

**PLAN DE ACCIÓN SOBRE EL DELTA DEL EBRO:  
CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS EXISTENTES  
EN LOS EMBALSES DE MEQUINENZA Y RIBARROJA  
09.803.0459/0411**

**BATIMETRÍA DEL EMBALSE DE MEQUINENZA**

**Rogelio Galván Plaza  
12 de julio de 2023**

Este trabajo contratado por la Subdirección General de Protección de las Aguas y Gestión de Riesgos ha sido dirigido por la Confederación Hidrográfica del Ebro y ha contado con el apoyo técnico de la propia Subdirección y la supervisión y asesoría de la Universidad Politécnica de Cataluña y de la Universidad de Lleida. Además, para la propia contratación, la información previa y la revisión de resultados, ha contado también con el apoyo del CEDEX.

Empresa adjudicataria: UTE PROSERMAR-CEMOSA



*Cartografía del embalse de Mequinenza y caracterización de sedimentos existentes en Mequinenza y Ribarroja*

**Estrategia para la gestión integral de sedimentos en la demarcación hidrográfica del Ebro**  
 (Programa de Medidas Plan Hidrológico 2022-27  
 Real Decreto 35/2023, de 24 de enero)

Estrategia para la gestión integral de sedimentos en la demarcación hidrográfica del Ebro							Código PdM	Situación
Medida	Inversión (€)		2021	2022	2023	2024		
Modelización del flujo de sedimentos en el embalse de Ribarroja	50.000	CHE					ES091_3_2641	Ejecutado
Cartografía del embalse de Mequinenza y caracterización de sedimentos existentes en Mequinenza y Ribarroja (BAMECO)	600.000	DGA					ES091_3_2529	En ejecución
BLOQUE 1. INICIA. Mejora del conocimiento y bases de partida								
Caracterización cartográfica y sedimentaria de la cuenca aguas abajo de Flix (embalses de Ciarana, Guiamets y Margalef y cauces asociados)	250.000	DGA					ES091_3_2875	Ejecutado
Cartografía de detalle del eje del Ebro desde Flix hasta el delta del Ebro	250.000	DGA					ES091_3_2876	Ejecutado
Estudio de las barreras transversales existentes en los cauces aguas abajo de Flix y propuesta de proyectos de permeabilización	100.000	DGA					ES091_3_2877	Ejecutado
Modelación hidrodinámica del tránsito de sedimentos desde los embalses estudiados. Planteamiento conceptual y experimental. Desarrollo modelos físicos en cauce	500.000	DGA					ES091_3_2879	En ejecución
BLOQUE 2. ENSAYO. Protocolo de gestión de sedimentos (delta del Ebro): pruebas piloto y ensayos de aplicación.								
FASE 1: a) <u>Proyectos y estudios</u> : pruebas piloto en (1) embalse de Ribarroja en desembocadura del Segre a la altura del pueblo de Mequinenza, (2) en embalse de Ribarroja en confluencia Matarraña-Ebro, y (3) en confluencia Ciarana-Ebro. b) <u>Ejecución</u> : prueba piloto en embalse de Ribarroja en desembocadura del Segre a la altura del pueblo de Mequinenza. Análisis.	2.000.000	DGA					ES091_3_2880	En ejecución
c) <u>Crecidas controladas</u> : seguimiento y pruebas piloto de adaptación a la movilización de sedimentos de las crecidas controladas para el control de <u>mercénticos</u>								No iniciado
FASE 2: evaluación y seguimiento adaptativo; propuesta de nuevas acciones. (PRTR, excepto lo referente a crecidas controladas)								En ejecución
a) <u>Proyectos y estudios</u> : prueba piloto en azud de Xerta.								No iniciado
b) <u>Ejecución</u> : otras pruebas piloto según viabilidad; (1) embalse de Ribarroja en confluencia Matarraña-Ebro, (2) confluencia Ciarana-Ebro. Análisis	1.500.000	DGA					ES091_3_2880	No iniciado
c) <u>Crecidas controladas</u> : continuación del ensayo con las crecidas controladas y del mejor aprovechamiento de las crecidas naturales para la movilización de sedimentos								No iniciado
FASE 3: Ejecución de otras pruebas piloto (azud de Xerta). Evaluación de resultados, seguimiento adaptativo y propuesta de nuevas acciones. Continuación gestión de <u>crecidas controladas</u> y <u>naturales</u>	500.000	DGA					ES091_3_2880	No iniciado
Convenio con la Universidad Politécnica de Cataluña, para el estudio de la dinámica sedimentaria del tramo final del río Ebro (Escatrón-Amposta). Este convenio se dirige a aspectos tanto del Bloque 1, de mejora inicial del conocimiento, como del Bloque 2, para seguir la ejecución y resultados de las pruebas piloto	195.000	CHE						En ejecución
BLOQUE 3. Observatorio Hidrológico de delta del Ebro								
Mejora de la información hidrológica y ambiental del delta del Ebro y su integración en el SAIH (PRTR) [Creación y mantenimiento del Observatorio Hidrológico de delta del Ebro. Mejora de la Red de Indicadores Ambientales del delta del Ebro (RADE) y mantenimiento y explotación de la red existente]. Seguimiento, mejora y explotación hasta el fin del ciclo de planificación	1.000.000	DGA					ES091_3_2527	En licitación
Nivelación de alta precisión y otras actuaciones para caracterización de la subsistencia en el delta del Ebro	150.000	CHE					ES091_3_2874	Ejecutado (actividad principal)
Actuaciones para la mejora ambiental en el delta del Ebro (AMADE) financiadas en función de la recaudación del Consorcio de Aguas de Tarragona (artículo 3 de la Ley 18/1981)	3.000.000	CHE					ES091_3_2738	Pendiente canon de ministrasvase
Plan de adaptación al cambio climático (*)	30.000	DGA					ES091_3_2641	No iniciado
Red de control del transporte de sedimentos de la demarcación hidrográfica del Ebro (RED-SED). Mejora de turbidímetros de la red SAICA y otras actuaciones para el monitoreo del transporte de sedimentos	100.000	CHE					ES091_3_3274	En ejecución
Actuaciones en la costa (**)								
Confeción de un nuevo deslinde incorporando los terrenos que tengan características de Dominio Público Marítimo-Terrestre.		DGCM					ES091_3_3275	Actuación costas
Realización de una franja de protección que permita el libre movimiento de la costa; siendo de plena validez las soluciones apuntadas por el Laboratorio d'Enginyeria Marítima (LIM) del la Universidad Politécnica de Catalunya de 2011 y 2016, si bien debe contemplarse una elevación de la bermá que tenga en cuenta los nuevos horizontes de elevación del nivel del mar.	7.500.000	DGCM					ES091_3_3276	Actuación costas
Ejecución de cuatro posibles trasvases de arena, dos en cada hemidelta. (I). Punta del Fangar a playas de La Marquesa y Balsa de Arena, hasta el límite erosivo. (II). Punta del Fangar y/o Garxal-Rumar a Cabo Tortosa-Illa de Sant Antoni. (III). Playa de Escalipatas a Illa de Buda u Cabo Tortosa. (IV). Punta de la Banyà a norte de la playa del Trabucador		DGCM					ES091_3_3277	Actuación costas
Investigación, estudios y otras actuaciones de financiación alternativa. (Proyecto SEDILAND, proyecto REST-COAST, proyecto SED@HEAD, vehiculación todos de la ETAP del Consorcio de Aguas de Tarragona en la red de canales del delta, prácticas agrícolas conservadoras, etc.)		Varias						Diferentes estados
TOTAL DGA CHE							11.225.000	
TOTAL DGCM							7.500.000	
TOTAL MITERO (DGA+CHE+DGCM)							18.725.000	



GOBIERNO DE ESPAÑA  
 MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

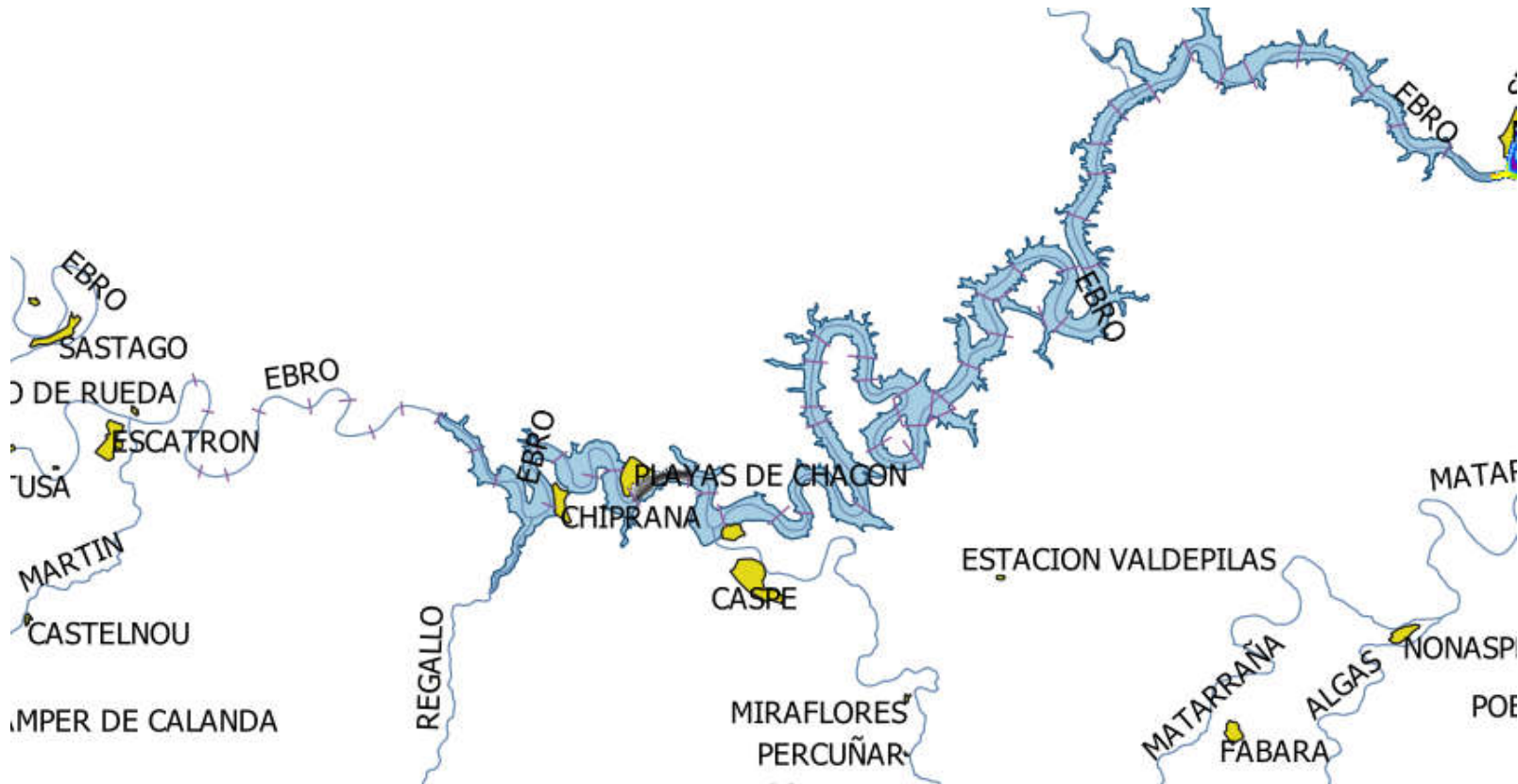


CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO



- 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA**
- 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA**
- 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA**

# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA



Volumen: 1.534 hm<sup>3</sup>  
Superficie: 7.540 ha  
Longitud: 112 km



# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

## PROCEDIMIENTO:

- Batimetría con ecosonda multihaz de terreno sumergido, vuelo LIDAR de terreno emergido y unificación en un MDT de malla 0,5 x 0,5 m.



# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

## PROCEDIMIENTO:

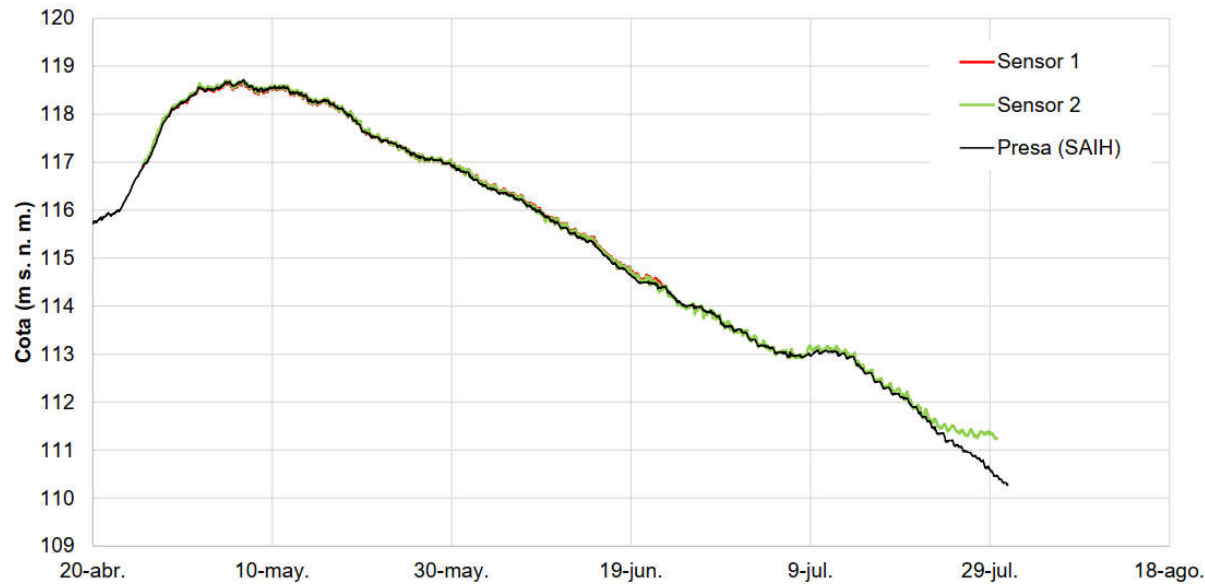
- Posicionamiento. Tanto el sistema multihaz como el LIDAR integran GPS RTK y obtienen las correcciones diferenciales vía NTRIP. En las zonas sin cobertura telefónica se ha requerido un sistema alternativo que en el caso de la batimetría se ha basado en correcciones diferenciales Atlas H10 por satélite y para el dron, base GPS de RTK con radio enlace. Las bases locales ajustadas mediante observaciones estáticas y correcciones con ficheros RINEX registrados por las bases de referencia RTK accesibles y cercanas.
- Referencia en el nivel de embalse en la presa (SAIH). Verificada su precisión para toda la lámina. Para la cola del embalse se instalaron sensores de presión (Flumen-UPC) para determinar la posible influencia del río sobre los niveles.

# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

SENSORES DE PRESIÓN. RESULTADOS:



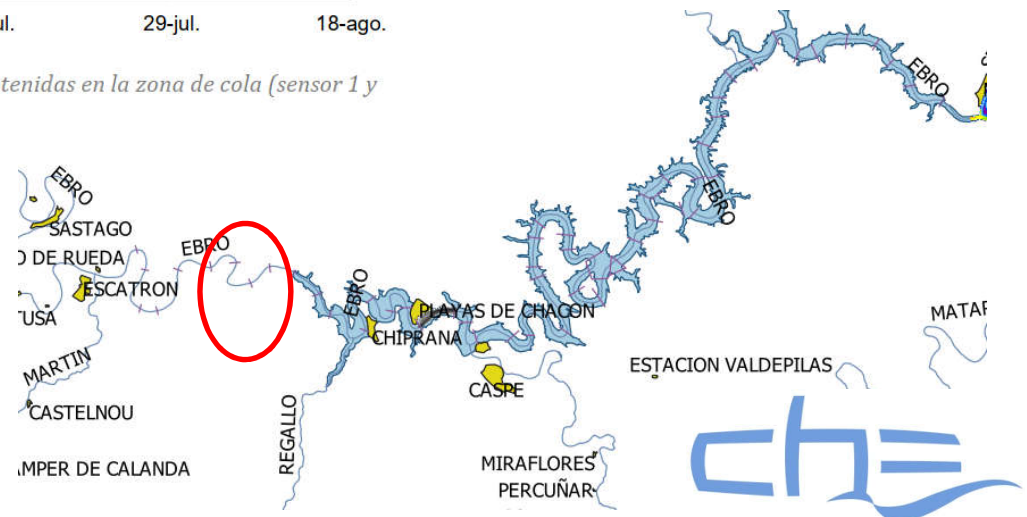
Sensor de presión: 25 de abril de 2022



Análisis Flumen-UPC

Figura 5. Cota del embalse de Mequinenza en la presa (fuente: SAIH) y cotas obtenidas en la zona de cola (sensor 1 y sensor 2).

Ubicación de los sensores  
Batimetría de la zona en mayo 2022

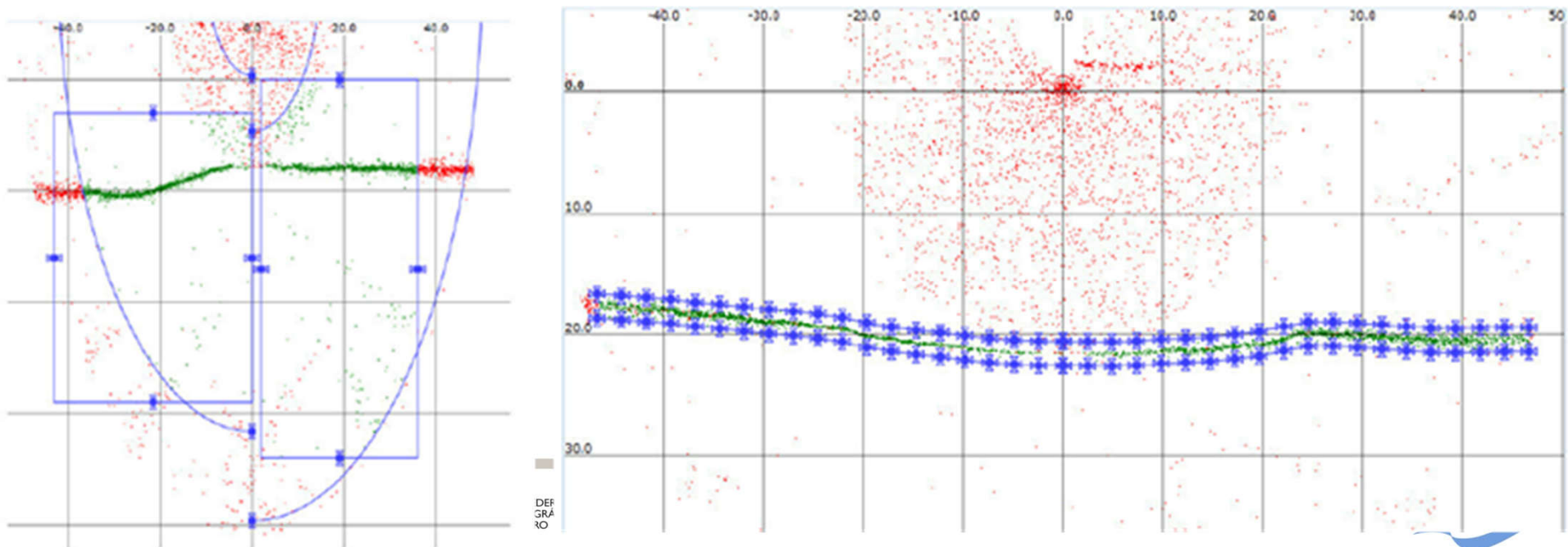




# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

## PROCEDIMIENTO:

- 7 campañas batimétricas entre abril y agosto de 2022.
- Vuelo LIDAR en junio y septiembre de 2022.
- Garantizar solape entre batimetría y LIDAR
- Procesamiento de datos



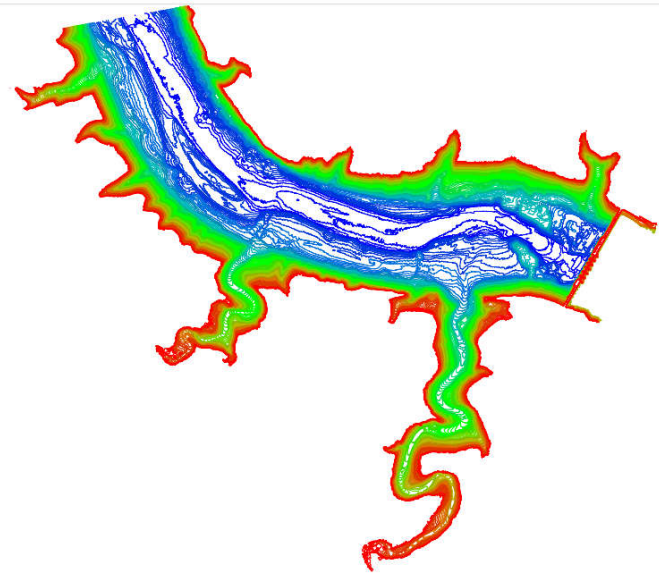
# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

## RESULTADOS:

- 52 tramos + 8 subtramos que reproducen los mismos que batimetrías precedentes. Raster malla de 0,5 x 0,5 m, curvas de nivel cada 0,5 m.



Tramo 52: Cola del embalse (azud de Escatrón)



Tramo 1: Presa

# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

## CONTROL DE CALIDAD:

- Se ha contado con la colaboración del Instituto Flumen-UPC. Gracias a la misma se han producidos mejoras y correcciones en la ejecución
  - Mejoras en la integración de batimetría y LIDAR en las líneas de contacto.
  - Mejoras en el procesado de información reduciendo las incertidumbres asociadas a la técnica, especialmente en el borde de las líneas de navegación.
  - Corrección de problemas de solape entre tramos y mejora de la interpolación entre puntos.
  - Corrección de errores de procesado en los tramos 31-40 Con los tramos 31-40 comenzaron los trabajos de campo de batimetría. La primera evaluación de los resultados de la primera campaña de campo produjo la realización de mejoras que se incorporaron al resto de tramos. Finalmente se realizó un reprocesamiento completo de dichos tramos.

# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

## CONTROL DE CALIDAD:

- También el CEDEX ha realizado una revisión final de la batimetría.
- En diciembre de 2022, aprovechando el bajo nivel de embalse, se tomaron 271 cotas de comprobación en el sedimento emergido en 12 tramos.

*Tabla 3. Estadísticas por tramo de la diferencia de cotas batimétricas menos topográficas (m).  
n = recuento; DM = diferencia media; DAM = diferencia absoluta media;  $\sigma$  = desviación típica.  
Se señalan con asterisco las medias significativamente distintas de cero ( $n > 10$ ; nivel de confianza del 95 %).*

Tramo	n	DM	$\sigma$ (DM)	DAM	$\sigma$ (DAM)
23A	12	-0.23 *	0.09	0.23	0.09
23B	6	-0.24	0.06	0.24	0.06
30	34	-0.03	0.12	0.09	0.08
33	40	0.01	0.06	0.05	0.04
34	44	0.00	0.16	0.11	0.11
36	32	0.00	0.11	0.09	0.07
38	11	-0.13 *	0.14	0.14	0.12
41	13	0.17 *	0.09	0.17	0.09
42	2	-0.15	0.00	0.15	0.00
47	40	0.09 *	0.20	0.17	0.14
48	32	0.00	0.11	0.08	0.07
52	5	-0.09	0.10	0.10	0.09
<b>Total</b>	<b>271</b>	<b>0.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>

# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

## CONTROL DE CALIDAD:

- 68 puntos de control del vuelo LIDAR.

