

## **EFFECTOS GEOLÓGICOS DEL EVENTO METEOROLÓGICO DE MARZO DE 2015:**

### **DESCARGAS DE FLUJOS ALUVIALES DURANTE LA TORMENTA DEL 24 AL 26 DE MARZO DE 2015**

#### **INF-EMERGENCIANORTE-02**

**Asistencia solicitada por:** Subdirección Nacional de Geología

**Asistencia realizada por:** Jose Antonio Naranjo y Paula Olea

**Fecha:** Mayo, 2015

#### **INTRODUCCIÓN**

Entre el 24 y 26 de marzo de 2015 se desarrolló una tormenta que generó abundantes lluvias en las regiones de Coquimbo, Atacama y Antofagasta, las que dieron origen a flujos de detritos y barro e inundaciones que afectaron con particular severidad diversas ciudades y localidades de esas regiones. Transcurridos 10 días del desastre, Onemi cifró en 26 el número de fallecidos, 120 desaparecidos y 29.741 los damnificados. Posteriormente, el 4 de mayo, la cifra de fallecidos aumentó a 31, en cambio, el número de desaparecidos disminuyó a 86. Los mayores efectos ocurrieron en la región de Atacama, particularmente en las cuencas de los ríos Copiapó y Salado. En este estudio se tratará, además, las zonas al norte y sur de estas cuencas.

Los registros pluviográficos generados durante la tormenta indican que tuvo características complejas en términos espaciales, cronológicos, de intensidad y altitud. A partir del análisis de 30 grabaciones, seleccionadas entre aproximadamente 80 vídeos revisados que se encuentran disponibles en Internet y registrados durante el momento álgido, se realizaron los cálculos de descargas aluviales para algunas localidades y ciudades. En zonas de terrazas aluviales urbanizadas, se consideraron sólo las secciones de las calles inundadas. Asimismo, se obtuvieron datos cronológicos, los cuales fueron complementados con antecedentes de testimonios obtenidos en terreno e información de otras redes sociales como Twitter. La localización exacta de los vídeos, se realizó a partir del uso acucioso de Google Street View y Google Earth. En particular:

- El ancho de las secciones afectadas se determinó a partir de imágenes satelitales posteriores a los flujos aluviales, cotejados con dimensiones determinadas en los vídeos.
- Las profundidades se estimaron a partir de Google Street View y fueron chequeadas con las imágenes de vídeos.
- Finalmente, las velocidades fueron calculadas a partir del desplazamiento de objetos incorporados en los flujos.

Los datos de las descargas aluviales calculadas fueron cotejados con los registros pluviográficos de las estaciones más próximas a las localidades afectadas (Tabla 1), según se indica en la figura 1.

Tabla 1 Estaciones meteorológicas con datos pluviográficos utilizados en este trabajo

Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud m s.n.m.	Fuente
Antofagasta Cerro Moreno	352.928	7.407.354	113	Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), Dirección Meteorológica de Chile
Taltal Campbell	351.145	7.188.790	37	Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), Dirección Meteorológica de Chile
Pampa Austral Norte	393.399	7.099.177	969	División Salvador, Codelco
Pampa Austral Sur	394.085	7.082.022	915	División Salvador, Codelco
Población Aeropuerto Chañaral	339.127	7.086.045	22	División Salvador, Codelco
Río Copiapó en Pastillo	403.953	6.902.003	1.156	Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas
Río Huasco en Algodones	352.610	6.821.087	750	Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas
Llanos de Huanta	370.144	6.700.153	-1.900	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (Ceaza)

Este estudio tiene como objetivo determinar el comportamiento de la tormenta (cronología e intensidad) a partir de los efectos registrados, así como el tiempo de arribo de flujos en las principales localidades impactadas ante el umbral de precipitaciones acaecidas.

### CARACTERIZACIÓN SECTORES ANALIZADOS

Los primeros datos de aumento de caudales producto de las precipitaciones líquidas de la tormenta se registraron en la parte sur del área de estudio. A continuación se describen, de sur a norte, los antecedentes de descargas medidas para sectores de las cuencas indicadas. Asimismo, en aquellos casos que fueron afectadas más de una localidad por cuenca o quebrada, se ha caracterizado desde aguas arriba hacia abajo. Los sectores analizados se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Localidades analizadas en este trabajo

Cuenca	Tributario	Localidad analizada
Huasco	Río del Tránsito	Quebrada Las Pircas
Copiapó	Río Copiapó	Tierra Amarilla-Nantoco
	Quebrada Paipote	Paipote
	Río Copiapó	Copiapó
Salado		Diego de Almagro
		El Salado
		Chañaral
Taltal		Taltal
Las Rocas		La Chimba-Pablo Neruda

