



## JORNADA “HACIA LA GESTIÓN INTEGRADA DE SEDIMENTOS DE EMBALSES”

# SINERGIAS PILOTO ENTRE CAUDAL GENERADOR Y GESTIÓN DE SEDIMENTOS EN PRESAS DEL LLOBREGAT Y DEL TER

**Albert Rovira & Mònica Bardina**

*Dept. de Control i Qualitat de les Aigües  
Agència Catalana de l'Aigua*



# CONTEXTO GENERAL

PROYECTO “ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE GESTIÓN DEL SEDIMENTO EN EMBALSES DE LAS CUENCAS INTERNAS DE **CATALUÑA**”

## Información disponible

**Documento “Mejora en la gestión del caudal generador” (Página web ACA)**

Videos divulgativos (canal de Youtube de la ACA)



## Objetivos

- Analizar la respuesta hidromorfológica del sistema y la dinámica sedimentológica con el paso del caudal generador
- Mejorar el conocimiento y la experiencia en métodos para la aportación de sedimentos aguas debajo de presas



Método activo  
(retroexcavadora)



Método pasivo  
(cordones de  
sedimento)

## Ensayos

- Se realizaron 3 ensayos en dos tramos fluviales: 2 en el río Llobregat (Baells) y 1 en el río Ter (Pasteral)



Presa de la Baells



Presa del Pasteral

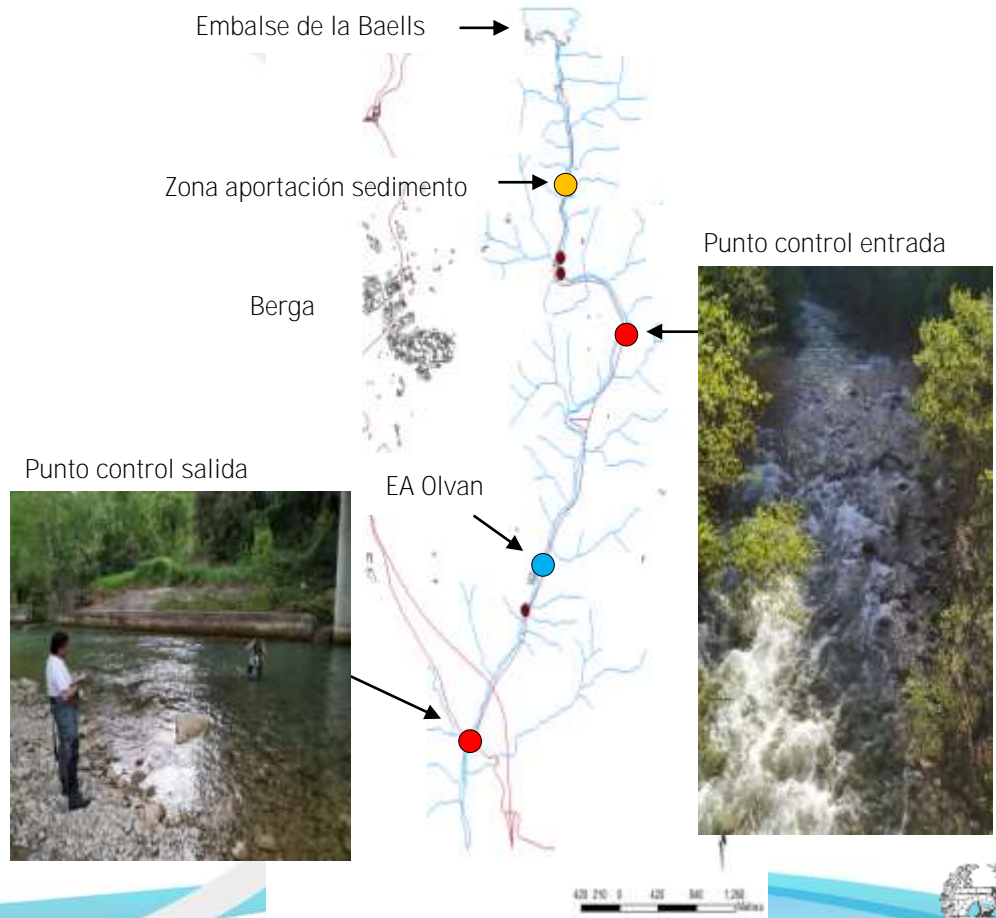
## Río Llobregat: área de estudio

Longitud tramo estudio: 6km

Desde la presa a:

- Zona aportación de sedimentos: 1km
- Punto de control entrada: 3km
- Punto de control salida: 9km