Diferencia media GPS-LIDAR: 0,055 m

Diferencia absoluta media: 0,092 m

- Coherente también con LIDAR IGN.

10 cm en toda la superficie del embalse equivalen aproximadamente a  $7,5 \text{ hm}^3$  ( $\approx 0,5 \%$  del volumen total)

TRAMO	Nombre	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Coord. Z (m) GPS	Coord. Z LIDAR	DIFERENCIA
1	48	773 580.80	4 584 382.47	192.12	192.04	0.07
2	54	771 471.88	4 587 483.27	174.94	174.81	0.13
3	55	770 802.30	4 588 437.85	192.55	192.44	0.12
7	52	764 848.22	4 587 183.93	161.63	161.52	0.11
7	53	763 623.41	4 591 587.50	239.67	239.60	0.07
8	49	762 336.64	4 589 049.75	233.65	233.56	0.09
8	51	764 276.14	4 588 203.42	135.87	135.76	0.11
10	50	761 686.44	4 585 858.80	144.83	144.75	0.08
12	47	761 262.09	4 583 136.23	155.56	155.52	0.04
14	46	761 579.77	4 580 648.38	177.65	177.53	0.12
15	45	758 660.76	4 579 181.42	145.17	145.08	0.09
18	43	757 747.99	4 579 863.81	127.52	127.40	0.12
19	42	757 925.87	4 578 071.23	198.97	198.93	0.04
20	44	756 512.60	4 576 839.05	141.73	141.65	0.08
22	73	755 421.74	4 575 308.75	163.93	163.83	0.10
24	72	751 945.49	4 575 420.15	172.96	172.83	0.13
26	70	751 050.58	4 577 541.64	148.22	148.18	0.04
26	71	751 131.64	4 577 468.80	147.64	147.52	0.12
28	69	750 635.09	4 575 912.21	139.76	139.74	0.02
29	68	752 093.78	4 573 290.13	154.38	154.28	0.10
30	67	751 593.19	4 570 918.29	138.22	138.22	0.00
31	66	750 077.88	4 572 651.47	121.66	121.59	0.07
32	65	750 333.79	4 570 966.76	155.16	155.05	0.10
33	64	746 928.39	4 570 919.55	128.05	128.03	0.03
35	38	740 338.98	4 573 057.81	136.06	135.91	0.15
35	62	746 161.92	4 573 082.67	136.58	136.51	0.07
37	63	743 488.90	4 570 657.58	153.71	153.58	0.13
38	39	742 490.99	4 573 031.59	129.04	128.94	0.10
38	40	742 470.32	4 573 032.65	131.00	130.83	0.17
38	41	742 517.02	4 573 029.80	124.57	124.46	0.11
38	61	743 520.99	4 573 448.74	173.39	173.24	0.15
39	37	740 339.24	4 573 091.68	136.24	136.16	0.08
40	27	739 430.58	4 571 079.53	129.70	129.70	0.00
40	28	739 422.01	4 571 088.16	130.43	130.15	0.28
41	33	740 509.29	4 572 325.77	144.67	145.01	-0.34
41	34	740 533.20	4 572 290.55	144.44	144.65	-0.21
41	35	739 828.83	4 573 412.94	124.55	124.60	-0.05
41	36	739 843.53	4 573 384.33	125.22	125.32	-0.10
43	29	737 692.33	4 572 516.38	128.46	128.32	0.14
43	30	737 709.63	4 572 465.47	122.56	122.35	0.21
44	31	737 106.18	4 574 085.65	126.77	126.80	-0.03
44	32	737 078.65	4 574 108.41	126.48	126.45	0.02
45	25	735 240.60	4 575 123.89	126.16	126.19	-0.04
45	26	735 265.42	4 575 134.32	123.56	123.59	-0.03
47	19	732 600.81	4 575 628.10	125.75	125.76	-0.01
47	20	732 605.91	4 575 669.34	122.90	122.85	0.05
47	21	733 700.14	4 573 943.98	141.27	141.41	-0.13
47	22	733 685.93	4 573 982.57	137.77	137.77	0.00
47	23	733 605.14	4 574 122.53	139.11	139.21	-0.10
47	24	733 229.57	4 573 900.34	152.42	152.36	0.06
48	15	728 421.58	4 572 697.60	128.64	128.63	0.01
48	16	728 433.00	4 572 679.07	127.05	127.09	-0.04
48	17	729 959.64	4 575 314.47	120.56	120.46	0.10
48	18	729 921.41	4 575 345.70	121.75	121.70	0.05
49	13	727 180.54	4 572 500.11	166.32	166.23	0.09
49	14	727 173.97	4 572 534.53	165.43	165.43	0.00
50	11	726 985.45	4 574 922.90	133.87	133.96	-0.08
50	12	727 000.57	4 574 941.90	133.64	133.68	-0.05
51	4	727 217.86	4 575 968.85	139.06	139.10	-0.04
51	5	727 208.89	4 575 979.00	138.79	138.65	0.14
51	6	727 237.14	4 576 004.10	136.25	136.11	0.14
51	7	726 835.84	4 574 688.54	137.63	137.49	0.14
51	8	726 825.00	4 574 667.31	137.09	136.92	0.17
51	9	727 104.15	4 576 043.13	134.76	134.77	-0.02
51	10	727 121.77	4 576 048.64	134.80	134.76	0.03
52	1	724 350.79	4 574 896.24	121.67	121.51	0.16
52	2	724 600.51	4 574 736.79	124.51	124.37	0.14
52	3	725 791.26	4 574 198.80	145.26	145.11	0.15



# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

## RESULTADOS (CUBICACIÓN):

Los volúmenes se han calculado con el programa Global Mapper V21, por tramos, se ha cargado el MDT de 0,5 x 0,5 m de cada uno a la cota 122 m y se ha generado un MDT de la curva de nivel correspondiente a la cota de máximo embalse (121,00) con un mallado de 0,5 x 0,5 m y se han comparado ambas superficies, multiplicando la diferencia de cota en cada celda por la superficie de la misma (0,25 m<sup>2</sup>). Ese cálculo se ha hecho doblemente: por tramos y sobre el modelo digital del embalse completo, cada metro, como comprobación de la curva de embalse y dando resultados iguales salvo el segundo decimal.

**CUBICACIÓN A COTA 121,00: 1.373 hm<sup>3</sup>**

**CUBICACIÓN VIGENTE: 1.534 hm<sup>3</sup> (la de proyecto de 1961)**

# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

CUBICACIÓN DEL PROYECTO DE 1961:

Las superficies de embalse correspondientes a distintos niveles del mismo, fueron obtenidas por planimetración sobre hojas de fotoplanos de la zona, a escala 1:10.000, facilitados por la Confederación Hidrográfica del Ebro y sobre los que están señaladas las distintas curvas de nivel de 10 en 10 m.

[Fotoplanos CSHE 1927]

Se prefirió operar sobre estos fotoplanos, aunque se disponía de los planos a escala 1/5.000 levantados taquimétricamente, por el motivo de que, si bien la planimetración sobre éstos hubiera permitido disponer de curvas de nivel menos distanciadas, en cambio, y aparte de resultar más engorroso, habrían tenido que fraccionarse más las zonas a superficializar, abarcando cada una de las obtenidas parcialmente, menos extensión y obligando, en consecuencia, a reunir y componer, después, una mayor cantidad de datos para la obtención de la superficie encerrada dentro de cada curva de nivel, con mayor posibilidad de deslizarse algún error en éstas operaciones.

# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

## CUBICACIÓN DEL PROYECTO DE 1961:

El proyecto cuenta con una topografía 1:5.000 con curvas de nivel cada 2 m. El CEDEX realizó una primera digitalización completa.

Ahora se está trabajando mediante convenio con el Instituto Flumen-UPC en su estudio detallado, esperando que permita evaluar con mayor precisión el volumen de sedimentos acumulados desde el inicio de la explotación del embalse en 1967.

**Ahora mismo no resulta posible discriminar en qué medida de la diferencia volumétrica se debe a acumulación de sedimentos o a la aplicación de técnicas más precisas.**

# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA



2012 (30 de septiembre)



2022 (26 de septiembre)



2017 (20 de octubre)



1927 (fotoplanos)



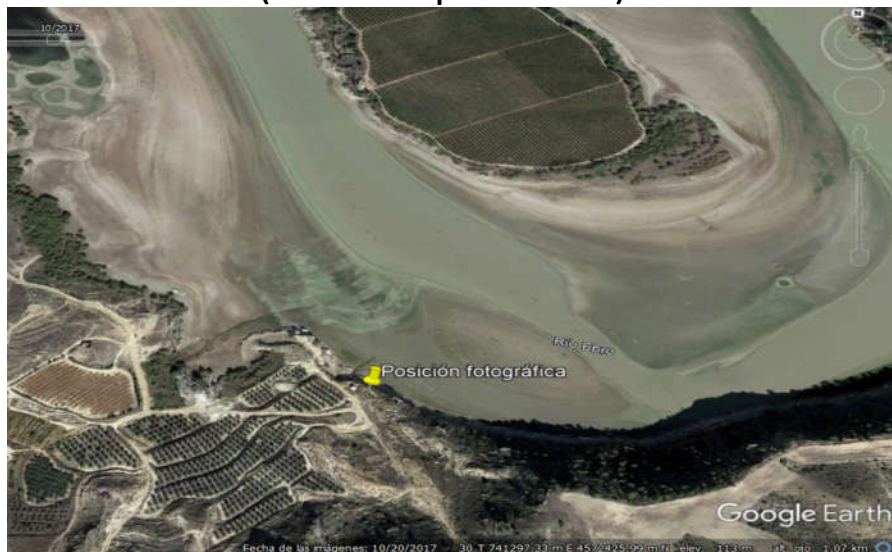
# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA



2012 (30 de septiembre)



2022 (26 de septiembre)



2017 (20 de octubre)



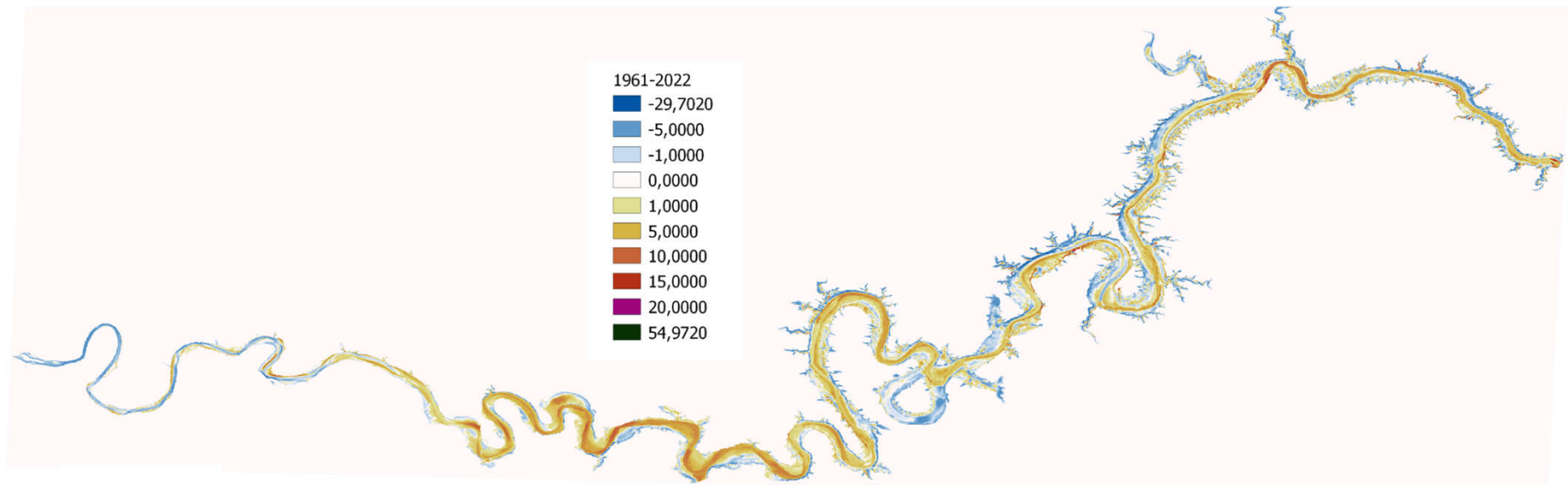
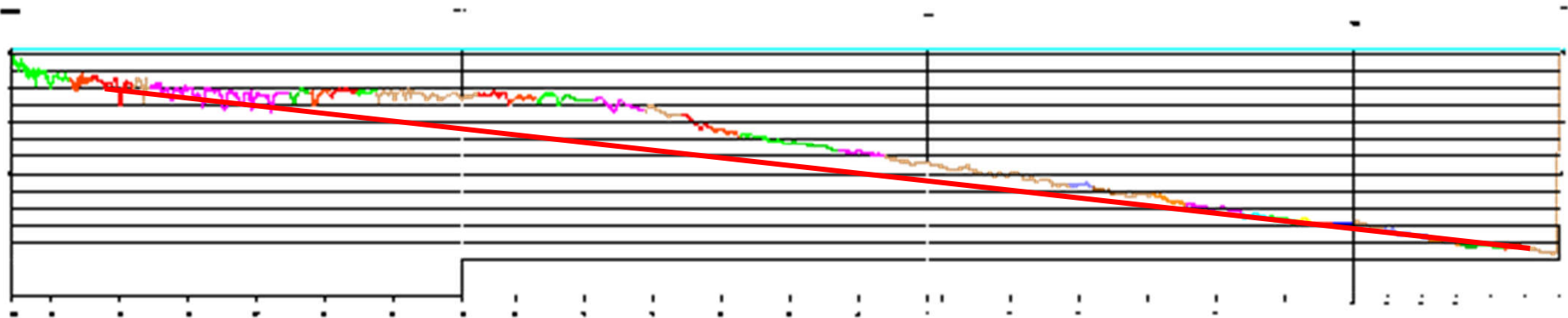
1927 (fotoplanos)



# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

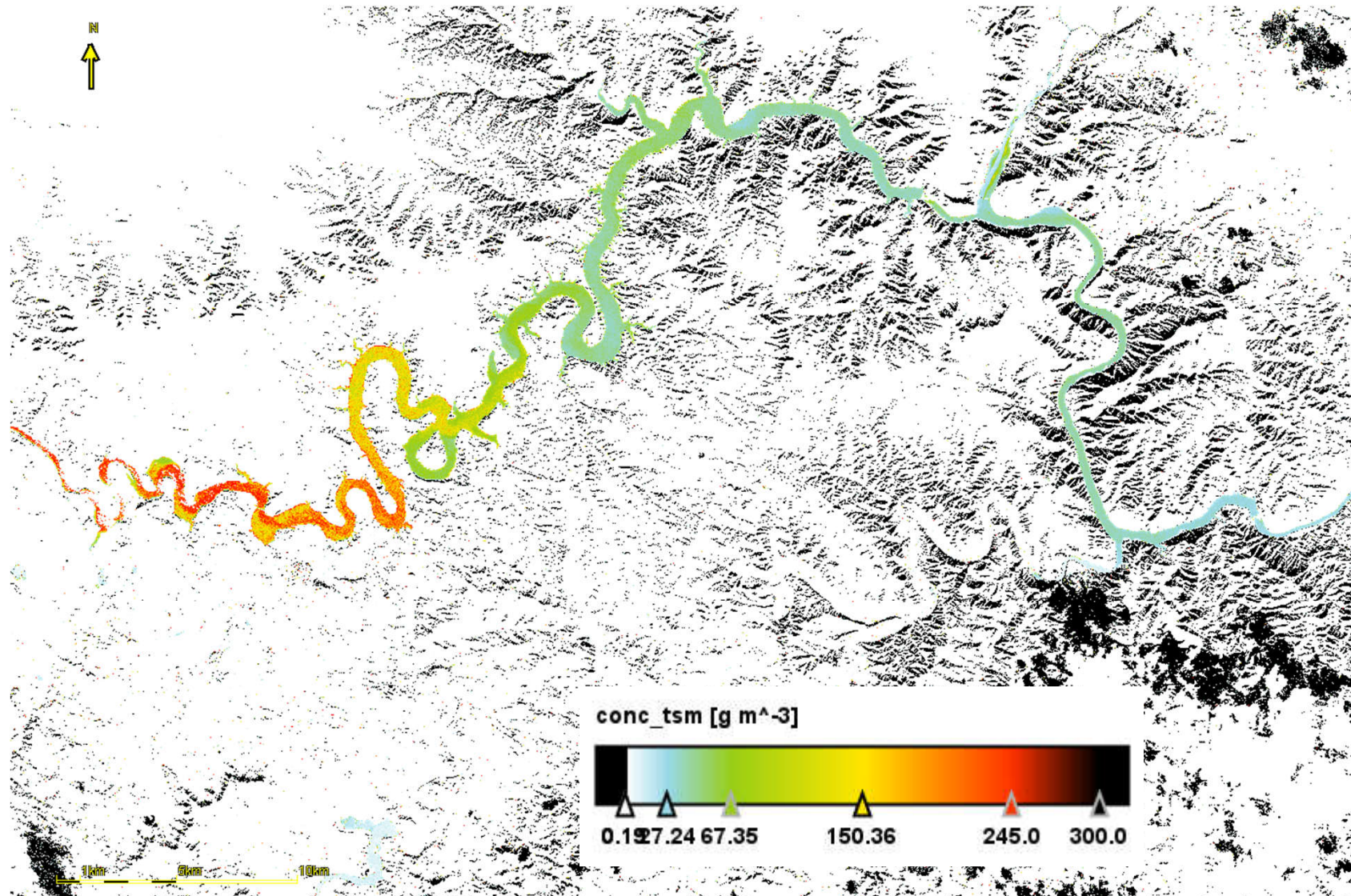
UBICACIÓN DE LOS SEDIMENTOS:

Los sedimentos se localizan mayoritariamente en la cola del embalse



# 1) BATIMETRÍA MEQUINENZA

Concentración de sólidos en suspensión mediante teledetección en la crecida de diciembre de 2021. Cortesía de Juan Soria. Universidad de Valencia. COPERNICUS – Sentinel-2, 11 de diciembre de 2021



## 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA

### ENSAYOS DE LABORATORIO:

- 1) Físicos y química básica: Textura (fracciones de arcilla, arena, limo), pH, P, N, NH<sub>4</sub> Nitratos, Densidad, Materia orgánica, Materia seca, Conductividad,...
- 2) Metales (Ag, Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sr, V, Zn)
- 3) Orgánicos:
  - DDT (diclorodifeniltricloroetano) y sus metabolitos DDE y DDD
  - HCH (hexaclorociclohexano) e isómeros como lindano
  - PCB (policlorobifenilos)
  - PBDE (polibromodifenilos éter), retardante de llama
  - HBCDD (hexabromociclododecanos), retardante de llama



## 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA

### TRABAJOS DE CAMPO:



- 127 puntos de muestreo de sedimento sumergido a lo largo de todo el embalse
- 1 muestreo fotogramétrico (gravas cerca de Escatrón, sugerencia U. Lleida)



## 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA

### TRABAJOS DE CAMPO:

- 20 sondeos en sedimento emergido en la cola con extracción de testigos

Sondeo S-14. 30  
de agosto de  
2022



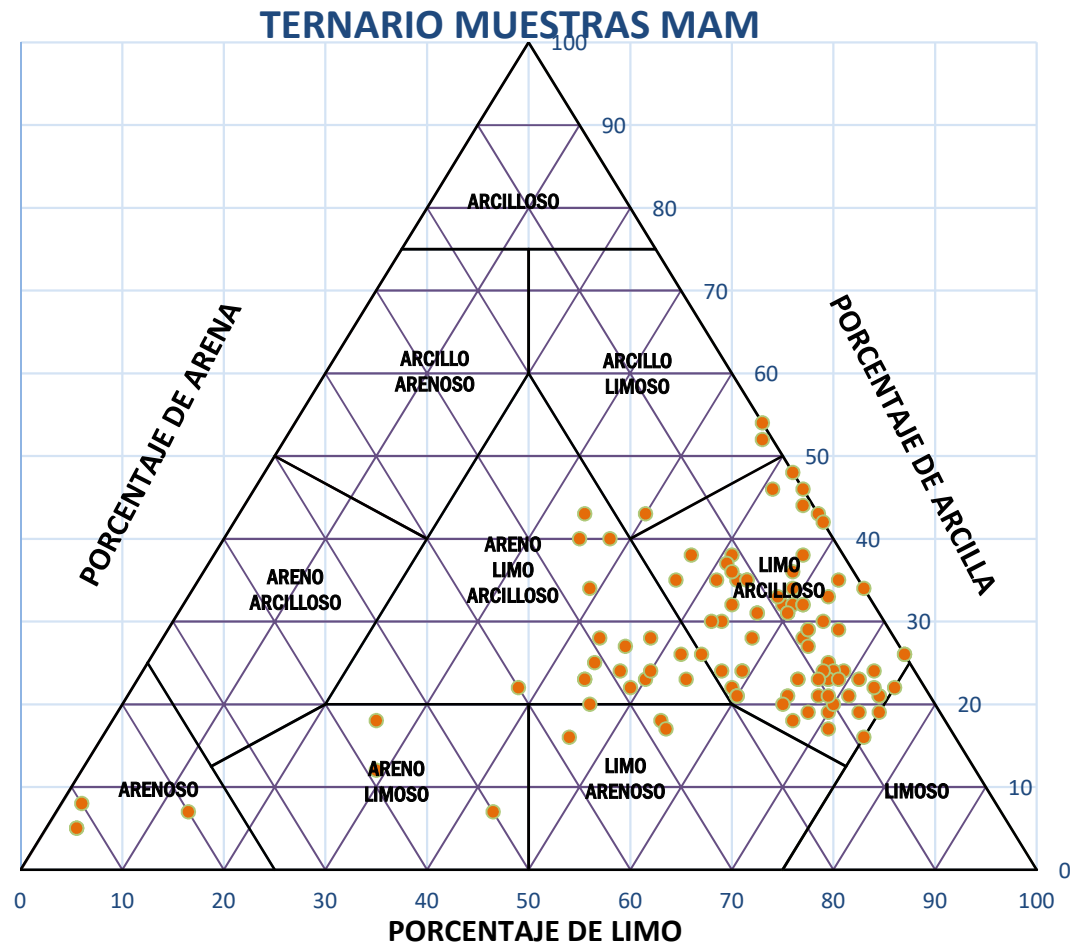


## 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA

RESULTADOS:

Textura limo-arcillosa a lo largo del embalse

Shepard. Fracción de arcilla (<4  $\mu\text{m}$ ), Fracción de limo (4-63  $\mu\text{m}$ ), Fracción de arena (>63  $\mu\text{m}$ ) (%)

