

# Inundaciones catastróficas en el tramo medio-superior del río Cachapoal en junio 2023, Chile Central

Jorge E. Romero<sup>1</sup>, Alejandra Serey<sup>1</sup>, Laura Becerril<sup>1</sup>, Raúl Valenzuela<sup>1</sup>, Tania Villaseñor<sup>1</sup>, Jaime Varas<sup>1</sup>, Nicolás Lobos<sup>1</sup>, Julián Piña<sup>1</sup>, y Cristian Navarro<sup>2</sup>

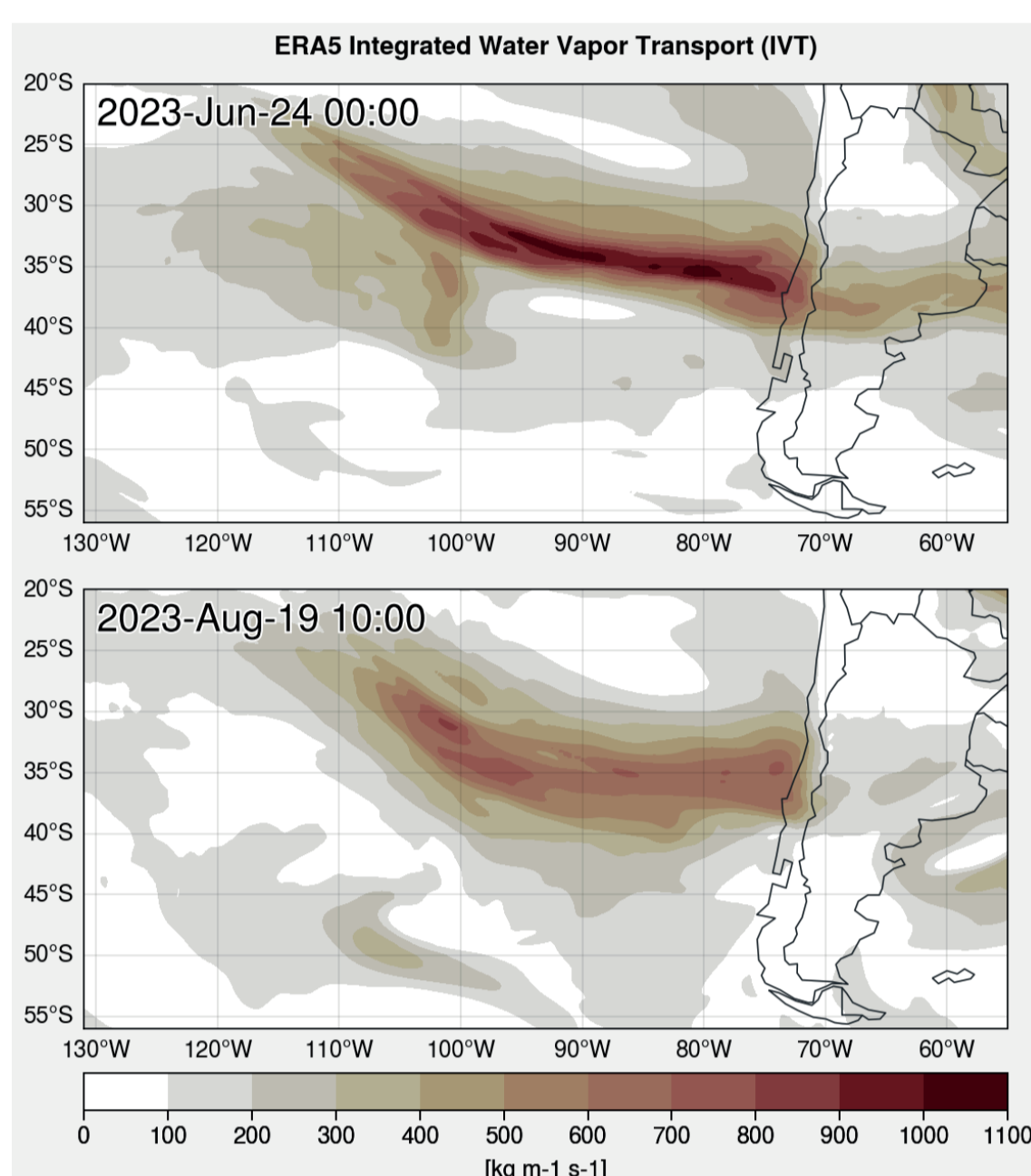
<sup>1</sup> Instituto de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de O'Higgins, UOH. Libertador Bernardo O'Higgins 611, Rancagua, CHILE.

