donde P_d' , P_o' y P_d en mm

Seguidamente se calcula la intensidad de precipitación total (I_D) para cada periodo de retorno mediante la P_d' y el cociente que relaciona la intensidad máxima de lluvia durante una hora con la que se produce en todo el día ($\frac{I_1}{I_d}$), que según el mapa de isohietas (Figura 5) para la zona de estudio corresponde a 11.

La fórmula es la siguiente:

$$\text{donde: } I_D = \frac{P_d'}{24} \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{(28^{0,1-D^{0,1}})}{(28^{0,1}-1)}}$$

I_D =

intensidad máxima de precipitación de duración «D» (mm/h)

P_d' = volumen precipitación diaria máxima para un período de retorno determinado (mm)

I_1 = intensidad máxima en una hora (mm/h)

I_d = intensidad promedio diaria (mm/h)

D = duración de la precipitación (h)

(en el Método Racional $D=T_c$)

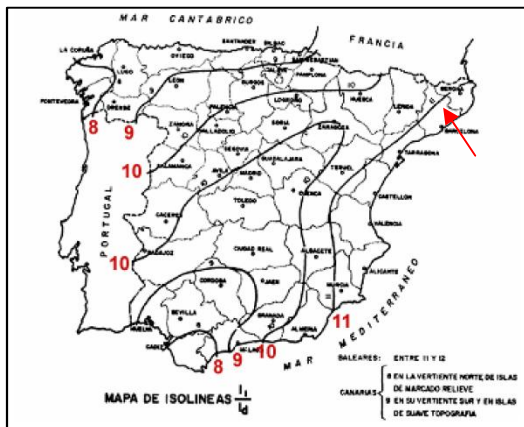


Figura 5. Distribución peninsular del coeficiente (I_d). (Fuente: Instrucción de Carreteras 5.2-IC. Drenaje Superficial, MOPU, 1990). La flecha indica la zona de estudio

Finalmente ya se pueden calcular los caudales máximos con la fórmula del Método Racional (Tabla resumen nº2 en el apartado de resultados):

$$Q_P = \frac{C \cdot I \cdot S}{3,6}$$

donde:

Q_P (m³/s) = caudal máximo para un periodo de retorno determinado.

C (adim) = coeficiente de escorrentía.

I (mm/h) = máxima intensidad de lluvia media para un tiempo de concentración determinado.

S (km²) = superficie de la cuenca.

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA CUENCA

En la tabla adjunta se resumen los resultados obtenidos mediante el desarrollo del análisis de la cuenca del río Congost por el Método Racional recomendado por S.C.S y modificado por Témez, 1991. Los datos considerados actuales son los calculados en el año 2010 por la ACA (“Planificació de l’espai fluvial a la conca del Besos, 2.A.2. Estudi hidrològic”, 2011.)

		1956 M. Salerno	2010 ACA
NC		64	73
S (km ²)		221,94	221,94
Superficie urbanizada (%)		2	12,2
L (km)		44,4	44,4
j (m/m)		0,015	0,015
Tc (h)		11,9	8,04
P ₀ (mm)		27,54	18,13
M		1,3	1,3
P ₀ ' (mm)		35,81	23,57
T _{años}	P _d (mm) (ACA)	Q _p (m ³ /s)	
T ₁₀	113	112	356
T ₅₀	163	239	702
T ₁₀₀	188	316	886
T ₅₀₀	249	527	1.380

Tabla resumen nº2: Resultados del análisis de la cuenca del río Congost mediante el Método Racional. En negrita se destacan los resultados obtenidos en el presente trabajo.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Según los resultados obtenidos en la actualidad los caudales pico han aumentado sustancialmente en comparación con el año 1956. Hay que tener en cuenta que este cálculo de caudales no quiere ser preciso, sino solamente reflejar un orden de magnitud del cambio del caudal máximo o punta que podría esperarse en la desembocadura del río Congost a su confluencia con el Mogent. Para el caso avenidas de periodos de retorno bajos (T_{10} y T_{50}) el caudal esperable en 1956 era entre 69% y 66% menor que el actual, mientras que para periodos de retorno altos (T_{100} y T_{500}) el caudal esperable en 1956 era entre 65% y 62% del actual.

Los caudales actuales llegan a triplicarse con respecto a los calculados para 1956.

Este resultado es extraordinario; aunque con un aumento de la superficie urbanizada se puede esperar un aumento del caudal máximo o punta como consecuencia de la disminución de la infiltración del agua de lluvia y por tanto por el aumento de la escorrentía superficial, creemos que triplicar este caudal con un incremento de ~10% del suelo urbanizado es excesivo.

Es posible que la diferencia de resultados se deba a que en el informe del ACA no esté suficientemente bien detallado el procedimiento seguido (por ejemplo, distinguiendo mucho más detalladamente los usos del suelo), de modo que en este trabajo se haya obviado algún paso o se haya trabajado de modo distinto, generalizando demasiado.

Este resultado apunta a la dificultad de comparar resultados provenientes de distintas fuentes de datos.

En el caso del presente trabajo, habría sido deseable obtener el mapa de usos de suelo

actuales y realizar el cálculo de caudales con la misma metodología que para el año 1956. Las limitaciones de tiempo de realización del trabajo nos han hecho plantear si desarrollábamos este apartado, abandonando la comparación de cauces y terrazas, o si avanzábamos en el otro objetivo.

El hecho de que la ACA haya realizado cálculos sobre caudales máximos seguramente más ajustados que los nuestros, por lo cual poco podríamos aportar en este aspecto, y el interés de comparar en detalle los cauces y terrazas bajas nos ha hecho optar por esta segunda opción.

En cualquier caso, se puede deducir que ha habido un incremento de caudales entre 1956 y la actualidad,

METODOLOGÍA DEL TRABAJO SOBRE RÍO CONGOST: CAUCE Y TERRAZAS BAJAS.

Para obtener el segundo objetivo, más detallado, se ha realizado un análisis del río a partir de fotointerpretación estereoscópica herramientas SIG y de trabajo de campo. Recordemos que este análisis se ha realizado desde La Garriga hasta la confluencia con el río Mogent.

En primer lugar se ha utilizado como capa base la foto aérea de 1956 (vuelo americano) georeferenciada por el ICC. Sobre esta ortofoto se ha ido marcando el cauce del río correspondiente a la zona de inundación frecuente de ese año, comúnmente llamada T_0 . En las zonas donde los límites del cauce no resultaban claramente identificables, se han revisado mediante fotointerpretación estereoscópica clásica. A continuación se ha añadido una nueva capa con la ortofotografía actual y se ha procedido a marcar el cauce y

canalización actuales. De ese modo, activando y superponiendo las capas fotointerpretadas se puede observar y analizar las diferencias entre las condiciones fluviales de 1956 y las de la actualidad (Figuras 6a y 6b).

