

Avenida controlada del 30 de enero 2024



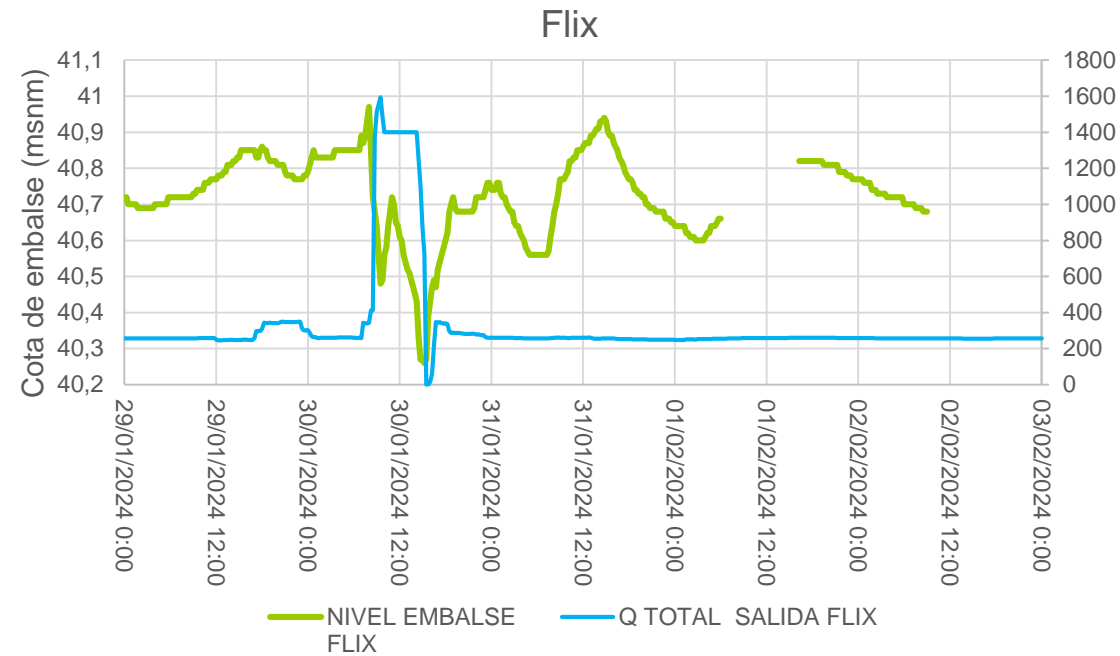
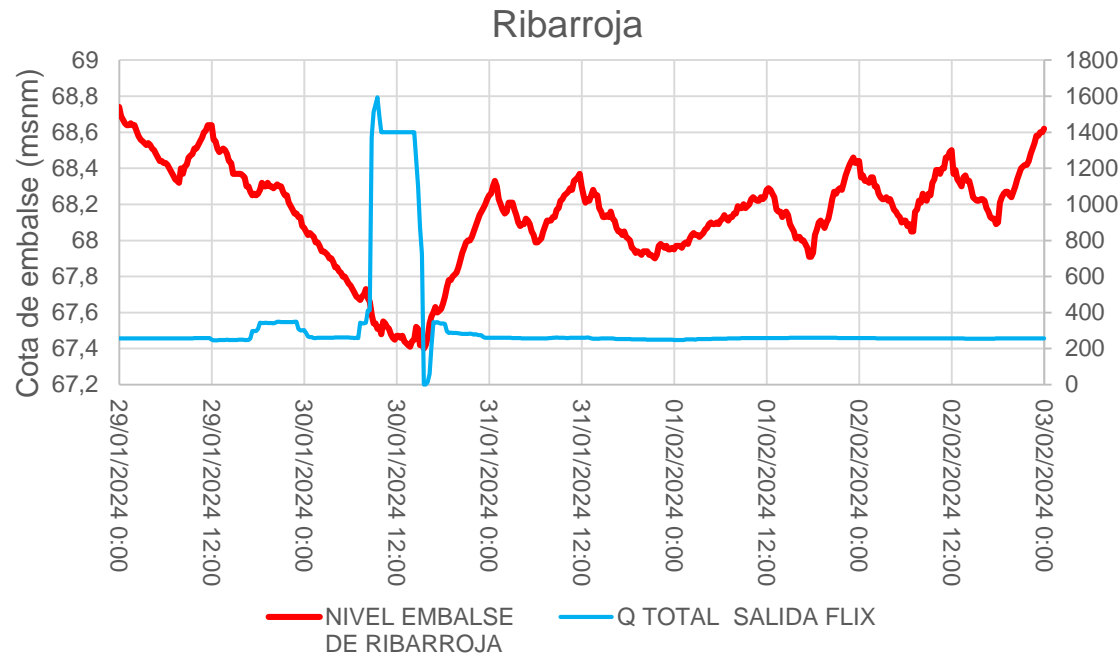
19 de marzo de 2024

David López Gómez
LABORATORIO DE HIDRÁULICA. CEH. CEDEX

Avenida controlada del 30 de enero de 2024

La campaña de muestreo del 30 de enero 2024

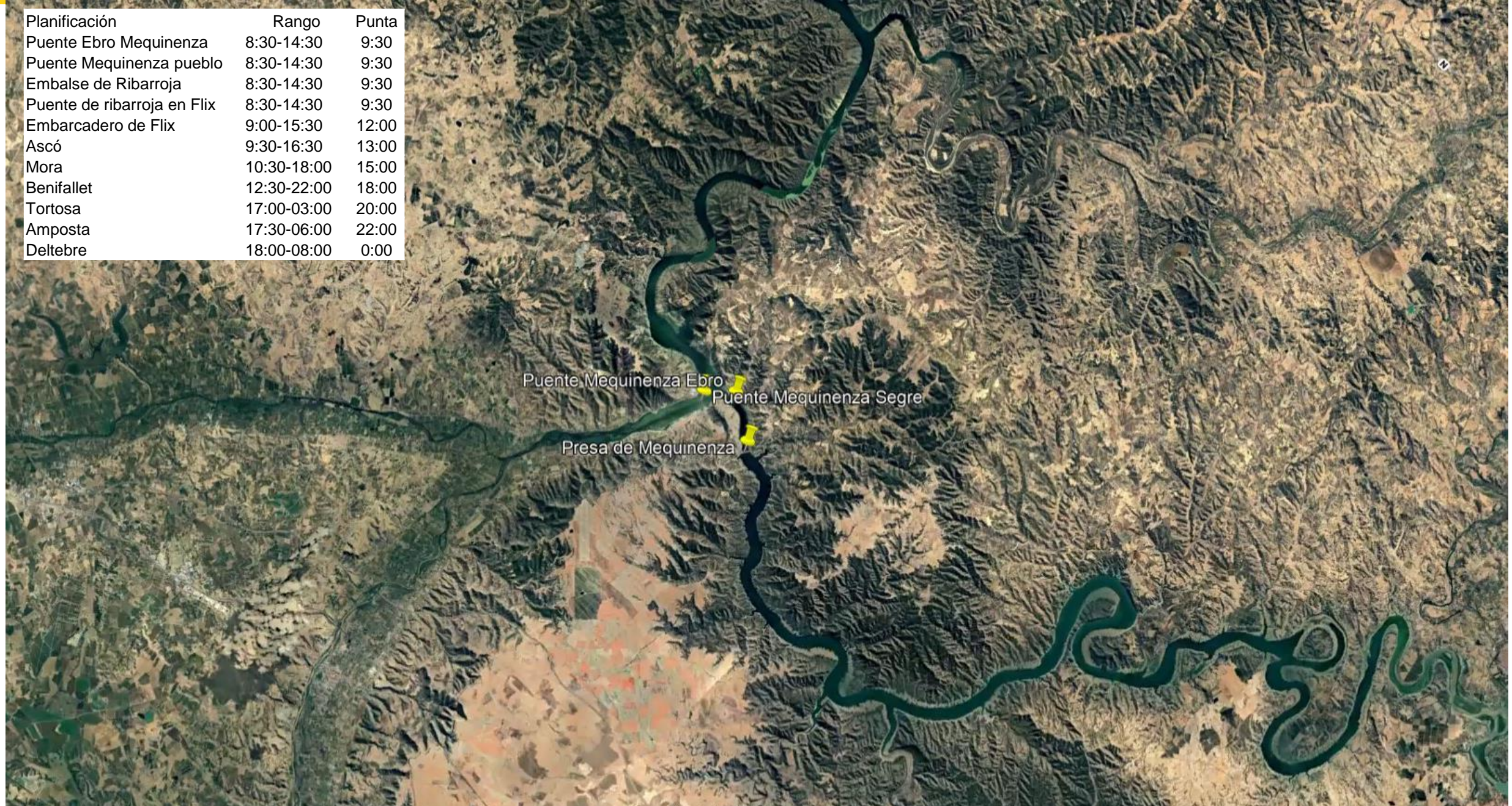
Descenso de 1.5 m en Ribarroja y 0.5 m en Flix durante la avenida



Planificación de la campaña

Avenida controlada del 30 de enero de 2024

Planificación	Rango	Punta
Puente Ebro Mequinenza	8:30-14:30	9:30
Puente Mequinenza pueblo	8:30-14:30	9:30
Embalse de Ribarroja	8:30-14:30	9:30
Puente de ribarroja en Flix	8:30-14:30	9:30
Embarcadero de Flix	9:00-15:30	12:00
Ascó	9:30-16:30	13:00
Mora	10:30-18:00	15:00
Benifallet	12:30-22:00	18:00
Tortosa	17:00-03:00	20:00
Amposta	17:30-06:00	22:00
Deltebre	18:00-08:00	0:00



Muestreo en embalses

Avenida controlada del 30 de enero de 2024



Presa de Mequinenza

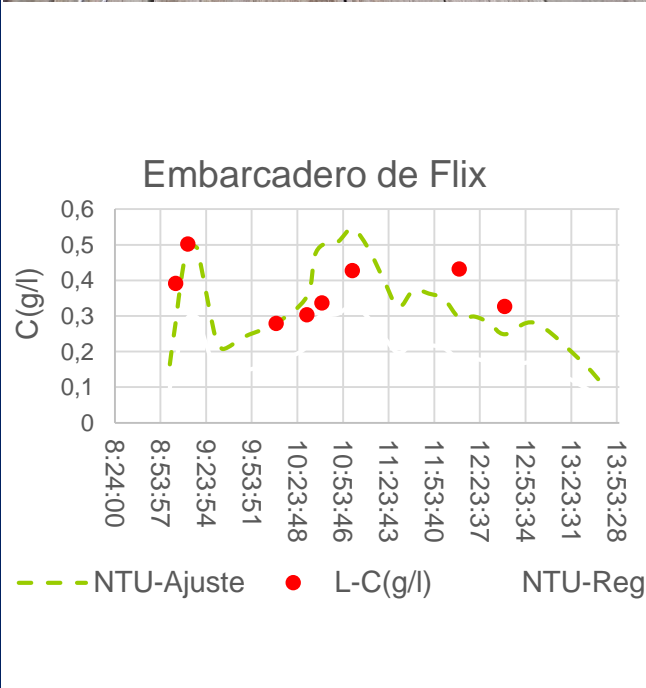


Muestreo en el curso bajo del Ebro.

