

# Ensayo metodológico de cartografía de zonas expuestas a riesgos de caídas de materiales: Las Trancas-Termas de Chillán (VIII Región) - Chile.

Juan Muñoz Rau (\*)

Jaime Rebolledo Villagra (\*\*)

## RESUMEN

El problema de los riesgos ligados a los movimientos del suelo en Chile, tiene una importancia particular dada las condiciones geomorfológicas desfavorables que existen en diferentes zonas del territorio nacional, especialmente en aquellas que presentan un relieve montañoso y por la importancia de la creciente presión urbanística que dichas zonas soportan.

Se presenta en este artículo una proposición de metodología cartográfica de riesgos de caídas de materiales, a lo largo de vías de comunicación, con aplicación a la ruta 55 en 11 kms. del tramo Las Trancas-Termas de Chillán, en un ambiente de media montaña, en la Provincia de Ñuble, VIII Región del país. Se trata de un avance en la metodología, pues ésta requiere de mayor profundidad en los elementos que se han considerado y de otros no tomados en cuenta aquí y que dicen relación en forma más específica a los aspectos de protección.

Estudios sobre este riesgo y sobre otros relativos a movimientos del suelo, han comenzado recientemente en Chile. Estos, diferentes entre ellos pero todos presentando un interés metodológico, permanecen heterogéneos a nivel nacional y aislados a nivel regional, lo que no permite concebir aún aplicaciones prácticas en distintos niveles de gestión, a lo que se agrega una información desigual de un territorio a otro, así como de sus especificidades.

## 1. INTRODUCCIÓN

La conveniencia de prohibir nuevas construcciones en sitios expuestos a riesgos, no parece realista en el caso del riesgo de caída de materiales (derrumbes de rocas, piedras y materiales menores), como tampoco lo sería el pensar en cortar definitivamente la circulación en las vías que se consideran peligrosas, aún temporalmente.

Es importante entonces, localizar y jerarquizar los riesgos a lo largo de vías de comunicación con el fin de que en la medida de lo posible, se pueda determinar vigilancia y

en el caso de ocurrir los fenómenos, establecer los sitios apropiados de protección.

La metodología que se propone es un avance de realización cartográfica que indica la naturaleza y el nivel de riesgo, entendiendo por riesgo la probabilidad de aparición de un fenómeno sobre un espacio dado, sin considerar la fecha de su ocurrencia, periodicidad, ni los daños que pueda causar. El concepto de probabilidad utilizado en este artículo no es aquél matemático sino que, simplemente, la característica que tiene un fenómeno de tener posibilidades de producirse revisadas las evidencias en terreno.

\* Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Talca

\*\* Depto. de Historia, Geografía y Cs. Sociales, Universidad del Bío-Bío.

## 2. AVANCE METODOLOGICO DE LA CARTOGRAFIA

### 2.1 NATURALEZA DEL RIESGO

Para determinar la naturaleza del riesgo se ha establecido una clasificación volumétrica de los derrumbes. Estos se definen como fenómenos discontinuos que afectan rocas competentes implicando que una porción de roca (de un volumen cualquiera) llegue a desprenderse de la masa que la cobija. La cinemática del fenómeno es rápida a muy rápida y pueden dividirse en tres categorías:

1.- Derrumbes en masa cuando ésta es superior o igual a 10 m<sup>2</sup>

2.- Caída de bloques cuando los volúmenes elementales son de 1 a 10 m<sup>3</sup>

3.- Caída de piedras y materiales menores cuando los volúmenes elementales son inferiores o iguales a 1 m<sup>3</sup>.

### 2.2 NIVELES DE RIESGO

Para jerarquizar el riesgo se han definido 4 niveles:

- 1.- Riesgo débil
- 2.- Riesgo moderado
- 3.- Riesgo elevado
- 4.- Riesgo muy elevado

A estos niveles se ha agregado la definición de puntos particularmente peligrosos a corto plazo. Esto aporta una precisión complementaria al interior del riesgo muy elevado (4) individualizando los puntos o sectores que debieran ser tratados en forma prioritaria.

La cartografía de derrumbes, como para la gran mayoría de los otros riesgos de movimientos de suelos, se basa sobre un análisis de los factores que determinan el fenómeno: la litología (alternancia de diferentes estratos), la pendiente topográfica y de la estructura (eventual pendiente topográfica y buzamiento de estratos desfavorables), la morfología (índice de derrumbes), la hidrología (contenido de agua), etc .

