



Granulometría y facies de los sedimentos del aluvión de Chañaral de marzo de 2015

Víctor Grijalba*, Fabiola González, Gabriel Vargas y José González

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile

*email: victor.grijalba@ing.uchile.cl

Resumen. Se realiza una caracterización y análisis granulométrico de los depósitos dejados por el aluvión de Chañaral de marzo de 2015. Se construyen 24 curvas granulométricas acumulativas y se procede a analizarlas para así caracterizar el flujo. Se reconocen en total seis facies que representan distintas etapas y eventos del aluvión, donde a mayor escala se reconoce el flujo principal que baja por la quebrada del río Salado de este a oeste y el flujo de desborde hacia el sur de Chañaral. Se reconoce preliminarmente mediante el análisis granulométrico de las facies un flujo tipo *mudflow* para el flujo principal y el desborde que va hacia el sur, con ocurrencia de facies tipo *debris flow* para la parte occidental y norte del flujo principal.

Palabras Claves: aluvión, Chañaral, sedimentología, granulometría, facies, río Salado, Chile, Atacama

1 Introducción

El 24 y 25 de marzo de 2015 se registró un temporal de gran magnitud en la zona del norte de Chile, el cual abarcó principalmente las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, debido a un núcleo frío en altura (o baja segregada).

Este inusual evento generó, debido a las altas precipitaciones, desbordes en los ríos Copiapó y Salado. Este último se manifestó como un aluvión que afectó principalmente las localidades de Diego de Almagro, El Salado y Chañaral, entre otras. Dicho evento tuvo como consecuencia la muerte y desaparición de varias personas (por lo menos 21 hasta abril de 2015, sólo en Chañaral, según el Servicio Médico Legal y la Policía de Investigaciones de Chile), grandes pérdidas económicas y un grave problema social para estas localidades.

Se presenta la metodología y análisis granulométrico de muestras de depósitos que dejó el aluvión en la ciudad de Chañaral, y la discusión preliminar de estos resultados, en función de su distribución espacial respecto de la quebrada/flujo principal y la parte baja de la ciudad, esta última fuertemente afectada por este evento.

2 Metodología

2.1 Muestreo

El trabajo consistió principalmente en la toma de muestras de los depósitos dejados en el aluvión en la ciudad de Chañaral y sus cercanías. Se tomaron muestras representativas de los depósitos observados, y en algunos puntos se tomaron dos muestras: de un nivel inferior y de uno superior, que indicarían distintas facies en el flujo.

La ubicación de cada punto cubrió básicamente las distintas etapas del aluvión: río arriba, entrando a Chañaral, y su bifurcación al sur y al norte, donde afectó a la ciudad y a la playa, respectivamente. Se analizaron en total 24 muestras de sedimento.

2.2 Análisis granulométrico

Las 24 muestras se analizaron granulométricamente para así caracterizar los depósitos en distintas facies del evento. Las muestras fueron tamizadas en una serie de 13 tamices de la serie A.S.T.M., para luego generar curvas acumulativas semilogarítmicas (diámetro de partículas, ϕ versus porcentaje de peso).

Se usó principalmente la metodología para tamaño de partículas de Folk (1966), y en base a estos resultados se calculó la media, mediana, selección, asimetría y curtosis de cada muestra (Folk & Ward, 1957), para un análisis posterior de los depósitos y su relación con la caracterización del flujo.

3 Resultados

Los parámetros granulométricos calculados a partir del análisis de las 24 muestras se presentan con detalle en la Tabla 1, mientras que las curvas de distribución granulométrica se muestran en las figuras 1 y 2.

El tamaño de grano promedio de las muestras es variado, considerando distintas etapas del flujo y las diferencias entre distintos niveles de un depósito, siendo el tamaño mínimo encontrado de 0,15 mm y máximo de 14,62 mm. La selección en general va de mala a muy mala, teniendo valores mínimo y máximo (1 Sigma) de 1,02 y 2,73, respectivamente. La asimetría de la distribución de las

muestras es predominantemente positiva, salvo algunas excepciones donde es simétrica o negativa, con valor máximo de 0,56 y mínimo de -0,11. Por último, la curtosis presenta valores que varían entre lo mesocurto y leptocurto, con un valor mínimo de 0,77 y máximo de 1,42. En general, estos valores son coherentes con las características asociadas a depósitos aluviales (Potter, 1967).