Entradas laterales no significativas



## Río Ter: área de estudio

Longitud tramo estudio: 15km

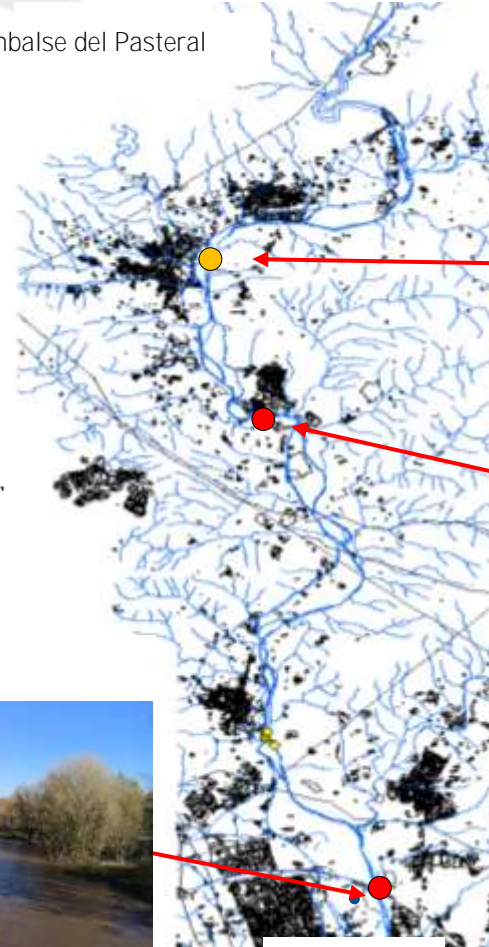
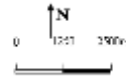
Desde la presa a:

- Zona aportación de sedimentos: 3km
- Punto de control entrada: 8km
- Punto de control salida: 23km

Entradas laterales significativas  
**Existen varios azudes.**



Embalse del Pasteral



Zona aportación sedimentos



Punto control entrada



Punto control salida



Girona



Azud Reial

## Trabajos preparatorios

- Diseño hidrograma salida
- Localización puntos de control
- Análisis del sedimento aportado
- Preparación acopio de sedimentos
- Contacto actores sociales

## Monitoreo

- Levantamiento secciones transversales
- Caracterización del material del lecho
- Trazadores en barras
- Instalación de turbidímetros
- Muestras de la carga en suspensión
- Medidas contiguas de la turbidez
- Medidas fisicoquímica del agua
- Medidas del caudal
- Videos (Time-lapse), imágenes con dron, etc.

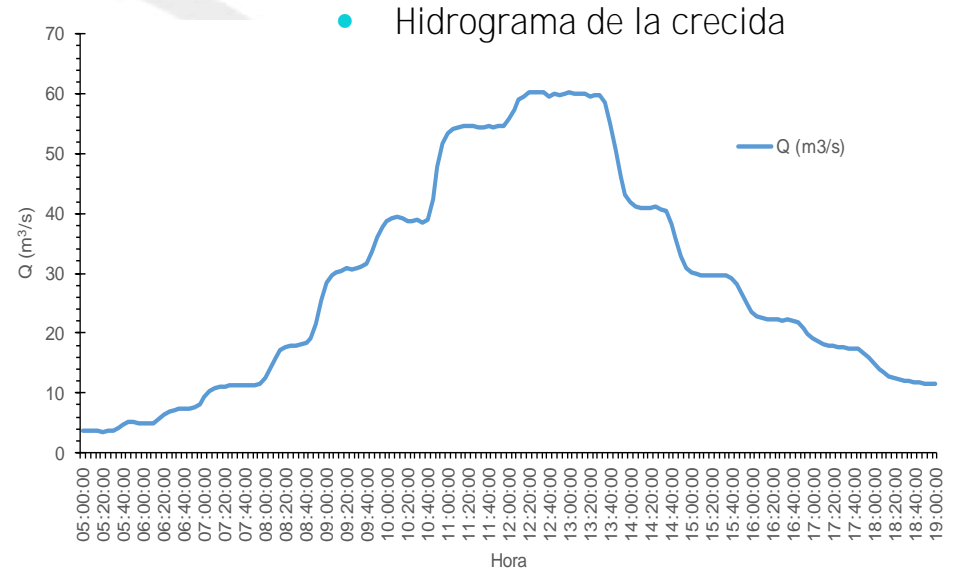


# PRESA DE LA BAELLS

Primer ensayo (Río Llobregat, Mayo 2019)