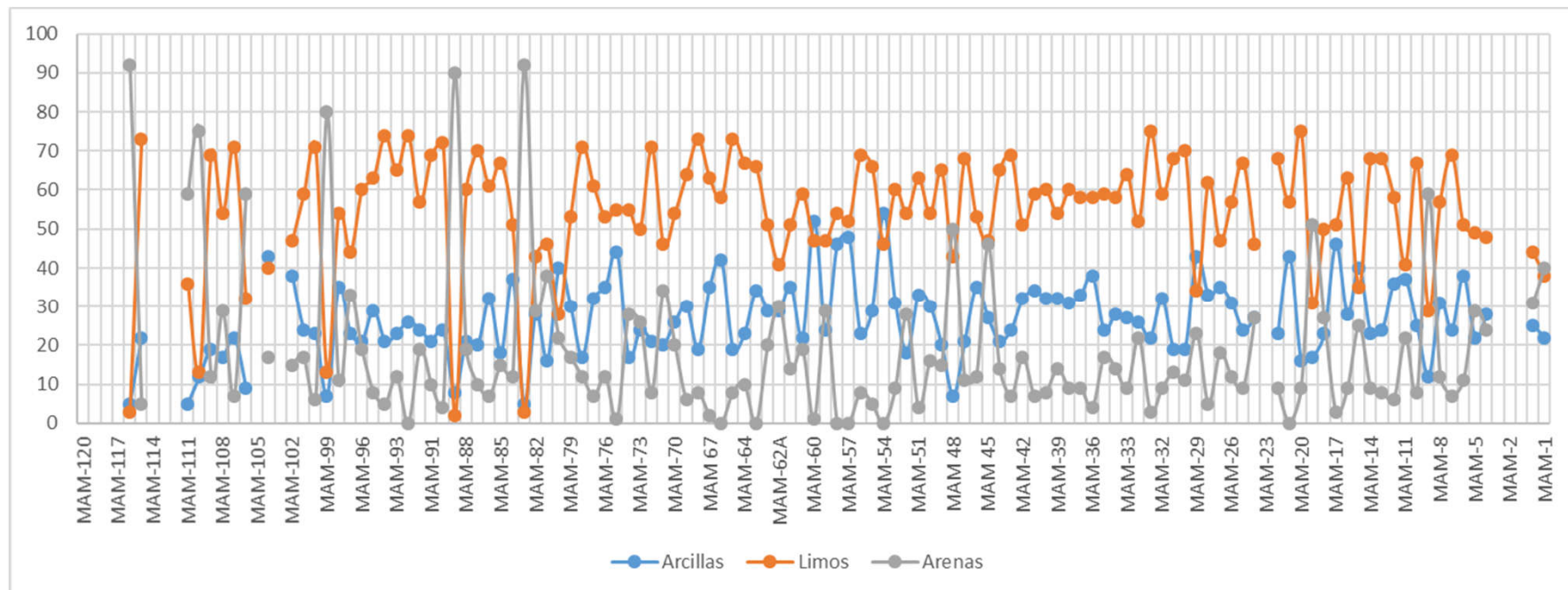


## 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA

### RESULTADOS :

Textura limo-arcillosa a lo largo del embalse

Shepard. Fracción de arcilla (<4  $\mu\text{m}$ ), Fracción de limo (4-63  $\mu\text{m}$ ), Fracción de arena (>63  $\mu\text{m}$ ) (%)



Presas

## 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA

### RESULTADOS:

Fenómenos erosivos por oleaje que producen arenas y pueden dificultar la interpretación

Elemento	MAM-47	MAM-48
Fracción de arcilla	21	7
Fracción de limo	68	43
Fracción de arena	11	50

26 de septiembre de 2022. La Herradura . Tramo 23B.



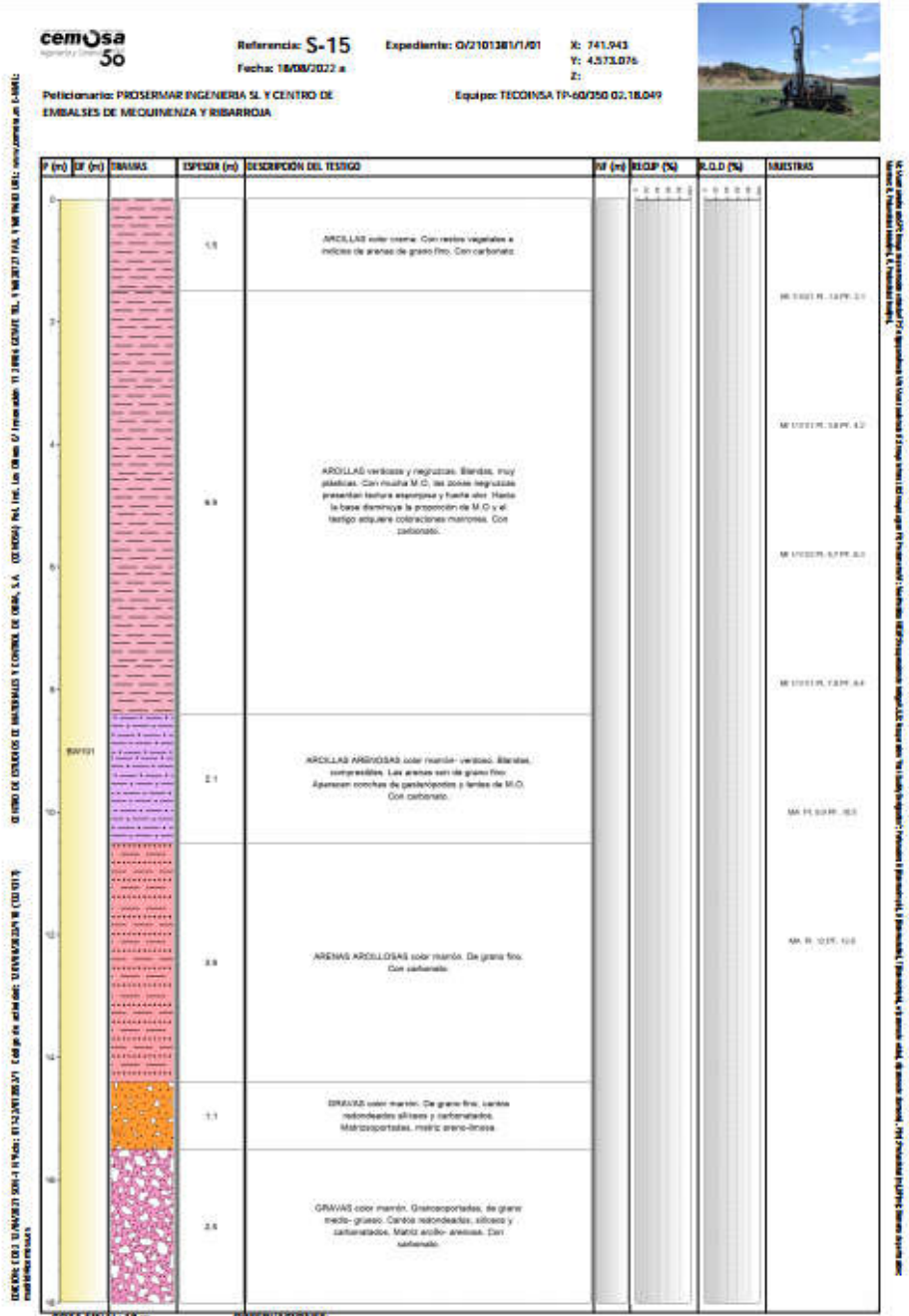
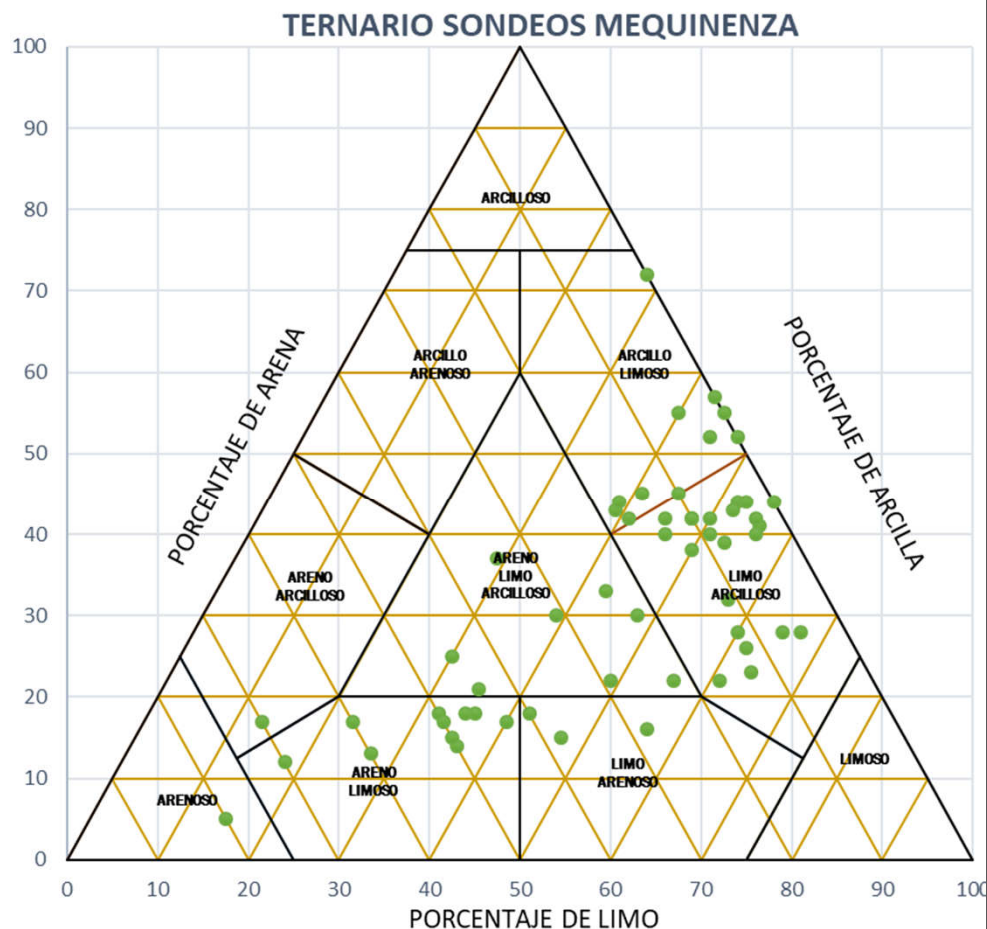
18 de octubre de 2022. Isla Magdalena. Tramo 15/16





# 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA

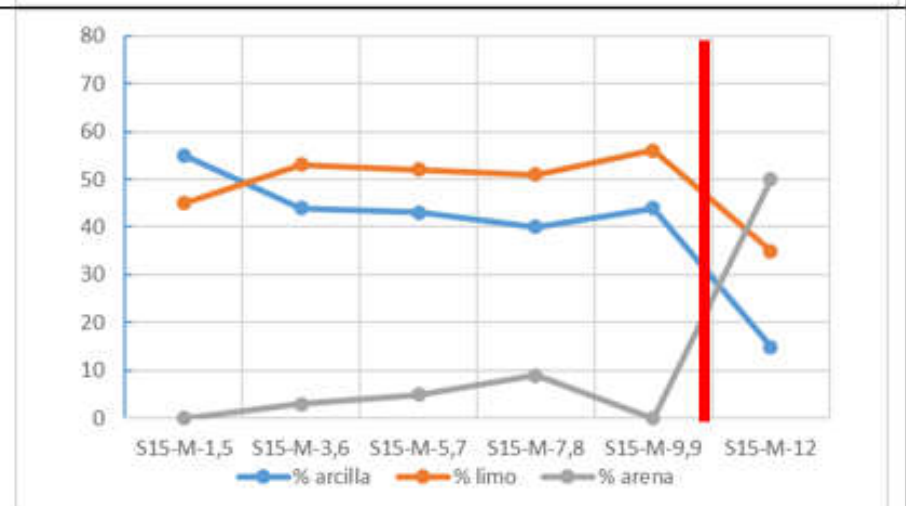
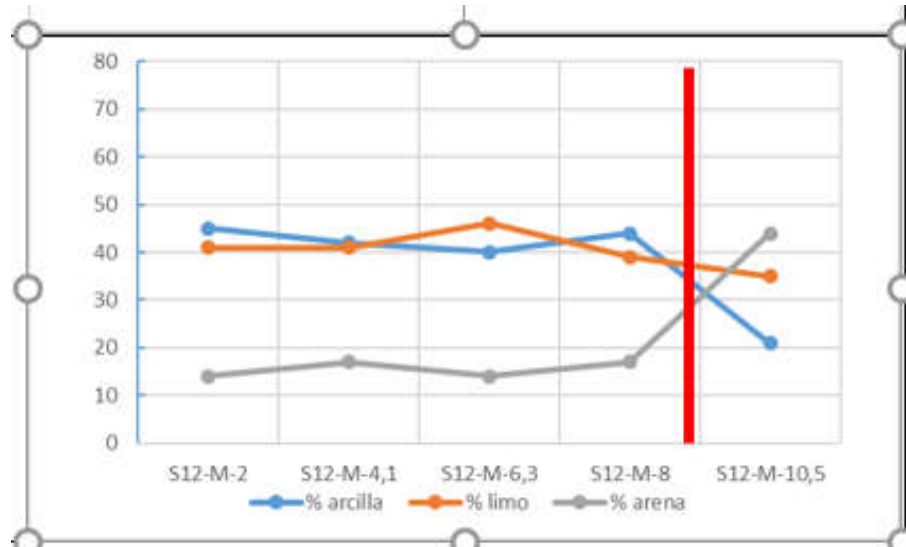
## RESULTADOS SONDEOS:





## 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA

RESULTADOS SONDEOS:



## 2) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS MEQUINENZA

### RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO:

No se detecta contaminación química.