Para un análisis efectivo de la granulometría, se separan las muestras de acuerdo a dos eventos observados: el flujo principal por la quebrada del río Salado y el desborde hacia el sur de Chañaral. Para este análisis se excluyen las muestras CH1511/13 y CH1522, debido a que las dos primeras corresponden a un depósito fuera del camino del flujo de desborde al sur, y la última porque se encuentra muy lejos del área de estudio (río arriba). Los resultados se grafican entonces separados para estos dos eventos, como se puede observar en las Figuras 1 y 2.

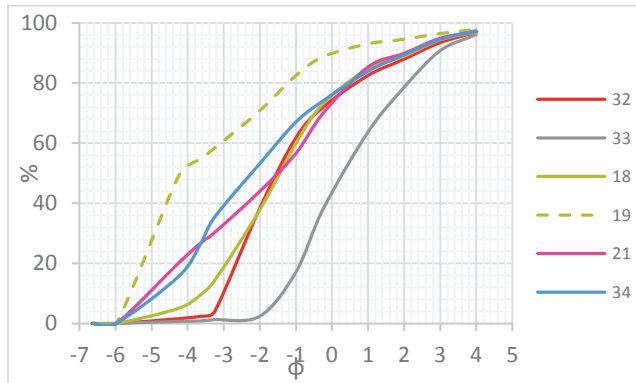


Figura 1. Curvas granulométricas acumulativas del flujo principal que viajó por la quebrada del río Salado. Las curvas con línea discontinua corresponden a la parte superior del depósito (para muestras que presentan el mismo color).

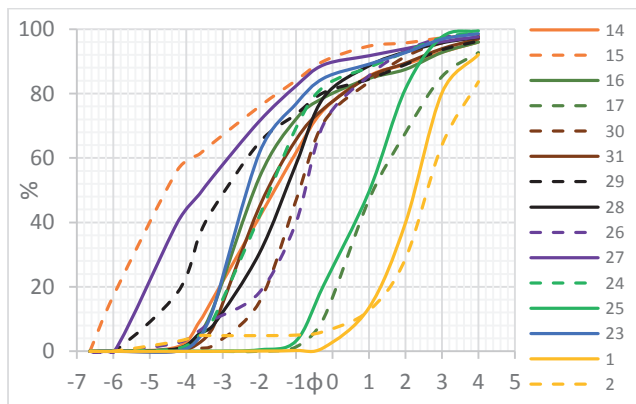


Figura 2. Curvas granulométricas acumulativas del flujo que se desbordó hacia el sur en dirección a Chañaral. Las curvas con línea discontinua corresponden a la parte superior del depósito (para muestras que presentan el mismo color).

4 Análisis y discusión

Para facilitar el análisis de las tendencias espaciales de los depósitos, se realizaron gráficos que ilustran la selección, el promedio y la simetría de los sedimentos, separados en los dos eventos y de acuerdo a su distribución areal (Figuras 3 y 4).

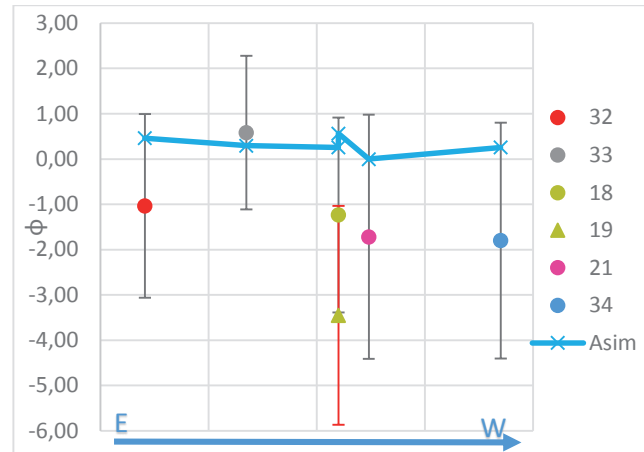


Figura 3. Gráfico que ilustra el promedio (puntos), la selección (barras de error) y la asimetría (curva azul) del flujo principal del aluvión. Círculo: depósito inferior. Triángulo: depósito superior.