## Características del ensayo

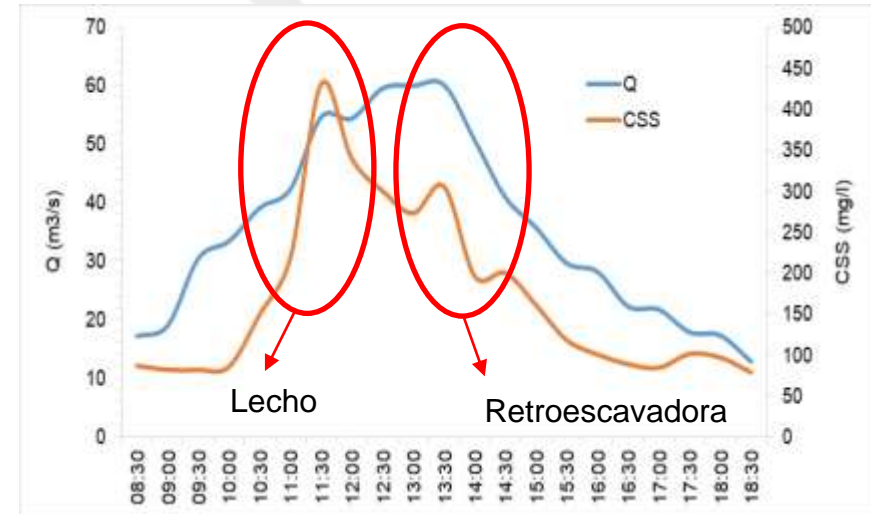
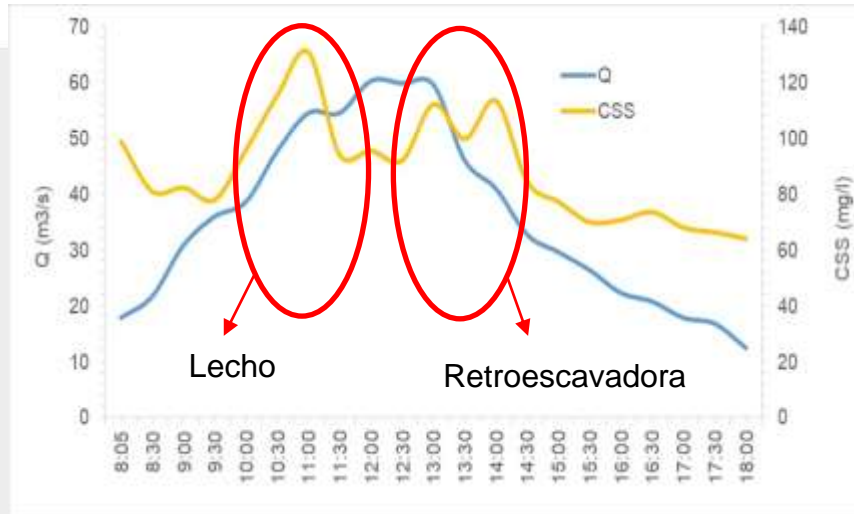
- Duración 13,5 horas
- Q máximo: 60 m<sup>3</sup> (1 hora)
- Aportación sedimento: Si
- Método: activo (retroexcavadora)
- Volumen aportado: 100 toneladas
- Momento aportación: pico crecida
- Suelta caudal: compuertas superiores





## Dinámica de la carga en suspensión

- Tres picos en la concentración de sedimento
- Los picos están desfasados en el tiempo (tiempo de paso: 30 minutos)

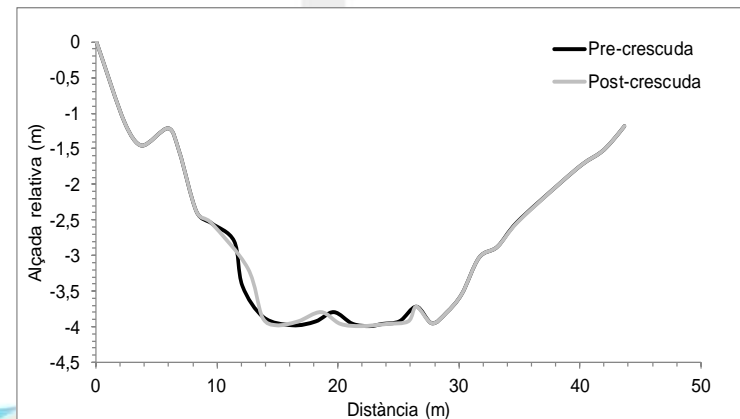
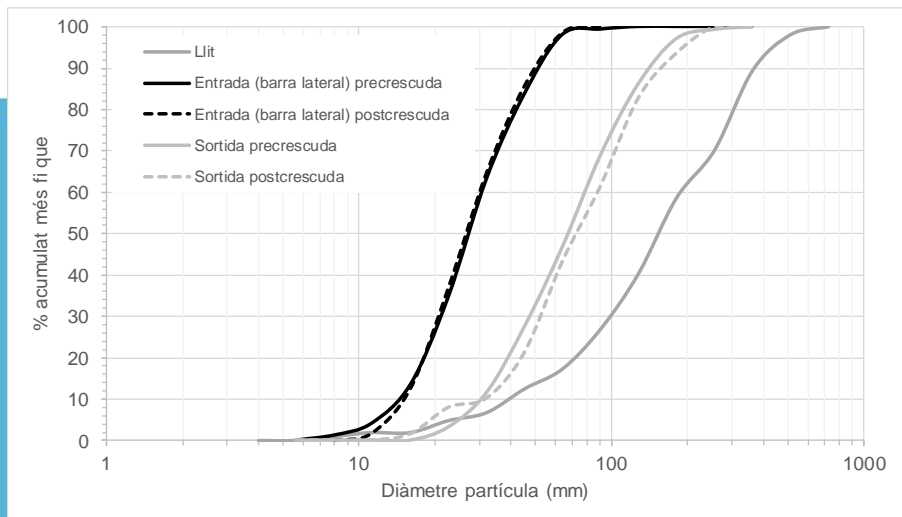