En segundo lugar se ha procedido a cartografiar las terrazas baja y media T1 y T2 a partir de la foto aérea del 1956 mediante fotointerpretación estereoscópica clásica.

Posteriormente se han añadido los polígonos correspondientes a la zonificación de la inundabilidad para cada periodo de retorno, 10, 50, 100 y 500 años, calculados por la ACA. Con esta superposición se pretende ver si en futuros episodios de inundaciones el agua llega a ocupar las antiguas terrazas bajas del río o no (Figura 7).

Finalmente el análisis SIG se ha complementado con visitas al campo recorriendo todo el curso del río e identificando los puntos críticos que generan un peligro inducido, es decir, que afectan el flujo y modifican la inundabilidad. No se corresponden siempre con los puntos críticos del inventario de la ACA (ACA, 2011d), que son puntos afectados por inundaciones y que generan problemas bajo la óptica de Protección Civil (por ejemplo de movilidad, como badenes, puentes, saltos y canalizaciones)

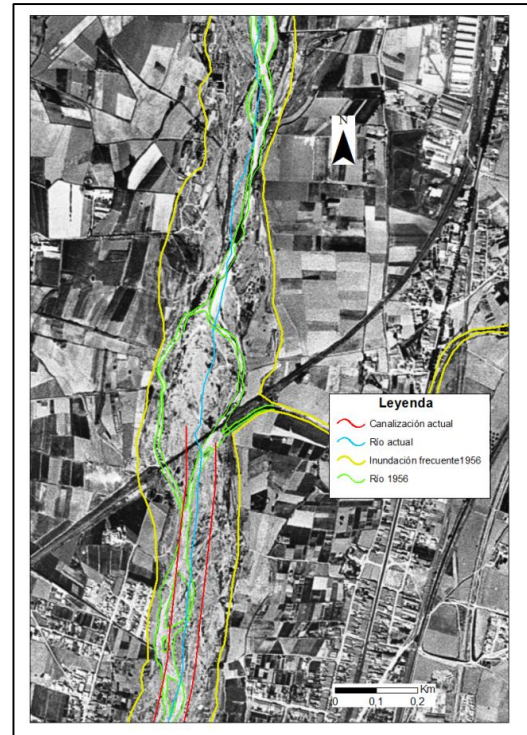


Figura 6a. Fotointerpretación del río Congost a su paso por Canovelles, a la altura del puente de la línea de ferrocarril Barcelona – Puigcerdà. (Capa base: foto aérea de 1956. Fuente: ICC)

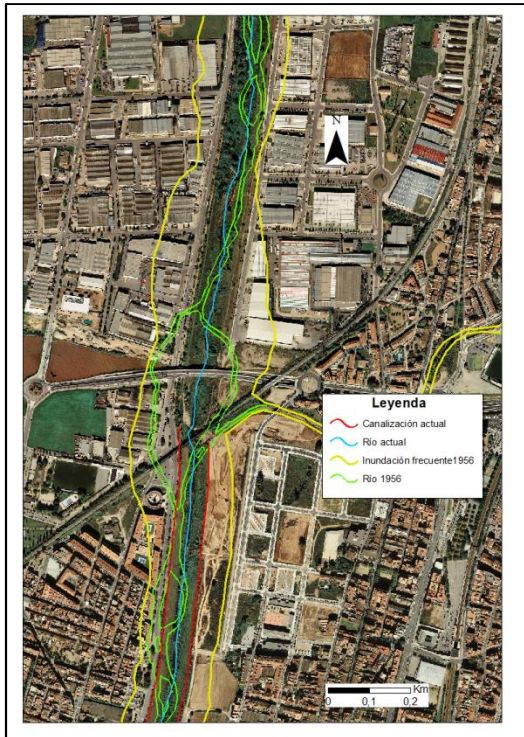


Figura 6b. Fotointerpretación del río Congost a su paso por Canovelles, a la altura del puente de la línea de ferrocarril Barcelona – Puigcerdà. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

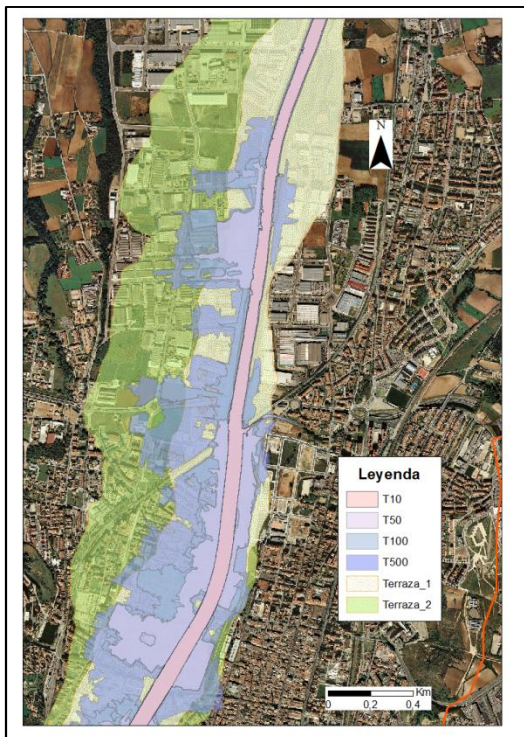


Figura 7. Cartografía de las terrazas baja y media del Congost y superposición de la delimitación de

las zonas inundables según la ACA. Sector entre Canovelles y el norte de Granollers. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOBRE EL RÍO CONGOST

La parte alta del río, correspondiente a todo el tramo aguas arriba de La Garriga, se caracteriza por un cauce claramente incidido y delimitado por un talud que da lugar directamente a una terraza (no cartografiada en este estudio), situada aproximadamente a 5 metros del cauce actual. Debido a estas características se observa que este tramo se mantiene en la actualidad igual que en 1956 (Figura 8). Por este motivo, como ya se ha comentado, no nos extendemos más en este tramo alto del río.

En cambio, aguas abajo de La Garriga, ya en la depresión vallesiana, la terraza aumenta en extensión y se observan antiguos niveles de terrazas bajas y medias que

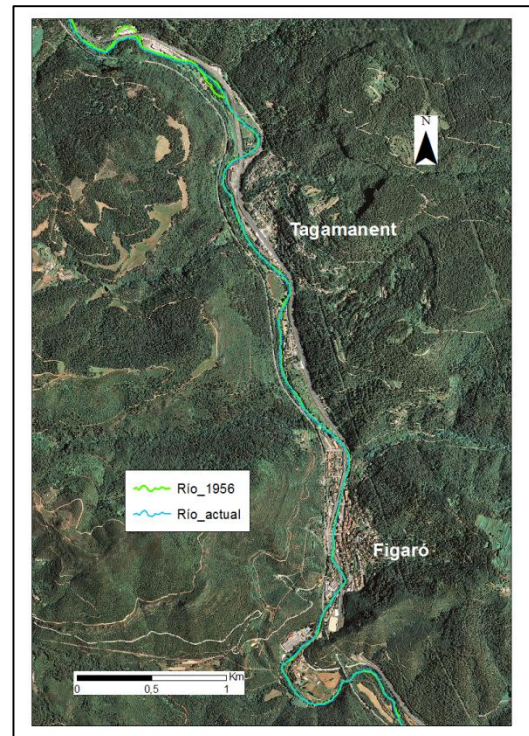


Figura 8. Tramo alto del río Congost donde se observa la incisión del mismo. Se compara el cauce de 1956 con el actual para constatar la poca o nula variación. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

corresponden a las terrazas T1 y T2 cartografiadas en la foto de 1956, y que actualmente a menudo están o destruidas y/o rellenadas por depósitos antrópicos. A diferencia del tramo alto, en éste se observan variaciones substanciales sobretudo en zonas urbanas y de polígonos industriales.