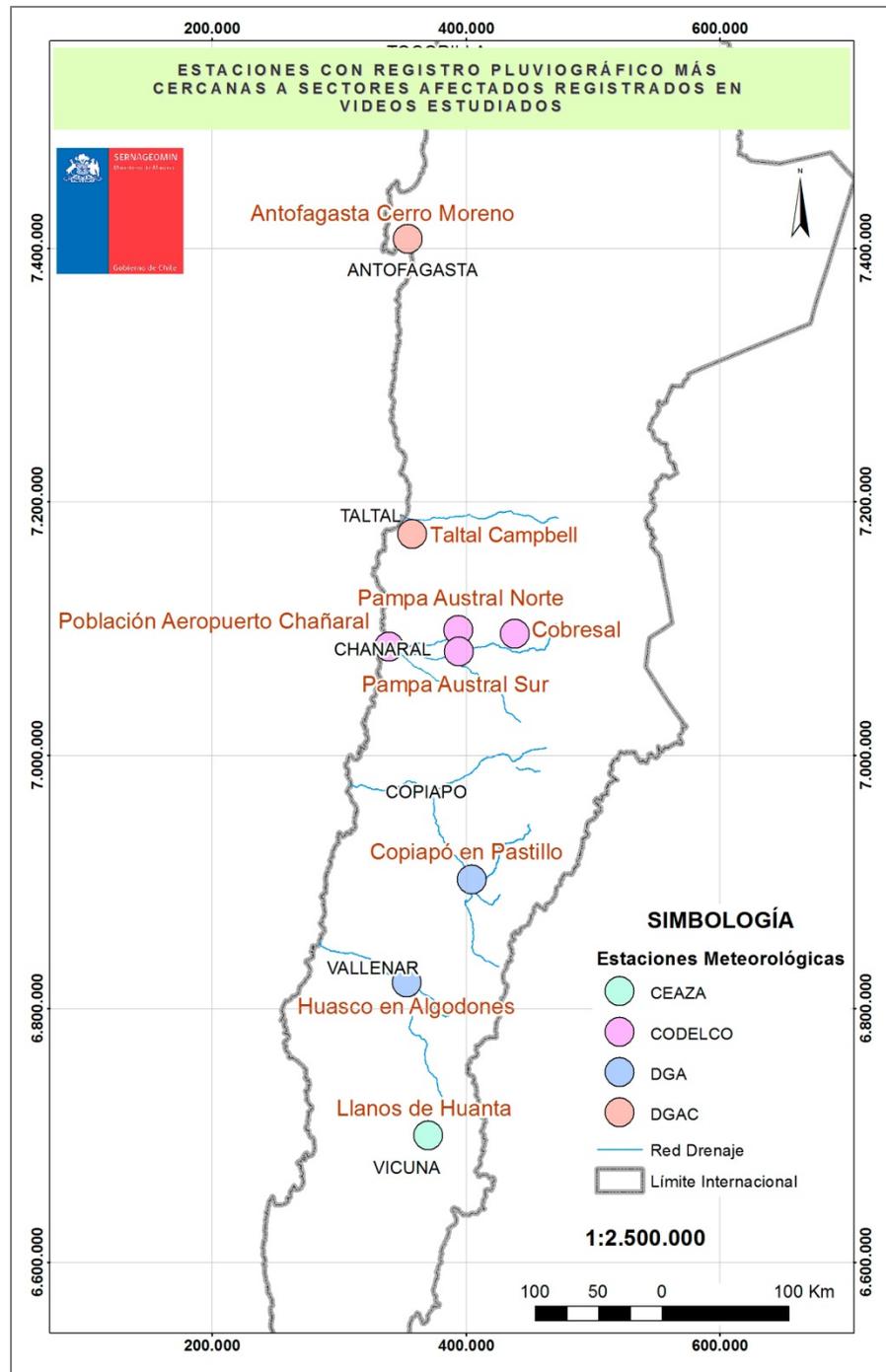


Fig. 1 Estaciones con registro pluviográfico más cercanas a sectores afectados por aluviones ocurridos entre el 24 y 26 de marzo de 2015, estudiados en vídeos.

## RÍO TRÁNSITO

Se dispone de vídeos de descargas de la quebrada Las Pircas en el río El Tránsito. Esta quebrada nace aproximadamente a 2.730 m s.n.m. y 17,5 km al sur de la localidad de El Tránsito (1.080 m s.m.m.), con una pendiente general de  $H/L=0,095$ .

Testimonios locales recogidos por Alfaro *et al.* (2015a) indican que los primeros flujos de detritos se produjeron a las 4:30 h del 24 de marzo como respuesta a las altas precipitaciones de esa madrugada (Fig. 2). Posteriormente, se observó una descarga de  $460 \text{ m}^3/\text{s}$  entre las 18:30 y 20:30 h de ese día y, entre las 10:30 y 13:00 h del miércoles 25, se pudo registrar una descarga de  $320 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Los datos pluviográficos de la estación satelital Algodones de la DGA en el río Huasco, aproximadamente 21 km aguas debajo de la localidad de El Tránsito y a 750 m snm, no registró precipitaciones antecedentes próximas importantes en la zona (Fig. 2). Sin embargo, 110 km al sur, en la estación Llanos de Huanta de Ceaza, ubicada a una cota de aproximadamente 1.900 m snm, se registró un importante *peak* acumulado de aproximadamente 15 mm entre las 14 y 16 h del 24 de marzo.

Posteriormente, entre las 20 h del 24 y las 3 AM del 25 de marzo, se registró un acumulado de poco más de ~12 mm en la estación Llanos de Huanta con un *peak* acumulado de ~ 2 mm en la estación Algodones. La torrencialidad de esta lluvia pudo ser la causa del aumento del caudal de la quebrada Algarrobal, que produjo el corte de la Ruta 5, 50 km al norte de Vallenar, aproximadamente a las 4:30 h AM del miércoles 25 de marzo y otros cortes a lo largo del río Huasco.

La descarga de la mañana del 25 de marzo, en la quebrada Las Pircas, pudo ser consecuencia de las intensas precipitaciones registradas a partir de las 11 h en las estaciones Llanos de Huanta y Algodones en el río Huasco. Cabe destacar que, a diferencia del día anterior, la intensidad de las precipitaciones durante la madrugada y mediodía del 25 de marzo ya había alcanzado la estación Pastillo en el valle del río Copiapó, distante 95 km al NNE de la estación Algodones (Fig. 2).