- Primer pico: lecho del río
- Segundo y tercer pico : sedimento retroexcavadora

	Total (toneladas)	Fracción orgánica (toneladas)	Fracción inorgánica (toneladas)
Entrada	133,1	10,1	123,0
Salida	276,2	29,2	247,0

## Cambios en la textura del lecho y morfología del canal

- Punto de entrada: ningún impacto significativo
- Punto de salida: ligero incremento del tamaño del material superficial
- Transporte de sedimento muy bajo o marginal
- Impacto muy limitado sobre la morfología del cauce



### Consideraciones finales

- Aumentar el pico del caudal generador podría llegar a ser contraproducente

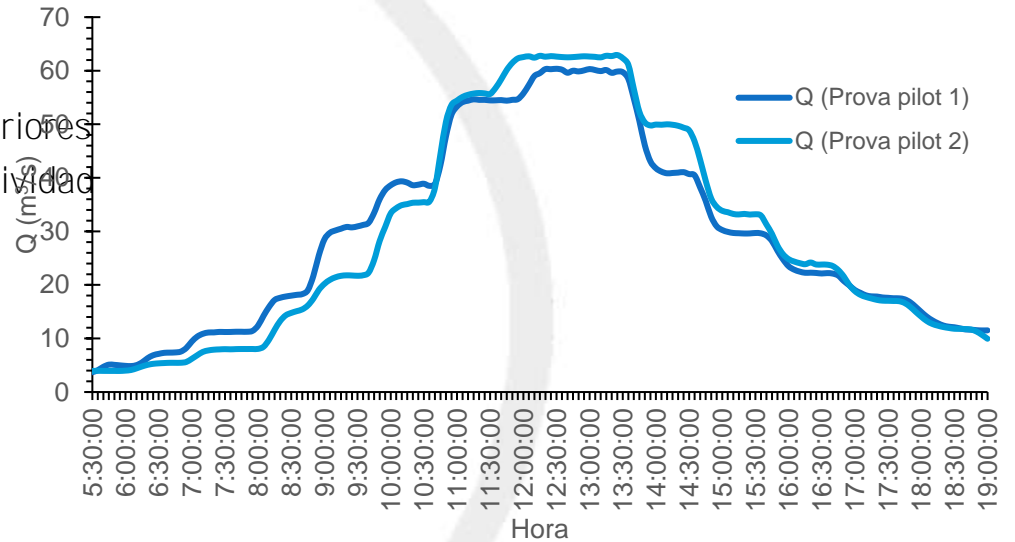
# PRESA DE LA BAELLS

Segundo ensayo (Río Llobregat, Noviembre 2020)

## Características del ensayo

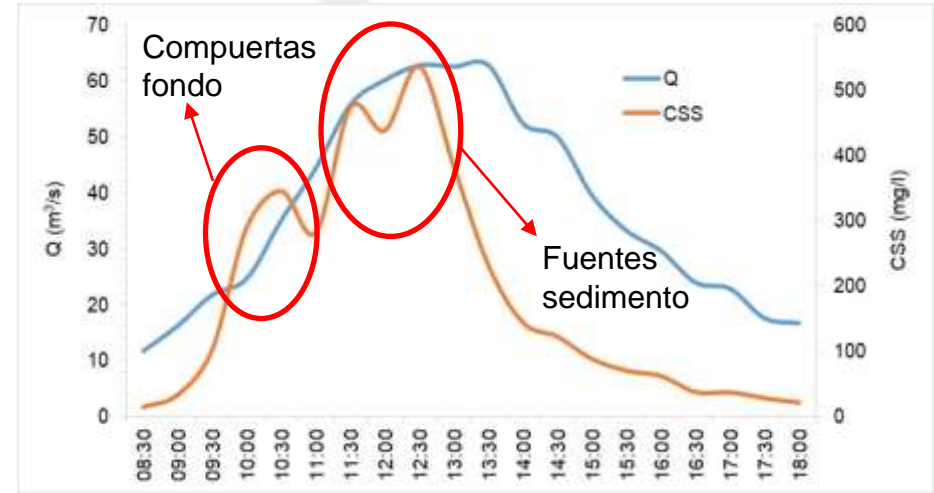
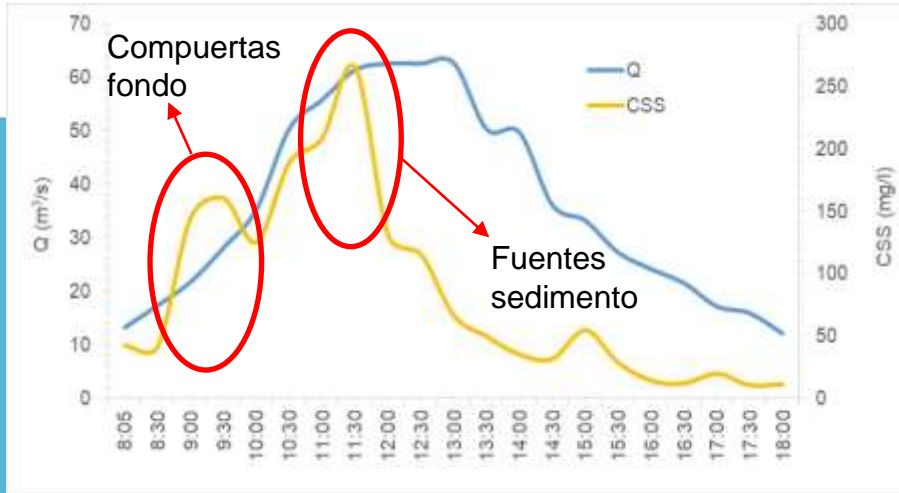
- Duración 13,5 horas
- $Q$  máximo:  $62 \text{ m}^3$  (2 horas)
- Aportación sedimento: No
- Suelta caudal: desagües de fondo y superiores
- Método: condiciones normales de operatividad