En particular, el tramo del río que cruza todo el núcleo urbano de Granollers y llega hasta Montmeló, en 1956 presentaba un cauce ancho con diversos canales trenzados. Actualmente está canalizado por ambos lados con muros de hormigón (y un tramo por escollera); este factor ha modificado fuertemente el curso natural por lo que actualmente la anchura del río ha disminuido considerablemente y se mantiene constante hasta la confluencia con el río Mogent (Figuras 9a y 9b).

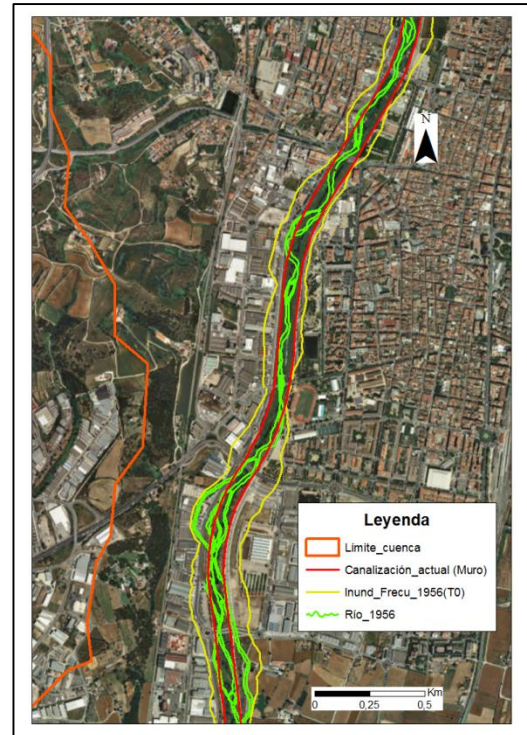


Figura 9a. Zona de Granollers del río Congost donde se observa el carácter trenzado en 1956 y la canalización actual. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

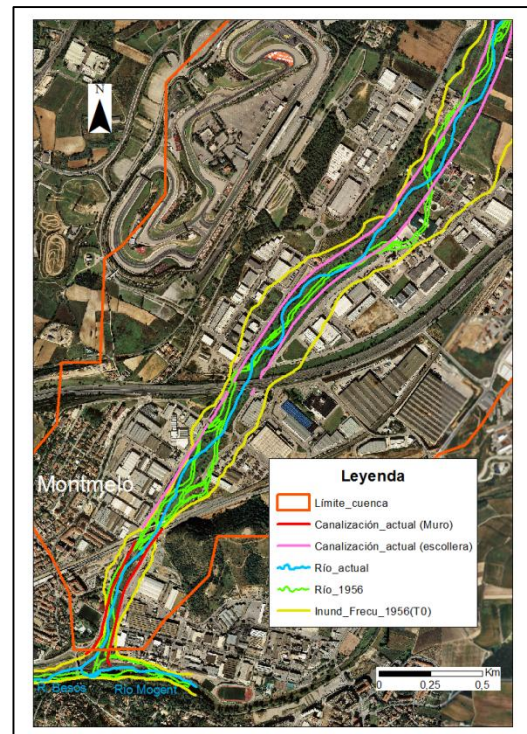


Figura 9b. Sector de Montmeló del río Congost donde se observa el carácter trenzado en 1956 y la canalización actual hasta la desembocadura. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

En las zonas donde se ha mantenido el uso rural, en un principio podría parecer que el río mantiene sus características naturales, pero la realidad nos muestra que no es así. Igualmente el cauce ha sido fuertemente modificado con numerosas actuaciones de restauración y canalización, desde La Garriga hasta la desembocadura, sin una sola discontinuidad que nos muestre la naturaleza del Congost en 1956 (Figura 10).

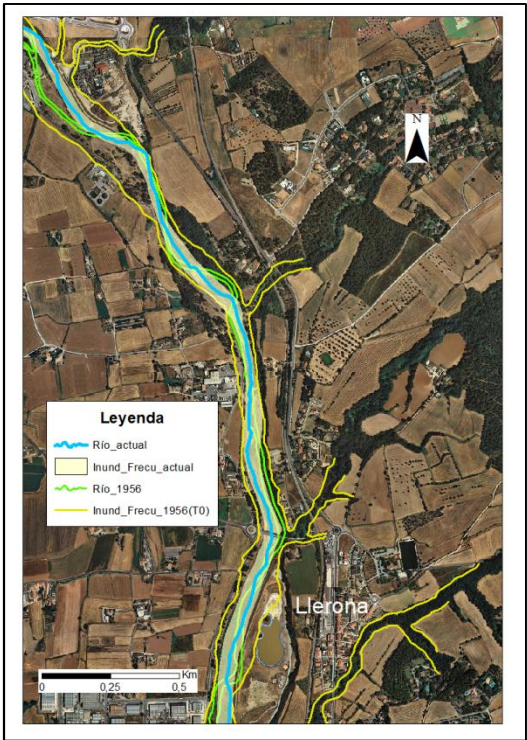


Figura 10. Zona entre La Garriga y Canovelles norte donde se muestra la comparación del cauce actual con el de 1956. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

En la siguiente tabla se resume el impacto sufrido por el río comparando la anchura del cauce y el área urbana entre 1956 y la actualidad (tabla resumen nº3). Como se observa, el incremento de las áreas urbanas, aunque en el conjunto de la cuenca es aproximadamente del 10%, en el sector de la cuenca baja es realmente muy importante.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS PUNTOS CRÍTICOS

Hemos constatado que el criterio de la ACA para asignar el grado de afectación de las estructuras es si son afectadas directamente por una inundación, útil para protección civil. En cambio criterio utilizado para este trabajo es si afectan a la

	Sectores	Variación % 1956 - actualidad
Anchura cauce	La Garriga	-33,3
	Les Franqueses	-56,4
	Granollers	-57,9
	Montmeló	-67,2
Área urbana	La Garriga	640
	Les Franqueses	438
	Granollers	305
	Montmeló	260

Tabla resumen nº3: Se refleja en datos el estrechamiento importante del cauce del Congost, y el contundente aumento de la superficie urbanizada. (Fuente: ACA, 2011f)

inundación creando represamiento o bloqueo del flujo y provocando desbordamiento aguas arriba. La mayoría de esas estructuras corresponden a puentes.