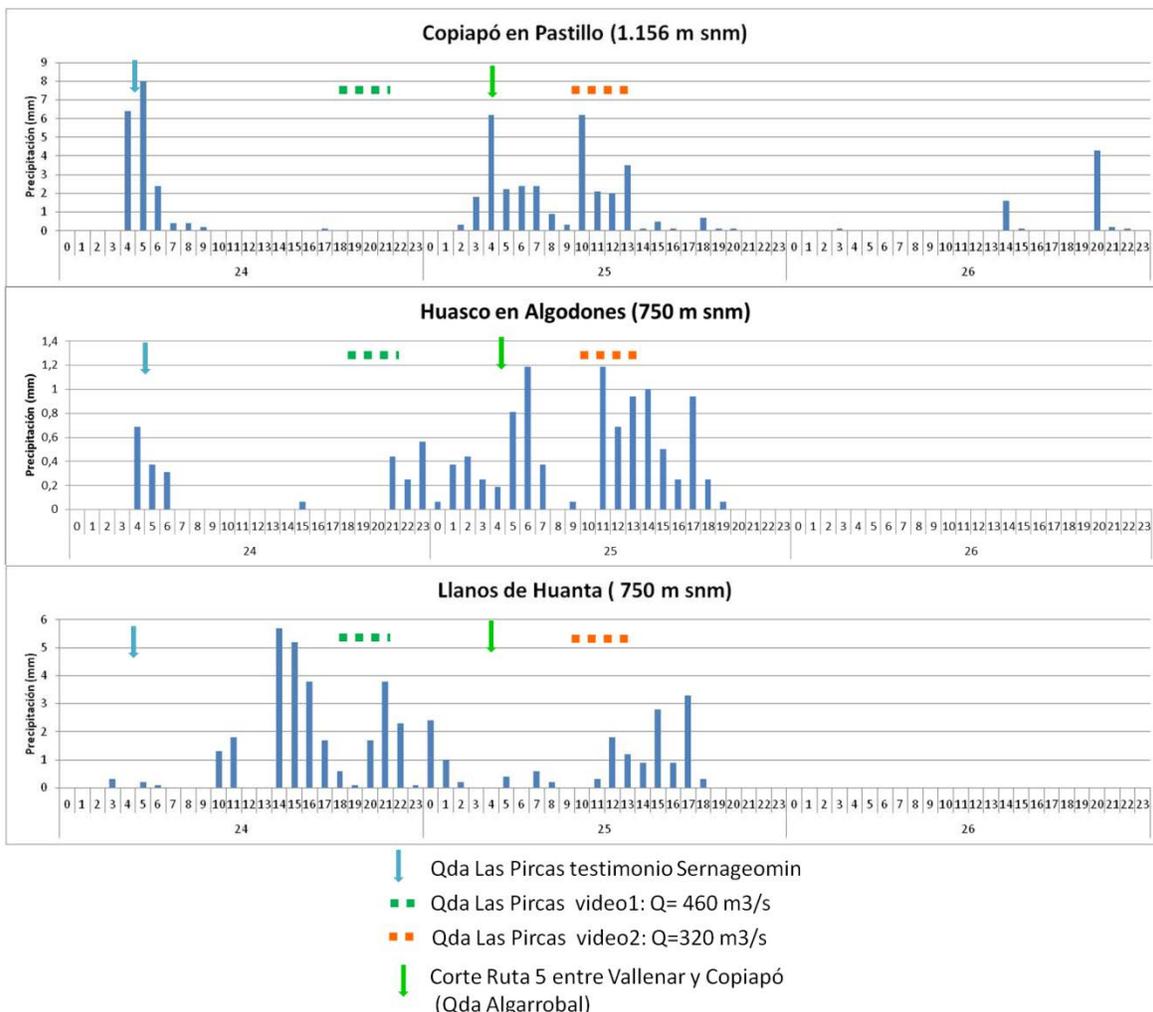


Fig. 2. Pluviografía de las estaciones más cercanas al río Tránsito, Región de Atacama. Se indica la estimación horaria de algunos procesos catastróficos registrados en la zona. Testimonio del Sernageomin en Alfaro *et al.* (2015a)

### CUENCA RÍO COPIAPÓ

Para el sector Nantoco-Tierra Amarilla se dispone de uno de los primeros registros de inundaciones provenientes de una quebrada local desde el este, tributaria del río Copiapó. El testimonio menciona una escorrentía superficial sobre la terraza derecha del río Copiapó hacia Nantoco, ocurrida durante la tarde del día 24 de marzo de 2015. Esto implica que, bajo la cota 1.100 m snm (nacientes de dicha quebrada), habían ocurrido lluvias intensas. Entre las 12 y 15 h de ese día se registra el primer flujo de detritos en el lecho del río Copiapó en las inmediaciones de Tierra Amarilla, con una descarga de aproximadamente 70 m<sup>3</sup>/s (Fig. 3). Estos flujos fueron consecuencia, un tanto retardada, de las intensas precipitaciones ocurridas entre las 4 y 6 AM de ese día en la estación Copiapó en Pastillo, ubicada a 60 km al SSE de Nantoco, a una altitud de 1.156 m snm y, a mayor altura (2.248 msnm), a las 9 AM en la estación Cobresal de Salvador, 150 km al noreste de Tierra Amarilla.

Testimonios de personas en el sector oriental de Paipote, en las calles Collipulli y Rahue, indican que entre las 4 y 5 AM del 25 de marzo de 2015 se produjeron las primeras inundaciones provenientes de la quebrada Paipote. Asimismo, otros testimonios indican que a las 5 AM de ese día se inició la mayor descarga, estimada en al menos  $1.200 \text{ m}^3/\text{s}$  conforme al análisis de videos.

Posteriormente, a las 7:04 h, registros televisivos dan cuenta de un caudal de al menos  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  en el río Copiapó, en el puente de la calle Maipú, 8 km aguas abajo de la confluencia con la quebrada Paipote. A este caudal debe sumarse a lo menos  $105 \text{ m}^3/\text{s}$  calculados para la terraza de inundación derecha, aproximadamente a la misma hora.