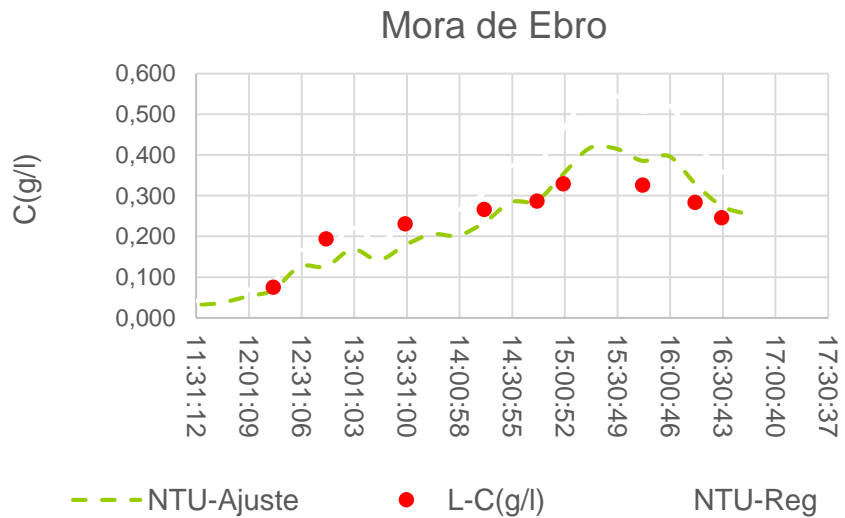
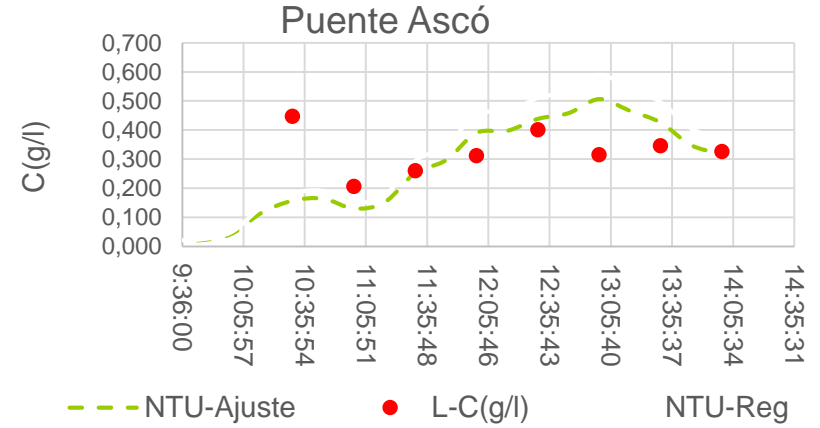
Avenida controlada del 30 de enero de 2024



Embarcadero de Flix

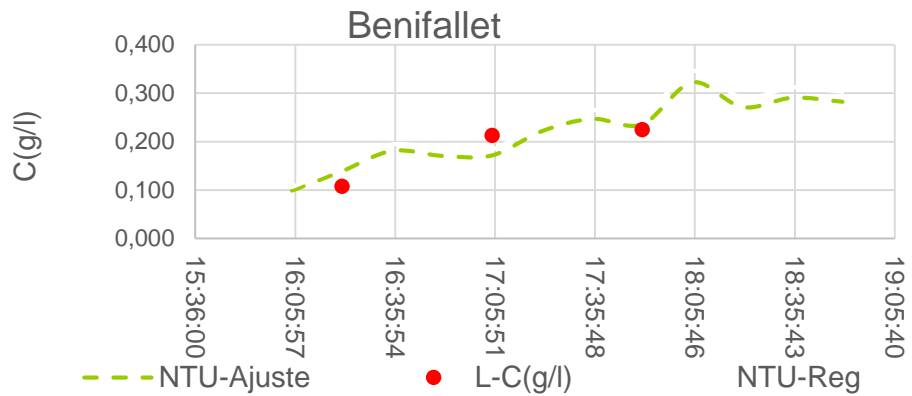


Muestreo en el curso bajo del Ebro.



Puente de Mora de Ebro

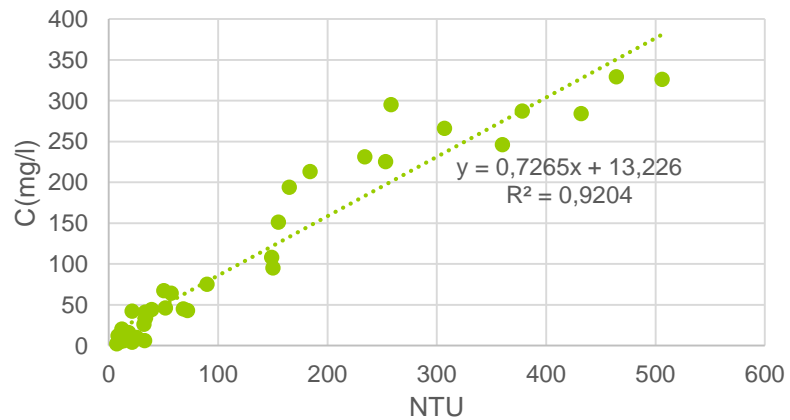
Muestreo en el curso bajo del Ebro.



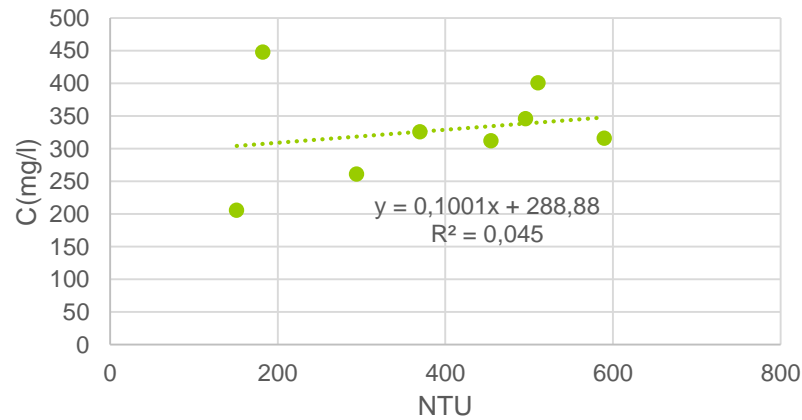
Turbidímetros



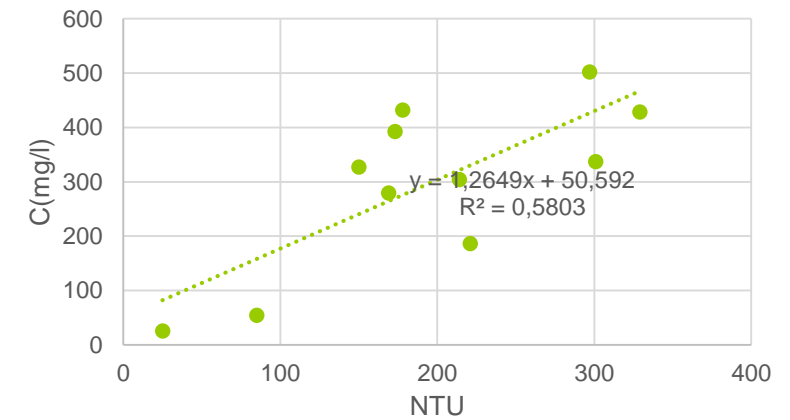
Turbidímetros Hach



Turbidímetro UPC

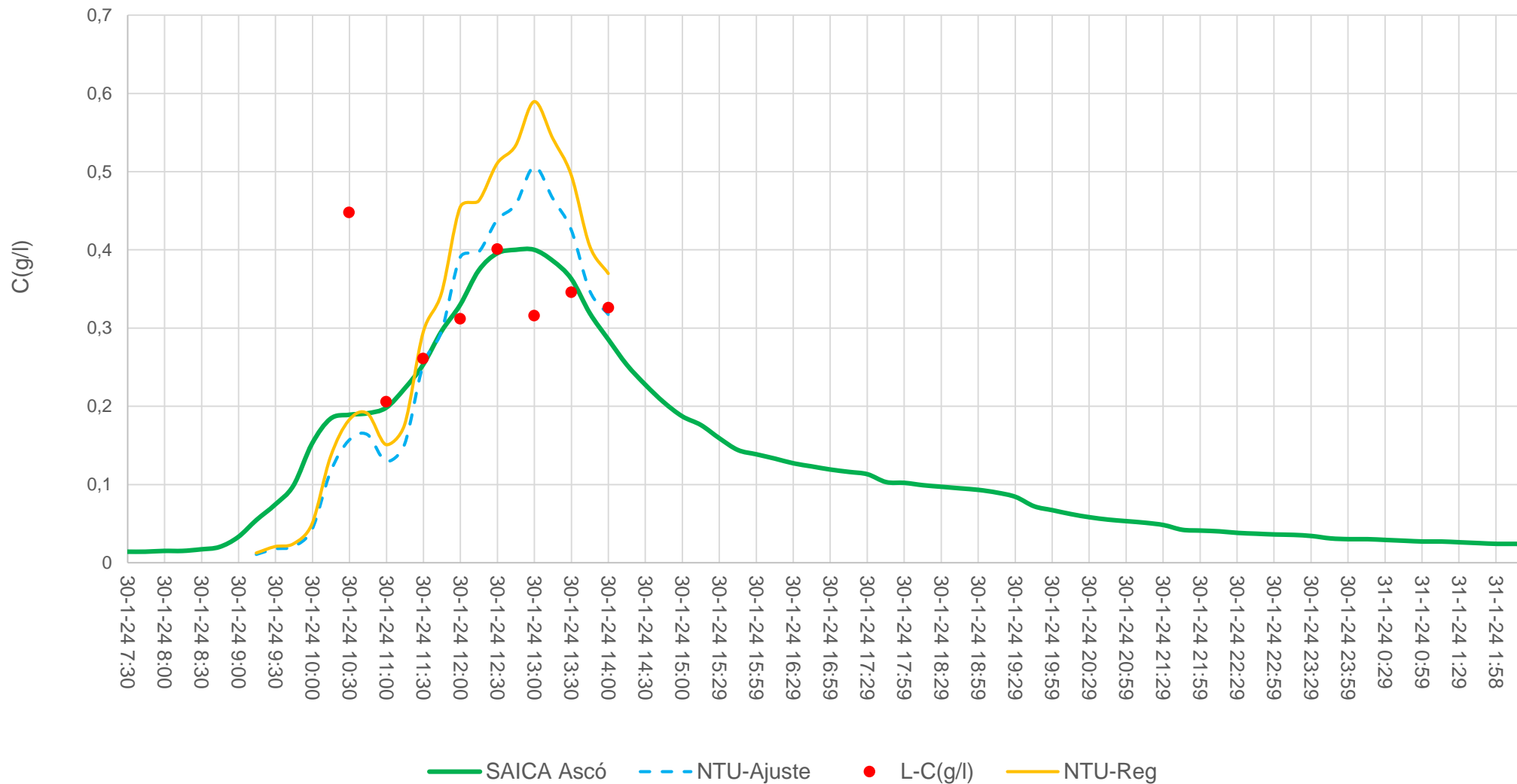


Turbidímetro Hanna



SAICA DE ASCÓ

Concentración de SS (g/l) Ascó



Muestreo del transporte de fondo



Puntos de muestreo:

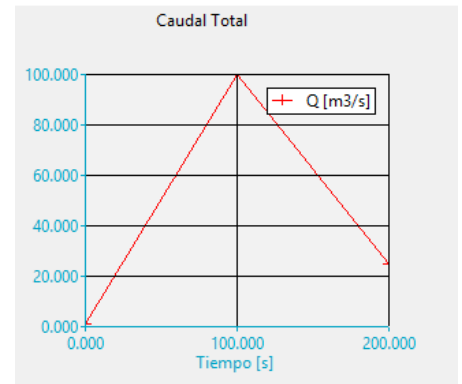
- Embarcadero de Flix (10:00)
- Pas de L'Ase (13:00)
- Tortosa (18:30)

No se pudo muestrear:

- Con 25 m de pluma no se llega a zona activa
- Prever permisos para muestrear desde puente.

La modelización numérica





- $D_{50} = 1 \text{ mm}$
- Concentración input = 20 mg/l m
- Van Rijn

TRANSPORTE DE FONDO

Transporte en Suspensión: Ad hoc, Ashida&Michiue, Engelund-Fredsoe, Engelund-Hansen, Meyer-Peter&Müller, Van Rijn, Recking

Transporte de Fondo: Partición de Einstein

Modelo: Meyer-Peter&Müller, Van Rijn, Recking

Tipo de sedimento:

d50 [m]:

Porosidad TF:

Densidad relativa TF:

TRANSPORTE EN SUSPENSIÓN

Transporte en Suspensión: Acti

Method: Ariathurai, Smith McLean, Van Rijn

Diámetro sed. Susp. [m]:

Porosidad TS:

Densidad relativa TS:

Coefficiente de difusión[m2/s]:

Schmidt num:

Modelo de Avalancha TS

Ángulo de fricción TS [rad]:

Instante inicio TS [s]:

Transporte de Fondo:

Plug-ins of Iber

Select GPU parallelization:

IberPlus R-Iber

Select calculation module:

Hábitat

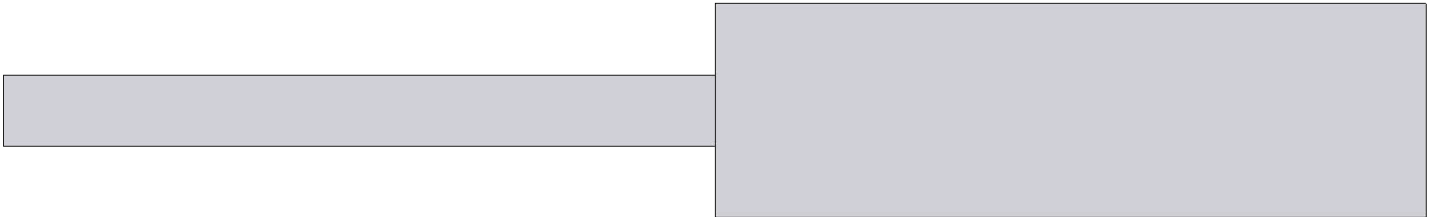
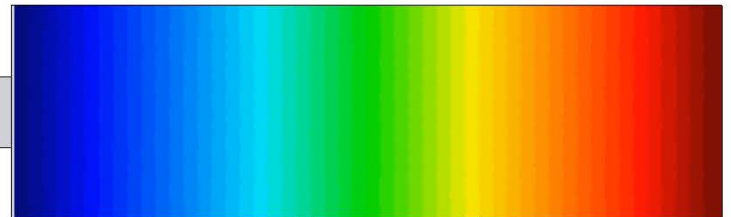
Procesos hidrológicos

