

Caracterización del peligro geológico en la Quebrada El Carrizo, Región de Atacama, Chile

Francisco Ramírez*

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Beauchef 850, Santiago, Chile.

*Correo de contacto: fraramir@ing.uchile.cl

Resumen. Durante la madrugada del día 25 de marzo de 2015, un flujo de barro proveniente de la quebrada El Carrizo y la crecida del río Huasco generaron pérdidas humanas y daño a la propiedad y cultivos en la Comuna de Alto del Carmen. Las precipitaciones caídas las 24 horas anteriores fueron “producto del debilitamiento del anticiclón subtropical del océano Pacífico, sumado al calentamiento repentino del océano en las costa norte de Chile” (Dirección Meteorológica de Chile, marzo 2015).

El sector, que ya ha sido afectado por eventos similares en el pasado, no cuenta con un mapa de peligros geológicos como herramienta para el desarrollo sustentable de la comuna. El presente estudio busca aportar información que permita prevenir que futuros eventos de remoción en masa causen efectos negativos en la población. En particular, se evalúa la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, mediante una adaptación de la metodología de Lara (2007) a la zona de Alto del Carmen.

Palabras clave: Remoción en masa, Alto del Carmen, aluvión, peligro geológico.

1. Introducción

“Hacia fines de marzo entre el 24 y 26, se desprendió desde el flujo normal de los oestes una baja presión que se desplazó hacia el norte, esta baja segregada, producto del debilitamiento del anticiclón subtropical del océano Pacífico, sumado al calentamiento repentino del océano en la costa norte de Chile durante la semana del 22 al 28 de marzo. Por otra parte, este calentamiento oceánico transfiere humedad potencial al aire, activando las precipitaciones en el desierto de Atacama, de características líquidas en la alta cordillera, generando desbordes en los ríos e inundaciones en la Región de Atacama” (Dirección Meteorológica de Chile, marzo 2015). El evento antes mencionado generó aluviones en distintas zonas del norte de Chile. Uno de los lugares afectados fue la Comuna de Alto del Carmen (Provincia de Huasco, Región de Atacama), en donde el aluvión causó pérdidas humanas y daños materiales en viviendas y cultivos de la zona. La gente de Alto del Carmen indicó que “las quebradas de Camarones y El Carrizo, son las que en esta oportunidad aportaron el lodo y el agua desde la cordillera” (Águila, 2015) (Figura 1).

Considerando el caso anteriormente expuesto, resulta de vital importancia mitigar los daños causados por este tipo de eventos. Por ello, es necesario que exista en primera medida un mapa de los peligros geológicos del sector, en particular uno de susceptibilidad a las remociones en masa. Esta motivación es la que genera el presente estudio, el cual forma parte de una evaluación de peligros y riesgos geológicos a desarrollar en una siguiente etapa, como parte de una tesis de Magíster.

Los fenómenos de remoción en masa son procesos de transporte de material definidos como una ‘movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores’ (Hauser, 1993). Estos movimientos tienen carácter descendente ya que están fundamentalmente controlados por la gravedad (Cruden, 1991). Los aluviones, o flujos de barro, se consideran como un tipo de remoción en masa por fluidos (Varnes, 1978; Hauser, 1993; y Cruden & Varnes, 1996).



Figura 1: Vista general de la zona de estudio, en Alto del Carmen, Región de Atacama (marcador verde). Los marcadores rojos 1 y 2, indican las quebradas El Carrizo y Camarones, respectivamente. Se incluye con distintos marcadores azules la ciudad de Vallenar y el Embalse Santa Juana.

2. Metodología

Para caracterizar el peligro de remociones en masa es necesario evaluar la susceptibilidad. Este concepto, según González de Vallejo *et al* (2002), puede definirse como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, expresada en diversos grados cualitativos y relativos. De lo anterior, y especificando para el objeto de estudio, se puede decir que la susceptibilidad a los movimientos en masa es el grado de propensión que tiene una zona a resultar afectada por este tipo de eventos debido a sus condiciones intrínsecas, como puede ser la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, las condiciones de drenaje superficial y subsuperficial, la cobertura del terreno y la trayectoria de la masa en movimiento (Castro Marín, 2001).