A las 07:50 h de ese día en Tierra Amarilla, 10 km aguas arriba de la confluencia del río Copiapó con la quebrada Paipote, se registraron descargas fluviales con árboles y elementos antrópicos de hasta  $110 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En general, los testimonios de videos y personas en terreno indican que durante la mañana y temprano en la tarde del 25 de marzo, se mantuvo un caudal elevado a lo largo del río Copiapó, con inundaciones sobre ambas terrazas que alcanzaron 1 km de ancho sobre la terraza derecha. El mayor aporte a ese caudal provenía de la quebrada Paipote con flujos continuos que sobrepasaban los  $860 \text{ m}^3/\text{s}$  como consecuencia de las intensas precipitaciones precordilleranas que, entre las 8 y las 13 horas de ese día, llegaron a ~30 mm acumulados en la estación Cobresal a 2.248 m s.n.m., 95 km al norte. A menor altura (1.156 m s.n.m.), en la estación Copiapó en Pastillo se registraron 13,5 mm entre las 10 y las 13 h (Fig. 3).

En el ápice del abanico aluvial de la quebrada Paipote el río Copiapó, la defensa derecha del badén de calle Caupolicán fue claramente superada, lo que dio origen a parte importante de la inundación de la terraza derecha del río Copiapó a lo largo de las principales arterias de la ciudad, como Los Carrera y Copayapu.

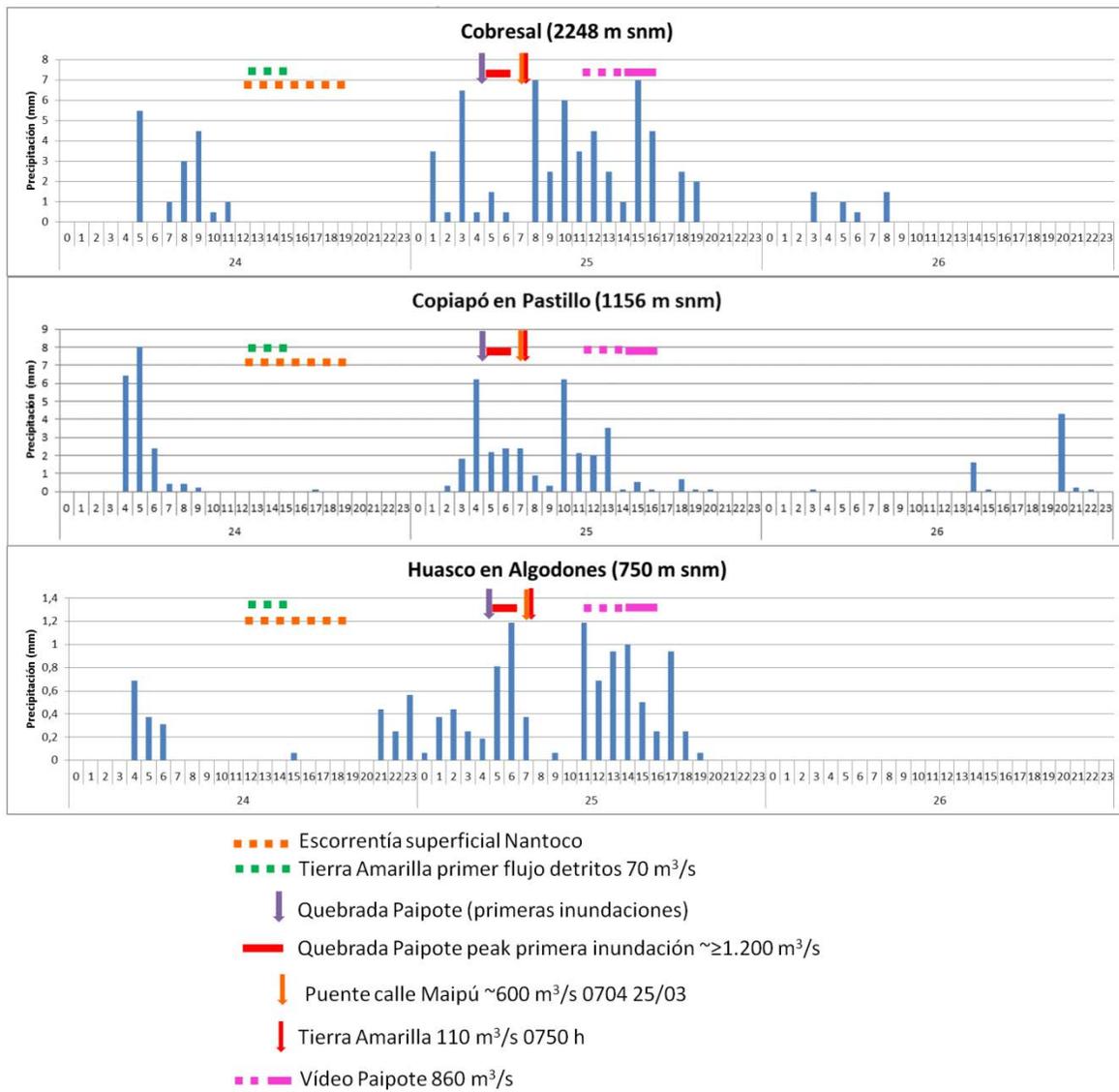


Fig. 3. Pluviografía de las estaciones más cercanas al río Copiapó, Región de Atacama. Se indica la estimación horaria de algunos procesos catastróficos registrados en la zona.

### CUENCA RÍO SALADO

Existen testimonios de Twitter que a las 19 h del 24 de marzo en Diego de Almagro (790 m s.n.m.) el río Salado fluía colmatado pero sin desbordarse, por lo que su caudal no superaba los 69 m<sup>3</sup>/s. Según los datos pluviográficos de la estación Cobresal (2.248 m s.n.m.) de Codelco, ubicada en Salvador, 45 km al ENE de Diego de Almagro, este caudal corresponde a la respuesta de las precipitaciones acaecidas en la precordillera, entre las 6 y las 11 h AM del 24 de marzo (Fig. 4).