Transporte de Sedimentos

Erosión suelos

Drenaje Urbano

Calidad Aguas



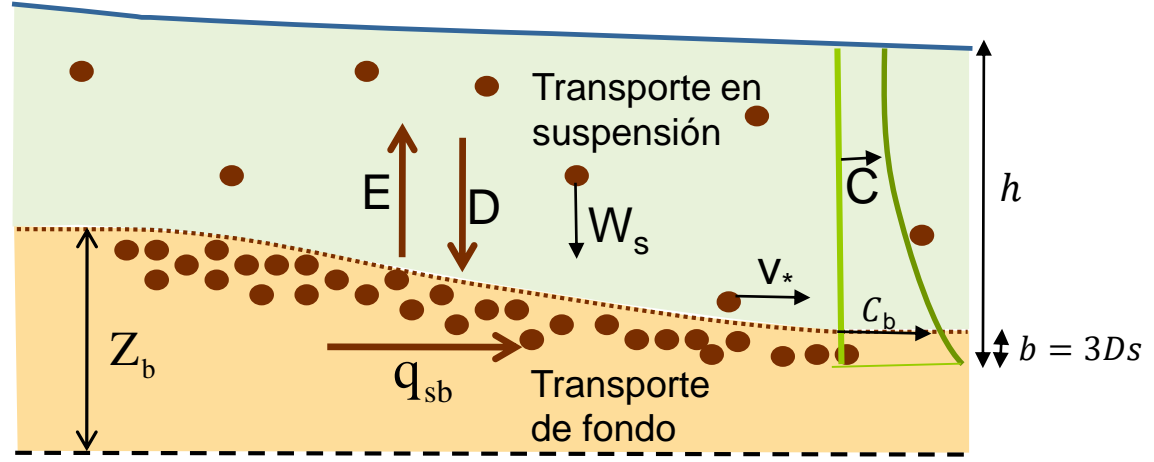
Modelo de transporte de sedimento en suspensión

Advección- Difusión

$$\frac{\partial hC}{\partial t} + \frac{\partial hU_x C}{\partial x} + \frac{\partial hU_y C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\Gamma + \frac{v_t}{S_{c,t}} \right) h \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) + (E - D)$$

Exner

$$(1-p) \frac{\partial Z_b}{\partial t} + \frac{\partial q_{sb,x}}{\partial x} + \frac{\partial q_{sb,y}}{\partial y} = D - E$$



Velocidad de sedimentación (Van Rijn):

$$W_s = \frac{R \cdot g \cdot D_{50}^2}{18 \cdot v} \quad \rightarrow \quad D_{50} < 10^{-4} \text{ m}$$

$$W_s = \frac{10 \cdot v}{D_{50}} \left(\sqrt{1 + 0.01 \cdot D_*^3} - 1 \right) \quad \rightarrow \quad 10^{-4} \text{ m} < D_{50} < 10^{-3} \text{ m}$$

$$W_s = 1.1 \cdot \sqrt{R \cdot g \cdot D_{50}} \quad \rightarrow \quad 10^{-3} \text{ m} < D_{50}$$

Van Rijn: Arenas y limos

$$E = c_b W_s$$

$$D = \alpha W_s C$$

$$c_b = 0.015 \frac{D_{50} T^{1.5}}{b D_*^{0.3}}$$

$$\alpha = \frac{h - b}{\int_b^h \left[\frac{h - z}{z} \frac{b}{h - b} \right]^{Z_u} dz}$$

$$T = \frac{\tau_{bs}^* - \tau_c^*}{\tau_c^*}$$

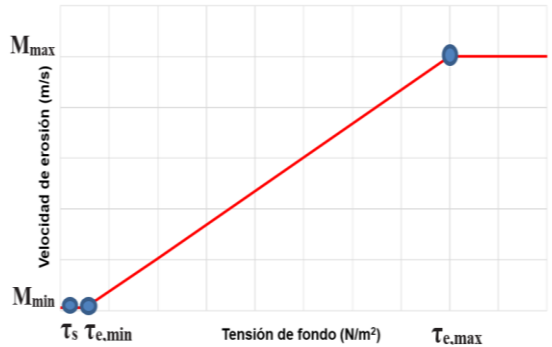
$$Z_u = \frac{W_s}{k v_*} \quad \tau = \gamma h l_f$$

$$D_* = D_s \cdot \left(\frac{g R}{v^2} \right)^{1/3} \quad \text{con} \quad R = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$$

$$v_* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$$

Ariathurai & López: Sedimentos cohesivos

$$E = M \cdot \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right) \quad D = W_s \cdot c_a \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}} \right)$$



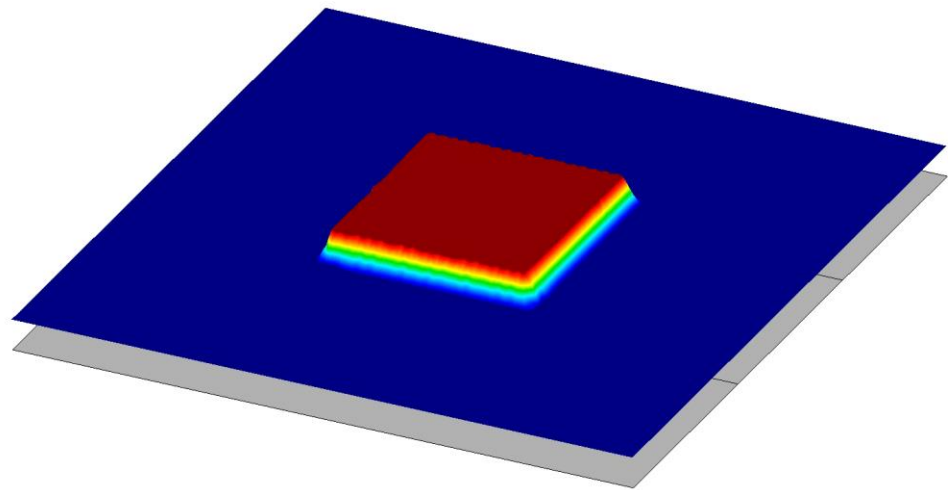
- M = Velocidad de erosión
- M_min = Velocidad mínima de erosión
- M_max = Velocidad máxima de erosión
- tau_b = Tensión de fondo
- tau_s = Tensión crítica de deposición
- tau_e.min = Tensión crítica mínima de erosión
- tau_e.max = Tensión crítica máxima de erosión
- c_a = Concentración de sedimento en el fondo
- W_s = Velocidad de sedimentación

Estudio del transporte de los sedimentos en los cauces.

Supercomputación sobre GPU



GTX-1080

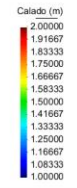


Test case: 2D Dam break

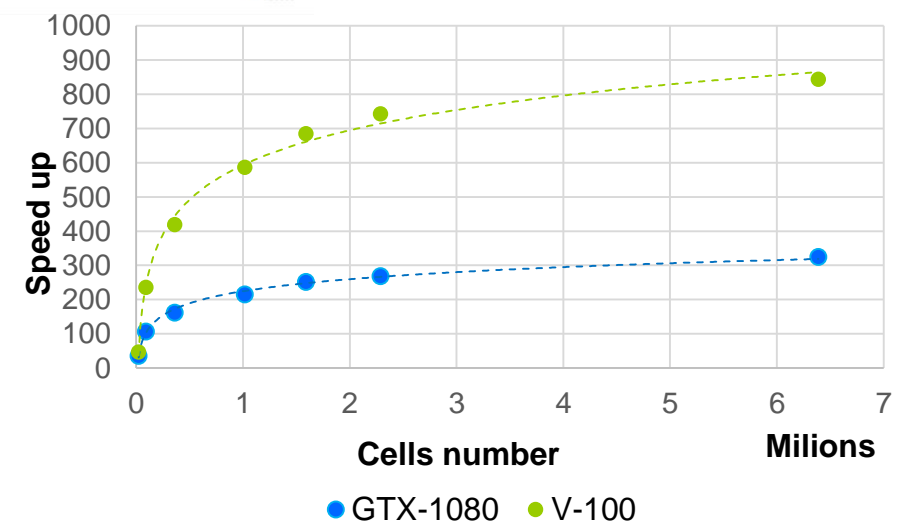


V-100

Hidráulica paso 0
 Mapa de color suavizado (Media) de Calado (m).
 Deformación (x5): Vector Calado de Hidráulica, step 0.



Nº cells	Computing time (s)			Speed up (x)	
	Iber Intel Xeon E5	R-Iber GTX-1080	R-Iber V-100	GTX-1080	V-100
22410	144.73	4.06	3.09	35.6	46.8
91068	1664.05	15.63	7.07	106.5	235.4
362668	14084.41	86.97	33.58	161.9	419.4
1017378	79400.98	368.32	135.27	215.6	587.0
1590610	175423.01	695.9	256.04	252.1	685.1
2290424	332535.35	1238.12	447.50	268.6	743.1
6390256	1692760.03	5213.95	2006.14	324.7	843.8

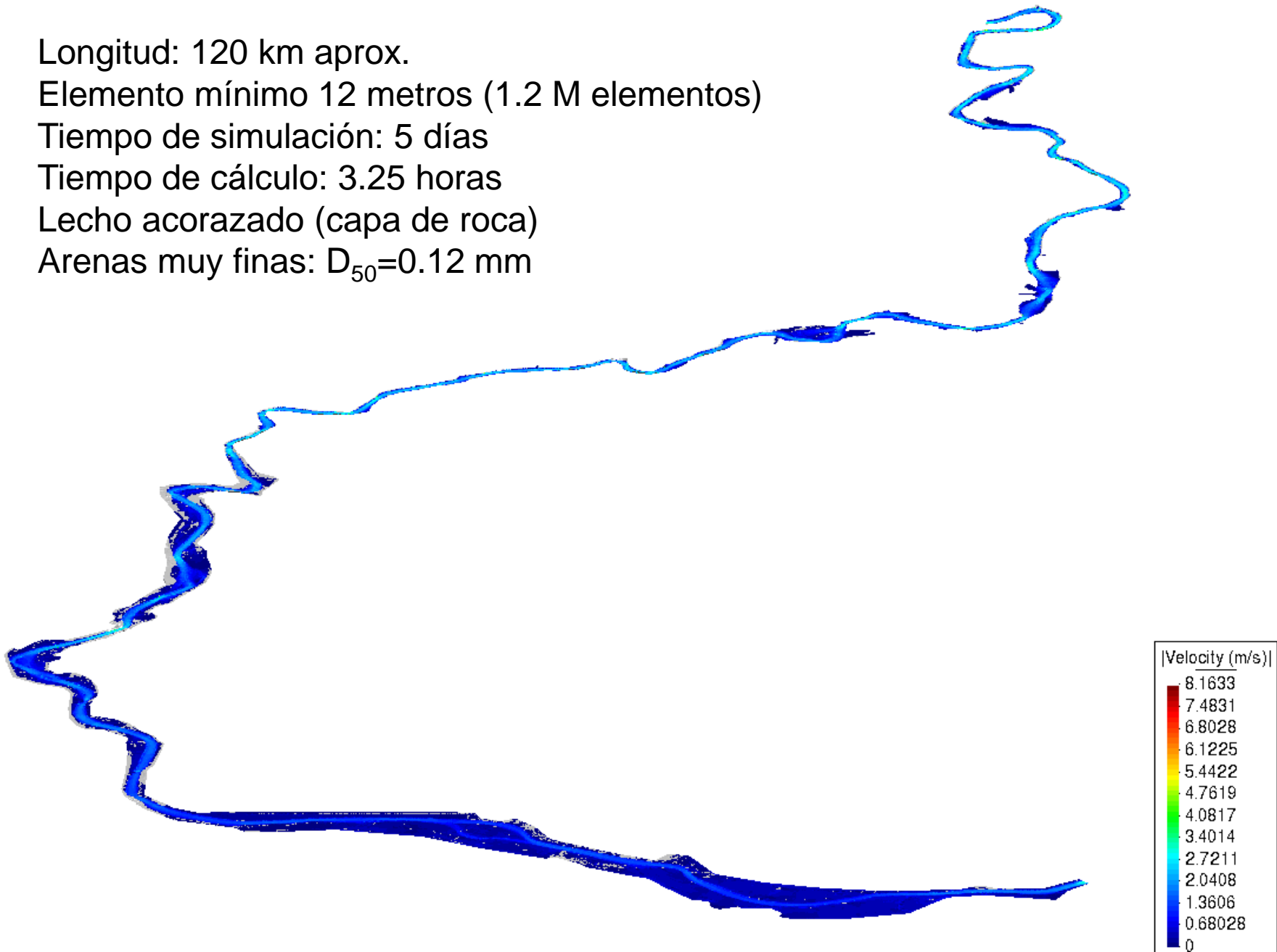


<https://iberaula.es/space/54/downloads>



Simulación numérica Iber

- Longitud: 120 km aprox.
- Elemento mínimo 12 metros (1.2 M elementos)
- Tiempo de simulación: 5 días
- Tiempo de cálculo: 3.25 horas
- Lecho acorazado (capa de roca)
- Arenas muy finas: $D_{50}=0.12$ mm