Superponiendo la zonificación de las áreas inundables calculadas por la ACA y con las observaciones de campo realizadas, se puede hacer una aproximación al diagnóstico de dichas estructuras:

A lo largo del núcleo urbano y de los polígonos industriales de La Garriga se sitúan numerosos puentes y azudes, así como también una estación de aforo. Los puentes tendrían una capacidad hidráulica insuficiente, en algunos casos, hasta para inundaciones de periodo de retorno bajo y medio (T_{10} , T_{50}), produciendo sobreelevaciones que empeorarían las condiciones de inundabilidad (Figura 11).

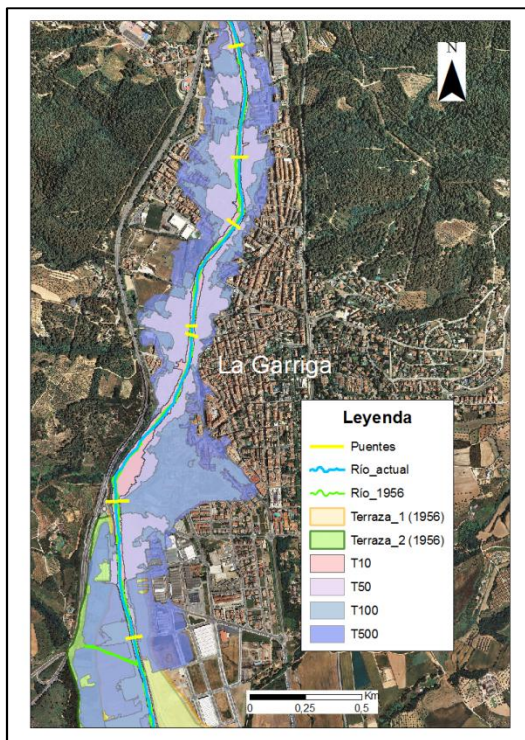


Figura 11. Inundabilidad de La Garriga según la ACA. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

Aguas abajo, en los polígonos industriales del Pla de Llerona y del Congost (Les Franqueses del Vallès) y de Can Castells (Canovelles), cruzan el río numerosos puentes y badenes. A diferencia del tramo de la Garriga los puentes tendrían capacidades hidráulicas superiores, siendo insuficientes para periodos de retorno elevados (T_{100} y T_{500}). Este tramo está canalizado por montículos de tierra donde el margen derecho tendría capacidad

insuficiente para inundaciones de periodo de retorno medio (Figura 12).

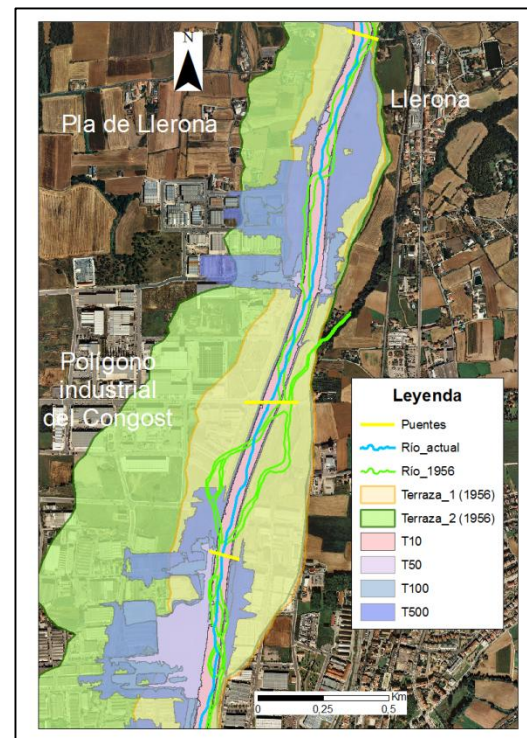


Figura 12. Inundabilidad al norte de Canovelles según ACA. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

El río Congost a su paso por el municipio de Granollers está canalizado 5 km por un muro de hormigón en ambos lados que tendría una capacidad hidráulica insuficiente para periodos de retorno altos. A lo largo del tramo hay diversos puentes que pueden aumentar la inundabilidad de la canalización (Figuras 13a y 13b).

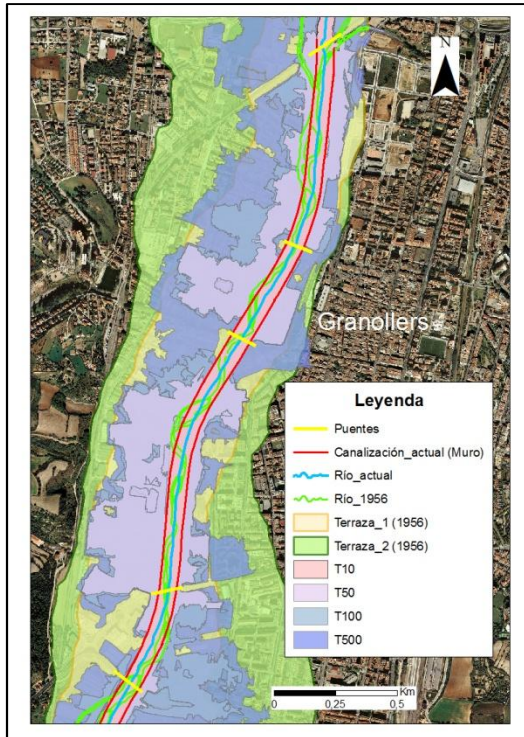


Figura 13a. Inundabilidad en Granollers centro según ACA. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

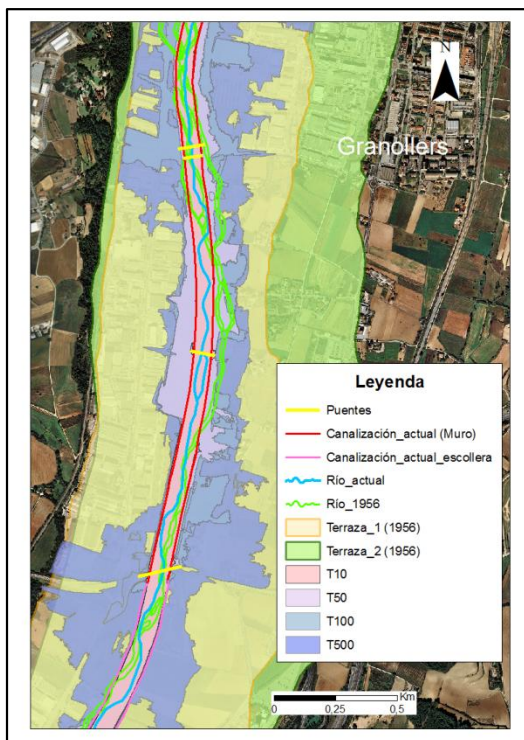


Figura 13b. Inundabilidad en Granollers sur según ACA. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

El tramo final del río situado entre Granollers y Montmeló también se encuentra canalizado a lo largo de 3 km por escollera el cual también tiene una capacidad hidráulica insuficiente para periodos de retorno altos. Los puentes que atraviesan este tramo (puente de la carretera C-35 y puente de la autopista AP-7) bloquearían el flujo y causarían un represamiento en las crecidas con periodos de retorno altos. El puente que da acceso a los polígonos industriales del Raiguer y el Predregar tendría una menor capacidad hidráulica y causaría un represamiento mayor (Figuras 13b y 14).