Por otra parte, según antecedentes de televisión, el desborde del río Salado en Diego de Almagro se produjo aproximadamente a las 6 AM del 25 de marzo como consecuencia del incremento local de las precipitaciones con 11 mm/h según registro de la estación Pampa Austral Sur

(915 m s.n.m.), 2,5 km al noroeste de esta ciudad. El caudal se incrementó aceleradamente con una descarga muy destructiva de a lo menos 1.000 m<sup>3</sup>/s (videos) a las 9 AM (Twitter), como consecuencia de las intensas precipitaciones de hasta 7 mm/h registradas aguas arriba en la estación Cobresal, sobre los 2.000 m snm (Fig. 4).

Información aportada por Twitter señaló que el pueblo de El Salado quedó dividido por el incremento del caudal antes de las 9 AM del 25 de marzo. A partir de esa hora se registró una importante descarga, muy destructiva, con abundantes elementos antrópicos que, aproximadamente en 2 minutos, se incrementó desde 650 a 1.600 m<sup>3</sup>/s. El notable aumento del caudal al río Salado se debió, en este caso, a la suma de los aportes de la quebrada Chañaral Alto cuyas cabeceras captaron, eficientemente, las precipitaciones de la precordillera con casi 10 mm entre las 8 y 9 AM (estación Cobresal, 2.248 m s.n.m.).

Diversos comunicados en Twitter coinciden en que antes de las 09:43 h del 25 marzo, Chañaral había sido arrasada por “un alud proveniente de la cordillera que llegó a la ciudad llevándose casas, carretera, puestos de comida”. De acuerdo al análisis de los videos se observó que durante el momento álgido, la descarga aumentó desde 560 a 2.700 m<sup>3</sup>/S en 2 minutos. Este abrupto incremento se debió a la suma de los aportes del río Salado, quebrada Las Ánimas y principalmente, quebrada Saladito, las cuales contribuyeron con caudales generados por precipitaciones locales de hasta 10 mm entre las 8 y las 10:30 h según se registró en la estación Población Aeropuerto Chañaral de Codelco (Fig. 4).

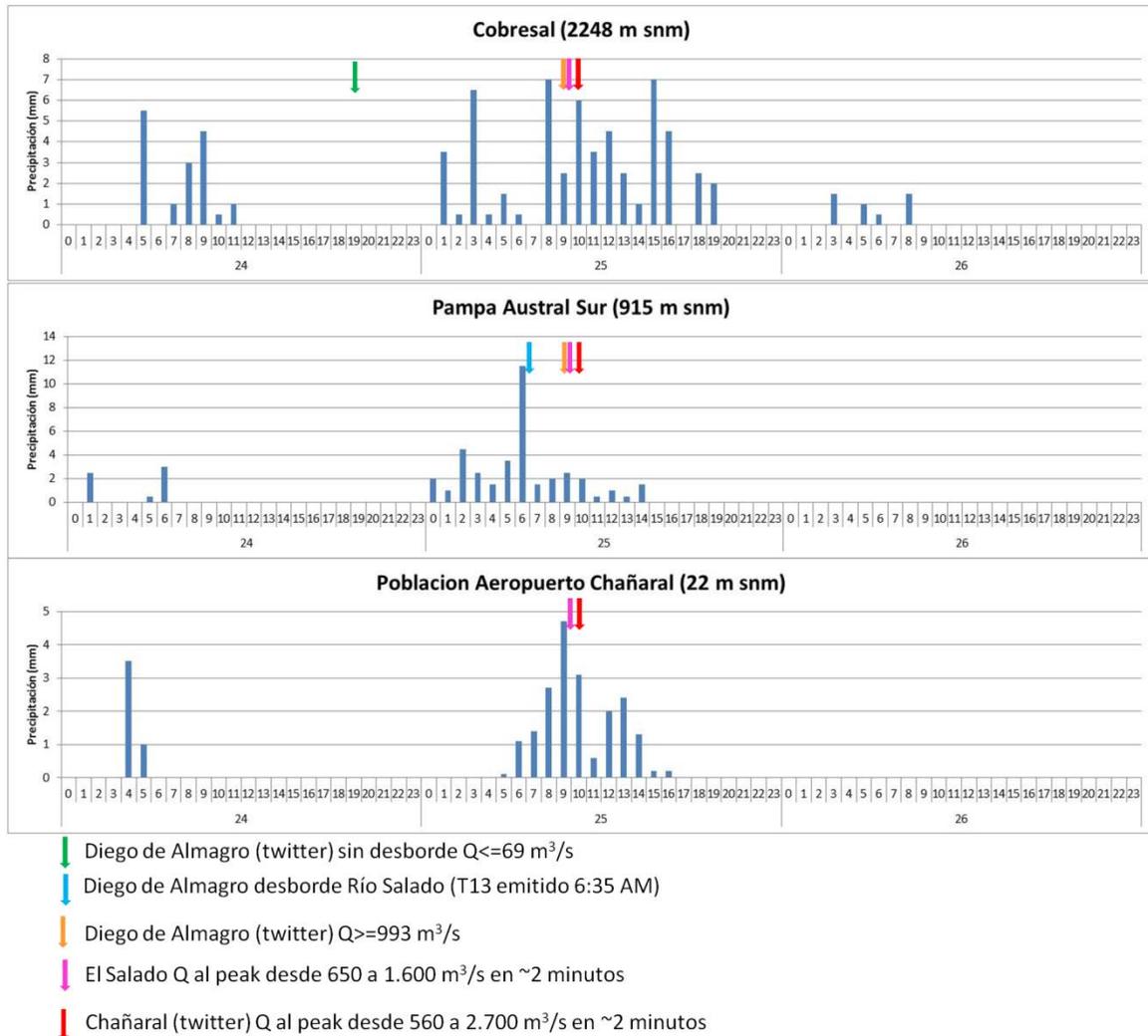


Fig. 4. Pluviografía de las estaciones más cercanas al río Salado, Región de Atacama. Se indica la estimación horaria de algunos procesos catastróficos registrados en la zona.