<sup>2</sup> Gondrones S.A., Machalí, CHILE

## INTRODUCCIÓN

Entre el 21 y 26 de junio del 2023, la Zona Central de Chile experimentó un intenso río atmosférico zonal (RAZ; Fig. 1) cálido. Las lluvias (750-mm en la Cordillera y 100 y 300-mm la Depresión Central, Fig. 2) con isoterma alta (c. 3000 m snm) originaron inundaciones en el río Cachapoal. Según SENAPRED, estas afectaron a 4.500 personas, (~2.000 damnificados y 230 viviendas destruidas). Otro RAZ con características similares en agosto del 2023 afectó a unas 3.800 personas, dejando 1.300 damnificados.

## RÍOS ATMOSFÉRICOS ZONALES



Ambos RAZ estuvieron caracterizados por una duración aproximada de 4 días. El RAZ de junio tocó tierra a medianoche del 21 de junio cerca de 40°S, con transporte integrado de vapor de agua (IVT) de entre 700-800 IVT-units (Fig.1), llegando a un máximo sobre 1000 IVT-units el día 24 de junio. El eje del RAZ se mantuvo principalmente entre 35°S y 40°S durante todo el periodo. El RAZ de agosto tocó tierra el 19 de agosto cerca de 38°S con IVT entre 700-800 IVT-units, umbral que no se excedió durante el evento. Además, el eje del RAZ se mantuvo cerca de 35° hasta el 21 de agosto, día en que comenzó a progresar hacia el norte, alcanzando los 32°S.

Fig. 1: Transporte integrado de vapor de agua (IVT) en los dos eventos de RAZ de junio y agosto 2023, a partir de ERA5, del proyecto de reanálisis meteorológico ECMWF.

