



**INF-ATACAMA-03**

**EFFECTOS GEOLÓGICOS DEL EVENTO METEOROLÓGICO DEL  
24 Y 25 DE MARZO DE 2015:**

**OBSERVACIONES GEOLÓGICAS EN EL CURSO SUPERIOR DE LA  
QUEBRADA DEL SALADO Y CURSO INFERIOR DE LA QUEBRADA  
PAIPOSE**

**INF-ATACAMA-03**

**Fecha de observaciones:** 31 de marzo de 2015.

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

**Asistencia realizada por:** Miguel Ortiz, María Francisca Falcón, Roberto  
Merino, Felipe Coloma.

**ANTECEDENTES**

A raíz de un núcleo frío en altura que afectó a las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, se generaron remociones en masa, del tipo flujos de barro (aluviones), a lo largo de la quebrada del Salado. Éstas afectaron a centros poblados y produjeron cortes de caminos y líneas férreas desde Llanta hasta la costa, en la ciudad de Chañaral. Esto tuvo como consecuencia un número aún no precisado de personas fallecidas, desaparecidas y damnificadas, las que en su mayoría se encuentran en albergues temporales.

En particular, en el presente informe se entregan las observaciones de daños y efectos, así como recomendaciones preliminares, en el tramo de quebrada del Salado entre El Salado y El Salvador, además del curso inferior de la Quebrada Paipote (Fig. 1). A continuación se describen 5 puntos en detalle.



**Fig. 1.** Ubicación de las zonas observadas durante la jornada en recuadros de color negro. Se mencionan las ciudades principales.

## OBSERVACIONES

### Punto 1: Localidad de El Salado

En la localidad de El Salado, el ingreso de los flujos de detritos provocó la pérdida de vida de dos personas, (confirmadas hasta el día de la visita) además de la destrucción total del 80% de los inmuebles ubicados en la llanura de inundación de la quebrada de El Salado (Fig. 2).

El mayor daño a las viviendas se produjo, principalmente, en el sector oriental de la localidad. En las instalaciones de Carabineros de Chile (100 m al norte del antiguo cauce de la quebrada) se observan marcas de hasta 2 m de altura (altura de ola) por fuera del inmueble. Por dentro, la altura de la inundación llega hasta 1,3 m, y con un depósito de fango de 0,8 m de altura (Fig. 3). A su vez, los aluviones movilizaron estructuras metálicas tales como contenedores de agua, camiones y rieles de la vía férrea.



**Fig. 2.** Zonas afectadas en localidad de El Salado. En rojo la zona arrasada por flujos de detritos. En color verde sector de campamento improvisado. La flecha roja indica la ubicación de relaves socavados en su base por la escorrentía del flujo.





**Fig. 3.** En recinto de Carabineros, se observa la altura máxima del flujo en la pared y el depósito de barro de hasta 80 cm.

El daño mayor causado por la inundación y el flujo de detritos (aluvión) se concentró en la ribera norte de la antigua canalización de la quebrada. En ese sector, se observa un peligroso socavamiento de la línea férrea, sobre la cual hay 14 vagones que transportaban ácido sulfúrico. La línea está sobre un terraplén de los menos 2 m de altura y que se encuentra actualmente inestable (Fig. 4).



**Fig. 4.** Flecha naranja indica vagones con ácido sulfúrico. Flecha roja muestra socavamiento de terraplén sobre la cual está construida la línea férrea.

La localidad se encuentra sin agua potable y sin alcantarillado, el día 30 de marzo recuperó parcialmente el suministro de energía eléctrica (lo mismo ocurre en Diego de Almagro). Parte de los habitantes damnificados se encuentran en un campamento improvisado en la ribera sur de la quebrada, que tiene condiciones de sitio seguro.

### **Punto 2: Tramo (ruta C-13) Diego de Almagro – Salado**

En la salida poniente de la ciudad de Diego de Almagro, se observa que un nuevo cauce, al norte del antiguo cauce principal, el que se formó durante el evento de lluvias. Al generarse, el nuevo cauce destruyó la línea férrea y generó un socavón de al menos 2 m de profundidad y 8 m de ancho (nuevo brazo de quebrada, Fig. 5).