### CUENCA QUEBRADA TALTAL

Las intensas precipitaciones acaecidas durante la mañana y media tarde del 25 de marzo en Taltal, con un *peak*  $\sim 11 \text{ mm/}$  a las 9 AM (Fig. 5) produjeron flujos de detritos que provocaron cortes en las ruta 1 y 710 (cuesta Paposo) y en algunos sectores altos de Taltal. Sin embargo, el mayor impacto que afectó esta ciudad se produjo por flujos de detritos y barro encauzados por la quebrada Taltal con severos daños en las arterias de acceso a la ciudad y en las rutas 1 y 902 (Sepúlveda et al., 2015; Alfaro et al., 2015b).

Según la DOH del Ministerio de OOPP (DOH-MOP, 2015), a las 15:30 h del 25 de marzo escurría un “caudal de proporciones que baja por el costado izquierdo hacia Taltal” a la altura de la estación de servicio Agua Verde en la Ruta 5. Más tarde, a las 18 h, “llega el torrente a la primera poza de decantación de la ribera sur” en la quebrada Taltal, localizada 3,3 km aguas arriba de la ciudad. Posteriormente a las 20 h de ese día, así como a las 2 y 15 h del 26 de marzo, testimonios locales

señalaron el escurrimiento de flujos de agua con sedimentos en descenso por la confluencia de las avenidas Manuel A. Matta y Francisco Bilbao (estación de servicio Copec) (Fig. 5).

Videos grabados durante la madrugada del 26 de marzo permiten inferir caudales *peak* entre 70 y 100 m<sup>3</sup>/s por la calle Sady Zañartu con Arturo Prat, lo que constituyó el brazo norte de flujos aluviales en Taltal. Posteriormente, vídeos grabados en la tarde del 26 de marzo, permiten inferir que el caudal en ese sector había disminuido a 7,2 m<sup>3</sup>/s.

Por otra parte, según el informe de DOH-MOP (2015), a partir 06:30 h del 26 de marzo, el caudal vuelve a aumentar de manera considerable, principalmente por tres vías: las calles Bilbao-O'Higgins, Progreso y Sady Zañartu. De acuerdo a los antecedentes de terreno de la DOH, los torrentes provenían de la cordillera y se mantuvieron durante todo el día 26 de marzo. Efectivamente, una de las mayores descargas registradas tuvo lugar esa mañana y fue captada en el sector de la entrada a Taltal (estación de servicio Petrobras) donde se pudo estimar un caudal de aproximadamente 200 m<sup>3</sup>/s. Aguas abajo, en diferentes arterias de la ciudad, se registraron caudales de entre 20 y 25 m<sup>3</sup>/s.

Un video aéreo grabado la mañana del 26 de marzo, permite observar que las descargas, tras cubrir como ríos trezados la quebrada a la altura de la primera poza de decantación completamente colmatada, tendían a concentrarse por el sector derecho de la segunda poza de decantación y, posteriormente el caudal, mayoritariamente era encauzado por la parte sur de la quebrada entre el terraplén de la Ruta 1 y la ladera. Según la DOH-MOP (2015) entre las 13:00 y 15:30 h del 26 de marzo el encauzamiento había sido concentrado hacia brazo sur por las calles Francisco Bilbao-O'Higgins.

Los antecedentes pluviográficos de las estaciones meteorológicas de Codelco, Pampa Austral Norte en la depresión central y Cobresal en la precordillera, ambas ~90 km al sur de la quebrada Taltal-Chaco, indican que los elevados caudales habrían sido causados principalmente por la constancia e intensidad de las precipitaciones precordilleranas. La cuenca de esta quebrada tuvo una respuesta eficiente y prolongada por más de 24 horas (Fig. 5).