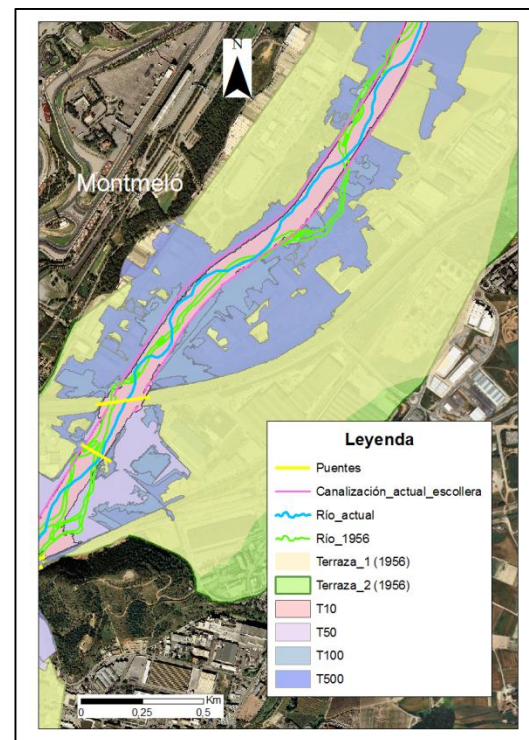


Figura 14. Inundabilidad en Montmeló según ACA. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

El siguiente puente aguas abajo (la línea de ferrocarril Barcelona – Portbou y del AVE) crearía una sobreelevación importante de la lámina de agua en periodos de retorno bajos y medios afectando prácticamente toda la superficie entre la línea de ferrocarril y la autopista AP-7 (figuras 14 y 15).

Los últimos 700 m el río vuelve a estar canalizado con un muro de hormigón. En esta zona la capacidad hidráulica sería insuficiente para periodos de retorno medios, esto produciría desbordamientos en el margen izquierdo que afectarían al polígono industrial de Riera Mansá (Figura 15).

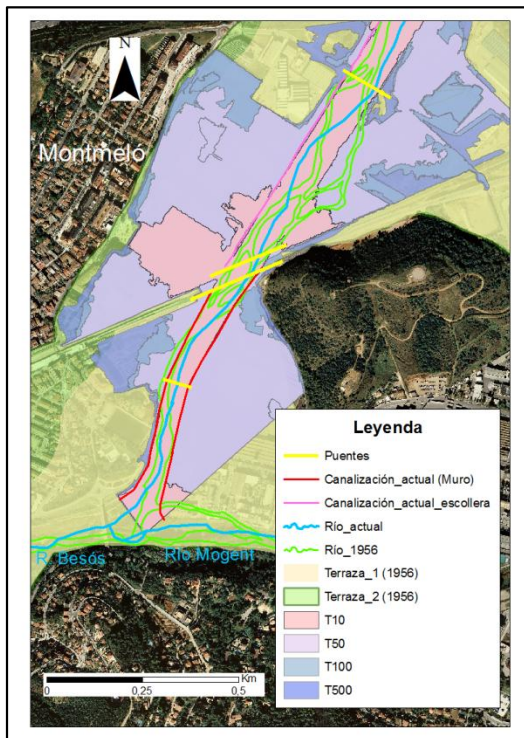


Figura 15. Inundabilidad en sur de Montmeló justo antes de la confluencia del Congost con el río Mogent. (Capa base: Ortofotografía de 2012. Fuente: ICC)

En total se han identificado 25 puentes.

DISCUSIÓN SOBRE EL ESTUDIO DEL CAUCE Y DE LAS TERRAZAS

El caso concreto de la cuenca del río Congost como se trata de una zona muy intervenida por el hombre en la que el relieve natural se ha visto fuertemente modificado, las terrazas naturales han estado rellenadas como consecuencia de la canalización que ha sufrido todo el cauce. En estos casos las zonas potencialmente inundables según criterios geomorfológicos

se ven modificadas y la probabilidad de inundación se traslada a zonas que previamente se podría pensar que están protegidas debido a la sobre elevación del terreno.

Actualmente, el nivel de terraza que se encuentra a unos 6 m sobre el nivel del lecho se le considera como una terraza media, pero en la mayoría de casos se trata de la terraza baja o actual en condiciones naturales previas a la canalización del río, posteriormente rellenada hasta el nivel de la terraza media. Al desaparecer estos niveles de terraza inferiores debido al rellenado antrópico, el caudal ha de circular por una sección menor que implica un aumento del calado y la afectación, en caso de desbordamiento, de terrenos más elevados (Figura 16).

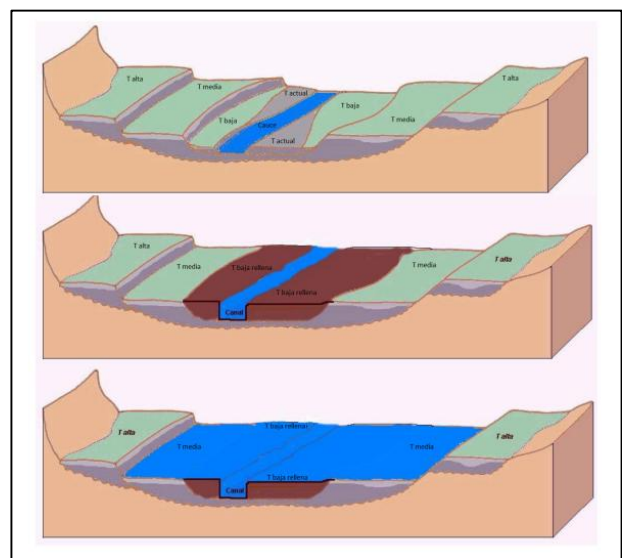


Figura 16. Esquema de la influencia de los rellenos antrópicos en la inundabilidad. Fuente: ACA, 2011a

El esquema de la figura 16 sirve muy bien para explicar la inundabilidad de todo el núcleo urbano de Granollers pero sin embargo aguas abajo pasa lo contrario y la inundabilidad disminuye; a excepción de las áreas afectadas por los puentes de la carretera C-35 y de la autopista AP-7. En este tramo, aunque hay algo menos de presión urbanística, el río sigue estando canalizado, la terraza baja se ensanchaba y la terraza media llegaba a desaparecer (Figura 17). Estos factores sumados al hecho de que aguas arriba se acumula cada vez más agua, en teoría condicionan a una mayor inundabilidad aguas abajo, contrariamente a lo que se observa.