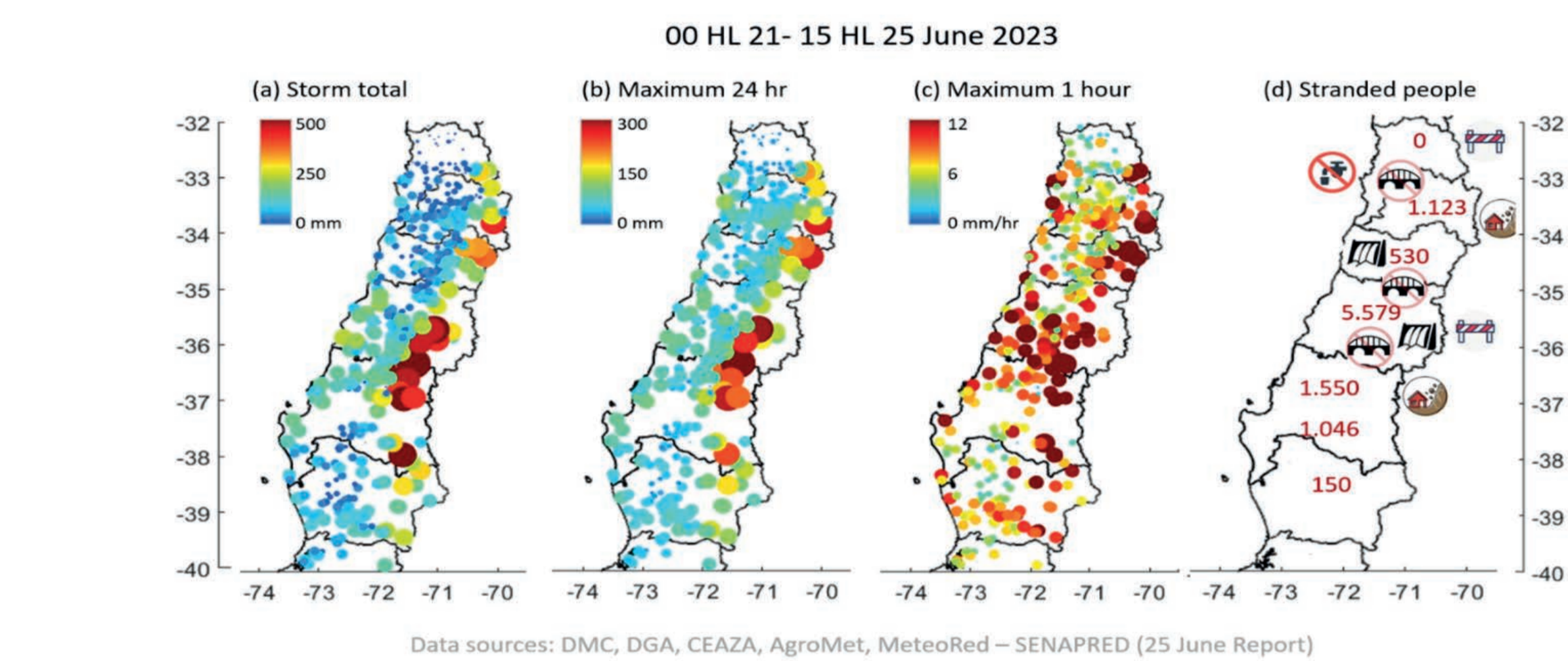


Fig. 2: Mapas de (a) precipitación acumulada (21 y 25 de junio), (b) máxima precipitación en 24 horas durante ese periodo, (c) máxima precipitación horaria en ese periodo y (d) síntesis de daño. Fuente: Garreaud (2023).