Lara (2007) desarrolló un sistema cualitativo para evaluar el peligro de remociones en masa mediante el *Índice de Susceptibilidad (IS)*, basado en la metodología elaborada por Sepúlveda (1998). Este considera 'la suma de los puntajes ponderados para cada uno de los factores condicionantes de remociones en masa. Como la incidencia de los factores condicionantes varía según el tipo de remoción en masa, el cálculo del IS se realizará por separado. De esta manera, cada unidad tendrá un IS asociado a deslizamientos, a flujos y a caídas de manera independiente' (Lara, 2007).

En el presente estudio, en desarrollo, se utiliza el sistema antes mencionado, aplicándolo a la zona norte del país (Alto del Carmen), específicamente a la Quebrada El Carrizo, considerando los ajustes necesarios para conservar la validez de los resultados.

3. Resultados preliminares

A continuación, se detalla un cálculo preliminar de los factores condicionantes para cada tipo de remoción en masa, basados en la observación del programa Google Earth, considerando los valores sugeridos por Lara (2007) (tablas 1 a 4).

Tabla 1: Valores preliminares para factores condicionantes de deslizamientos de suelo, junto a % que aporta al cálculo de IS.

FACTOR	VALOR	% IS
Pendientes de ladera	30°-40°	26
Exposición al sol	Parcial	3
Características geológicas-geotécnicas del material	Medianamente favorable	10
Condiciones de humedad y saturación	Sin antecedentes	2
Acumulación de nieve	Nula	0
Cobertura vegetal	Nula a baja	5
Desestabilización artificial de laderas	No observado	0
Deslizamientos declarados en la unidad geomorfológica	Sin antecedentes	3
Deslizamientos declarados en la unidad geológica de suelo	Sin antecedentes	2

Tabla 2: Valores preliminares para factores condicionantes de deslizamientos de roca, junto a % que aporta al cálculo de IS.

FACTOR	VALOR	% IS
Pendientes de ladera	30°-40°	25
Características geológicas-geotécnicas del material	Medianamente favorable	18
Acumulación de nieve	Nula	0
Desestabilización artificial de laderas	No observado	0
Deslizamientos declarados en la ladera	Sin antecedentes	5

Tabla 3: Valores preliminares para factores condicionantes de caídas de roca, junto a % que aporta al cálculo de IS.

FACTOR	VALOR	% IS
Pendientes de ladera	30°-40°	25
Características geológicas-geotécnicas del material	Favorable	24
Acumulación de nieve	Nula	0
Desestabilización artificial de laderas	No observado	0
Caídas de roca declaradas en la ladera	Sin antecedentes	0

Tabla 4: Valores preliminares para factores condicionantes de flujo, junto a % que aporta al cálculo de IS.

FACTOR	VALOR	% IS
Pendientes de ladera	30°-40°	13
Pendiente canal de drenaje al pie de la ladera	5°-10°	5
Encajamiento canal de drenaje	Medio	4
Exposición al sol	Parcial	2
Características geológicas-geotécnicas del material	Medianamente favorable	13
Condiciones de humedad y saturación	Sin antecedentes	2
Acumulación de nieve	Nula	0
Cobertura vegetal	Nula a baja	5
Obstrucción de canal de drenaje	No observado	0
Desestabilización artificial de laderas	No observado	0
Aluviones declarados en la hoya hidrográfica	Históricos frecuentes	10

Según Lara (2007), contar con una suma de IS cercana a 50 entre estos parámetros es suficiente para hacer una unidad geomorfológica susceptible a remociones en masa ($IS \geq 50$). Como se puede apreciar en la Tabla 5, la zona de la Quebrada El Carrizo, en este cálculo preliminar, es susceptible a presentar deslizamientos de suelo y flujos. Es necesario efectuar un análisis más detallado de la zona para determinar los sectores que presentan mayor riesgo. Cabe destacar que este estudio busca ajustar los valores originales de Lara (2007), basados en las evidencias dejadas por el flujo de barro ocurrido el 25 de marzo de 2015, y que en las tablas antes expuestas solo se muestran los valores originales utilizados en su estudio.