Esta circunstancia creemos que es debida a dos factores. El primero es que los puentes del núcleo urbano de Granollers al aumentar la inundabilidad en momentos de desbordamientos producirían la laminación de la avenida y con ello se perdería energía y calado aguas abajo. En este caso, la ciudad de Granollers actuaría como una llanura de inundación natural, cuya función es almacenar y subsecuentemente ir liberando las aguas de la crecida, atenuando el flujo mientras se va desplazando aguas abajo (Wheater and Evans, 2009). Aunque el efecto de bloqueo depende de las dimensiones y luz de cada puente, se observa que este efecto se va reproduciendo, aguas abajo, con cada puente: bloquea la crecida, provoca un aumento de la inundación aguas arriba y al mismo tiempo, esto genera una laminación y una disminución del caudal aguas abajo. El segundo factor podría ser el hecho que según estudios de índice sincrónico realizados por la ACA, la zona de Granollers es la única donde hay acumulación de sedimentos (ACA, 2011e) (Figura 18), por lo que en momentos de avenida, se podría transportar y acumular sedimento en este tramo y disminuir la sección del canal; el canal tendría menor

altura y sería más fácil que el río desbordara.

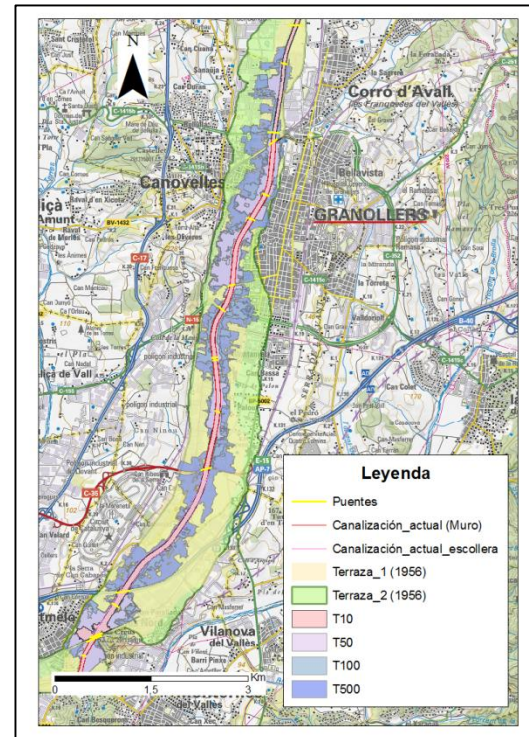


Figura 17. Sector donde se observa la diferencia de inundabilidad entre el núcleo urbano de Granollers y aguas abajo. (capa base mapa topográfico, escala original 1:50.000. Fuente: ICC)

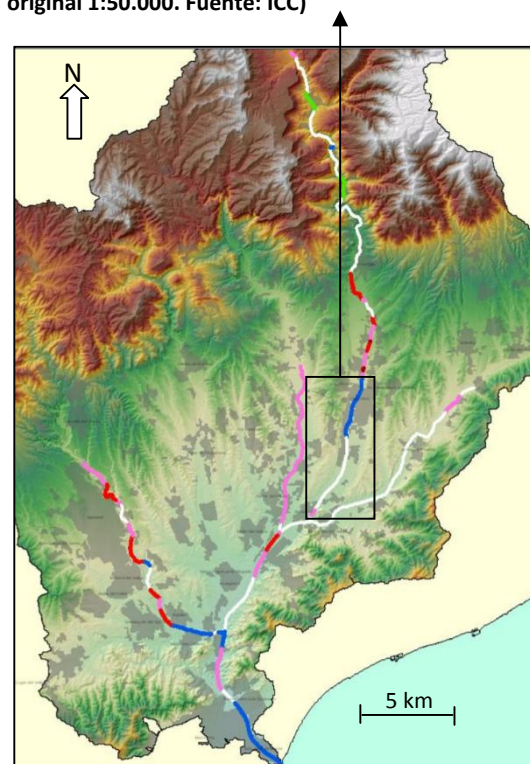


Figura 18. Mapa de la cuenca del Besòs con los resultados del estudio de riesgos de incisión o

acreción según el índice sincrónico. El color azul indica zona de acumulación de sedimentos; el rojo y el rosado indican riesgo de erosión del lecho. El color blanco indica que no se ha observado ningún riesgo importante. (fuente: ACA, 2011e).

A todo esto se pueden añadir las siguientes consideraciones: Según Wheeler and Evans (2009), los efectos del tipo de escurrimiento superficial en las crecidas es muy complejo, ya que la localización de las zonas desarrolladas dentro de la cuenca afectará su respuesta. Por ejemplo, el desarrollo urbano situado cerca de la salida de la cuenca puede generar escorrentía antes de que la respuesta general de la cuenca natural alcance la zona urbanizada. En el caso del Congost, la urbanización ocupa prácticamente toda la cuenca aguas abajo de Canovelles-Granollers (con la excepción de algunas pocas zonas agrícolas); podría ser que esto generara un desagüe de las crecidas en este sector bajo más rápido que la llegada de la crecida desde la cabecera, mucho más natural y de la que forma parte un sector del Parque Natural del Montseny.

Esto, junto con el efecto de laminación de la avenida involuntario que generan los puentes, podría explicar que disminuya la inundabilidad aguas abajo de Granollers.

CONSIDERACIONES SOBRE EL RIESGO RESIDUAL

Según Naciones Unidas (UNISDR, 2009), riesgo residual es el riesgo que todavía no se ha gestionado, aún cuando existan medidas eficaces para la reducción del riesgo de desastres y para los cuales se debe mantener las capacidades de respuesta de emergencia y de recuperación.

Específicamente referido a las inundaciones, el término “riesgo residual” ha sido usado para describir el riesgo que permanece incluso cuando se han aplicado medidas de protección (Plate, 2002; Ryley, 2007; Ludy y Kondolf 2012). Según Plate (2002) y Ludy y Kondolf (2012), siempre

existe un riesgo residual, ya sea debido al fallo de los sistemas técnicos implementados, o debido al evento de crecida raro que excede la crecida de diseño (de las infraestructuras construidas). Plate (2002) También constata que hay que tener en cuenta la influencia humana en el sistema: Las frecuencias de inundación pueden cambiar debido a las modificaciones en la cuenca, como la destrucción de masa forestal a favor de la agricultura o de incrementar superficies urbanizadas que aumentan la escorrentía y los caudales, o la exposición puede aumentar por la ocupación de las llanuras de inundación.