## INUNDACIONES

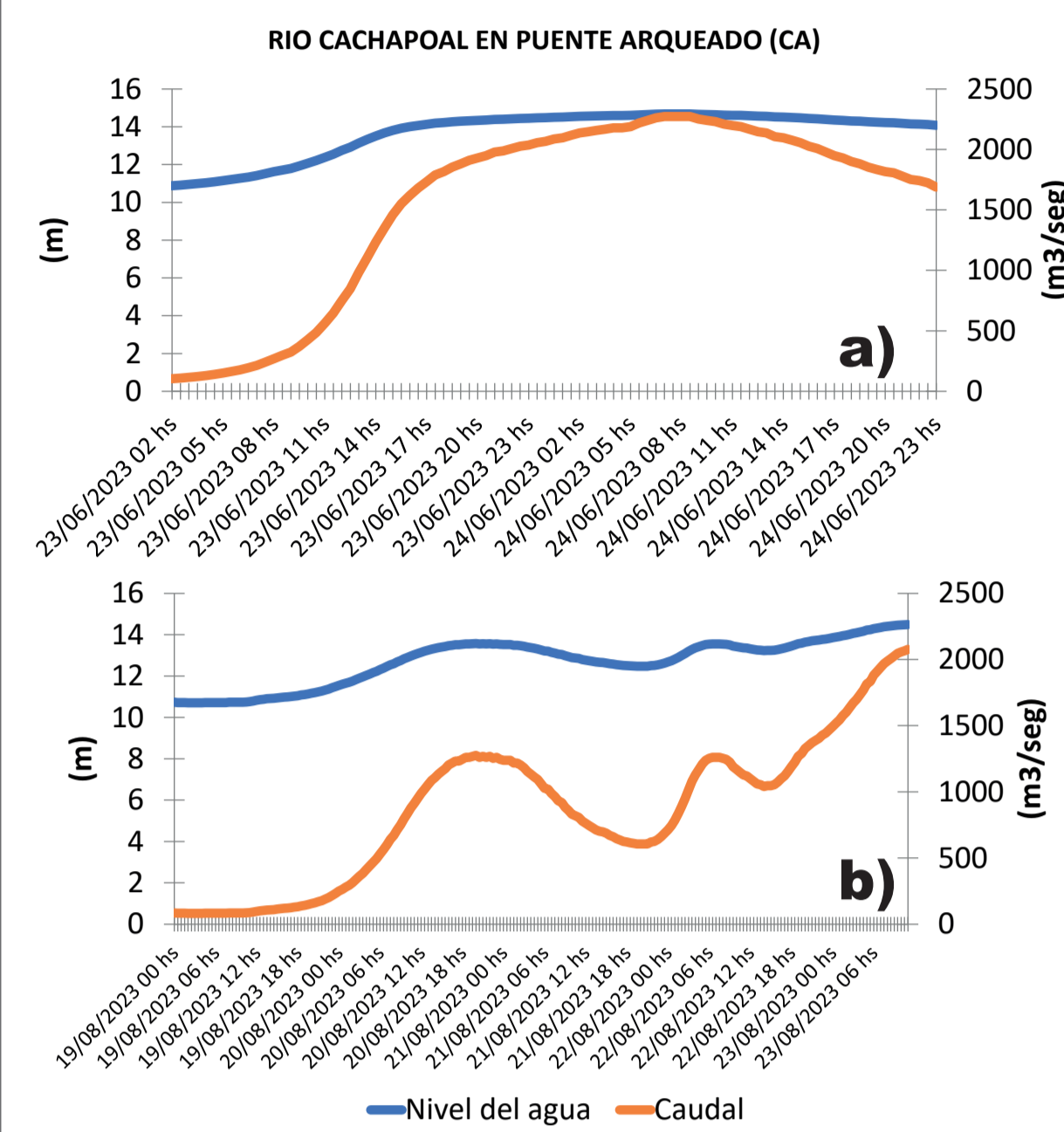


Fig. 3: Hidrograma del río Cachapoal en la estación fluviométrica del Puente Arqueado (CA; 26 km al W de Coltauco), del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

En ambos eventos hidrometeorológicos, el río Cachapoal experimentó incrementos en su caudal, alcanzando 2.271 m<sup>3</sup>/s y un nivel de agua de 14,7 m (Fig. 3a, 3b). El nivel y el caudal del río eran, antes de las crecidas de junio y agosto, de 10,5-10,7 m y 56-83 m<sup>3</sup>/s. Como resultado, el río se desbordó en distintas áreas, ocupando la llanura aluvial sobre la cual existen numerosos asentamientos humanos rurales agrícolas, afectando considerablemente a las comunas de Doñihue (Fig. 4a, 4b) y Coltauco.



Fig. 4: a) Destrucción de viviendas por erosión regresiva de la terraza aluvial en Doñihue (TVN Red O'Higgins). b) Inundación del sector Cerrillos (Doñihue) vista desde el aire (hacia el noreste). Diario el Pulso.

## OBJETIVOS Y METODOLOGÍAS

Este trabajo describe las características geológicas de ambos eventos, con énfasis en las inundaciones de junio del 2023. Se realizaron dos campañas de terreno posterior a las inundaciones, los días 25-26 de junio y 20 de septiembre, para observar las áreas afectadas y se midieron espesores de sedimento y altura máxima del agua en 26 sitios. Las muestras de sedimento obtenidas fueron tamizadas en seco (0.038-0.5 mm). Se realizaron vuelos de vehículos aéreos no tripulados (UAV) en conjunto con la Ilustre Municipalidad de Coltauco y la empresa Gondrones, utilizando vehículos Phantom4 Multiespectral y MAtrice 300 con Cámara L1, con vuelos de duración de hasta 4 horas. Para delimitar las zonas inundadas (Fig. 5) fuera del alcance de los UAV, se utilizaron imágenes Sentinel 2-L2A en el espectro visible (10 m) y combinación de bandas B4 y B5 (10 y 20 m) para obtener índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI; Fig. 6) que permitiera detectar el lodo y agua.