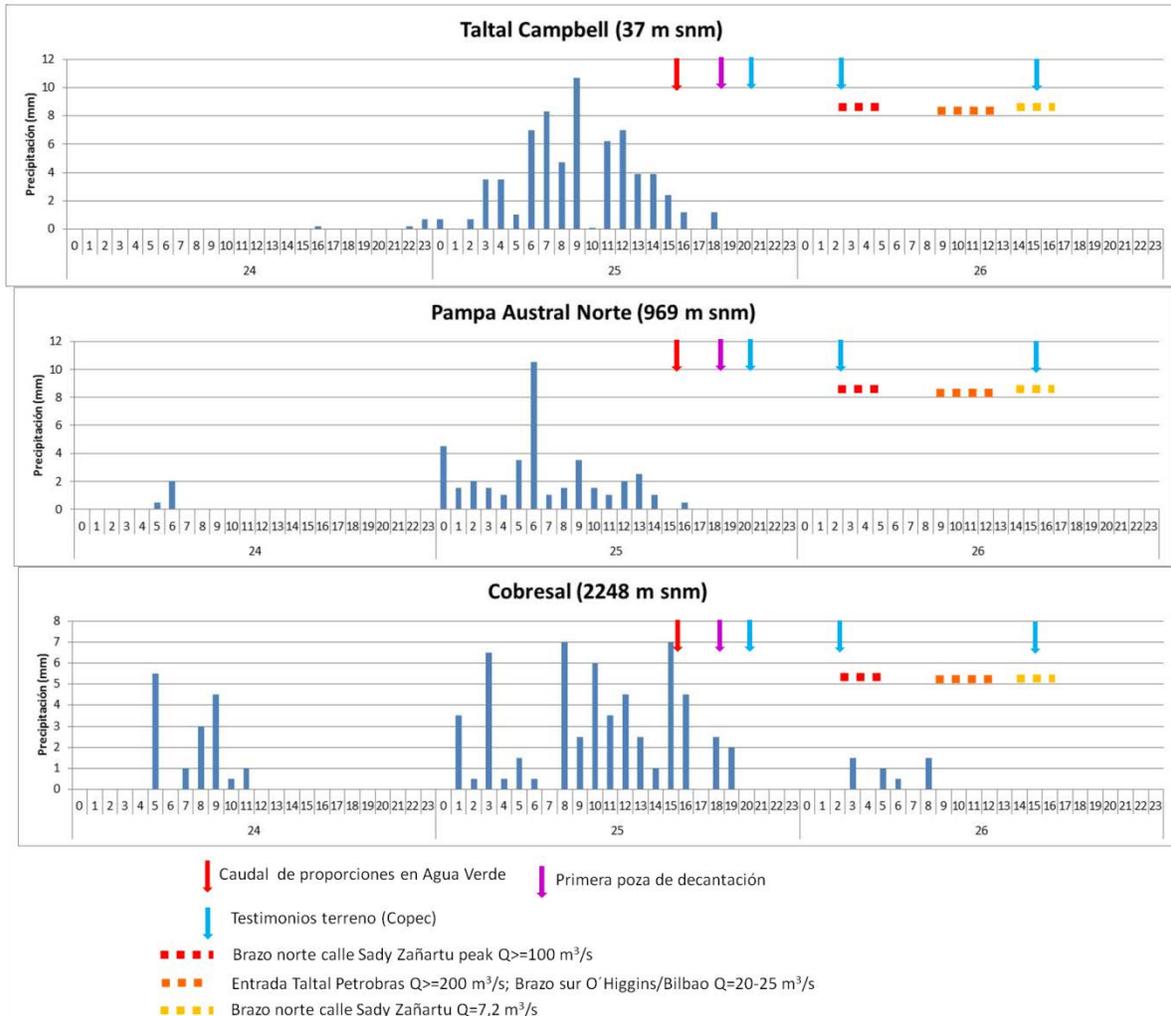


Fig. 5. Pluviografía de las estaciones más cercanas a la quebrada Taltal, Región de Antofagasta. Se indica la estimación horaria de algunos procesos catastróficos registrados en la zona.

### ANTOFAGASTA: CUENCA LAS ROCAS-PABLO NERUDA

Según la estación meteorológica Cerro Moreno de la Dirección General de Aeronáutica Civil, las precipitaciones más intensas tuvieron lugar entre las 12 y 16 h del 25 de marzo. Precipitaciones de menor intensidad se registraron hasta las 22 horas (Fig. 6).

Las principales consecuencias fueron inundaciones en diversas arterias de la ciudad de Antofagasta y flujos de detritos locales. Uno de los casos más destacados tuvo lugar en el sector de la avenida Pablo Neruda, La Chimba Alta donde, aproximadamente en horas de la tarde de ese día, se registraron descargas de flujos de hasta  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Aunque se mantenía un flujo continuo, los registros permitieron identificar oleadas mayores a intervalos irregulares de entre 6 y 20 segundos.

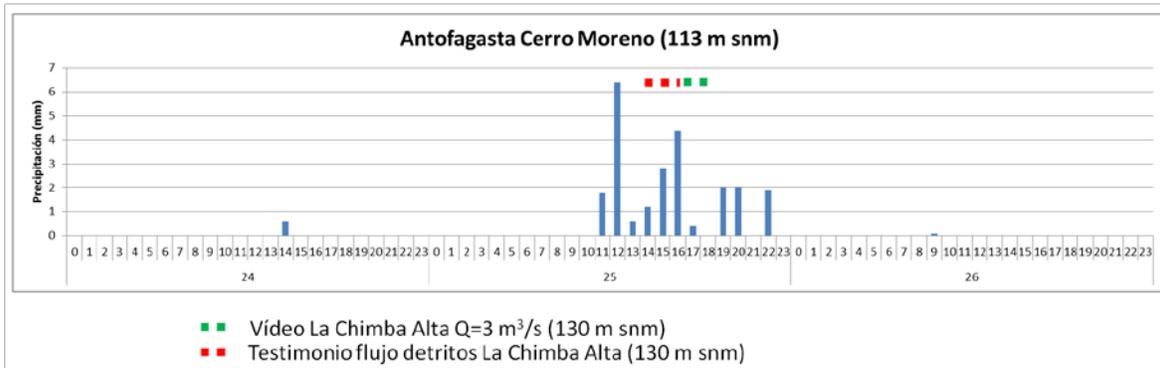


Fig. 6. Pluviografía de la estación Cerro Moreno cercana a la ciudad de Antofagasta. Se indica la estimación horaria de flujos de detrito y barro registrados en el sector de La Chimba Alta.

### RESUMEN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LOS EFECTOS DE LA TORMENTA

En la Fig. 7. se muestra la distribución espacio-temporal de los flujos aluviales ocurridos producto de la tormenta entre los días 24 y 26 de marzo de 2015. Como se puede apreciar, la tormenta tuvo una clara distribución desde el sur hacia el norte; iniciándose en la madrugada del 24, en la cuenca del río Huasco; el día 24 por la tarde en las cuencas de los ríos Copiapó y Salado; y el día 25 por la tarde, en las cuencas de la quebrada de Taltal y cuencas de la costa de la ciudad de Antofagasta.

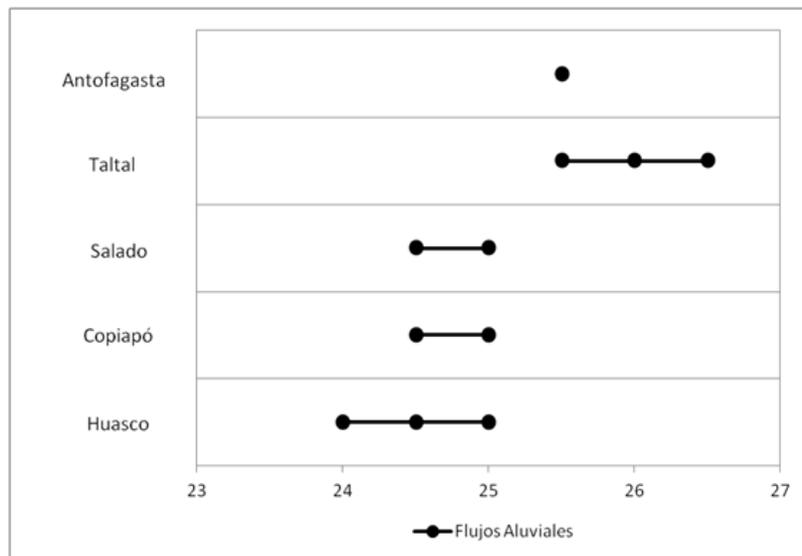


Fig. 7. Resumen de la ocurrencia de flujos de detritos entre el 24 y 26 de marzo de 2015, entre las regiones de Antofagasta y Atacama.