Riley (2007), propone la siguiente figura para explicar el significado del riesgo residual teniendo en cuenta distintos tipos

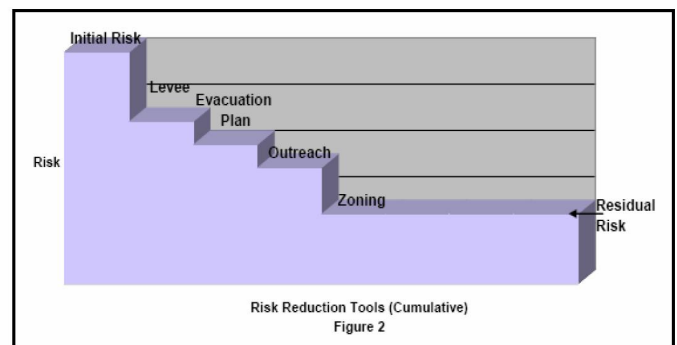


Figura 19: Extraída de Riley (2007)

de medidas de reducción del riesgo: Montz y Tobin (2008), indican que este riesgo residual es muy real, aunque frecuentemente no está cuantificado. Consideran que lo importante no es tanto la cuantificación, sino la naturaleza dinámica y en constante evolución de la situación. Constatan que el riesgo residual permanece incluso después de que las estructuras de protección hayan sido construidas y completadas. El desarrollo adicional dentro y fuera de las llanuras de inundación puede incrementar el riesgo y/o comportar cambios en la naturaleza de este riesgo.

Aubrecht et al. (2011) y Rimbock y Loipersberger (2013) citan el riesgo residual pero ni lo definen ni lo abordan directamente; estos últimos autores

consideran que la única manera de discutir el riesgo residual es a través de la implementación de una gestión del riesgo integral, donde el riesgo residual no se explicita pero es esencial para todos los conceptos y soluciones, especialmente en lo que respecta a las incertidumbres.

Con el incremento de la tecnología han llegado nuevas herramientas que facilitan la investigación y la comprensión de los factores hidrológicos, físicos y antrópicos que contribuyen al riesgo (Tobin y Montz, 2004).

En este trabajo hemos querido valorar si la fotografía aérea de 1956 podía aportar información válida para identificar, desde el punto de vista físico, las zonas de riesgo residual. En este caso, consideramos el riesgo residual en el sentido más restringido, como la inundación resultado del desbordamiento de la canalización del Congost. La hipótesis es que la morfodinámica del río en condiciones naturales aporta mucha información sobre su funcionamiento y, por tanto, puede permitir identificar zonas de desbordamiento preferente actuales, tanto por los cambios de anchura del cauce como por la extensión de las terrazas que se inundan y contienen o absorben las crecidas con desbordamientos. Para ello, se ha comparado la cartografía de 1956 con las zonas inundables calculadas por la ACA para identificar posibles coincidencias de formas con zonas inundables.

Contrariamente a lo esperado, la morfología existente 1956 no aporta ningún indicio que permita explicar los desbordamientos que resultan de los cálculos de la ACA. Los cambios del cauce natural (de anchura variable) al cauce canalizado (de anchura constante) en ningún caso reflejan ningún patrón de desbordamiento preferente (Figura 20).

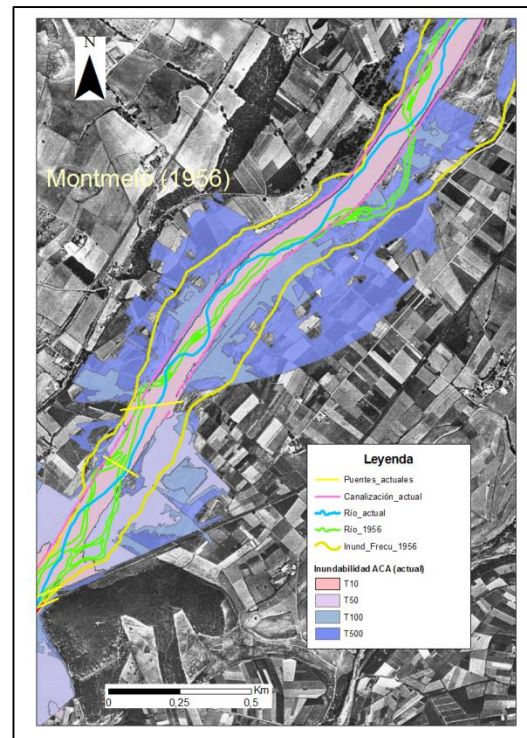


Figura 20: Ejemplo de zona donde la canalización actual y su desbordamiento (inundabilidad ACA), no coinciden con las geoformas del río de 1956. (capa base: ortofotografía de 1956. Fuente: ICC)

Las terrazas baja y media existentes en 1956 tampoco coinciden con los desbordamientos, especialmente de periodos de retorno altos: la terraza baja es ocupada de modo parcial o es desbordada en algunos puntos, llegando a alcanzar la antigua terraza media mientras, aguas abajo, la terraza baja queda libre de inundación (Figura 21).

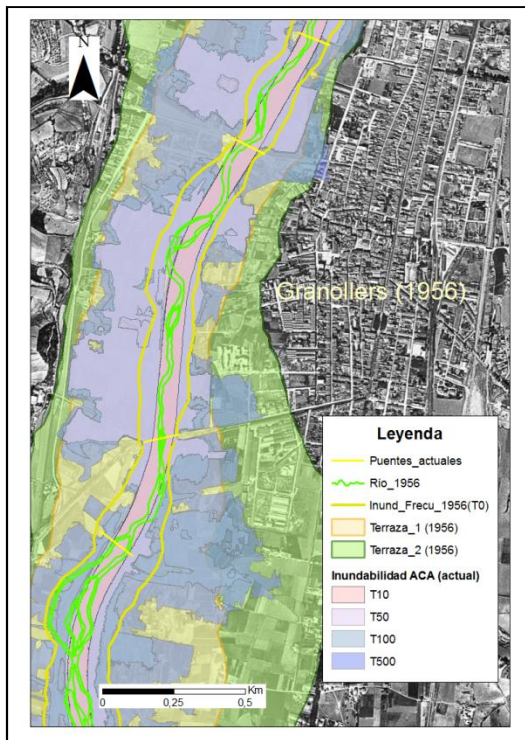


Figura 21: Ejemplo de zona donde se produciría desbordamiento de la terraza baja. (Capa base: ortofotografía de 1956. Fuente: ICC)

La antropización y la modificación del territorio y su morfología en la parte baja de la cuenca han sido importantísimas. Las formas naturales no se reconocen en absoluto y, por tanto, la dinámica del río durante las crecidas se adapta al territorio modificado, completamente antropizado. Como se ha visto en los apartados anteriores, las zonas inundables tienen relación con las infraestructuras existentes que generan bloqueos, es decir, están relacionadas con factores antropogénicos. En cambio, la influencia de la antigua geomorfología fluvial es prácticamente inexistente. En el caso del Congost la información morfodinámica derivada de las fotografías aéreas de 1956 es completamente inútil para identificar riesgos residuales.