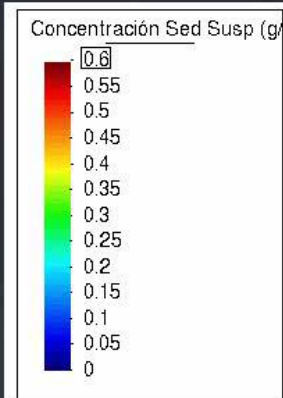
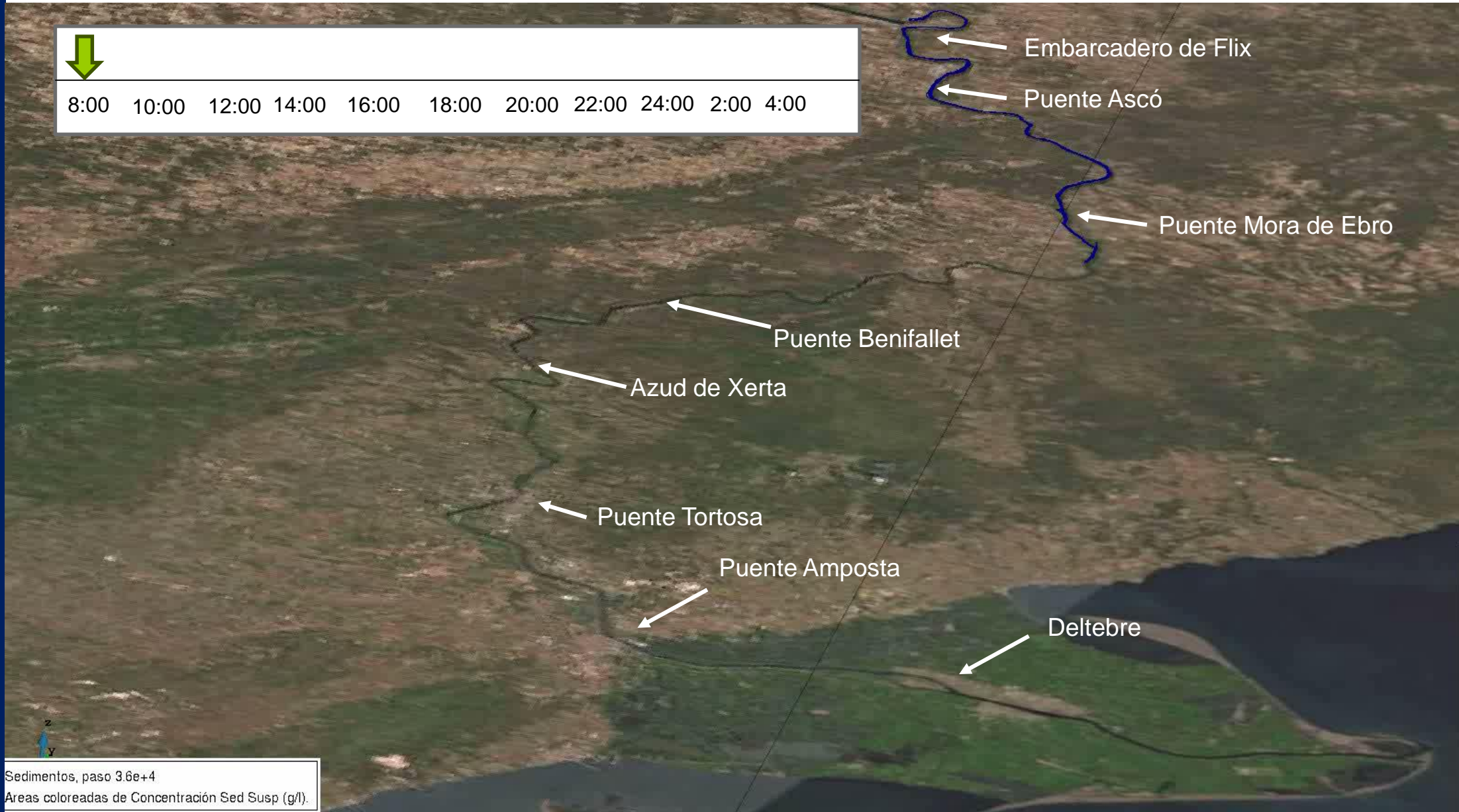
Análisis de la avenida controlada del 30 de enero de 2024

Avenida del 30 de enero de 2022

<https://youtu.be/HMhtGjkhG-o?si=uKxZHx4DiOWchZIL>

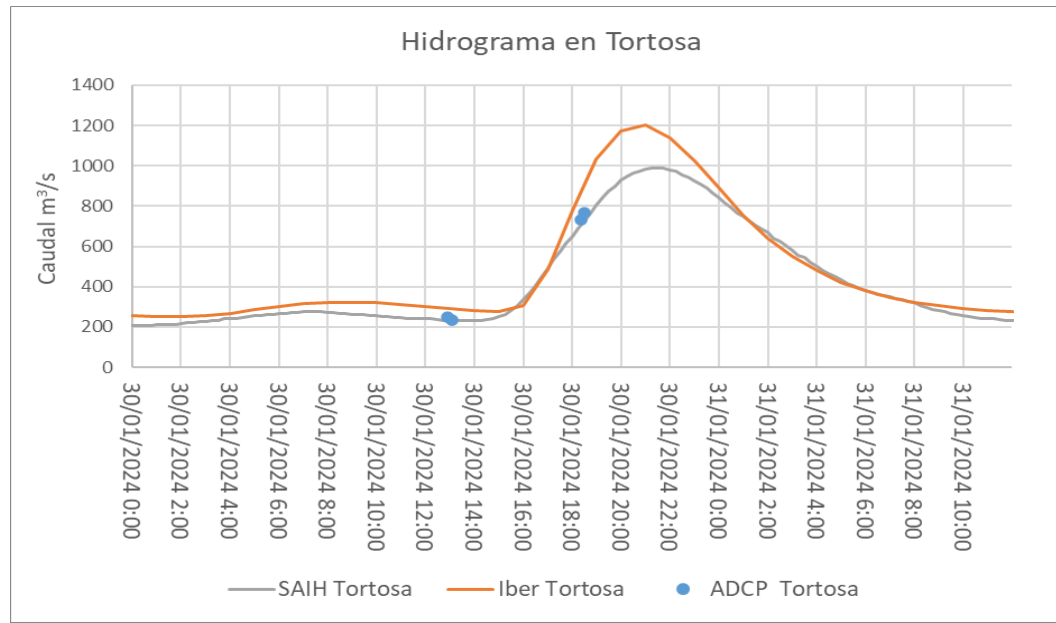
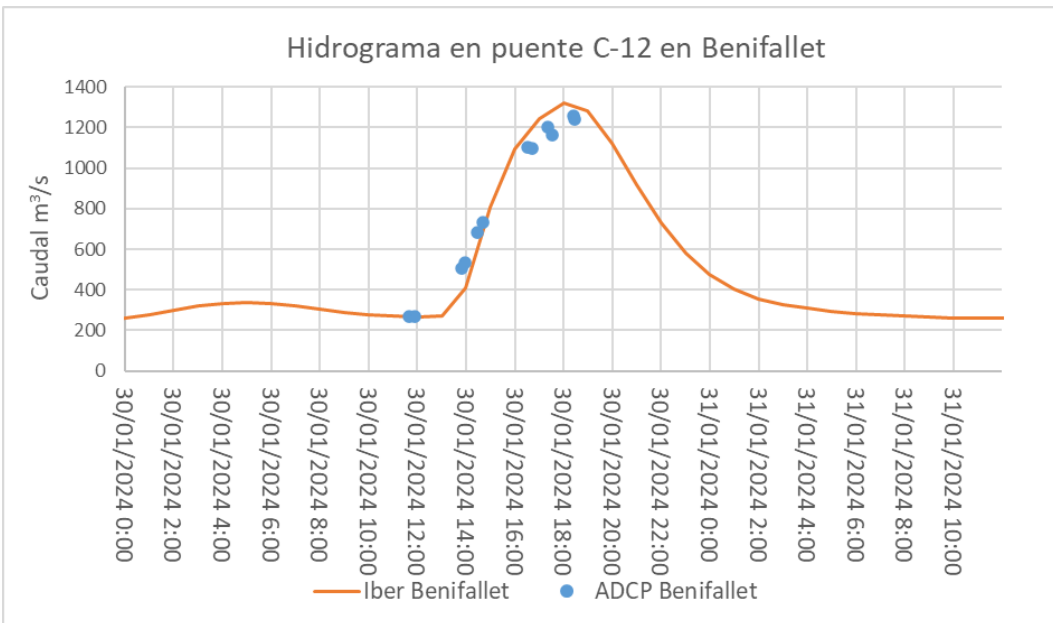
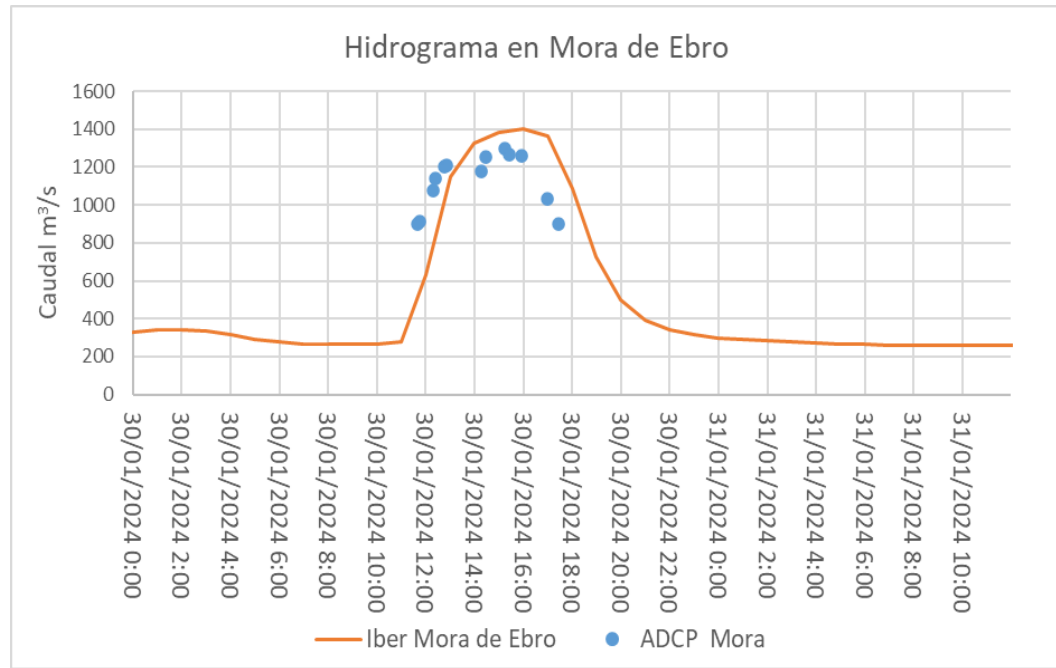
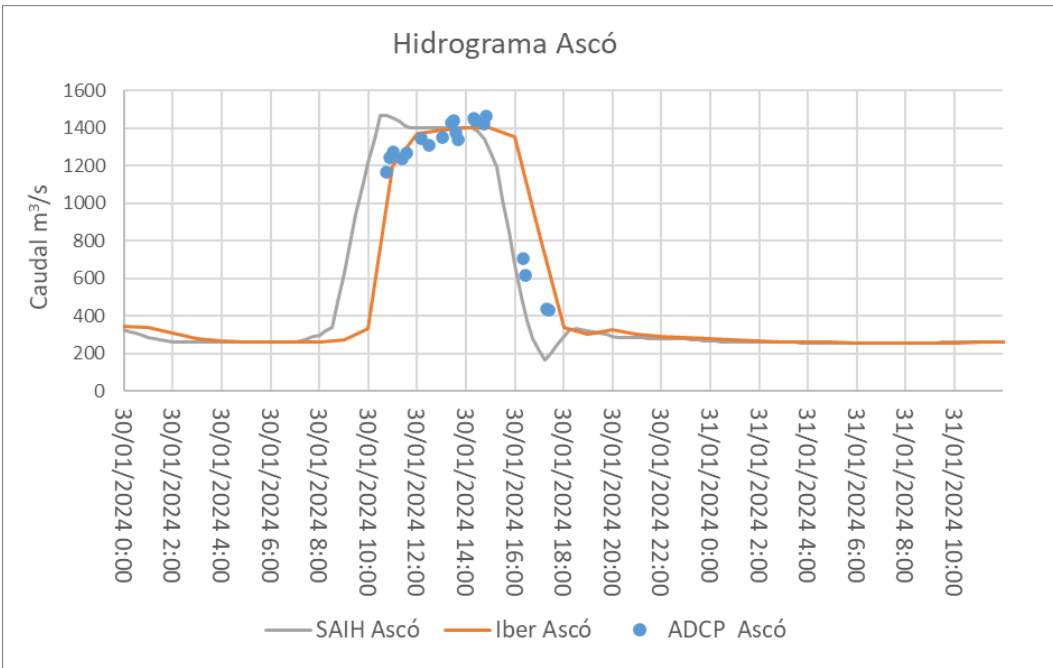
Avenida controlada del 30 de enero de 2024