Metales: Concentraciones generalmente en los rangos bajos de los valores guía. Hg por debajo de límite de detección, excepto un punto.

Orgánicos: Concentraciones por debajo de los límites de detección, excepto dos puntos en valores mínimos

Identificación	Aluminio (Al)	Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobalto (Co)	Cromo (Cr)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Mercurio (Hg)	Manganeso (Mn)	Molibdeno (Mo)	Níquel (Ni)	Plomo (Pb)	Antimonio (Sb)	Selenio (Se)	Estaño (Sn)	Estroncio (Sr)	Vanadio (V)	Zinc (Zn)
	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms	mg/kg ms
MAM-47	22200	5,96	0,165	4,87	24,4	9,51	12400	<0.1	181	<1	13	11	0,371	0,432	<2.5	449	33,2	46,9
MAM-48	8560	3,61	0,105	2,55	10,3	3,49	5720	<0.1	143	<1	5,57	5,56	0,195	0,167	<2.5	272	14,5	18



### 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA

TRABAJOS DE CAMPO:

A partir de la zonificación de Instituto Flumen-UPC

- 54 puntos de muestreo de sedimento sumergido a lo largo de todo el embalse, con una mayor concentración en desembocadura del Matarraña, presa y desembocadura de Segre
- 1 muestreo fotogramétrico (gravas Matarraña, a petición U. Lleida)



Sedimentos acumulados en el embalse de Ribarroja en la desembocadura del Segre. Potencia de hasta 9 m. 23 de noviembre de 2022

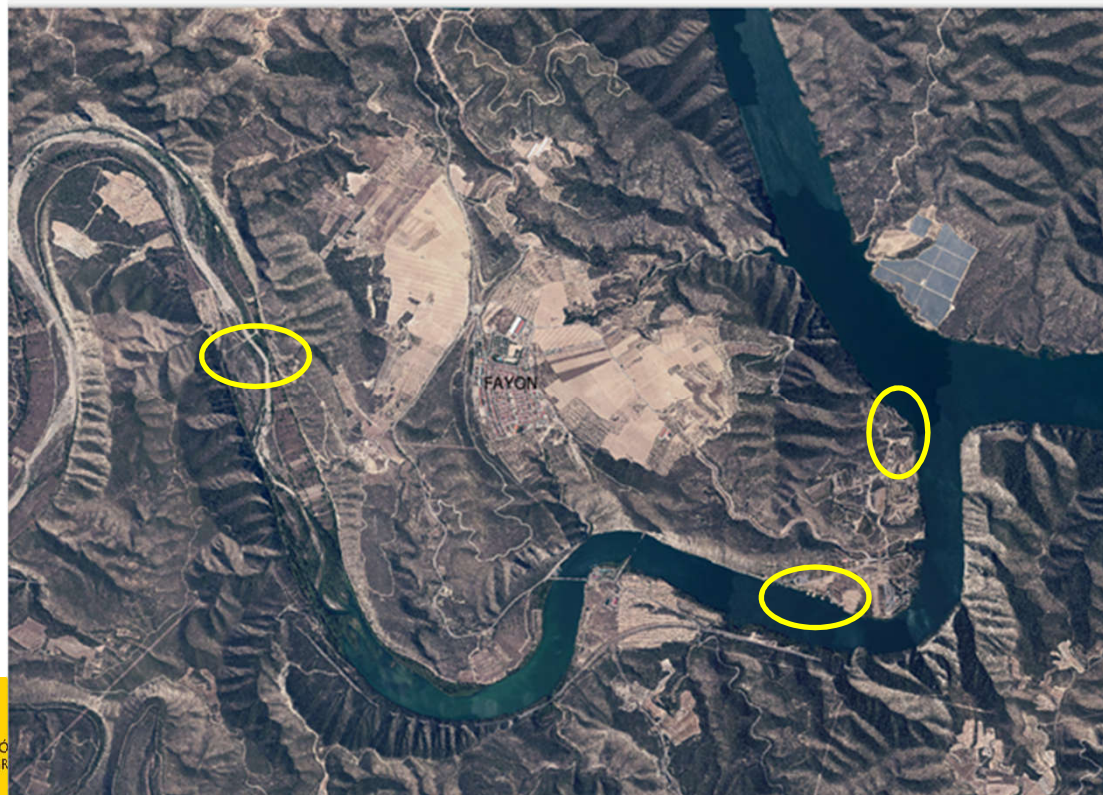




### 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA

#### TRABAJOS DE CAMPO:

- 10 sondeos en sedimento emergido con extracción de testogps
  - Ribarroja nivel constante => no hay apenas sedimento emergido
  - Sondeos-vibrocore desde orilla
  - Concentrados en la desembocadura del Matarraña
  - Previstos sondeos desde pontona en el marco de otro trabajo



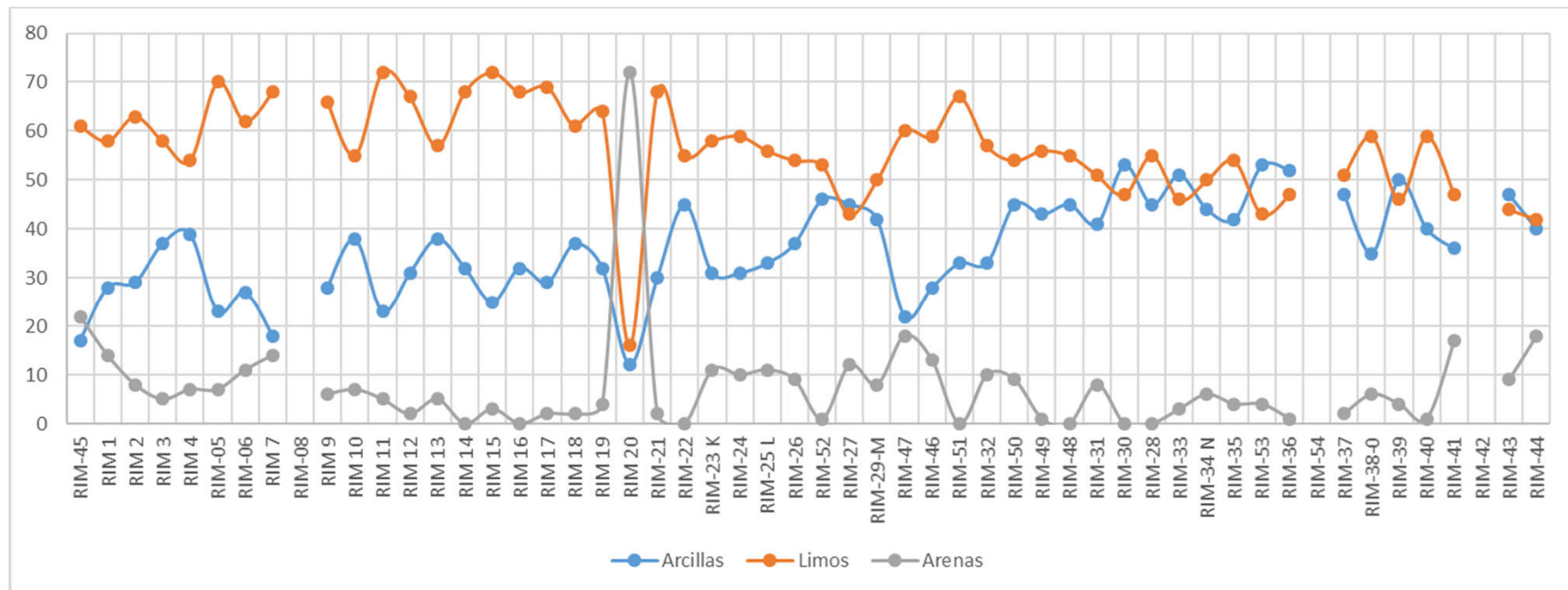


### 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA

RESULTADOS:

1) Textura limo-arcillosa a lo largo del embalse, más finos hacia aguas abajo.

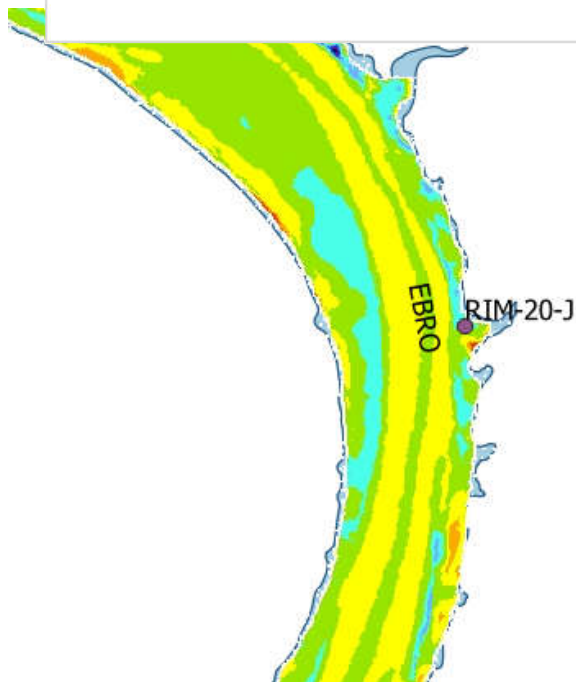
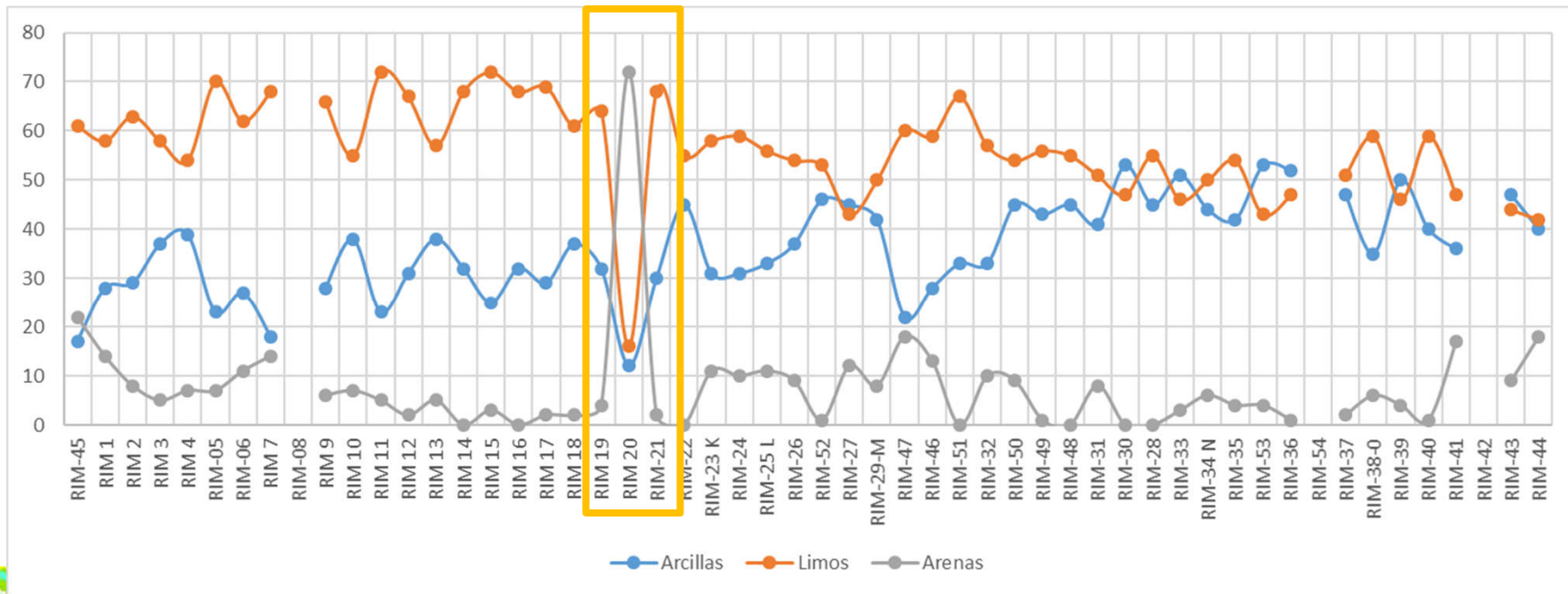
Shepard. Fracción de arcilla (<4  $\mu\text{m}$ ), Fracción de limo (4-63  $\mu\text{m}$ ), Fracción de arena (>63  $\mu\text{m}$ ) (%)