## CARTOGRAFÍA DE LAS INUNDACIONES

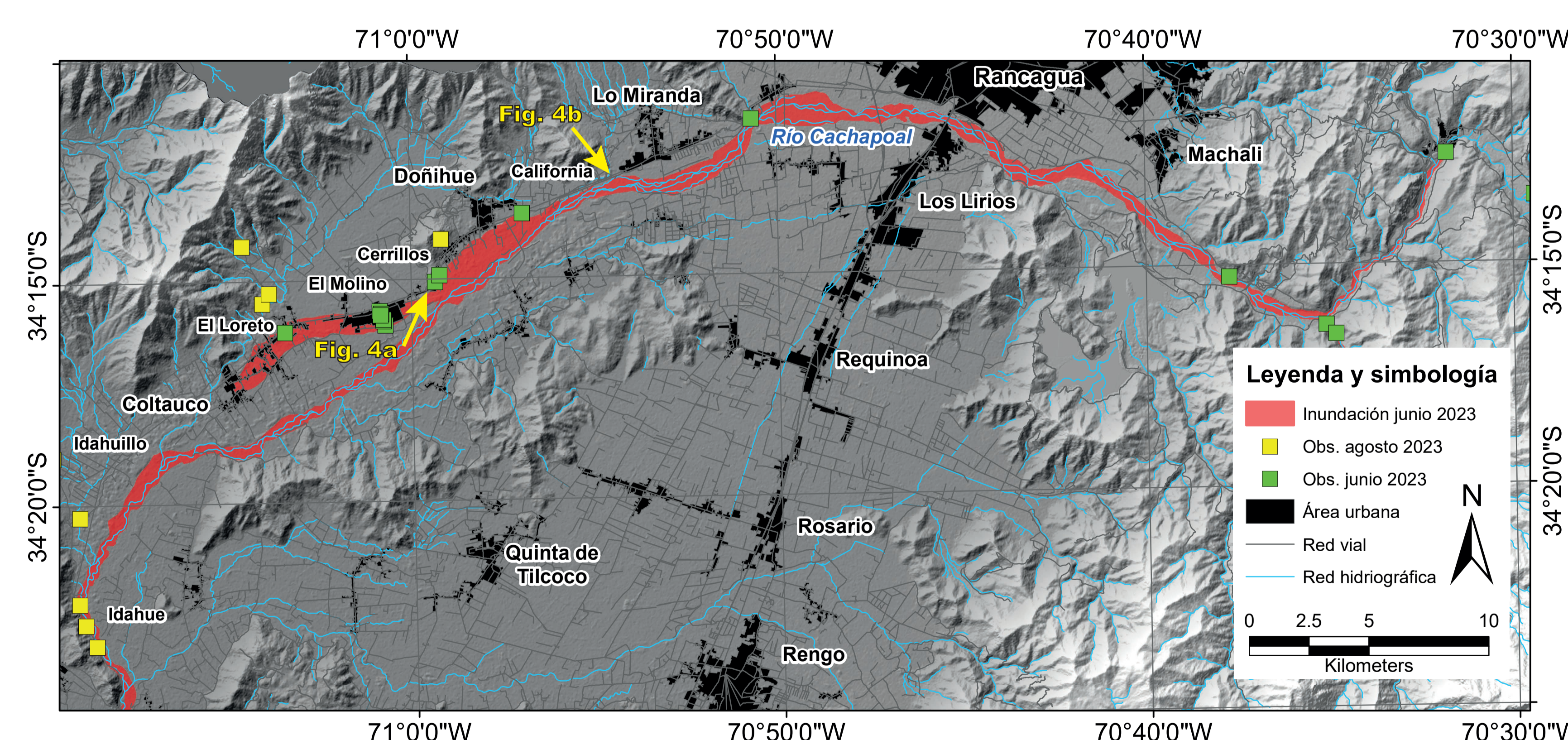


Fig. 5: Mapas preliminar de la inundación del río Cachapoal durante el evento de junio 2023. También se indica la ubicación de los sitios de observación para las inundaciones de junio y agosto 2023.