 8:00 10:00 12:00 14:00 16:00 18:00 20:00 22:00 24:00 2:00 4:00

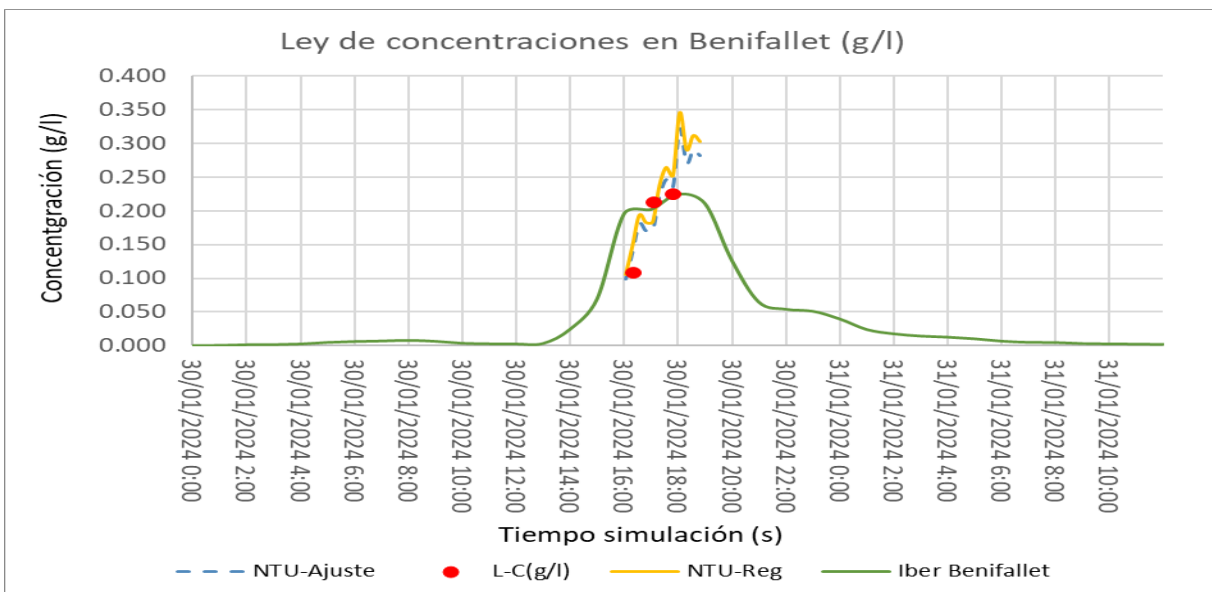
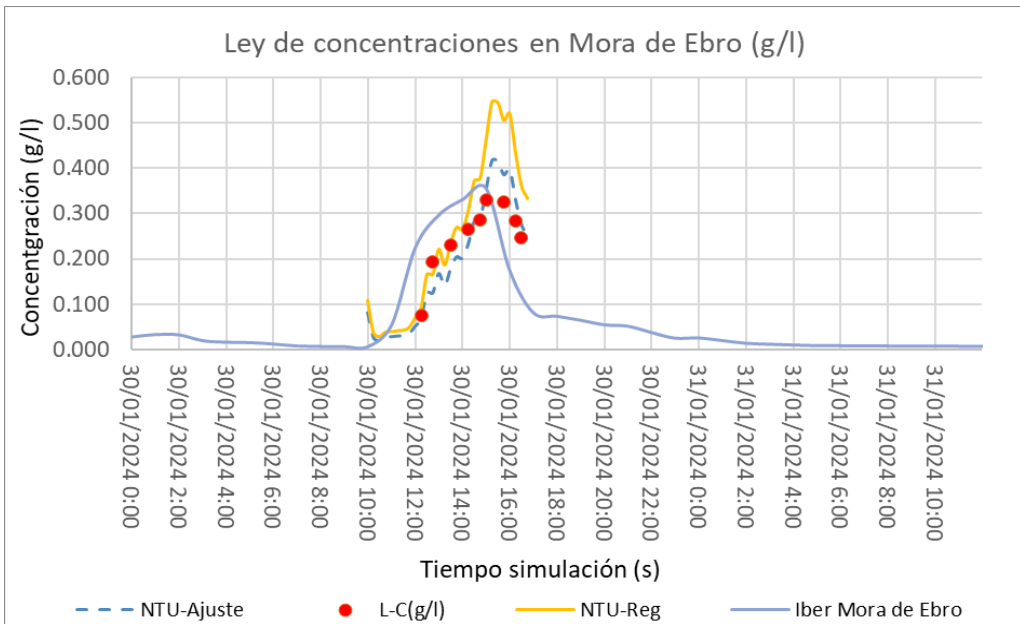
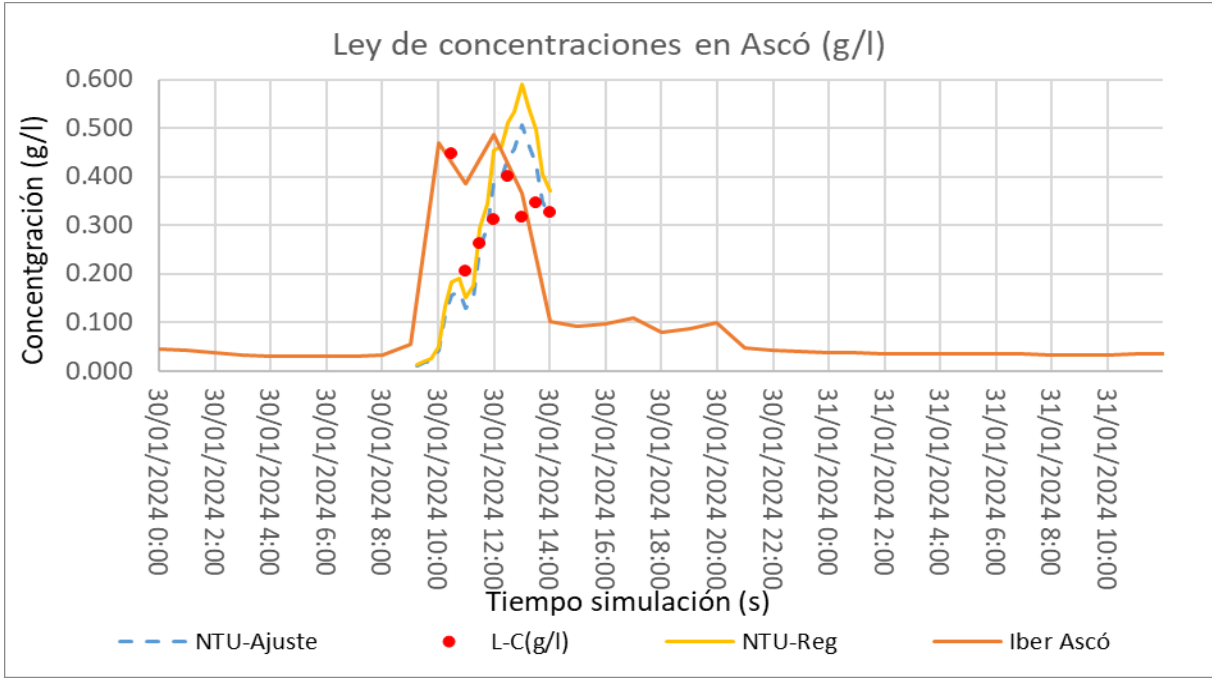
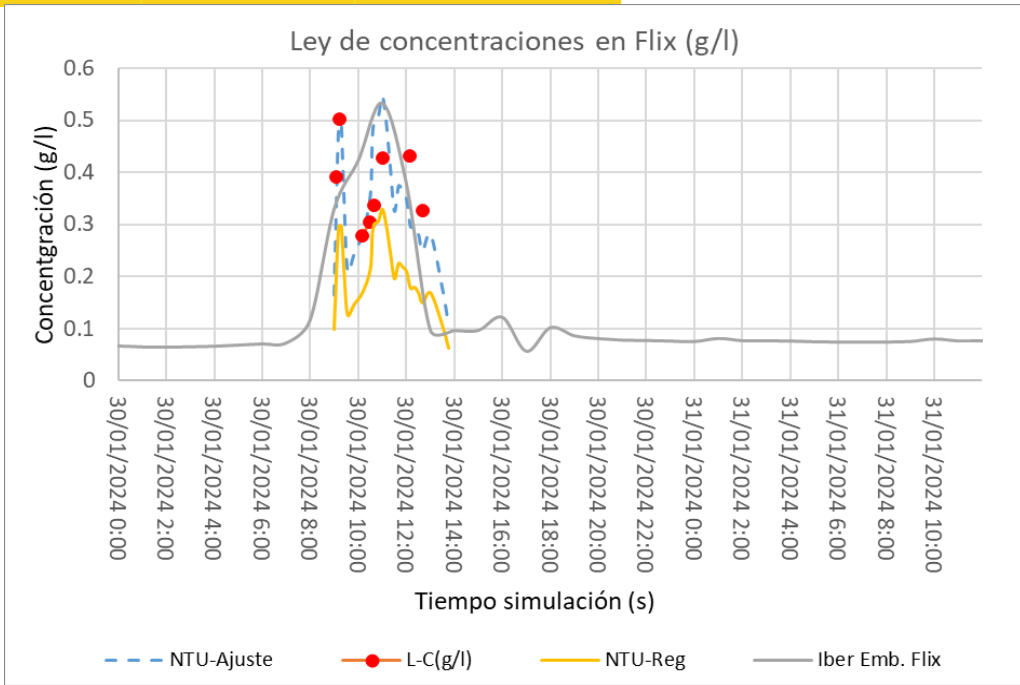


Sedimentos, paso 3.6e+4
 Áreas coloreadas de Concentración Sed Susp (g/l).