Hydrograma liberado en el primer y segundo ensayo



## Dinámica de la carga en suspensión

- 2 picos en la entrada y 3 en la salida
- Los picos están desfasados en el tiempo (tiempo de paso: 30 minutos)



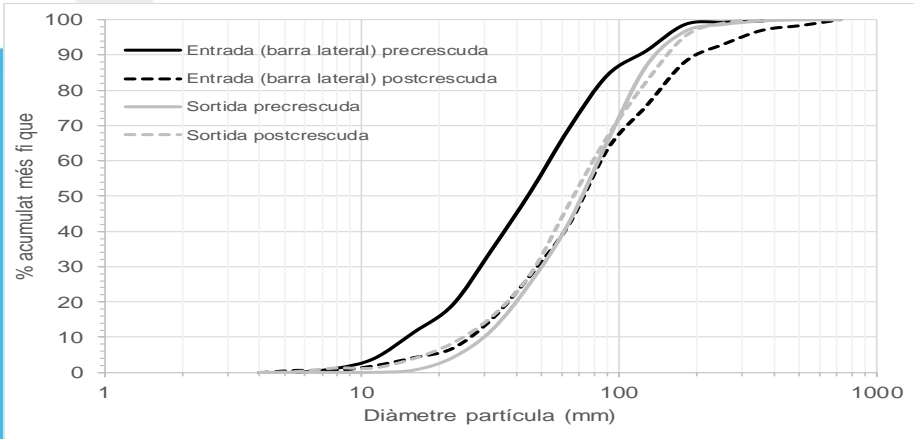
### Consideraciones finales

- Importancia de la apertura de las compuertas de fondo
- Resultados obtenidos muy similares a los del primer ensayo (volumen de sedimento y dinámica sedimentaria)

	Total (toneladas)	Fracción orgánica (toneladas)	Fracción inorgánica (toneladas)
Entrada	156,3	15,8	139,2
Salida	365,7	27,8	337,9

## Cambios en la textura del lecho y morfología del canal

- Punto de entrada: aumento generalizado del tamaño del material
- Punto de salida: granulometría ligeramente más fina (cambios muy menores)



- Los trazadores fueron desplazados y transportados a una gran distancia aguas abajo desde su punto de origen



### Consideraciones finales

- En la medida en que se sucedan las crecidas se irá produciendo el progresivo lavado del lecho del río
- La restauración morfológica sólo se podrá realizar mediante la aportación artificial de sedimentos o la construcción de un bypass desde el embalse.

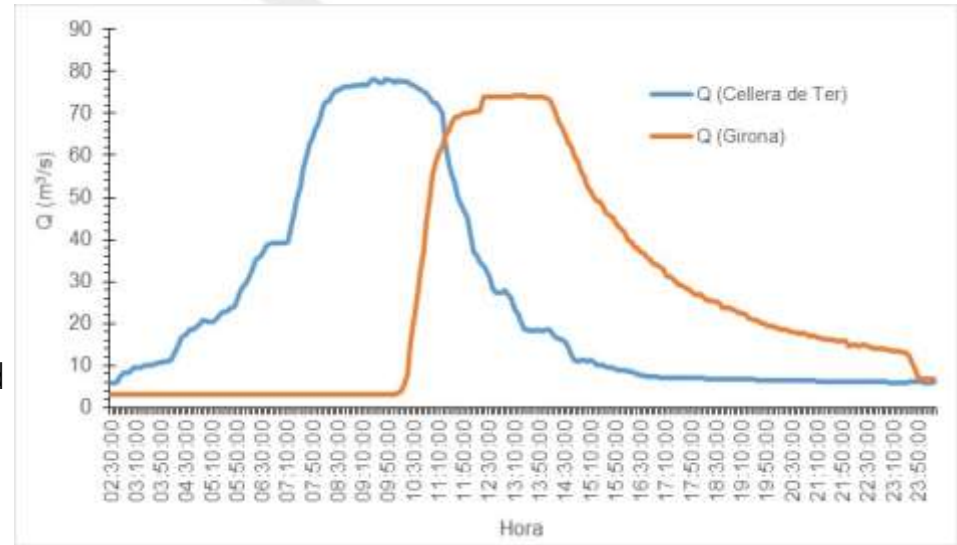
# PRESA DEL PASTERAL

Tercer ensayo (Río Ter, Noviembre 2020)