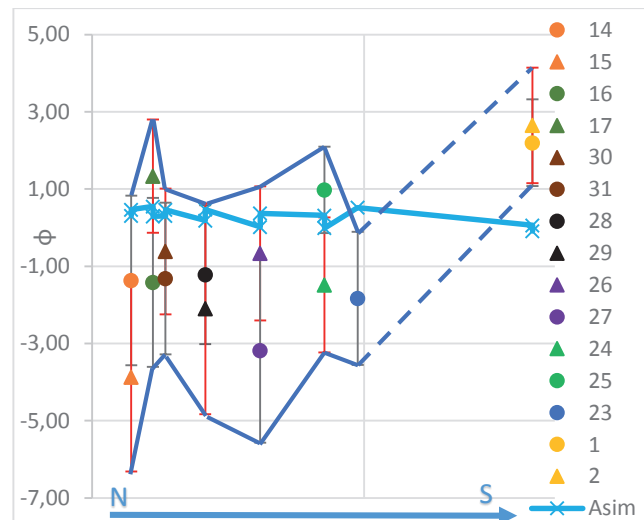


Figura 4. Gráfico que ilustra el promedio (puntos), la selección (barras de error) y la asimetría (curva azul) del flujo de desborde hacia el sur de Chañaral. Círculo: depósito inferior. Triángulo: depósito superior.

En los depósitos del flujo principal por la quebrada del río Salado, desde este a oeste, se observan al menos tres facies que indican el avance del flujo inicial, su desborde hacia el sur y la parte final del flujo. La primera facies (a) corresponde a la de un flujo con alta carga de sedimentos finos en suspensión y, a medida que avanza, la selección mejora levemente y la granulometría disminuye (32 y 33).

La siguiente facies (b) corresponde a la de la muestra más cercana al lugar donde el flujo se desborda hacia el sur, en donde el depósito presenta dos niveles: uno superior clasto-

soportado y otro inferior matriz-soportado (18 y 19). Esta facies después se repite en el flujo de desborde de manera similar, indicando su capacidad para crear esta y otras estructuras que fueron observadas, tales como gradación granulométrica y laminación.

La última facies (c), correspondiente a la etapa final del flujo luego del desborde hacia el sur (21 y 34), presenta una muy mala selección, y debido a su distribución casi equitativa de clastos gruesos y finos (asimetría cercana a 0), se puede suponer que corresponde a una etapa del flujo de tipo *debris flow*, con una reducción de la proporción de sedimentos finos en suspensión.

En el flujo que desborda hacia el sur de Chañaral, se observan nuevamente la facies (b). Esta corresponde entonces a una facies de desborde de localización intermedia respecto del flujo principal. A medida que el flujo avanza hacia el sur, la selección va mejorando levemente y los sedimentos aumentan su porcentaje en finos, tanto para los niveles superiores como para los inferiores (14 y 15, 30 y 31, 24 y 25, 28 y 29). Se observa finalmente una subfacies distal (b.1), que presenta características similares (granulometría, selección, forma) a los niveles superiores de las facies (b), pero no presentan un depósito inferior distinguible (23).

Paralelamente, se observa en algunos puntos una facies lateral (d), la cual presenta un nivel superior de sedimentos finos matriz-soportados y un nivel inferior de sedimentos más gruesos clasto-soportados (16 y 17, 26 y 27). Se considera como una facies de localización intermedia lateral, debido a su ubicación marginal con respecto a las otras muestras.

Finalmente, se encuentra la facies distal del desborde (e), donde la selección mejora sustancialmente y los sedimentos son en general más finos (asimetría muy cercana a 0). Si bien se tomaron muestras de niveles superiores e inferiores, estas casi no presentan ninguna diferencia (1 y 2). En general, para todas las facies descritas en este desborde (b, b.1, d, e), se puede suponer que este flujo corresponde a un *mudflow*, donde hay alta carga de sedimentos finos en suspensión.

El desvío del flujo principal hacia el sur de Chañaral aumentaría la carga de sedimentos finos suspendidos, generando un flujo hiperconcentrado (*mudflow*) que generó estructuras y gradaciones, entre otras particularidades observadas en los depósitos del desborde, similar a lo observado en un lahar hiperconcentrado (ambos tipos de flujos son comparables entre sí, al menos en el punto de vista granulométrico y de estructuras) (Castruccio, 2008). El resto del flujo que no se desvió presentó una carga más heterogénea de sedimentos, en la forma de un *debris flow*.