Presas

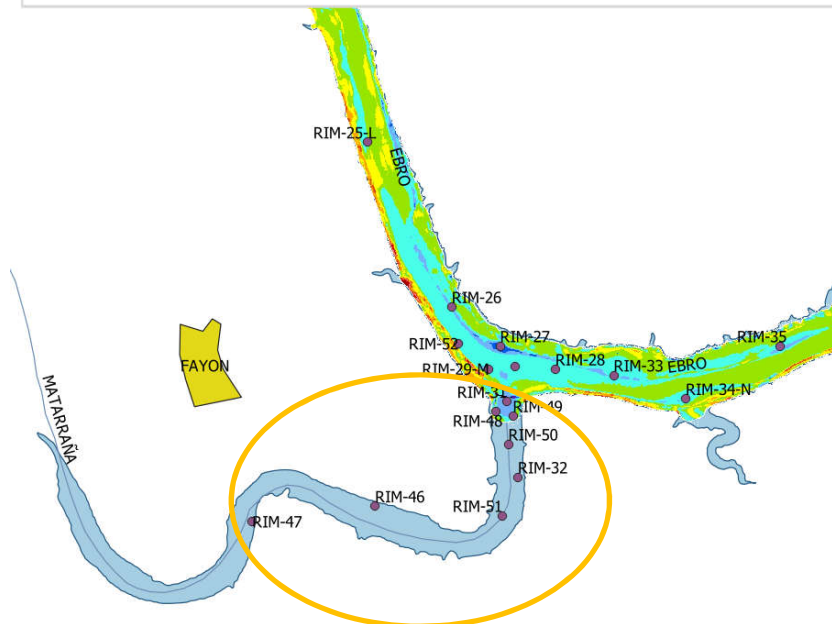
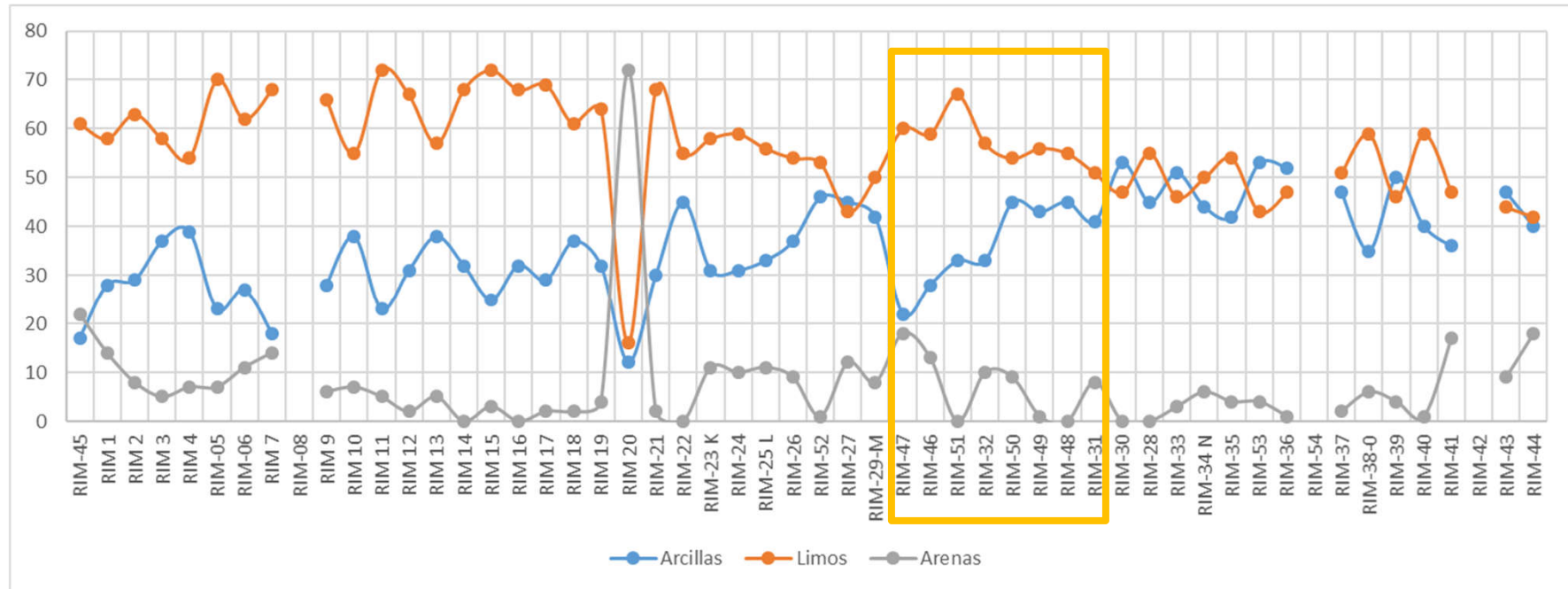


### 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA



RIM-20: condiciones locales, no sedimentos transportados por el Ebro

### 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA



#### MATARRAÑA

RIM-47, 46, 51, 32, 50, 49,48, 31

Ligero rompimiento de la tendencia, fracciones menos finas, que no tiene reflejo más aguas abajo.

### 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA

#### RESULTADOS ANÁLISIS TEXTURAS. CONTRASTES

Identificación	Fecha muestreo	Fracción de arcilla (<4 µm)				Fracción de limo (4-63 µm)				Fracción de arena (>63 µm)			
		LTL	CEMOSA	Univ. GRANADA	UPC 2010	LTL	CEMOSA	Univ. GRANADA	UPC 2010	LTL	CEMOSA	Univ. GRANADA	UPC 2010
-	-	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
RIM 1	04/09/2022	28	16.4	15.6		58	63.2	72.9		14	20.4	11.4	
RIM 7-B	04/09/2022	18	23.5	10.4	22.58	68	53	68.2	70.56	14	23.5	21.3	6.86
RIM 20-J (1)	03/09/2022	12	3.2	10	22.91	16	16.8	67.7	57.71	72	80	22.3	19.38
RIM 20-J (2)	03/09/2022			3.7				22.5				73.8	
RIM-25 L	14/07/2022	33	38.5	27.8	35.88	56	50.7	71.5	64.02	11	10.8	1	0.1
RIM-30	14/07/2022	53	41.8	26.5		47	50.4	73.4		0	7.8	0	
RIM-38-0	07/07/2022	35	41.7	24.3	26.62	59	47.7	73.3	69.66	6	10.6	2.3	3.72
RIM-41	07/07/2022	36	42.1	27.3		47	52.2	72.1		17	5.7	0.5	

LTL (Laboratorio Tecnológico del Levante): Granulometría por tamizado y sedimentación. Sedimentación con preparación de muestras con hexametáfosfato sódico y agitación 12 h.

CEMOSA. Granulometría por tamizado y sedimentación. Sedimentación con preparación de las muestras con hexametáfosfato sódico y sin agitación 24 h

U. GRAN (Universidad de Granada, Departamento de Geodinámica, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra). Granulometría por difracción láser.

UPC 2010 (Estudio de la dinámica sedimentaria y batimetría de precisión del embalse de Ribarroja, Flumen-UPC, 2010). Granulometría por difracción láser. Muestras obtenidas en 2010 en ubicación s



### 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO:

No se detecta contaminación química.

Metales: Concentraciones en los rangos bajos de los valores guía. Hg por debajo de límite de detección.

Orgánicos: Concentraciones por debajo de los límites de detección

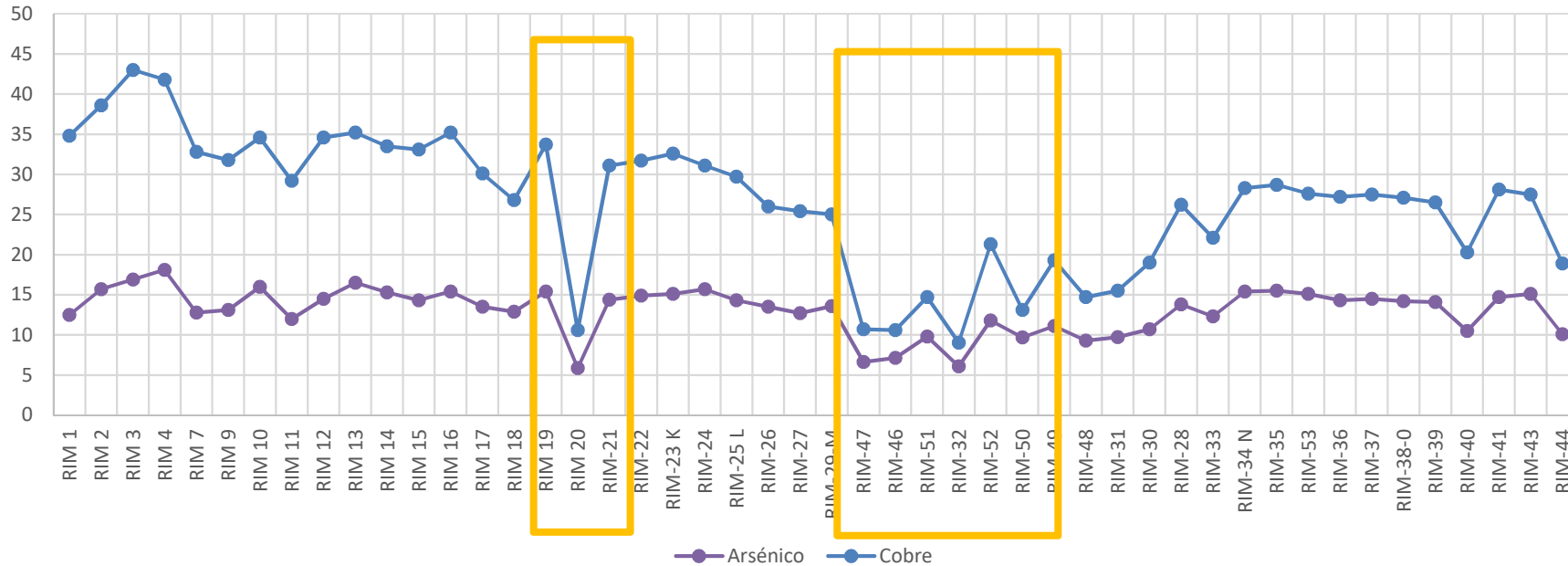
Laboratorio Tecnológico de Levante. 7 de septiembre de 2022.