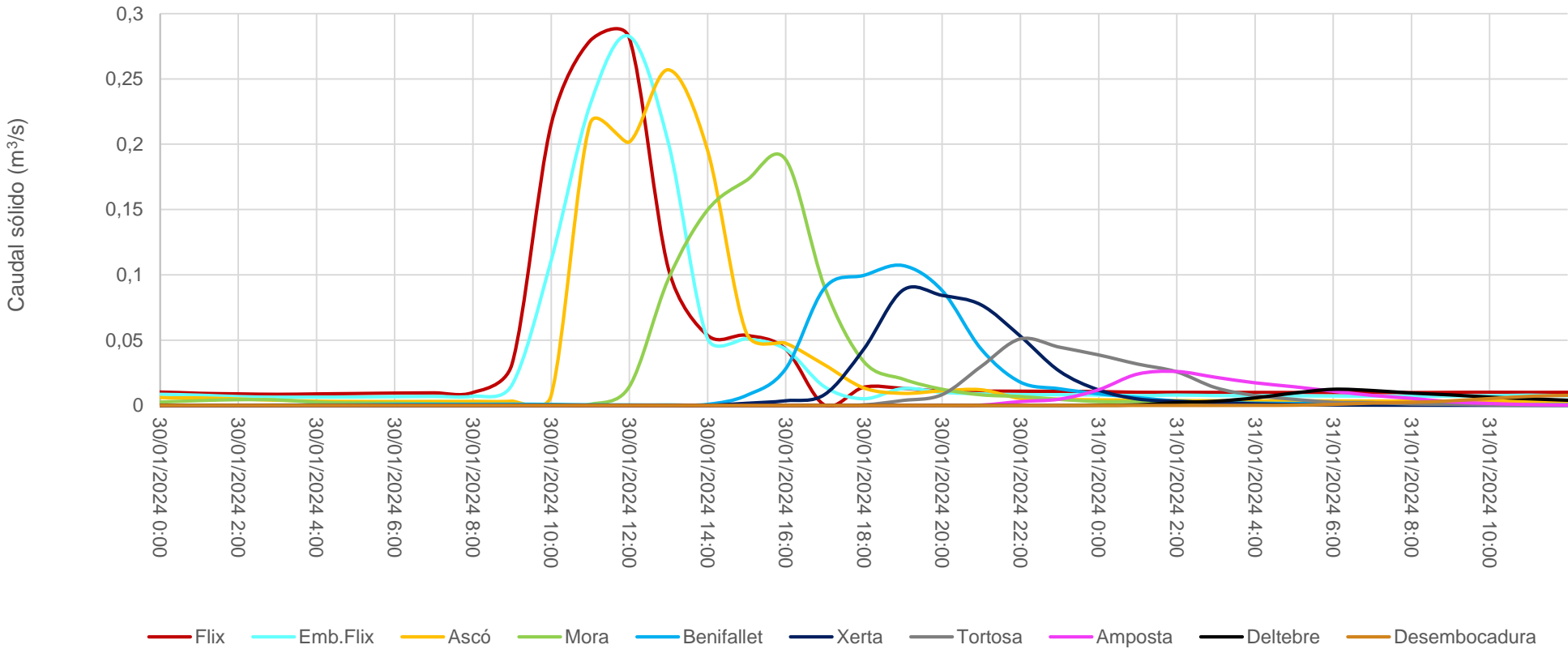
Comparativa de hidrogramas



Comparativa de concentraciones de SS



Solidogramas



	Flix	E.Flix	Ascó	Mora	Benifallet	Xerta	Tortosa	Amposta	Deltebre	Desemb.
Volumen										
(m³)	6.664	5.774	4.837	3.144	1.925	1.487	970	550	313	246
Masa										
(ton)	17.660	15.302	12.819	8.333	5.102	3.939	2.571	1.458	829	653

Transporte por el canal de la margen derecha

Avenida controlada del 30 de enero de 2024



C=186 mg/l. 31 de enero de 2024 a las 09:40 horas.

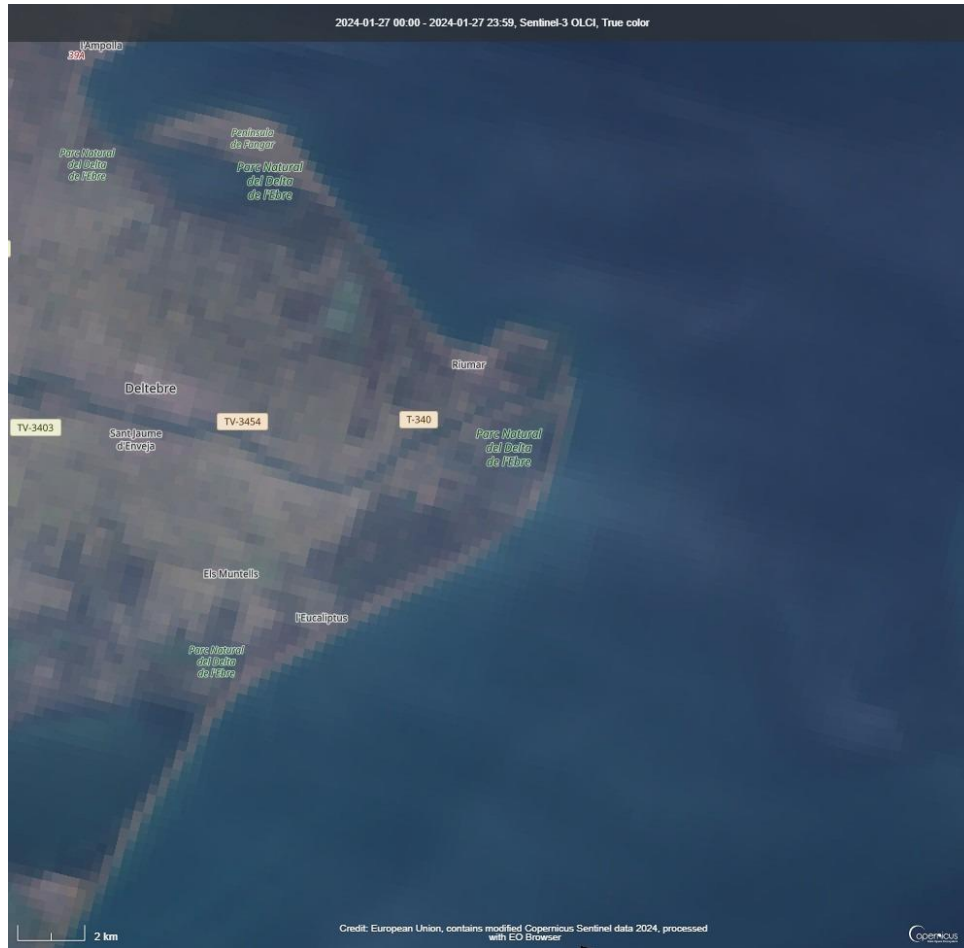
Vertido del canal de la margen derecha

Avenida controlada del 30 de enero de 2024

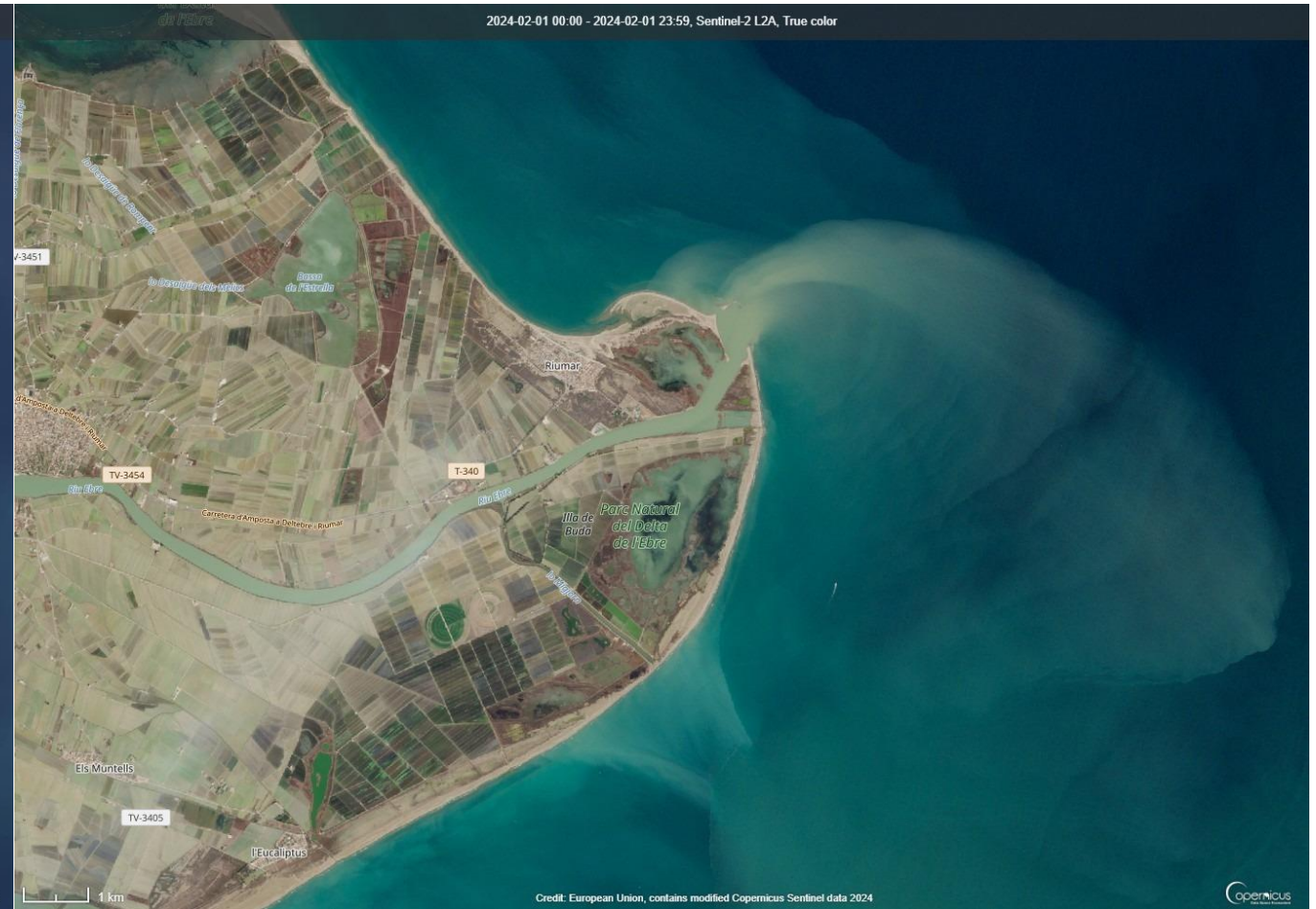


Imágenes de satélite

Avenida controlada del 30 de enero de 2024



Sentinel-3 (27/01/24)



Sentinel-2 (1/02/24)



Análisis de la avenida controlada del 5 de mayo de 2022

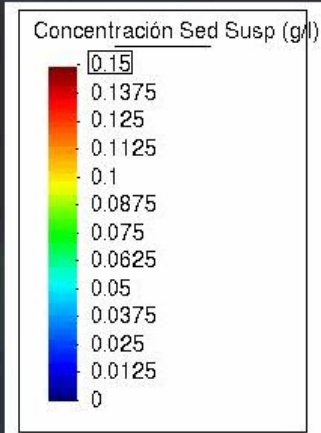
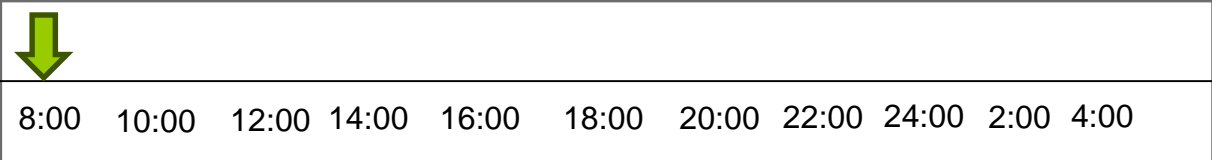
Avenida del 5 de mayo de 2022