Agradecimientos

En primer lugar agradecemos la hospitalidad y apoyo logístico de Cristian Cerda, ciudadano de Chañaral, quien contribuyó generosamente en todo momento para la realización de esta investigación. Agradecemos también al resto del equipo que conforma este estudio en sus distintos aspectos: Linda Daniele, Nicole Salas, Carolina Valderas, junto al apoyo logístico de Sergio “Warrior” Villagrán. Además agradecemos a toda la gente de Chañaral y Diego de Almagro, sobre todo a doña Edita Rojas por su gran ayuda durante el trabajo en terreno.

Esta investigación fue sustentada por el programa de postgrado en Hidrogeología de la Universidad de Chile. Se agradece el apoyo adicional del CEGA, proyecto Fondap-Conicyt 15090013.

Referencias

- Castruccio, A. 2008. Comparación y modelación numérica de lahares calientes en el volcán Calbuco (41,3°S) y lahares fríos en el volcán Villarrica (39,5°S), Andes del Sur. Tesis de magister (unpublished), Universidad de Chile, Departamento de Geología: 177p.
- Folk, R.L.; Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27 (1): 3-26. Figs. 1-19.
- Folk, R.L. 1966. A review of grain-size parameters. *Sedimentology* 6 (2): 73-93.
- Pettijohn, F.J.; Potter, P.E.; Siever, R. 1972. *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag: 618p., Heidelberg.
- Potter, P.E. 1967. Sand bodies and sedimentary environments: A review. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.* 51: 337-365.

Tabla 1. Muestras analizadas y sus coordenadas, junto con la media (medida en ϕ), selección, asimetría y curtosis, determinados a partir de cálculos con los percentiles observados en las curvas acumulativas. Las letras observadas en algunos puntos, I y S, indican si el depósito, para una misma coordenada, está en el nivel inferior o superior, respectivamente. Coordenadas geográficas en UTM.

Muestra	Coordenada E	Coordenada N	Media (ϕ)	Selección (ϕ)	Asimetría	Curtosis
CH1501	337879	7084872 ^I	2,20	1,12	0,06	1,29
CH1502	337879	7084872 ^S	2,65	1,50	-0,09	1,33
CH1511	338019	7084982 ^I	2,75	1,02	0,07	0,77
CH1513	338019	7084982 ^S	1,00	1,60	0,30	0,82
CH1514	338403	7085359 ^I	-1,37	2,20	0,31	1,20
CH1515	338403	7085359 ^S	-3,87	2,45	0,47	0,88
CH1516	338393	7085332 ^I	-1,42	2,19	0,55	1,42
CH1517	338393	7085332 ^S	1,33	1,47	0,29	0,96
CH1518	338407	7085533 ^I	-1,23	2,15	0,26	1,22
CH1519	338407	7085533 ^S	-3,45	2,42	0,56	0,99
CH1521	338266	7085521	-1,72	2,70	0,00	0,92
CH1522	342357	7085979	2,17	2,10	-0,11	0,78
CH1523	338157	7085008	-1,83	1,72	0,52	1,39
CH1524	338173	7085064 ^S	-1,48	1,75	0,32	1,25
CH1525	338173	7085064 ^I	0,98	1,12	-0,01	0,93
CH1526	338263	7085154 ^S	-0,67	1,74	0,02	1,41
CH1527	338263	7085154 ^I	-3,18	2,39	0,37	1,09
CH1528	338331	7085235 ^I	-1,22	1,80	0,19	1,36
CH1529	338331	7085235 ^S	-2,1	2,73	0,47	1,22
CH1530	338255	7085342 ^S	-0,62	1,63	0,31	0,82
CH1531	338255	7085342 ^I	-1,32	1,96	0,46	1,11
CH1532	339233	7085846	-1,03	2,03	0,46	0,98
CH1533	338800	7085682	0,58	1,70	0,30	0,90
CH1534	338105	7086136	-1,8	2,60	0,25	0,93



Figura 5. Ubicación geográfica de las muestras en la ciudad de Chañaral. No se incluye la muestra CH1522, ya que se encuentra lejos de la ciudad y no es relevante para el análisis realizado.