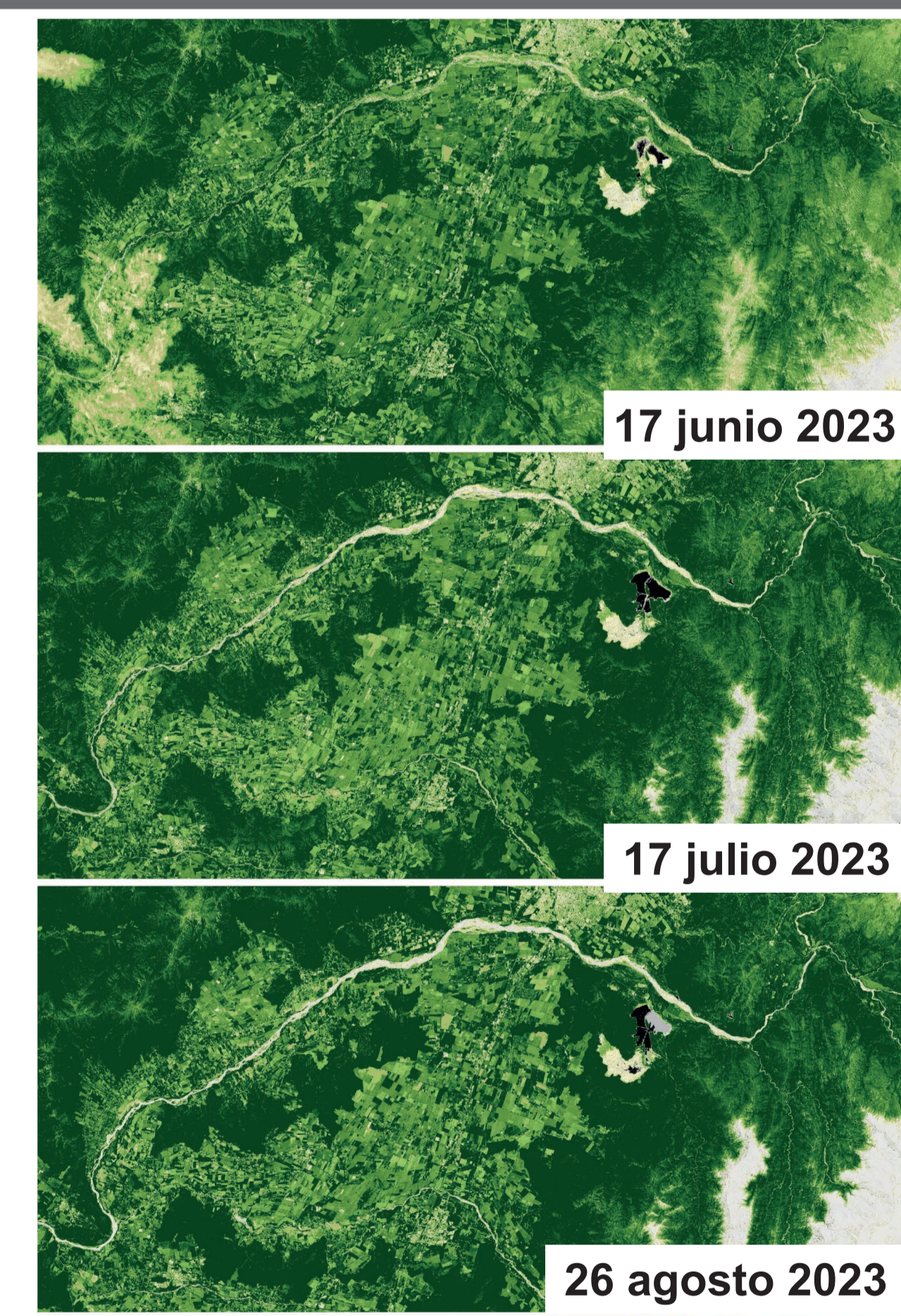


Fig. 6: Imágenes NDVI del satélite Sentinel 2-L2A (10 m) del río Cachapoal antes y después de las inundaciones de julio y agosto del 2023.