CONCLUSIONES

El estudio realizado para la cuenca nos da una idea general del gran cambio que ha sufrido toda la zona. Aunque el cálculo de los caudales pico no haya sido todo lo preciso que se hubiera deseado el resultado

muestra claramente los efectos de la fuerte antropización.

Hay que remarcar que la comparación de los resultados obtenidos para los caudales de la cuenca en 1956 con los calculados por la ACA para la actualidad no nos da una completa seguridad de que se haya utilizado la misma metodología de cálculo.

En los últimos 60 años ha habido muchas actuaciones en el lecho del río, como son las canalizaciones, diques de tierras, puentes cimentados, badenes y traviesas. Por otro lado seguramente se han producido extracciones de material aluvial para utilizarlo como árido para las construcciones próximas aunque de este hecho no tenemos constancia. El Congost igual que toda la cuenca del Besós ha experimentado un proceso de urbanización muy importante. Como consecuencia los caudales de agua aumentan por la impermeabilización de las superficies de la cuenca. Además las canalizaciones han disminuido mucho la anchura del cauce natural, hecho que se puede observar claramente con la cartografía y las fotos aéreas.

El mayor trabajo morfogenético de los ríos se produce durante los episodios de inundaciones que pueden modificar la geometría del canal y la propia dirección del mismo como en el caso de las avulsiones o estrechamiento de meandros.

La parte más moderna de los sistemas de terrazas suele reflejar las condiciones de inundabilidad existentes, siendo las crecidas de distinta magnitud contenidas o absorbidas en los distintos niveles de las terrazas y el cauce.

No obstante, esta aproximación hidrogeomorfológica no funciona para el estudio del Congost por el alto grado de antropización de la cuenca. La ocupación terrazas bajas del río, ya sea por infraestructuras, terraplenes y rellenos

antrópicos como por el desarrollo de zonas industriales y residenciales, ha modificado profundamente la geometría y dinámica del sistema fluvial. El resultado es que en la actualidad ya no se puede hacer una correlación hidrogeomorfológica entre las geoformas naturales y el comportamiento hidráulico del río.

Por lo tanto el riesgo residual no puede ser estudiado a partir de las fotografías aéreas de 1956. Este riesgo residual va asociado, sobretodo, a las estructuras que bloquean el paso del agua.

El riesgo de inundación puede parecer que se ha reducido ya que las numerosas actuaciones de saneamiento del lecho del Congost así como la casi totalidad de su canalización se han realizado para mitigar al máximo ese riesgo. Pero sabemos que aún existe un peligro latente. El río en muchos tramos puede contener fácilmente las crecidas de periodos de retorno bajos y medios pero el hecho de que se haya canalizado y reducido la anchura natural provoca que el flujo gane energía y por tanto poder de destrucción. En episodios de inundaciones extraordinarias el peligro aumenta considerablemente. De igual manera si no se hace un buen seguimiento i/o mantenimiento de todas las medidas estructurales que se han ido realizando a lo largo de los últimos años, ese peligro latente puede aumentar.

REFERENCIAS

- Ferrér, M., Rodríguez, J., Estrela, T. 1995. Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica *Ingeniería del Agua*. Vol. 2 Núm. 4, p43 – 58
- Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., Gisbert Blanquer, JM. Valores del número de curva. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universidad Politénica de Valencia*
- Gil Villalba, S. 2013 Introducción a la Modelación Hidrológica, *Apuntes Riesgo de Inundaciones, Máster en Recurso Minerales y Riesgos Geológicos UB-UAB*.
- Informes de la Agencia Catalana del Aigua (ACA)**
- PLANIFICACIÓ DE L'ESPAI FLUVIAL A LA CONCA DEL BESÒS:
- ACA 2011. 1.B.1 Antecedents i estudis previs
- ACA 2011a. 1.A.6 Geomorfologia.
- ACA 2011b. 2.A.2 Estudi hidrològic.
- ACA 2011c. Delimitació de zones inundables, 2-4, 11-14.
- ACA 2011d. 2.E.2 Fixes de les estructures, 1-19
- ACA 2011e. Diagnosi i morfodinàmica, 2-10, 30-34, 43
- ACA 2011f. 2.B.3 Resultats dels index sincrònic i disacrònic.
- Aubrecht, C., Steinnocher, K. and Kostl, M. 2011. Regional flood impact assessment based on local land use patterns and sample damage records, *Environ. Res. Lett.* 6, 1-7
- Ludy, J. and Kondolf, G.M. 2012. Flood risk perception in lands ‘protected’ by 100-year levees. *Nat Hazards* 61, 829–842 pp.
- Plate, E.J. 2002. Flood risk and flood management. *Jour. of Hydrol.* 267, 2-11
- Riley, D. 2007. Improving public safety - from federal protection to shared risk reduction. Background Reading for the Gilbert F. White National Flood Policy Forum 2007 Assembly: floodplain management 2050. Madison (ASFPM Foundation) [en línea] http://www.asfpmfoundation.org/forum/2007_GFW_Forum_Background_Reading.pdf#page=106 (consultado el 21 de junio de 2013)
- Rimbock, A., Loipersberger, A. 2013. Integral risk management: steps on the way from theory to practice. *Nat Hazards*, 67, 1075-1082

Tobin, G.A. and Montz, B.E. 2004. Natural hazards and technology: vulnerability, risk and community response in hazardous environments. In Brunn, S.D., Cutter, S.L., Harrington, J.W. eds. *Technoeatrth: A social history of geography and technology*. Dordrecht (Kluwer Academic Publishers), pp 547-570.

UNISDR 2009. Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres [en línea]

URL:

http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf (consultado el 26 de junio de 2013)

Wheater, H., Evans, E. 2009. Land use, water management and future flood risk. *Land Use Policy*, 26S S251–S264,
doi:10.1016/j.landusepol.2009.08.019

Enlaces

Documents de les bases tècniques de la planificació de l'espai fluvial a la conca del Besòs:
http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/espais_fluvials/pefcat/pefbesos/bases_tecniques_besos.htm

Diputació de barcelona (anàlisi territorial):
Mapa de Cobertes del Sòl de 1956 de la província de Barcelona:
http://www.sitxell.eu/ca/mapa_historics.asp

Servidores WMS para el análisis SIG

Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC):

Para la ortofotografía de 1956

<http://historics.icc.cat/lizardtech/iserv/ows>

Para mapas y ortofotos vigentes:

<http://galileo.icc.cat/arcgis/services/icc>

<http://shagrati.icc.es/lizardtech/iserv/ows>