### 2.3. PRIMERA FASE: ENCUESTAS

La primera fase del estudio es la realización de encuestas ante los responsables de la mantención de las vías de comunicación con el objeto de establecer un censo del fenómeno y un listado de elementos relativos a los derrumbes.

## 2.4 SEGUNDA FASE: ANALISIS DE LOS PARAMETROS QUE DETERMINAN LA INESTABILIDAD

Los parámetros que determinan la inestabilidad son, entre otros, la topografía, las discontinuidades, explicadas como superficie o zona delgada al interior de un medio continuo o entre dos medios continuos diferentes, en general asimilable a un plano sobre una cierta extensión. Término general que engloba todas las discontinuidades que afectan la masa considerada: juntas de estratificación, esquistosidad, diaclasas, fracturas, fallas, vegetación, protección existente, hidrología (ocasionalmente) y los índices morfológicos testigos de derrumbes más o menos frecuentes.

Para facilitar la síntesis y apreciar el riesgo, se ha utilizado una tabla (MENEROUD, 1977) que permite considerar de manera más sistemática los diferentes parámetros.

A partir de los parámetros de primer orden, es decir la topografía y las discontinuidades, éstas permiten definir tres posibilidades:

- 1.- Sin posibilidad de caída (0):
  - si hay ausencia de discontinuidades,
  - si los volúmenes aislados por las discontinuidades existentes no tiene posibilidad de desplazamiento.
- 2.- Débil probabilidad de caída (1):
  - si la disposición de las superficies que limitan el poliedro o la piedra es tal que ninguna protuberancia obstaculiza el desplazamiento bajo el efecto de su peso o de su componente, pero que la resistencia al cizallamiento global, según la superficie, es igual o excede ligeramente el valor de la componente de su peso (la resistencia al cizallamiento es función del frotamiento ligado a la naturaleza de la roca y a las irregularidades de la superficie de discontinuidad, así como de la cohesión residual que puede mantenerse cuando la fisuración no se ha acabado sobre toda la superficie y mantiene puentes de roca intacta entre las partes).
- 3.- Fuerte probabilidad de caída (2):
  - si las discontinuidades que aislan los

volúmenes son perfectamente continuos y que las superficies de deslizamiento son lisas y/o que el centro de gravedad del poliedro considerado caiga al exterior del abrupto.

La observación de las discontinuidades que es por lo tanto fundamental, es evidentemente la operación más delicada de esta cartografía. En la práctica, la geometría de éstas superficies puede a menudo ser reconstituida con una aproximación conveniente mediante un estudio preciso de la estructura, principalmente a partir de levantamientos minuciosos de las orientaciones de las discontinuidades en su intersección con la superficie. Este estudio es más fácil sobre los taludes artificiales recientes que sobre las vertientes naturales donde ésta es a menudo difícil de observar por concreciones y pátinas que tiende a borrar las importantes fisuras paralelas a la vertiente. Se debe razonar entonces por analogía extrapolando a partir de las discontinuidades observadas en condiciones favorables y determinando si ellas son repetitivas o no. Es igualmente, con este método, que podemos llegar a calificar el estado de estas discontinuidades.

En función de las tres posibilidades precedentemente definidas, se examinan las posibilidades de detención del poliedro, teniendo en cuenta la topografía, la vegetación y las protecciones eventuales existentes. Es posible distinguir tres casos:

- Detención (0)
- Detención probable (1)
- Sin detención (2)

Esta primera salida permite definir niveles de riesgo en función de los parámetros fundamentales que los determinan. Un análisis más preciso puede ser realizado para los puntos dudosos considerando otros factores agravantes o que aminoran el riesgo como los siguientes:

- la vegetación cuando está situada sobre el abrupto y las raíces existentes tienen tendencia a abrir las discontinuidades (factor agravante).

- los índices que atestiguan caídas anteriores sobre el sitio, eventualmente completados por los resultados de la encuesta realizada (agravante o aminorante).

- la hidrología cuando ésta muestra o no trazas de escurrimientos de agua -(agravante).

- Antecedentes de ocurrencia de eventos.

Basándose en la explicación metodológica precedente, se han establecido varias posibilidades considerando estos diferentes factores, definiendo tres clases:

#### CLASE 0

- ausencia de vegetación desfavorable,
- ausencia total de índices,
- ausencia de escurrimiento perenne o temporal,
- ausencia de antecedentes.

#### CLASE 1

- vegetación desfavorable difusa,
- índice más importante
- escurrimiento temporal poco importante,
- débil frecuencia de las caídas.