## Características del ensayo

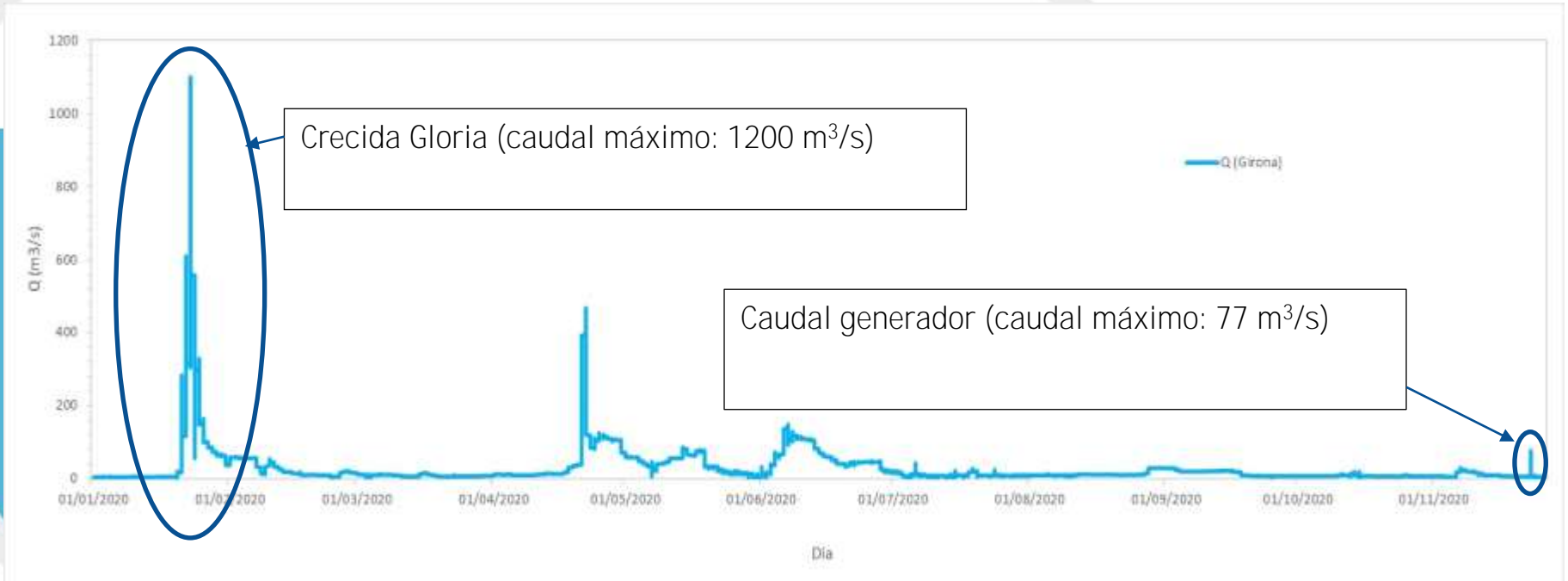
- Duración 15,5 horas
- Q máximo: 78 m<sup>3</sup> (3 horas)
- Aportación sedimento: Si
- Método: pasivo (cordones en paralelo a la orilla)
- Volumen aportado: 70 toneladas
- Suelta caudal: desagües de fondo y superiores
- Método: condiciones normales de operatividad