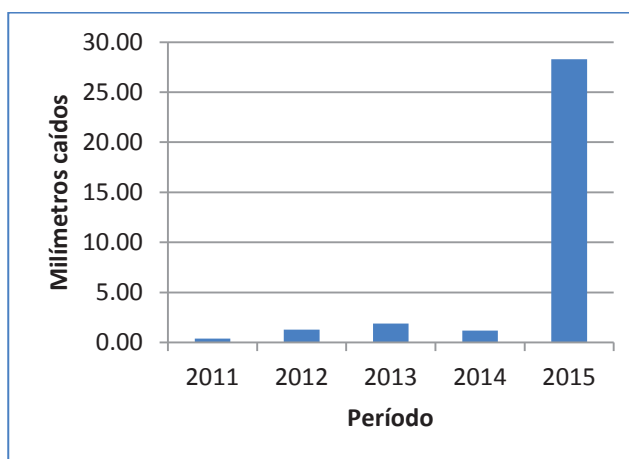
Tabla 5: Índice de susceptibilidad (IS) para cada tipo de remoción en masa en la Quebrada El Carrizo, sector Alto del Carmen.

TIPO DE REMOCIÓN	IS
Deslizamientos de suelo	51
Deslizamientos de roca	48
Flujos	54
Caídas de roca	49

4. Análisis preliminares

Es importante destacar que, en comparación con la aplicación del sistema propuesto por Lara (2007), en donde los cálculos se aplicaron en el sector de Chile central, las condiciones del norte del país para algunos parámetros como la vegetación, acumulación de nieve o las condiciones de humedad y saturación del suelo disminuyen drásticamente, lo cual plantea un desafío para este estudio, en donde se deben realizar calibraciones para dicho sistema.

Otro factor a tener en cuenta en este estudio son las precipitaciones: para la región de Atacama, el valor de precipitaciones en un año normal es de aproximadamente 1.7 mm durante el mes de marzo. Sin embargo, durante los días 24 y 25 de dicho mes este año, precipitaron cerca de 27 mm (AGROMET, 2015) (Figura 2), dando un superávit mayor a 1500%. Este desbalance fue uno de los factores principales en la generación del aluvión ya mencionado y se pretende incorporar en los análisis posteriores de este estudio.

**Figura 2:** Precipitación acumulada durante mes de marzo en período 2011-2015.

5. Referencias

Águila, F., (2015, 31 de marzo). Agricultores de Alto del Carmen sufren millonarias pérdidas en sus cultivos tras aluvión. *El Mercurio Online*. Recuperado de <http://www.emol.com>

AGROMET, 2015. Consulta de estaciones meteorológicas en línea. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Recuperado de <http://www.agromet.inia.cl/estaciones.php>

Castro Marín, E., 2001. Evaluación de riesgo por fenómenos de remoción en masa: Guía metodológica. Editorial Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. 166 p.

- Cruden, D., 1991. A simple definition of a Landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. No. 43, p. 27-29.
- Cruden, D., Varnes, D., 1996. Landslide types and processes. In Turner A.K. & Schuster R.L., 1996. Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report 247. Transportation Research Board, National Research Council. National Academy Press, Washington D.C. 675 p.
- Dirección Meteorológica de Chile, 2015. Boletín Climatológico Mensual. Vol. 31 N°3-2015, p. 7.
- González De Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C., 2002. Ingeniería Geológica. Editorial Prentice Hall. 715 p.
- Hauser, A., 1993. Remociones en masa en Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago. Boletín No. 45, p. 7-29.
- Lara, M., 2007. Metodología para la evaluación y zonificación de Peligro de Remociones en Masa con Aplicación en la quebrada San Ramón, Santiago Oriente, Región Metropolitana. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Mención Geología y Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geología, 212 p.
- Sepúlveda, S.A., 1998. Metodología para Evaluar el Peligro de Flujos de Detritos en Ambientes Montañosos: Aplicación en la Quebrada Lo Cañas, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título de Geólogo, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and processes. In Landslides, Analysis and Control, Special Report N°176. Schuster, R.L., Krizek, R.J., edits. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington D.C., p.11-33