ESTUDIOS SOBRE LA GESTIÓN DE LA SEDIMENTACIÓN FLUVIAL EN LAS CUENCAS DEL LLOBREGAT Y TER EN CATALUÑA

Antoni Munne Torras	(ACA)
Mónica Bardina Martin	(ACA)
Ramón Bella Piñeiro	(SUEZ)
Javier Ricardo Carpio	(SERBAIKAL)
José Manuel Pérez Quintanilla	(SUEZ)
Pablo Pérez Vicente	(SUEZ)

Agència Catalana de l'Aigua

suez

SBK Serbaikal Ingenieros s.l.l.

01| Contexto de los trabajos

02| Objetivo del estudio

03| Fases del proyecto

04| Fase I: Estudio de información y análisis aportación sedimentos al litoral

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat

06| Conclusiones y próximos pasos

01| Contexto de los trabajos

- Los **embalses de las Cuencas Internas de Catalunya no tienen problemas de aterramiento**.
- **Provocan efectos aguas abajo** que repercuten en pérdida del hábitat fluvial **:** incisión, compactación de sedimentos y falta de aportación de materiales.

Embalse del Catllar ubicado en el río Gaià: presenta alteración hidrológica y morfológica, falta de finos.
La **liberación de caudales mínimos y generadores** ha contribuido a **mejorar el equilibrio sedimentario en el río** y ha favorecido que vuelva a llegar al mar durante los episodios de crecidas controladas.

01| Contexto de los trabajos

Plan de gestión Distrito de Cuenca Fluvial de Cataluña 2016–2021 (Decreto 1/2017) **establece la obligación de liberar caudales ecológicos** (caudales ambientales mínimos y caudales generadores)

- **Establece Caudales generadores:** Infraestructuras hidráulicas con capacidad de almacenaje > 5 hm3, o con una tasa de regulación > 0,5 (11 embalses).

- Se libera **como mínimo 1 vez al año durante 24 horas** (desde el inicio de la crecida generada hasta el inicio de la fase de decrecimiento), en el mes en que estas crecidas se dan de manera más habitual.

- **Se determinaron con métodos hidrológicos**: máxima crecida anual más probable en el periodo 1940-2000, con la moda de la distribución de frecuencias de la serie de datos de máximas crecidas anuales, en régimen natural.

- Pero **no se disponía de un análisis de los efectos sobre el lecho del río de estos caudales.**

01| Contexto de los trabajos

El **año 2015 se realizó un primer Trabajo de evaluación de los efectos de los caudales generadores**, aguas abajo del **embalse de la Llosa del Cavall**

Se liberaron diferentes caudales y se comprobaron los efectos sobre el río. Metodología inspirada en trabajos de la CH Duero.

<u>Conclusiones:</u>

- **Para eliminar incrustaciones de sedimento fino se necesita liberar un caudal al río de 12 m3/s** (superior al previsto de 8,4 m3/s)
- El caudal de 12 m3/s **mejora el índice de hábitat fluvial**
- **Con 8 m3/s ya se da transporte de fondo**, transporte en las barras y transporte en suspensión
- La presa reduce los caudales >12 m3/s en 20 ordenes de magnitud para el tramo aguas abajo

Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Efectes de l'alliberament de cabal generador a preses de Catalunya

Treball realitzat per:
Alba Pallarès Giral

Dirigit per:
Juan Pedro Martín Vide

Grau en:
Enginyeria Geològica

Barcelona, 28 de gener de 2015
Departament d'Enginyera Hidràulica, Marítima i Ambiental

TREBALL FINAL DE GRAU

Magdaleno (2017) Experimental floods: A new era for Spanish and Mediterranean rivers? Environmental Science and Policy 75 (2017) 10-18

02| Objetivo del estudio

El Contrato **“ANÀLISI I PROPOSTES DE GESTIÓ DELS SEDIMENTS EN EMBASSAMENTS DE LES CONQUES INTERNES DE CATALUNYA”** tiene **3 objetivos** principales:

1. **Evaluación de la aportación de sedimentos al litoral** y mejora del conocimiento de los efectos de la retención de sedimentos de los embalses