Avenida controlada del 30 de enero de 2024



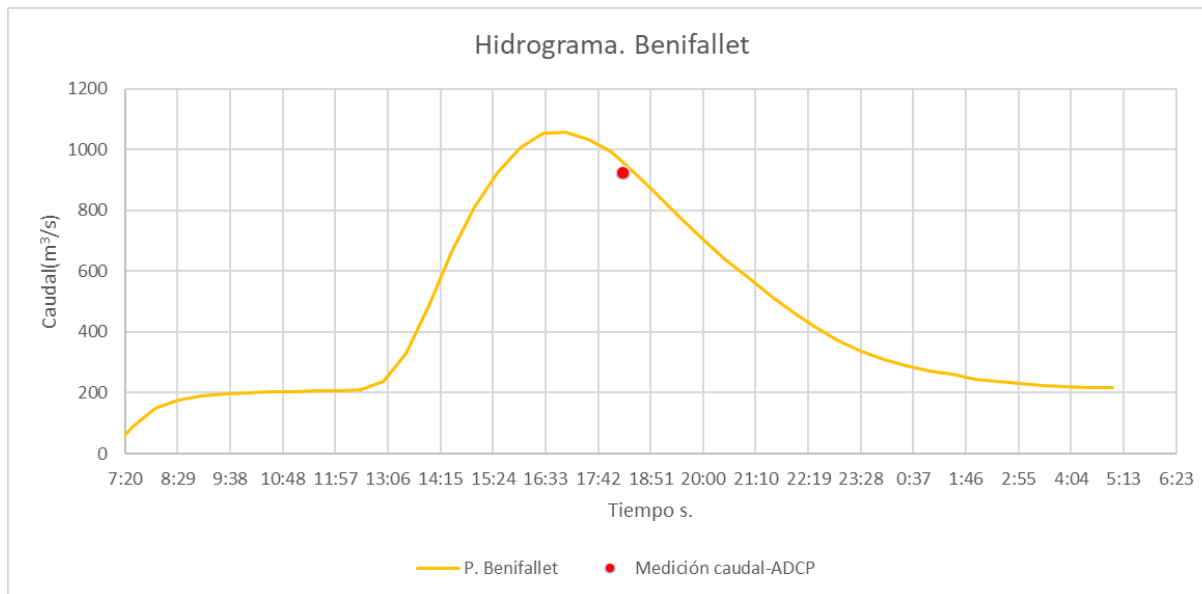
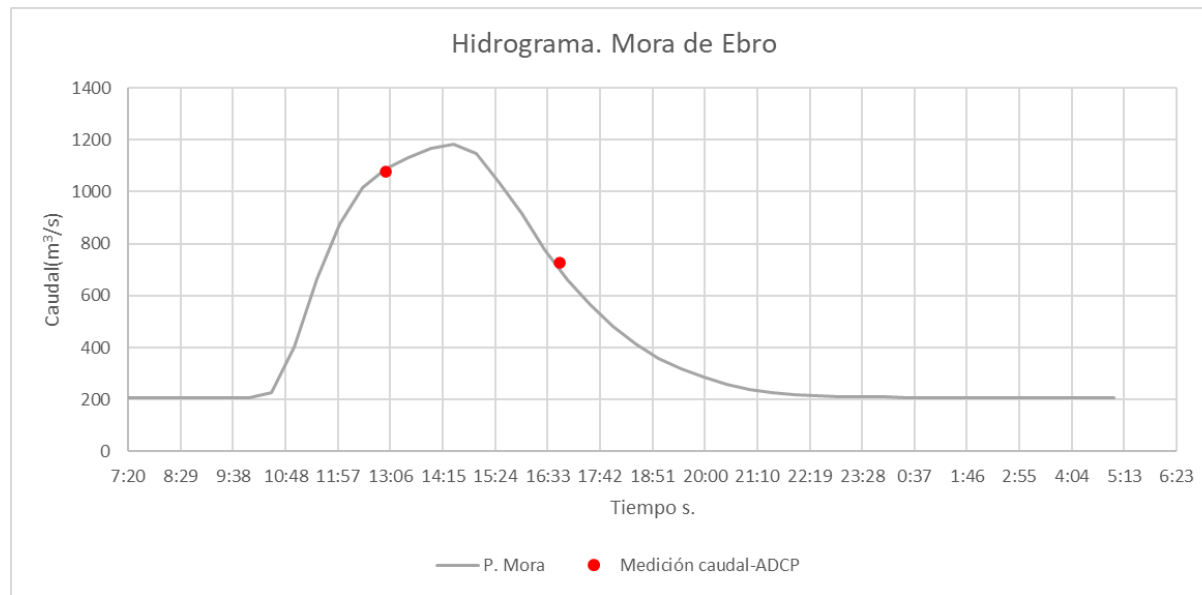
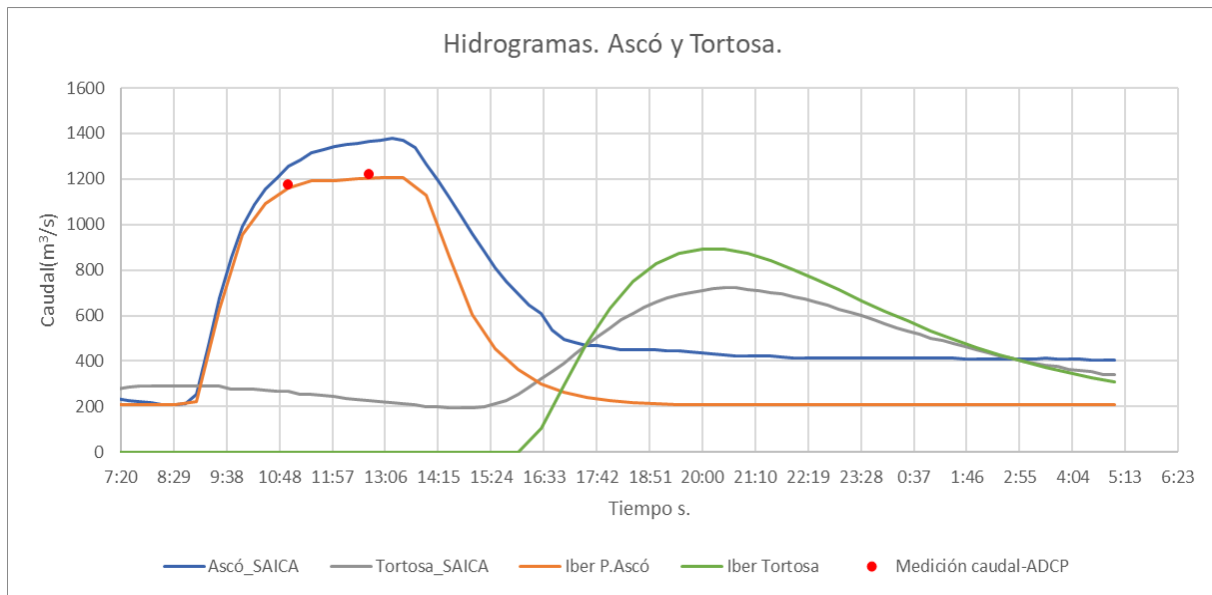
Avenida del 5 de mayo de 2022

Avenida controlada del 30 de enero de 2024



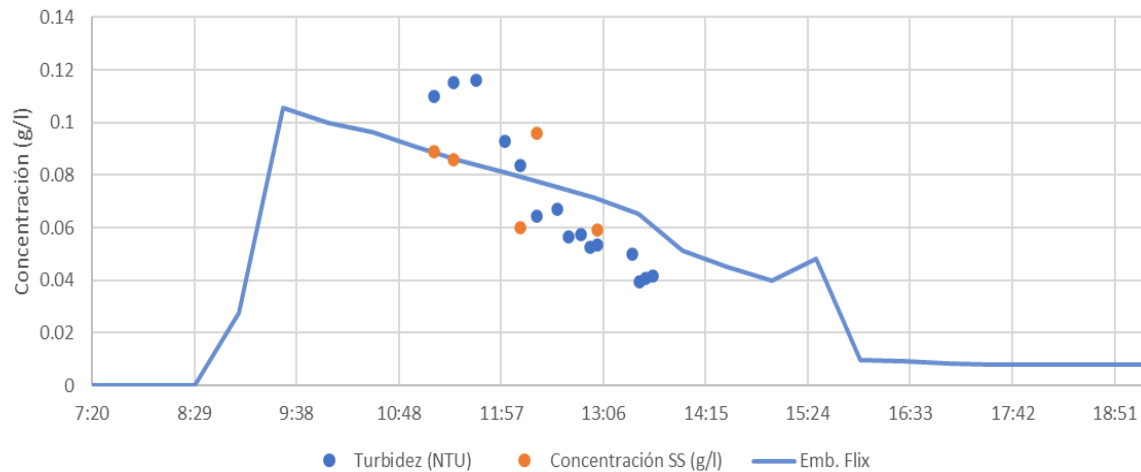
000
Concentración Sed Susp (g/l).

Propagación onda de avenida

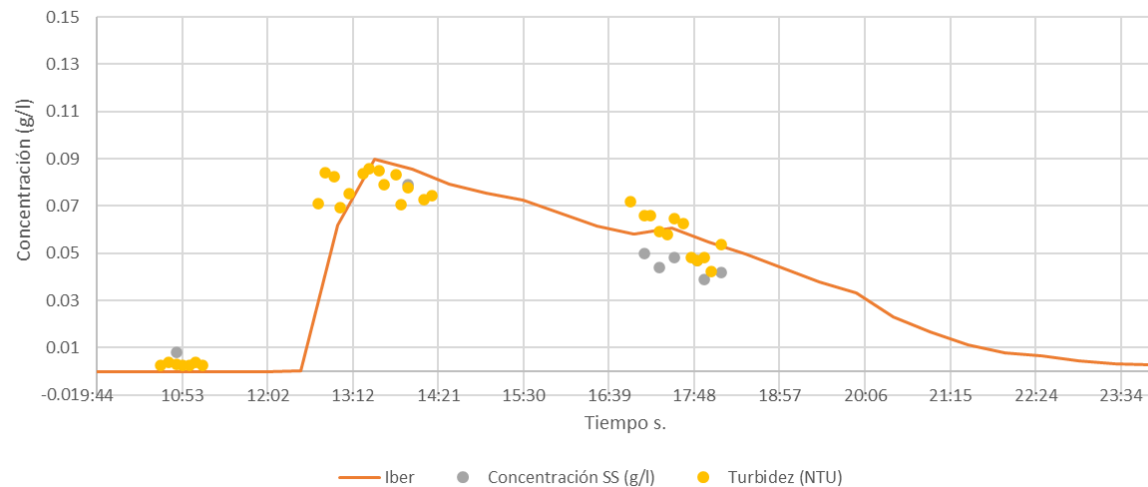


Comparativa de concentraciones

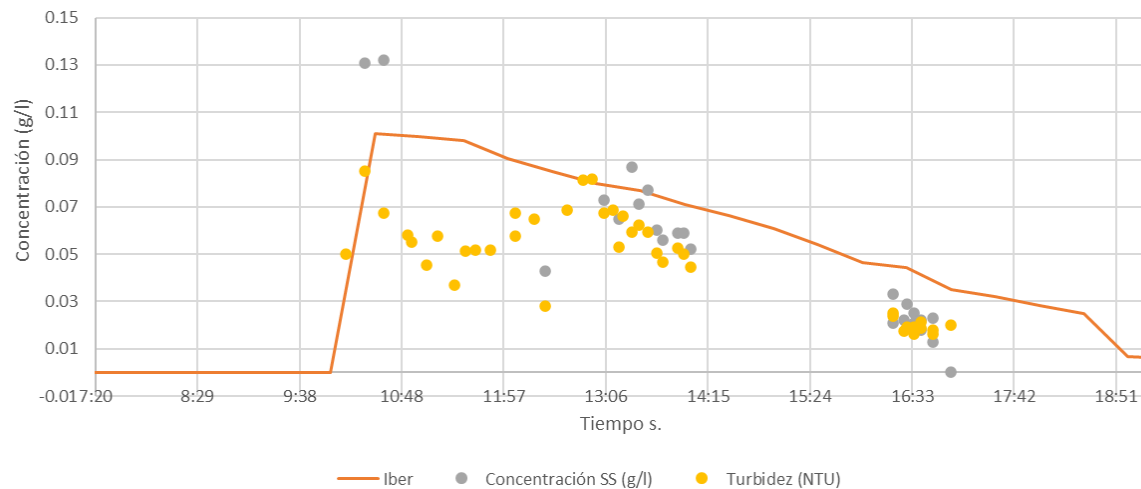
Evolución de concentración de SS en embarcadero de Flix



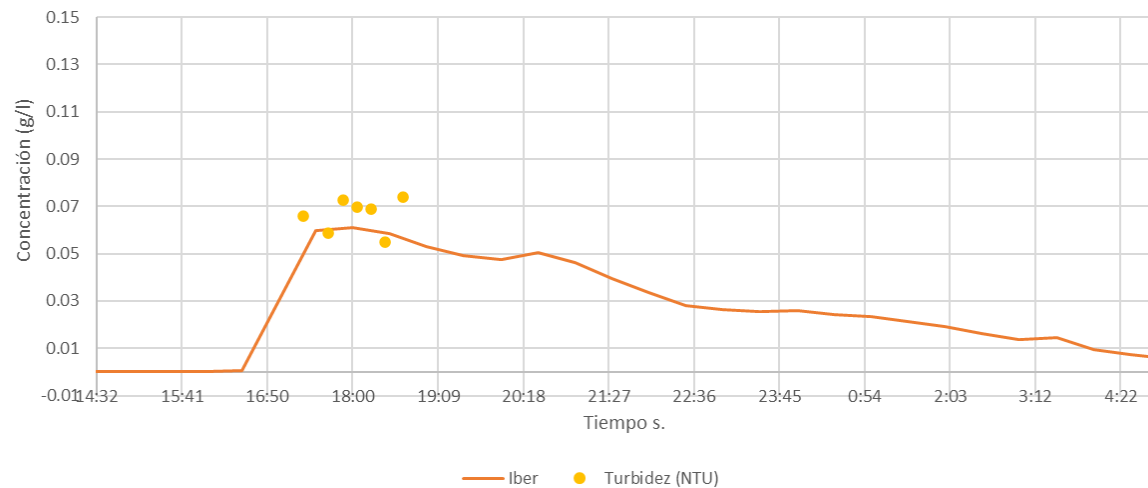
Evolución de concentración de SS en puente de Mora de Ebro