En este tramo la carretera se encuentra en mal estado pero habilitada. La vía férrea se encuentra con gran cantidad de cortes y no es transitable. Las vías presentan, en forma localizada, socavones y destrucción del asfalto. En los sectores en que el aluvión sobrepasó la carretera, sin dañarla, se observan hasta 30 cm de barro. El aluvión en este tramo ocupó gran parte del lecho de la quebrada de El Salado. Torres de alta tensión también fueron afectadas por los flujos de detritos. Se observa una de las estructuras metálicas doblada en su parte superior, debido a la tensión ejercida por los cables (Fig. 6).



**Fig. 5.** Nuevo cauce socavado post aluvión, ubicado en ribera norte del valle.



**Fig. 6.** Colapso de estructura de torre de alta tensión.

En la carretera entre El Salado y Diego de Almagro, se encuentran variados sectores de acopio y plantas de proceso de minerales. Estos fueron afectados por los flujos de detritos que bajaron por la quebrada El Salado.

La planta más cercana (Fig. 7a y 7b) a la ciudad de Diego de Almagro (ubicada a la salida oeste en las coordenadas UTM 393813/7080085) fue inundada por el aluvión y movilizó gran parte de material para chancado. En el mismo sector se observa un depósito de color verde a amarillento intercalado con los depósitos aluvionales. La planta (según los cuidadores) está inactiva y solo produjo concentrado de prueba, el cual estaba expuesto al momento de la inundación. A lo largo del camino en otras 3 plantas se observa socavamiento en la base los acopios y de los relaves, además de inundación provocada por el aluvión. En el centro del valle se observa material de acopio y procesado (de color verde y amarillo verdoso) entre los depósitos de los aluviones.



**Fig. 7a.** Zona en rojo, nuevo cauce socavado durante aluvión. Flecha roja indica la ubicación de una planta de procesos y acopio mineral.



**Fig. 7b.** Detalle de los acopios y/o relaves, de la planta señalada en la figura anterior, y que fueron incorporados al depósito del flujo de detritos.

### 3.- Tramo Diego de Almagro – El Salvador

La ruta C-13, entre Diego de Almagro y El Salvador presenta interrupciones para el paso de vehículos por efecto de las lluvias. Los daños en esta ruta son dispares y se pueden diferenciar dos zonas: en su segmento inferior, a lo largo de la quebrada del Salado, los aluviones (flujos de detrito y barro) sobrepasaron el nivel del camino depositando hasta 50 cm de material sobre



este, por lo que bloquearon el paso vehicular. En el segmento superior de esta ruta, en una quebrada tributaria de la quebrada del Salado, el principal problema fue el colapso de la vía debido a la erosión de la base del terraplén que sustenta esta carretera de asfalto, provocando la caída de varias secciones del camino y su consecuente inhabilitación (Figs. 8 y 9)

La diferencia en los efectos sobre la ruta obedece a que los flujos de detritos más voluminosos descendieron por la quebrada del Salado (segmento inferior del camino), y si bien estos erosionaron parte del cauce original, a su vez depositaron una gran cantidad de barro y bloques. Sin embargo, en el segmento superior del camino, ubicado fuera de la quebrada del Salado, la escorrentía superficial provocó principalmente efectos erosivos.



**Fig. 8.** Se observa erosión ocasionada por los flujos en la ruta C-13.





**Fig. 9.** Ruta C-13 mostrando socavón del sustrato por escorrentía superficial que ocasiona el colapso del camino.

#### **4.- El Salvador, ciudad**

La ciudad de El Salvador, ubicada a 2.300 m s.n.m. se encuentra en la cabecera de un tributario de la quebrada de El Salado. El poblado fue afectado por escorrentía de aguas lluvias, las que movilizaron cantidades bajas de sedimentos, principalmente finos (arenas y arcillas), los que fueron depositados sobre las calles de la ciudad. Pocas viviendas fueron afectadas por estos flujos, principalmente aquellas ubicadas en torno al eje principal de la quebrada en la cual se proyectó la ciudad. Actualmente, se encuentra sin suministro de agua.