2. Mejorar el **diseño de los caudales generadores**

3. Propuesta de **medidas y recomendaciones** para **mejorar la gestión de sedimentos**

03| Fases del proyecto

a) **Fase I: Recopilación de información**

- Recopilación, análisis y estudio de información recopilada
- **Análisis de la aportación de sedimentos al litoral** en las cuencas internas de Cataluña. (colaboración GRC Geociències marines. Univ. de Barcelona)

b) **Fase II: Estudio detalle en dos cuencas piloto**

- Selección de **2 cuencas piloto:** Baells y Susqueda.
- Diseño y ejecución de pruebas de campo (colaboración con IRTA y Univ. Girona)
- Análisis e informes de resultados

c) **Fase III: recomendaciones y propuestas de medidas**

- Estudio de caudales generadores y programa de recomendaciones
- Publicación y difusión de resultados

04| Fase I: Análisis aportación sedimentos al litoral

Se ha realizado una estimación de la aportación sedimentaria al litoral catalán por dos metodologías

I. Erosión fluvial

II. Modelos de aporte sedimentario. Colaboración GRC Geociències marines. Universidad de Barcelona

- Jansen y Painter (Mod 1.) Log SSY = -2.032 + 0.100 log QR - 0.314 log A + 0.750 logR1 + 1.104 log P + 0.368 log T -2.324 log V1 + 0.786 log L1

- Probst (Mod 2.) Ln SSY = 1,5610+0,9655 ln S + 0,0023 Q +0,5692 ln P – 0,8660 V

- BQART (Mod 3ª y 3b) SSY = 600 x B x (31.7 x QT) 0.31 x A-0.5 x R x T

Río	*SSY* (t km^{-2} yr^{-1})				S_F (10^3 t yr^{-1})			
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3.I	Modelo 3.II	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3.I	Modelo 3.II
Muga	110	281	206	100	95	243	178	86
Fluvià	192	449	198	119	193	453	199	120
Ter	158	350	272	57	473	1046	813	170
Tordera	74	145	120	18	65	128	105	16
Besòs	86	134	189	28	89	138	195	29
Llobregat	110	255	193	97	553	1285	972	488
Foix	149	162	122	10	47	52	39	3
Gaià	170	230	87	7	73	99	37	3
Francolí	131	210	114	68	109	174	94	56

Actualmente se están cotejando ambas metodologías, para llegar a conclusión final.

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

1. **TRABAJOS PREVIOS**
   - Establecimiento **curva de desembalse** de caudales generadores.
   - **Análisis de áridos a inyectar**. Acopio y extensión.
   - Levantamiento **secciones** transversales **control**, estudio **granulometría del lecho** y **marcaje barras** de sedimentos

2. **MONITOREO DE CAMPO**
   - **Desembalse e inyección** de sedimentos
   - Trabajos de Monitoreo: **seguimiento marcajes y mediciones tubidez, caudal,etc.**
   - Toma de **imágenes y video** de los trabajos

3. **ANÁLISIS RESULTADOS**
   - Análisis **efectos de la crecida** generadora en los sedimentos marcados
   - **Análisis granulométricos** y evaluación de la **movilización sedimentos** (secciones entrada y salida).
   - **Análisis de laboratorio** de las muestras

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Trabajos previos : Establecimiento curva desembalse caudales generadores

- **Condicionantes:**
  - Disponibilidad del recurso
  - Compatibilidad explotación Embalse. (abast y riego),
  - Afecciones aguas abajo.
- Duración **hidrograma 11 horas**
- **Caudal** generador **máximo** previsto: **44 m3/s.**

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Trabajos previos : Análisis de áridos a inyectar. Acopio y extensión

- **Selección de los áridos en cantera**: estudio análisis sedimento embalse existente → selección de una mezcla granulométrica arena/arcilla.
- **Estudio granulométrico y químico en laboratorio de muestras del árido inyectado** para los estudios posteriores de ajuste de turbidez,
- Volumen de los sedimentos a **inyectar: 100 tn.**
- Formación de los **cordones de tierras (3)** paralelos al cauce.

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Trabajos previos: Secciones estudio, granulometría lecho y marcaje barras

Se realizaron los siguientes trabajos de campo durante las jornadas previas al monitoreo:

- **Levantamiento** con **GPS** de las **secciones de estudio** consideradas
- **Definición de la granulometría** característica del **lecho del cauce** (Método Wolman)
- **Marcaje 3 barras de sedimentos** para seguir su evolución con el transcurso del caudal generador (marcaje mediante colores)

BARRA 1: PUNTO INYECCIÓN

Distancia a embalse: 2,000 metros

Junto pasarela peatonal aguas arriba de Pont de Pedret

Marcaje: Gravilla, grava y canto rodado

BARRA 2: INICIO DE ISLA

Distancia a embalse: 3,250 metros

Aguas arriba puente de la senda verde

Marcaje: Hitos de marcaje posicional

BARRA 3: ESTACIÓN AFOROS

Distancia a embalse: 7,000 metros

Junto a la estación de aforos

Marcaje: Canto rodado

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Monitoreo de campo: Desembalse e inyección de sedimentos

- Maniobra de **desembalse** caudal generador **según lo previsto.**
- **Aumento la punta** hidrograma de **44 a 50 m3/s** entre las 13:00 y las 15:00 h, **durante el transcurso del monitoreo**

- **Se decidió inyectar los sedimentos mediante retroexcavadora**, dado que el caudal no presentaba ni el calado ni la velocidad suficiente para movilizar los cordones de áridos extendidos.