Hydrograma en la entrada y salida del área de estudio





## Antecedentes al ensayo: el temporal Gloria (Enero 2020)



## Cambios tras el paso de la crecida extraordinaria Gloria

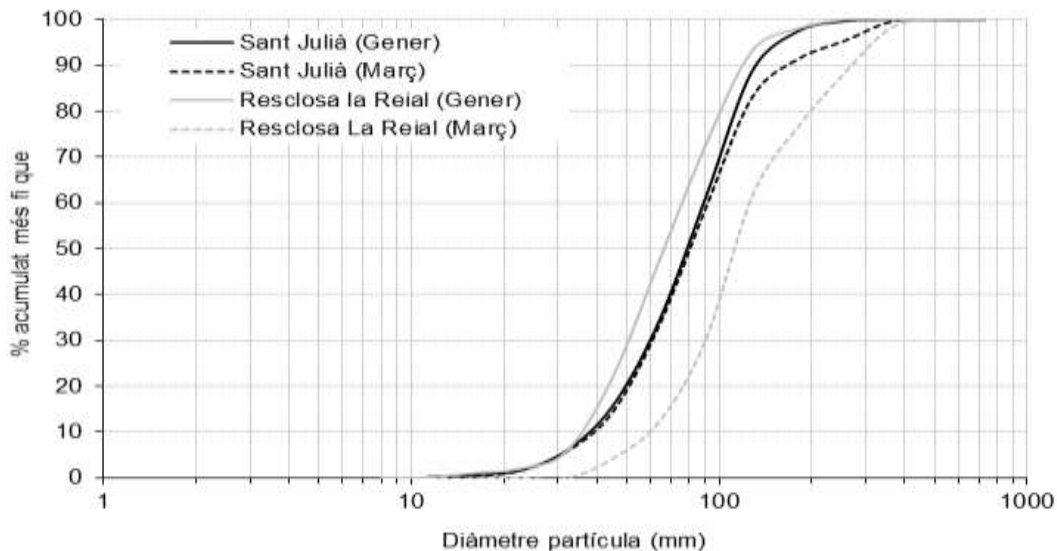
Impacto muy severo sobre la morfología del cauce del río: incremento del ancho del cauce y erosión del lecho



# Cambios tras el paso de la crecida extraordinaria Gloria

## Sector Riera Osor

- Cambios poco significativos (únicamente se dieron en la parte alta de la curva granulométrica)
- En algunas fases de la crecida se produjo la erosión general del cauce

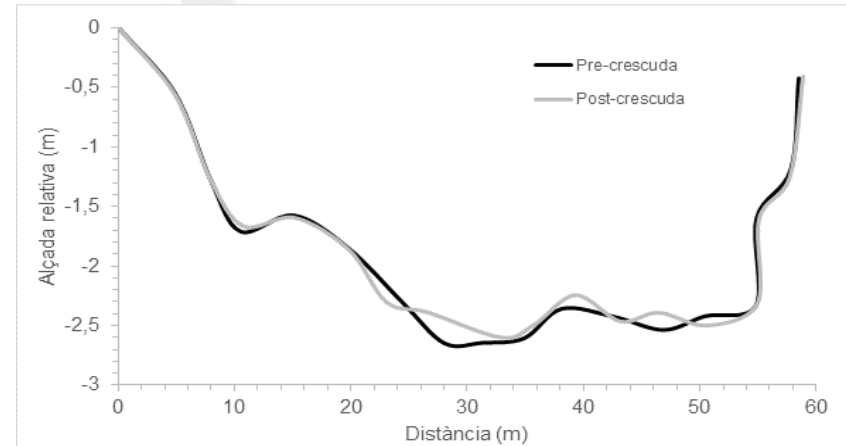
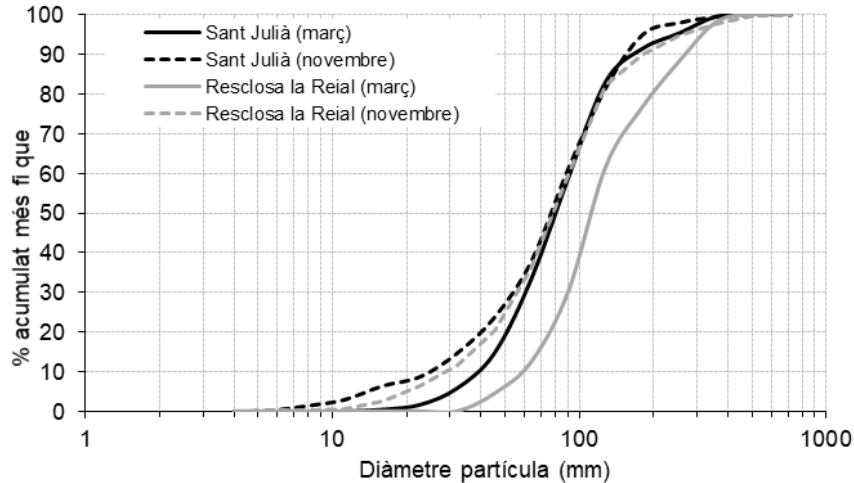


## Sector Bescanó

- Erosión general del cauce (magnitud de los caudales, presencia de los azudes, poca entidad de las aportaciones de sedimento de los tributarios)

## Ensayo en el río Ter

Febrero-Noviembre: Se registraron dos crecidas: en abril, con un caudal máximo de 467 m<sup>3</sup>/s, y junio, con un pico de caudal de 149 m<sup>3</sup>/s)