La calle Bernardo O'Higgins presentó daños debido al socavamiento del asfalto producto de un flujo de agua que descendió por la calle Portales (de alta pendiente). Posiblemente los daños de la calle O'higgins se deben al desnivel existente con el sitio eriazo ubicado directamente bajo la calle, lo que permitió al flujo de agua erosionar el sustrato del camino, provocando una erosión retrógrada del sustrato resultando en el colapso parcial de la vía (Fig. 10).

Las instalaciones de la mina El Salvador, y relaves asociados, parecen no haber sido mayormente afectados. Sin embargo, no se realizó una inspección en detalle de la faena minera.



**Fig. 10.** Se observa socavamiento de la calle O'Higgins por erosión debido al encauzamiento de las lluvias en la ciudad.

### **Punto 5. Quebrada de Paipote**

Se observó que la quebrada de Paipote fue afectada por flujos de detritos (aluviones) que bajaron por la quebrada hacia la ciudad de Copiapó.

Se recorrió la quebrada desde su confluencia con el río Copiapó, por la ruta 31 CH, hasta el desvío con la ruta que se dirige a Diego de Almagro, ruta C17. En este tramo se observó abundante transporte de sedimentos, ya que se distingue el nivel base, de gravas asociables a depósitos aluviales anteriores, con una incisión variable entre 0,5 y 1,5 m de profundidad provocada por el actual flujo (Fig. 11). En general, se observaron escasos depósitos, ya que en la quebrada se verificó principalmente transporte y erosión.



**Fig. 11.** Quebrada de Paipote, se observa la altura máxima de la ola de flujo de detritos (2,5 m), limitada por nivel de tonos blanquecinos. Se observa escorrentía superficial en la quebrada.

En esta quebrada se observan algunos depósitos de materiales gruesos a finos (gravas, arenas y bolones entre 40 cm a 70 cm en su lado mayor), que se observan, principalmente, sobre la línea férrea (Figura 12).

La quebrada presentaba escorrentía superficial, con un curso de aproximadamente 50 cm de ancho. El flujo de detritos (aluvión) abarcó gran parte del cauce de la quebrada, del orden de 400 m de ancho, cubriendo, en sectores, tramos de la ruta CH31 pero sin destruirla.



Fig. 12. Quebrada Paipote, se observa flujos de detritos inundando los rieles de la línea férrea, tanto con niveles fino de barro como con bolones decimétricos. La vía férrea no presenta daños estructurales.

## Conclusiones y Recomendaciones

1. Los flujos de detritos en el valle de la quebrada de El Salado afectaron varias plantas, acopios de mineral y relaves de empresas mineras, que se ubican en la llanura de inundación de la quebrada. Algunas de ellas fueron inundadas, provocando la erosión y transporte de material de relaves y acopios aguas abajo de la localidad de El Salado.
2. Por otra parte, los caminos y vías férreas, afectadas entre Diego de Almagro y El Salado, se ubicaban en la llanura de inundación de Quebrada El Salado. Resulta de alto riesgo el trazado de estas vías en las llanuras de inundación, considerando que estas transportan materiales altamente contaminantes, como por ejemplo ácido sulfúrico. Se recomienda urgentemente revisar la situación de los vagones de ácido sulfúrico que se encuentran inestables en la localidad de El Salado.





## INF-ATACAMA-03

3. Tanto el camino de la ruta C-31 como la vía férrea fueron construidas en la llanura de inundación de la quebrada Paipote, por lo cual se encuentran expuestas a este tipo de peligros. Aunque en este caso no presentan daños estructurales, si fueron cubiertos por los flujos de detritos.
4. Los caminos construidos sobre terraplenes son fácilmente erosionables por las crecidas de caudal y por flujos de detritos, debido a que no presentan obras de protección de sus terraplenes, así como tampoco ductos apropiados en sección, que permitan evacuar la escorrentía en eventos de crecidas.
5. En el caso del colapso de la calle O'Higgins, en la ciudad de El Salvador, es conveniente implementar ductos para la evacuación de las aguas lluvias, en el sector del desnivel de la/las calle/s de mayor pendiente, en especial en la calle Bernardo O'Higgins intersección con Portales.

FFH/MOL/RMG/FCB/svg.  
Revisión: M. Arenas

Bahía Inglesa, marzo 31 de 2015.