#### CLASE 2

- vegetación desfavorable abundante,
- índices abundantes,
- escurrimiento perenne o temporal frecuente e importante,
- frecuencia de caída elevada, numerosos antecedentes.

Se puede considerar sólo una parte de estos factores y obtener varios niveles de salida. Se obtiene así una cartografía sintética realizada a la escala 1/20.000 o, si ellas existen, a escalas más grandes. Las informaciones sobre el nivel de riesgo y su naturaleza son dadas sobre esquemas itinerarios desarrollados.

Este tipo de documento indica la probabilidad del impacto en una vía de comunicación. Para evaluar el riesgo de accidente es necesario superponer cartas de tráfico en el que el conjunto permita caracterizar los diferentes itinerarios estudiado.

### 3. INFORMACION GENERAL Y OBJETO DE ESTUDIO

La Ruta Las Trancas -Termas de Chillán se sitúa en un estrecho valle correspondiente a la Cuenca del Estero Renegado en la Provincia de Ñuble, al Oriente de la Ciudad de Chillán, comuna de Pinto a los 36°48' 36°55' latitud Sur y 71°20'-71°43' longitud Oeste. Se estudia una extensión aproximada de 11 km. de largo de la ruta 55.

Su trazado sigue la vertiente Sur de solana entre los 1.310 y los 1.620 mts. de altura al pie del Batolito Occidental Santa Gertrudis de

pendientes abruptas entrecortadas por diaclasas y en ciertos sectores, principalmente en la parte superior por fallas ortogonales.

El reconocimiento de terreno dejó en evidencia una ausencia de obras de protección en todos los puntos de la ruta estudiada, lo que significa que la vía se encuentra expuesta a diferentes procesos y sólo se realizan labores de despeje cuando los eventos se producen.

Tomando en cuenta la importancia de la vía Las Trancas-Termas de Chillán sobre todo en el período de la temporada de ski en invierno, en el cual los procesos son más dinámicos, se ha considerado importante examinar la zona, estudiar la naturaleza de los procesos e intentar una primera evaluación de los riesgos que éstos involucran. El objeto de esta segunda parte es el estudio específico de una vía de comunicación, intentando validar parte de la metodología presentada anteriormente.

### 3.1. INFORMACION GEOESTRUCTURAL

#### 3.1.1 GEOMORFOLOGIA

Una característica importante del sector de cordillera andina es la presencia de fuertes pendientes o farellones que encajonan el valle alternando con cumbres más redondeadas y pendientes suaves de origen y modelado volcánico las que son cubiertas por las nieves en el período invernal.

Esta unidad se encuentra fuertemente erosionada por acción de las nieves y los hielos cordilleranos además de los agentes de meteorización originando un modelado irregular donde alternan cumbres, pendientes fuertes, farellones, conos de derrame, quebradas profundas y valles de fondo plano o semiplano.

Además, existe una abundante retención crionival cuya importancia depende de la altura, del aumento de las precipitaciones sólidas y de la presencia de laderas de umbría donde dicha retención es mayor.

La conformación del valle en términos específicos es de modelado glaciar siendo afectado por actividad volcánica reciente lo que ha determinado la desaparición de vestigios bajo los depósitos de material piroclástico.

En las laderas de umbría, de pendiente regular a fuerte, se presentan depósitos volcánicos de significativa envergadura, conformando farellones fuertemente diaclasados y

recubiertos por cenizas y arenas volcánicas los cuales tienden a escurrir a raíz de procesos gravitacionales.

La vertiente opuesta se diferencia de la anterior, por estar más afectada por procesos físico-químicos que se agregan a los anteriores y a la actividad antrópica, fundamentalmente en lo que se refiere a la ruta.

Las pendientes dominantes son todas sobre 50% con cobertura vegetal inestable especialmente en la vertiente de solana.

#### 3.1.2 ESTRUCTURA

Desde el punto de vista geológico aparecen involucradas 5 formaciones.

1.- Batolito occidental Santa Gertrudis: granito - diorita.

2.- Formación Cola de Zorro; Complejo volcánico Nevados de Chillán: Andesitas, andesitas basálticas, basaltos, tobas, brechas, conglomerados, areniscas y dacitas.

3.- Volcanes y lavas de los Nevados de Chillán: Dacitas y andesitas.

4.- Terraza fluvio-glacial: arenas, gravas, limos, bloques, ceniza y lapilli.