Evolución de concentración de SS en puente de Ascó

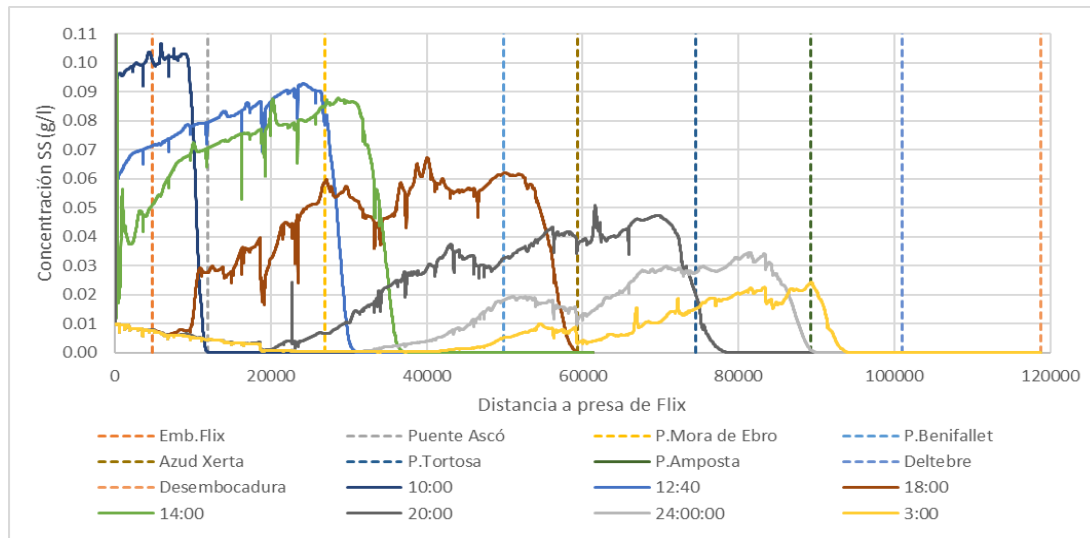
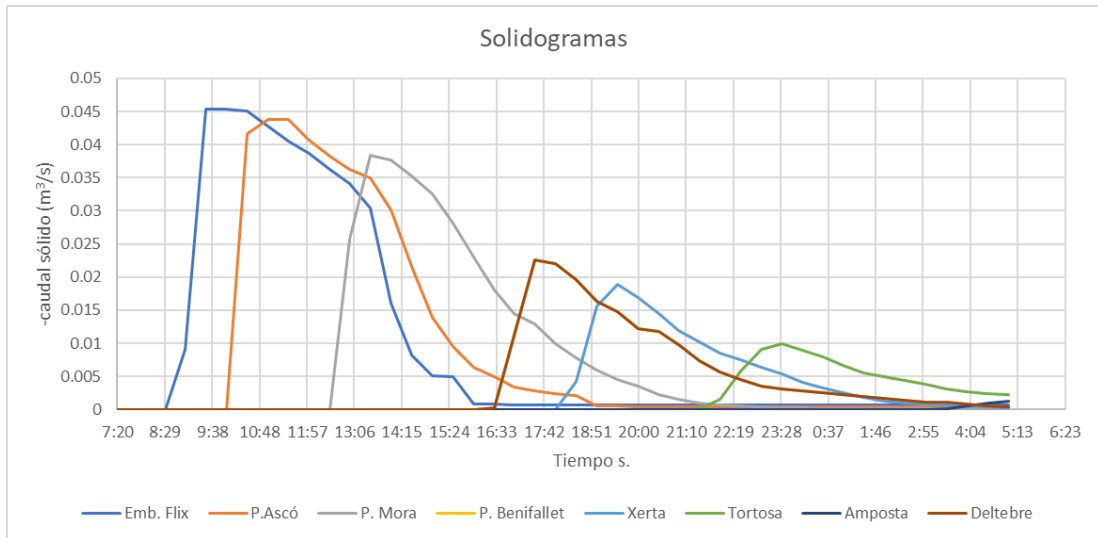
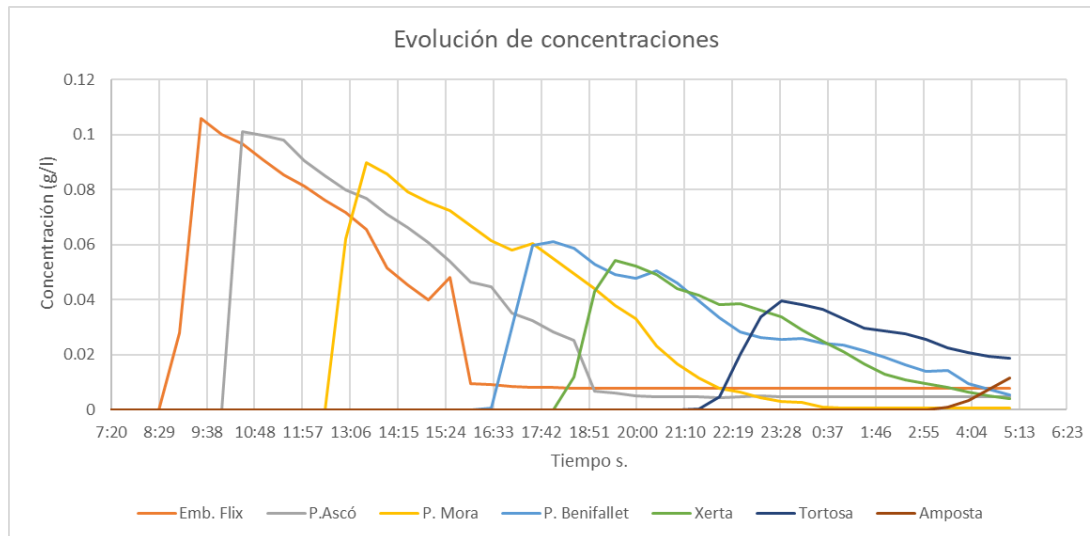
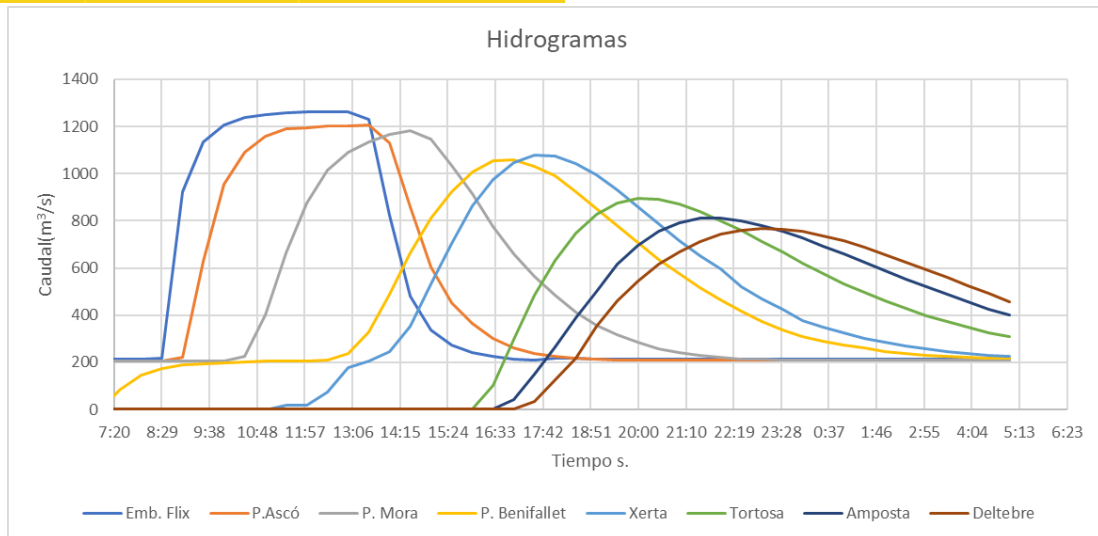


Evolución de concentración de SS en Puente de Benifallet





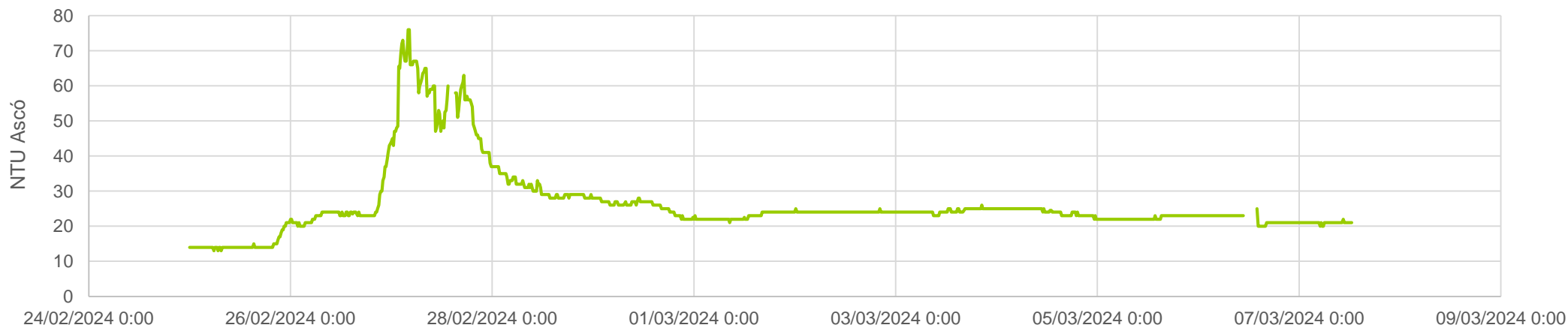
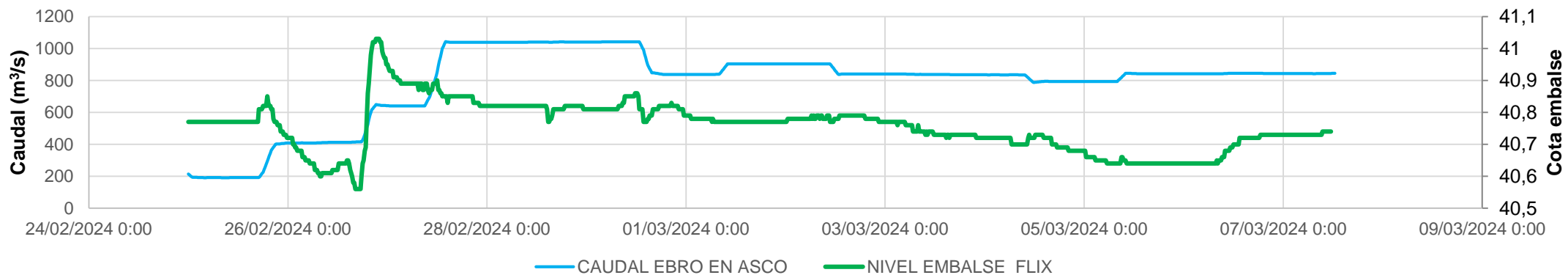
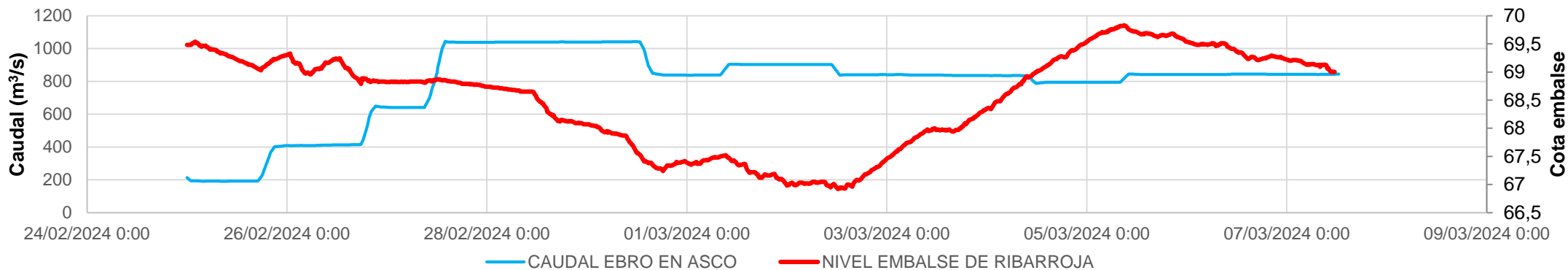
Resultados modelación numérica R-Iber



Transporte	Embarc. Flix	P. Ascó	P. Mora	P. Benifallet	Azud Xerta	P. Tortosa
Masa (ton)	1998.5	1832.4	1455.3	864.6	651.3	371.2
Volumen (m³)	754.1	691.5	549.2	326.3	245.8	140.1

Avenida natural de marzo 2024

Avenida natural de marzo 2024





Conclusiones

1. Los registros del SAICA en Ascó son muy representativos.
2. El modelo Iber es muy adecuado para el estudio del transporte sedimentario en el curso bajo del Ebro.
3. Éxito de la campaña del 30/01/2024 que x7 el Tte. sedimentos respecto a 5/05/2022, por la gestión de embalses.
4. Las concentraciones (>500 mg/l) registradas en la avenida controlada siguen siendo muy bajas para el Ebro. Se puede ser más ambicioso en el descenso de embalses en las próximas.
5. Mejor planificación de campaña de muestreo de Tte. de fondo.

Muchas gracias por vuestra atención