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Monitoreo de campo: Seguimiento de la evolución de la crecida

- Supervisión desembalse e inyección áridos.
- Seguimiento de la evolución de la crecida en las zonas marcadas de barras

8:30 h

11:00 h

13:00 h (punta hidrog.)

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Monitoreo de campo: Mediciones

En estos trabajos se ha contado con la colaboración de la **Universidad de Girona y el IRTA**

- Mediciones **turbidez**. **Distribución y concentración** de partículas,
- Toma de muestras a 30 cm de profundidad → estudio en la columna **posible estratificación del sedimento** en la distribución vertical.
- Mediciones de **temperatura y elevación del agua** respecto al fondo del río en continuo.

- **Medición valores físico-químicos** del agua.
- Medidas de la **carga de material transportado en suspensión**.
- Toma de muestras sedimento en suspensión en secciones de entrada y salida.
- Medición de los **caudales circulantes** y evolución de los **calados**.

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Monitoreo de campo: toma de imágenes y video de los trabajos

- **Vuelo dron** de los itinerarios de muestreo **previo al desembalse**.
- **Vuelo dron e imágenes panorámicas** del evento para el análisis comparativo del funcionamiento hidrodinámico del cauce en situación normal y durante la suelta del caudal generador.
- **Time lapse** de la jornada completa del monitoreo en el punto de inyección.

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Análisis resultados: efectos de la crecida generadora en los sedimentos

BARRA 1: PUNTO INYECCIÓN

Movilización 60 % gravilla
30 % grava
5 % canto rodado

BARRA 2: INICIO DE ISLA

- Desplazamiento de su eje de 10º respecto eje inicial en el sentido de la corriente dominante.
- Sedimentación de 0,5-1cm de arenas

BARRA 3: ESTACIÓN AFOROS

Movilización 30 % canto rodado

Poco significativo

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Análisis resultados: secciones de control

- No se constata **ningún cambio significativo en la sección transversal del lecho del río antes y después de la crecida**. La crecida no ha sido suficiente como para movilizar de manera significativa las partículas superficiales del lecho río.

- S. entrada la media de sedimentos 88,7 mg/l mientras S. salida es 170,6 mg/l. **Indica se produce aporte de sedimentos a medida que el río circula aguas abajo**. (cauces secundarios, etc)
- Tanto sección de entrada como salida existen **dos picos de concentración:**
  - Pico **antes de crecida** → **fuente de sedimento** principal procede del **propio río**
  - **Segundo pico** → responde a la **fuente de sedimentos inyectados artificialmente**

05| Fase II: Prueba piloto Llobregat.

Análisis resultados: mediciones solidos en suspensión y turbidez

- Los rangos de Ø de la distribución volumétrica de **las partículas muestreadas en suspensión durante la avenida coinciden con los rangos del sedimento utilizado en la inyección** indicando, por tanto, que tienen el mismo origen.

- **La turbidez** detectada por los diferentes turbidímetros **a diferentes profundidades presentan evoluciones temporales diferentes** indicando que probablemente **la avenida no era del todo homogénea en la vertical del punto de medida**.

06| Conclusiones y próximos pasos

Necesidad de caudales generadores superiores a los esperados, para ver el comportamiento sedimentario fluvial

- Las partículas más finas inyectadas se movilizaron en todo el tramo.
- La avenida generada, sin embargo, no tuvo el poder de arrastre suficiente para movilizar el lecho del río
- Las partículas más gruesas apenas sufrieron variación desde su posición inicial

Próximos pasos

- Seguimiento efectos avenida Gloria en los tramos piloto (Baells y Susqueda). Ha provocado una aportación 20 veces mayor aprox.
- Pruebas caudal generador con sedimento (primavera) y sin sedimento (otoño) aguas abajo de Susqueda.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Mònica Bardina Martín
mbardinam@gencat.cat

Ramón Bella Piñeiro
rbella@aquatec.es