# 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA

## RESULTADOS ANÁLISIS (EJEMPLOS):

mg/kg ms



### Valores guía, Ministerio de Medio Ambiente 2002

Arsénico	3 - 33 mg/Kg.	Canadá
	3 - 100 mg/Kg.	Estados Unidos
	16.6 - 100 mg/Kg.	Europa
Cobre	16 - 197 mg/Kg.	Canadá
	16 - 840 mg/Kg.	Estados Unidos
	8.4 - 400 mg/Kg.	Europa

### Valores guía, Estado de Nueva York, 2014

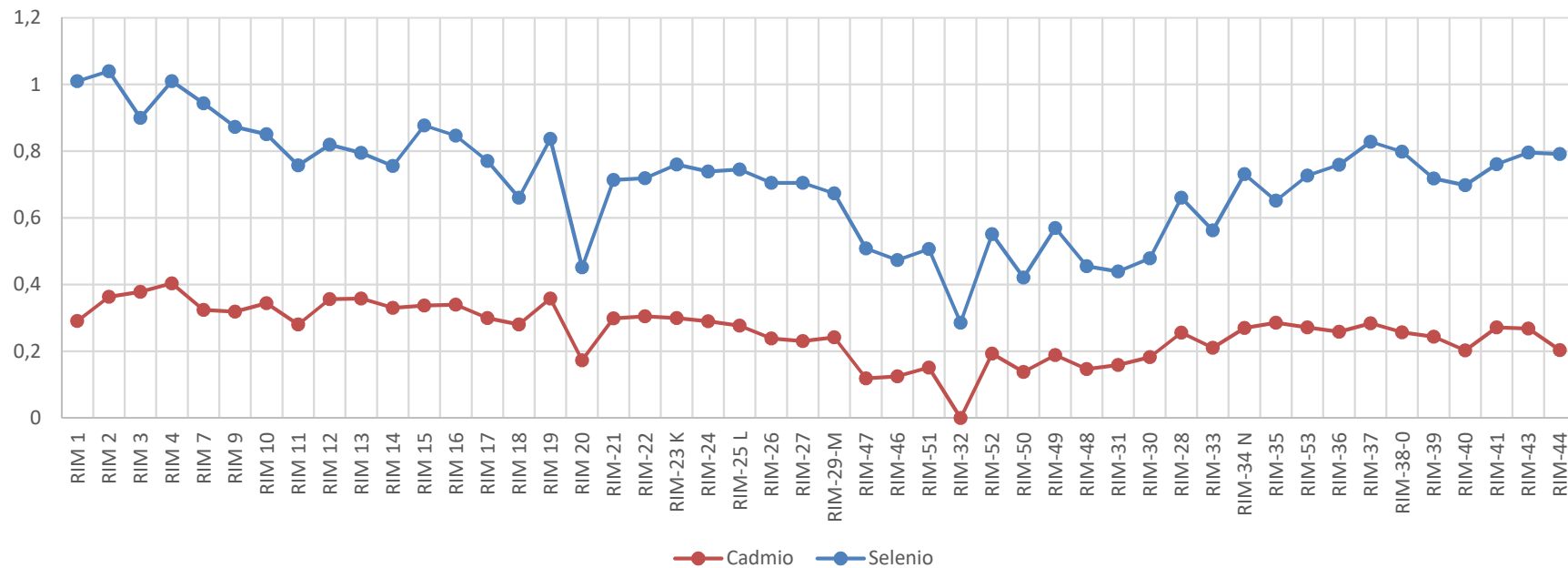
**Table 5. Freshwater Sediment Guidance Values.** Class A sediments are considered to be of low risk to aquatic life. Class B sediments are slightly to moderately contaminated and additional testing is required to evaluate the potential risks to aquatic life. Class C sediments are considered to be highly contaminated and likely to pose a risk to aquatic life. All values are dry weight values rounded to two significant digits.

Compound	Class A	Class B	Class C	Derivation
<b>Metals, mg/kg or PPM</b>				
Arsenic	< 10	10 - 33	> 33	1
Cadmium	< 1	1 - 5	> 5	1
Chromium	< 43	43 - 110	> 110	1
Copper	< 32	32 - 150	> 150	1
Lead	< 36	36 - 130	> 130	1
Mercury	< 0.2	0.2 - 1	> 1	1
Nickel	< 23	23 - 49	> 49	1
Silver	< 1	1 - 2.2	> 2.2	3
Zinc	< 120	120 - 460	> 460	1

# 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA

## RESULTADOS ANÁLISIS (EJEMPLOS):

mg/kg ms



### Valores guía, Ministerio de Medio Ambiente 2002

Cadmio	0.2 - 10 mg/Kg.	Canadá
	0.58 - 12 mg/Kg.	Estados Unidos
	1.4 - 30 mg/Kg.	Europa
Selenio	5 mg/Kg.	Canadá
	0.95 - 1.73 mg/Kg.	Estados Unidos

### Valores guía, Estado de Nueva York, 2014

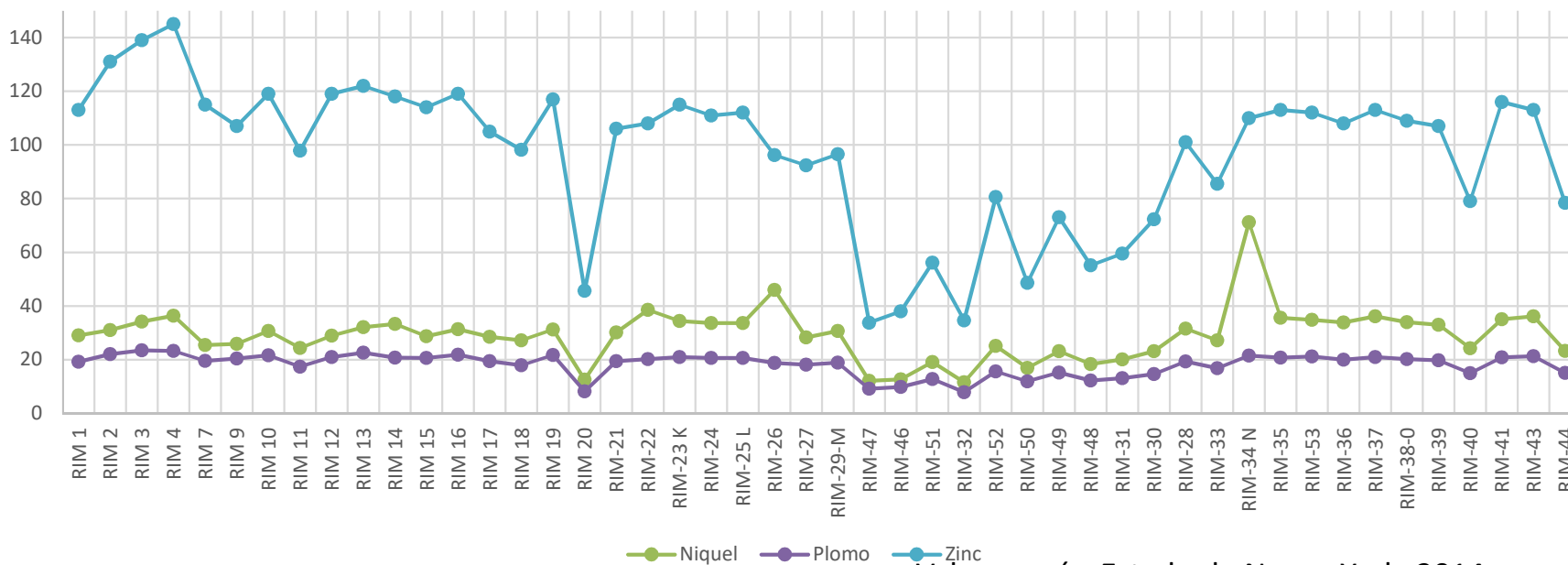
**Table 5. Freshwater Sediment Guidance Values.** Class A sediments are considered to be of low risk to aquatic life. Class B sediments are slightly to moderately contaminated and additional testing is required to evaluate the potential risks to aquatic life. Class C sediments are considered to be highly contaminated and likely to pose a risk to aquatic life. All values are dry weight values rounded to two significant digits.

Compound	Class A	Class B	Class C	Derivation
<b>Metals, mg/kg or PPM</b>				
Arsenic	< 10	10 - 33	> 33	1
Cadmium	< 1	1 - 5	> 5	1
Chromium	< 43	43 - 110	> 110	1
Copper	< 32	32 - 150	> 150	1
Lead	< 36	36 - 130	> 130	1
Mercury	< 0.2	0.2 - 1	> 1	1
Nickel	< 23	23 - 49	> 49	1
Silver	< 1	1 - 2.2	> 2.2	3
Zinc	< 120	120 - 460	> 460	1

### 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA

RESULTADOS ANÁLISIS (EJEMPLOS):

mg/kg ms



Valores guía, Ministerio de Medio Ambiente 2002

Níquel	16 -75 mg/Kg.	Canadá
	5 - 100 mg/Kg.	Estados Unidos
	8 - 100 mg/Kg	Europa
Plomo	23 - 250 mg/Kg.	Canadá
	31 - 720 mg/Kg.	Estados Unidos
	70 - 160 mg/Kg.	Europa
Zinc	100 - 820 mg/Kg.	Canadá
	50 - 1300 mg/Kg.	Estados Unidos

Valores guía, Estado de Nueva York, 2014

**Table 5. Freshwater Sediment Guidance Values.** Class A sediments are considered to be of low risk to aquatic life. Class B sediments are slightly to moderately contaminated and additional testing is required to evaluate the potential risks to aquatic life. Class C sediments are considered to be highly contaminated and likely to pose a risk to aquatic life. All values are dry weight values rounded to two significant digits.

Compound	Class A	Class B	Class C	Derivation
<b>Metals, mg/kg or PPM</b>				
Arsenic	< 10	10 – 33	> 33	1
Cadmium	< 1	1 – 5	> 5	1
Chromium	< 43	43 – 110	> 110	1
Copper	< 32	32 – 150	> 150	1
Lead	< 36	36 – 130	> 130	1
Mercury	< 0.2	0.2 – 1	> 1	1
Nickel	< 23	23 – 49	> 49	1
Silver	< 1	1 – 2.2	> 2.2	3
Zinc	< 120	120 – 460	> 460	1



# 3) CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOS RIBARROJA

## RESULTADOS SONDEOS - VIBROCORE:

Testigos 1,5 m, cercanos a la orilla en ubicaciones accesibles. No aportan gran información adicional. Características similares a los muestreos.



Vibro-core: 14 de diciembre de 2022

**cemosa**  
50

Referencia: SVR-05 Expediente: O/2101381/1/01  
Fecha: 14/12/2022 a X: 278.230  
Y: 4.567.386 Z:

Peticionario: PROSERMAR INGENIERIA SL Y CENTRO DE EMBALSES DE MEQUENZA Y RIBARROJA Equipo:

P (m)	Ø (m)	TRAMAS	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO	Nº (m)	RECUP. (%)	R.O.D. (%)	MUESTRAS
0.0			0.17	LIMOS ARCILLO-ARENOSOS con bravaica y gravas, color marrón. Textura tipo grava, presenta plasticidad. Los bravaicos son mejillón cebra y almeja asiática.				
0.2			1.53	LIMOS ARCILLOSOS color marrón. Presentan plasticidad, con arenas de grano fino, restos de raíces y de bravaicos (mejillón cebra y almeja asiática). Aparecen restos de M.O. cantos dispersos de grano fino y media y carbonatos.				MA PL 04 PT 06  MA PL 04 PT 107

CENTRO DE ESTUDIOS DE MANTENIMIENTOS Y CONTROL DE OBRAS, S.A. (CEMOSA) PNE. Bta. Los Olivos C/ Bernardino 11, 20000 GENTE TEL. 941628727 FAX. 941610430 URL: www.cemosa.es IANALZ: 01/2019

Módulo Edici 1: 24/01/2021 50x41 MÓDULO: 071-20/00074/1 Código de verificación: 1201/00/2022/13181 (1/381/05)