### CONCLUSIONES

La tormenta ocurrida en el norte de Chile entre el 24 y 26 de marzo de 2015 desarrolló abundantes e intensas lluvias en las regiones de Coquimbo, Atacama y Antofagasta, las que fueron registradas en pluviógrafos de diversas instituciones. Las precipitaciones dieron origen a flujos de detritos y barro e inundaciones que afectaron con particular severidad distintas ciudades y localidades. Los momentos álgidos del impacto de esos flujos fueron grabados en vídeos disponibles en Internet, algunos de los cuales aportan importantes antecedentes, especialmente de horarios y de descargas. De este análisis se obtienen las siguientes conclusiones:

- Según los antecedentes pluviográficos, a partir del 24 de marzo, la tormenta tuvo un desplazamiento desde el sur (Región de Coquimbo) hacia el norte (Región de Antofagasta) y su mayor intensidad se produjo en la precordillera de la parte norte de la Región de Atacama.
- Las descargas observadas se caracterizaron por el transporte de abundantes sólidos disponibles en los cursos principales y especialmente materiales antrópicos de ciudades y localidades arrasadas. En términos generales, la proporción de sólidos paulatinamente decreció en relación a la fase líquida, en relación a la distancia de la fuente generadora de los flujos aluviales.
- En término de la magnitud de las descargas y áreas de impacto, uno de los sectores más afectados fueron la ciudad de Copiapó-Paipote, debido a los altos caudales provenientes de la quebrada Paipote que, en la madrugada del 25 de marzo, sobrepasaron los 1.200 m<sup>3</sup>/s. Más al norte y a partir de las 9 M de ese día, Diego de Almagro, El Salado y Chañaral fueron severamente afectados por descargas de hasta ~1.000, ~1.600 y ~2.700 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Se midieron incrementos de caudales desde 650 a 1.600 m<sup>3</sup>/s para El Salado y de 560 a 2.700 m<sup>3</sup>/s para Chañaral en menos de 2 minutos. Particularmente para la ciudad de Chañaral, esto se interpreta como consecuencia de la suma de los aportes de la quebrada Chañaral Alto, importante tributaria del río Salado, cuyas cabeceras captaron las precipitaciones de la precordillera con casi 10 mm entre las 8 y 9 AM del 25 de marzo de 2015 (estación Cobresal, 2.248 m s.n.m.).
- Es posible deducir que el ápice del abanico aluvial de la quebrada Paipote en el río Copiapó, la defensa derecha del badén de calle Caupolicán había sido claramente superado, lo que dio origen a parte importante de la inundación de la terraza derecha del río Copiapó a lo largo de las principales arterias de la ciudad, como Los Carrera y Copayapu. El diseño de la defensa derecha en el ápice del abanico de aluvial de la quebrada Paipote en la quebrada del río Copiapó está muy por debajo de los requerimientos para aluviones de la magnitud de los ocurridos el 25 de marzo de 2015, por lo que se hace imperativo revisar criterios.
- Las principales descargas a lo largo de la quebrada Taltal ocurrieron por el sector izquierdo de la quebrada y no por las piscinas decantadoras, ubicadas en el sector derecho.
- Los resultados horarios estimados para las descargas calculadas y graficadas en las figuras de este informe deben ser ajustados para determinar, caso a caso, los umbrales de precipitaciones y los tiempos de respuesta en cada localidad afectada. Los horarios ajustados permitirán monitorear en tiempo real el comportamiento de las precipitaciones en pos de entregar las alertas tempranas correspondientes.

## RECOMENDACIONES

- Los diseños de las obras de mitigación y de reconstrucción de las zonas impactadas, así como otros sectores de las cuencas afectadas por el temporal de fines de marzo de 2015 deben considerar el potencial de descargas de las respectivas quebradas.
- La elaboración de planes de emergencia para las zonas afectadas debería utilizar y coordinar las estaciones pluviométricas instaladas para establecer umbrales y tiempos de respuesta.

## REFERENCIAS

DOH-MOP. 2015. Minuta técnica "Análisis Fenómeno Aluvional, de los días 24, 25, 26 y 27 de marzo de 2015, en la ciudad de Taltal". Actualizada al 30-03-2015. DOH-MOP.

Alfaro, A.; Fuentes, F.; Murillo, I. 2015a). Efectos geológicos del evento meteorológico de marzo de 2015 en la comuna de Alto del Carmen: Observaciones geológicas y validación de zonas de inundación, evacuación, reconstrucción de campamentos y acopio en los valles de los ríos del Carmen y Tránsito. INF-ATACAMA-6. Servicio Nacional de Geología y Minería.

Alfaro, A.; Sepúlveda, N.; Villa., V.; Lienlaf, M. 2015b. Observaciones geológicas del aluvión de Taltal y efectos del temporal en la vía de acceso Paposos-Taltal, Ruta B-710 y Ruta 1. INF-ANTOFAGASTA-03. Servicio Nacional de Geología y Minería.

Sepúlveda, N.; Alfaro, A.; Villa., V.; Lienlaf, M. 2015. Observaciones geológicas de los sectores "Tomas de Circunvalación y Población Tiro al Blanco" en la ciudad de Taltal, Región de Antofagasta. INF-ANTOFAGASTA-04. Servicio Nacional de Geología y Minería.

JA/PO.

Revisión: M. Arenas

Santiago, junio de 2015.