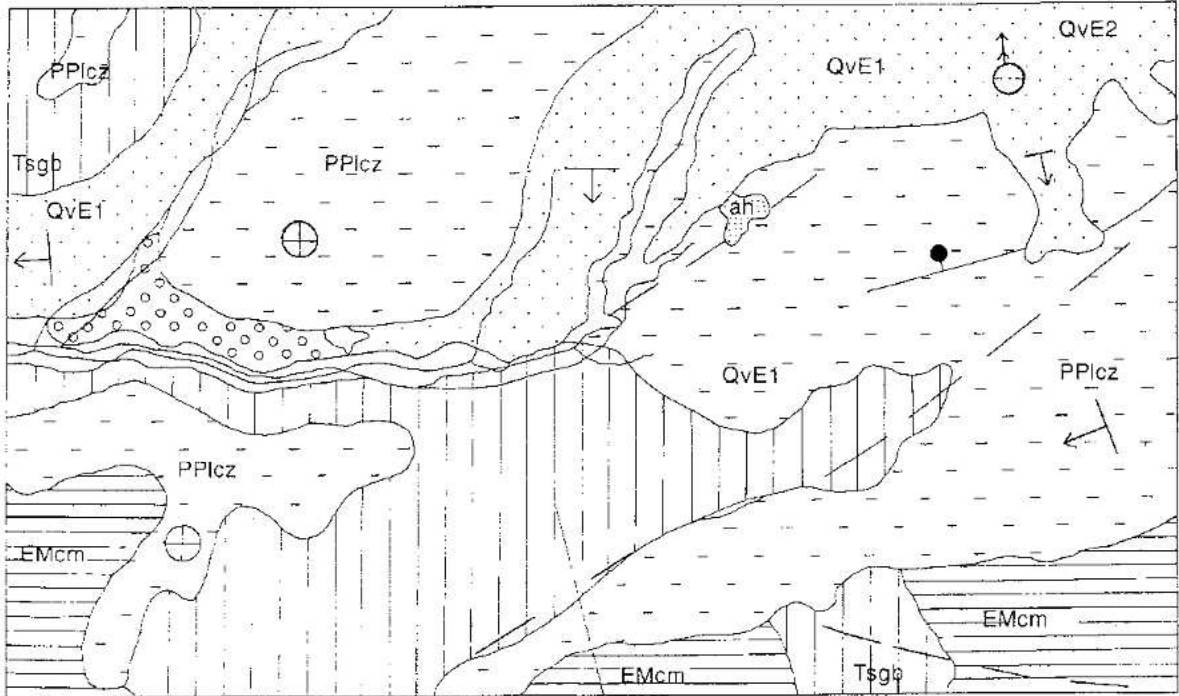
5.- Depósito no consolidado fluviales: arenas, gravas, limos, bloques, ceniza y lapilli.

La primera formación constituye el centro más activo donde se circunscribe el trabajo en torno a la ruta, correspondiendo a un extenso complejo plutónico de orientación general Norte-Sur. Este batolito instruye a la Formación Cura-Mallín. Al Norte del Volcán Nevados de Chillán es cubierto, mediante discordancia de erosión por las coladas de lava y materiales piroclásticos de la formación Cola de Zorro y por coladas de lava Cuaternarias, provenientes de dicho volcán.

La composición petrográfica corresponde a la facie de monzodiorita cuarcífera. Sin embargo, también se observan filones tardimagmáticos, graníticos. La textura es fanerítica, observándose sólo ocasionalmente variedades porfíricas. En esta facie, se presenta plagioclasa, biotita, hornblenda, cuarzo, feldespato alcalino y clinopiroxeno como minerales esenciales.

Los filones de granito tardimagmático tienen color blanco, hololeucocráticos de textura alotriomórga-granular, aplítica y se componen de plagioclasa, cuarzo, microclima, biotita, circon y minerales opacos.

# FORMACIONES GEOLOGICAS



## LEYENDA

	VOLCAN NEVADOS DE CHILLAN I: DACITAS Y ANDESITAS		SENTIDO DE FLUJO COLADAS DE LAVAS
	VOLCAN NEVADOS DE CHILLAN II: DACITAS Y ANDESITAS		ESTRATOS HORIZONTALES
	FORMACION COLA DE ZORRO: COMPLEJO VOLCANICO		FALLA NORMAL PROBABLE
	BATOLITO OCCIDENTAL - SANTA GERTRUDIS: GRANITO - DIORITA		FALLA NORMAL INDICANDO INCLINACION DEL PLANO
	FORMACION CURA MALLIN: TOBAS, BRECHAS, ARENISCAS, ETC.		FUMAROLA
	ALTERACION HIDROTHERMAL		
	DEPOSITOS NO CONSOLIDADOS: ARENAS GRAVAS LIMOS BLOQUES TERRAZA FLUVIOGLACIAL      CENIZAS Y LAPILLI		
	DEPOSITOS NO CONSOLIDADOS DE CARACTER FLUVIAL		

DIBUJO: CHRISTIAN LOYOLA G.