## OBSERVACIONES

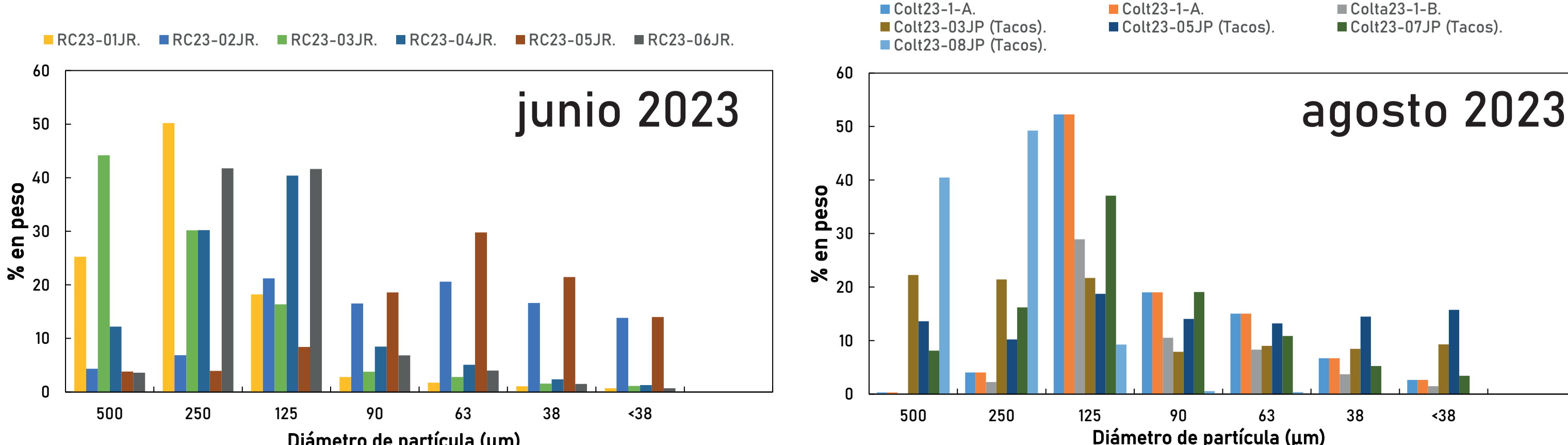
Para el evento de junio, las alturas de sedimento depositado generalmente representan 10-18% de la altura de inundación (Fig. 7a) hasta 3 m sobre el nivel habitual del río). Las alturas de inundación para el evento de agosto fueron menores, en algunos casos alcanzando 2 m sobre el lecho habitual del río Cachapoal (Fig. 7b). El espesor del sedimento también fue inferior (<10% de la altura de inundación). El aporte fue lateral, desde canales y quebradas adyacentes al río.



Fig. 7: Acumulación de madera y vegetales indicando la altura de inundación en a) junio 2023 (línea blanca) y b) agosto del 2023 (escala 1.7 m).

## SEDIMENTOLOGÍA

Longitudinalmente, las facies varían desde arenas medias y finas, masivas, ocasionalmente estratificadas, a depósitos masivos de limo y arcilla en zonas distales. Se interpretó un comportamiento de flujo hiperconcentrado durante la inundación de junio.



## PERSPECTIVAS FUTURAS

El trabajo en curso busca generar una cartografía de detalle de ambos eventos, así como un estudio de facies y componentes para los depósitos descritos. Se están analizando los componentes litológicos y geoquímica de los sedimentos. El modelo final permitirá interpretar el régimen de flujo de estas inundaciones.

## REFERENCIAS

Garreaud, R. (2023). Análisis (CR)2 | Vuelven los gigantes: un análisis preliminar de la tormenta ocurrida entre el 21 y 26 de junio de 2023 en Chile central. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Accedido el 10 de octubre de 2023. <https://www.cr2.cl/analisis-cr2-vuelven-los-gigantes-un-analisis-preliminar-de-la-tormenta-ocurrida-entre-el-21-y-26-de-junio-de-2023-en-chile-central/>