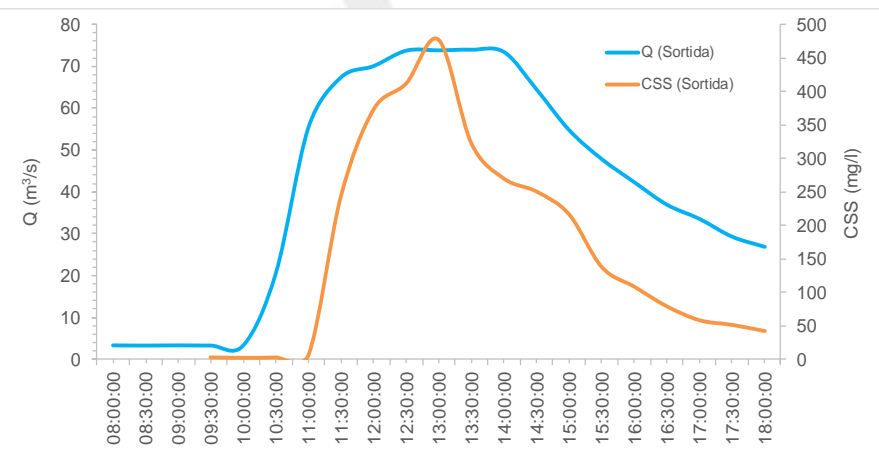
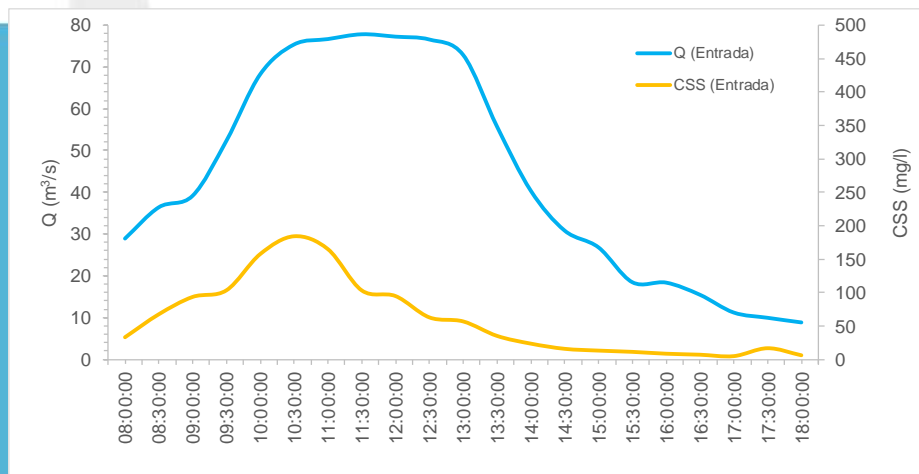
### Consideraciones finales

- Capacidad de trabajo (morfológico) del caudal generador limitada
- Las crecidas registradas movilizaron el material del lecho del río y retrabajaron la morfología del cauce

- Se pudo constatar la capacidad de movilización y transporte del caudal generador
- Los cambios producidos por el caudal generador sobre la morfología del cauce no fueron relevantes

## Dinámica de la carga en suspensión

- Existencia de un único pico en la concentración del sedimento
- Entrada: aumenta la concentración con el caudal
- Salida: un incremento del caudal no se corresponde con una mayor concentración de sedimento. A partir de un determinado caudal (60 m<sup>3</sup>/s), subida repentina (y muy acentuada)



### Consideraciones finales

- Hipótesis: efecto de los azudes que se encuentran a lo largo del tramo de estudio

## Aportación de sedimento con método pasivo

- Únicamente, 1/3 del total del sedimento dispuesto en la margen derecha del río formando cordones trapeciales (método pasivo) fue movilizado por el caudal



### Consideraciones finales

- Cabe evaluar otras disposiciones de los cordones y otros métodos pasivos.

# CONSIDERACIONES FINALES

## Ensayos Caudal generador

- Se ha podido validar el caudal generador en el río Ter y Llobregat aguas abajo de las presas
- En el río Llobregat aumentar el pico del caudal generador podría llegar a ser contraproducente
- En el río Ter todavía existe un cierto margen para aumentar el caudal punta asociado a esta crecida.
- Las crecidas extraordinarias juegan un papel fundamental y su trabajo comporta la regeneración de todo el sistema morfológico y ecológico
- Las crecidas de moderada y alta magnitud juegan un papel clave al remodelar progresivamente la morfología del río después del paso de una crecida extraordinaria

## Aportación de sedimento

- Se han evaluado las posibilidades de aportar sedimentos aguas abajo de las presas mediante un método activo (en retroexcavadora) y pasivo (erosión hidráulica)
- El aporte de sedimentos finos mediante retroexcavadora ha sido más efectiva
- El aporte mediante cordones trapeciales y erosión hidráulica ha sido poco efectiva
- Cabe estudiar otros métodos pasivos (p.e. extender el sedimento sobre barras e islas fluviales activas) para evaluar su eficacia como herramienta de restauración fluvial

# Gracias por su atención!

Agència Catalana de **l'Aigua**

Web: [aca.gencat.cat](http://aca.gencat.cat)

Twitter: [@aigua\\_cat](https://twitter.com/aigua_cat)

Instagram: [@aigua\\_cat](https://www.instagram.com/aigua_cat)

Facebook: [Facebook.com/aiguacat](https://www.facebook.com/aiguacat)

YouTube Canal ACA