Los minerales de alteración de todas estas rocas, corresponden a clorita, epidota y sericita, los dos primeros como alteración de los minerales máficos y el último como alteración de la plagioclasa. La clorita corresponde a pennina y la epidota a pistacita y allanita (Gardeweg, 1980).

Datos radiométricos sugieren que el batolito representa a un complejo plutónico, integrado por rocas relacionadas con diferentes eventos intrusivos que en general corresponden al Terciario Inferior.

La formación Cola de Zorro constituye una secuencia volcánica andesítica a basáltica y actitud tectónica subhorizontal a horizontal. Conforman mesetas originales por la acumulación de estratos subhorizontales que nivelan un antiguo relieve de rasgos paleofisiográficos accidentados. La secuencia está truncada por erosión glacial y fluvial, formando abruptos acantilados y afectada por una tectónica de bloques, producto de fallamiento normal.

Suprayace con discordancia angular a la Formación Cura-Mallín, siendo cubierta, con discordancia de erosión, por los conos volcánicos y lavas relacionadas con el volcanismo pleistoceno-holoceno y por depósitos piroclásticos.

La Tercera formación volcánica corresponde a los Nevados de Chillán, sobre una antigua y erodada caldera, relacionada con la formación Cola de Zorro, y donde se han construido numerosos conos volcánicos, piroclásticos, con coladas de lavas ácidas, orientados según una línea de dirección NNW. Las coladas son de bloques, escoriáceos o piroclásticos, de composición dacítica y andesítica, de textura porfírica, con fenocristales de plagioclasa (andesina-labradorita), clinopiroxeno (augita), ortopiroxeno (hiperstenio), magnetita y ocasionalmente olivino, dentro de una masa fundamental filotóxica a intersertal con importante participación de vidrio volcánico y ausencia de olivino.

En el fondo del valle y en el sector reducido del sector Las Trancas se desarrolla una terraza fluvio-glacial compuesta de arena, gravas, limos, bloques y una diversidad superpuesta de restos volcánicos recientes. Sobreyacen a depósitos morrénicos y/o aluviales y a unidades más antiguas con discordancias de erosión o depositacional.

En el sector andino aparecen rocas sedimentarias de edad terciaria, areniscas, lutitas y rocas piroclásticas que alternan con tonalitas y granodioritas de edad secundarias (Cretácico superior).

Otra característica muy significativa que posee la Cordillera Andina en este sector es su carácter dinámico tectónico en base a un sistema ortogonal de fallas que facilitan las emanaciones y flujo de aguas termales a los 1.750 m.s.n.m., o mejor dicho, define áreas de alteración hidrotermal y fumarolas, asociadas con "stocks" y filones de tonalidiorita, con "stocks" de períodos dacíticos y andesíticos-basálticos. La alteración más frecuente es cuarzo-sericita y limonita, en ambos casos desde débil a intensa, siendo menos común la alteración propilitica o argílica.

Es destacable la presencia de fuertes pendientes en taludes o farellones que favorecen procesos de dinamismo de materiales, con valores superiores al 61%; los que a la vez alternan con cumbres más redondeadas y pendientes suaves de origen y modelado volcánico, los que son cubiertos por la nieve en el período invernal.

Teniendo en cuenta las características de resistencia elevada de las rocas, éstas sin embargo, al estar expuestas con motivo de la instalación de la ruta, han derivado a mostrar procesos de intemperización elevada así como de diaclasamiento importante. A lo anterior se agregan los lugares afectados por fallas, lo que da un conjunto de puntos o sitios de riesgo de caída de materiales, sean estos en forma de desplazamiento en masa, caída de bloques y de piedras, como asimismo deslizamiento de material fino y procesos torrenciales.

### 3.2 ANTECEDENTES CLIMATICOS Y VEGETACIONALES

El clima predominante en la región corresponde a la clasificación de "Climas con influencias anticiclónicas cálidos, de presiones térmicas y ciclónicas templadas alternadas", cuya influencia se extiende aproximadamente entre los 27° y 42° de Lat. S.

La subregión climática sería "clima de lluvias invernales regulares", con una larga estación seca en la que predomina el buen tiempo el que es interrumpido frecuentemente en el invierno. Este clima se da entre los 34° y 38° Lat. S.