

FLUJOS ALUVIONALES DE 1870 Y 1896 OCURRIDOS EN LA LADERA NORTE DEL VOLCAN YATES, X REGION: SU IMPLICANCIA EN LA EVALUACION DE RIESGOS NATURALES

ARTURO HAUSER Y.

Servicio Nacional de Geología y Minería, Casilla 10465, Santiago, Chile.

RESUMEN

El presente estudio está respaldado por antecedentes geotécnicos, proporcionados por documentos correspondientes a relatos de expediciones de exploración, realizadas en el siglo pasado. Se trata de descripciones de flujos aluvionales ocurridos en 1870 y 1896, a lo largo del cauce del río Blanco, en la ladera norte del volcán Yates, X Región, según referencias de Vidal-Gormaz (1871) y Steffen (1944). Su confrontación y análisis con el respaldo de fotografías aéreas recientes (escala 1:60.000; tomadas en 1969 y 1978), permiten reconocer claramente rasgos morfológicos remanentes de dichas remociones en masa. Del análisis de esta información, es posible extraer valiosos antecedentes respecto del riesgo de ocurrencia de este tipo de fenómenos, a nivel local, así como establecer sus trayectorias críticas, en relación con estudios geotécnicos especialmente asociados con el trazado de caminos, asentamientos poblacionales, etc. Sólo la racional complementación de la información geotécnica, disponible, unida a las referencias históricas aquí expuestas, permite la adecuada planificación y construcción de obras civiles eficientes, seguras, duraderas y económicas.

ABSTRACT

The study is supported by geotechnical information furnished by documents related to expeditionary reports of explorations that were carried out during the last century. Their confrontation and analysis based on recent aerial photographs (1:60,000 scale; taken in 1969 and 1978) allow to clearly recognize the remnant morphologic structures of these mass movements related to alluvial flows developed in 1870 and 1896, on the northern slope of the Yates volcano, X Region of Chile. They are related to the descriptions of alluvial flows along the bed of the Blanco river, on the northern slope of the Yates volcano, according to references by Vidal-Gormaz (1871) and Steffen (1944).

The analysis of this information allows to extract valuable data regarding the risk of occurrence of this type of local mass movements, establishing their critical paths, in connection with geotechnical studies in the area, related mainly with roads and lodging projects. Only through the rational complementation of the available geotechnical data, with historical references here mentioned, is it possible to design and build efficient, safe, lasting and economic civil works.

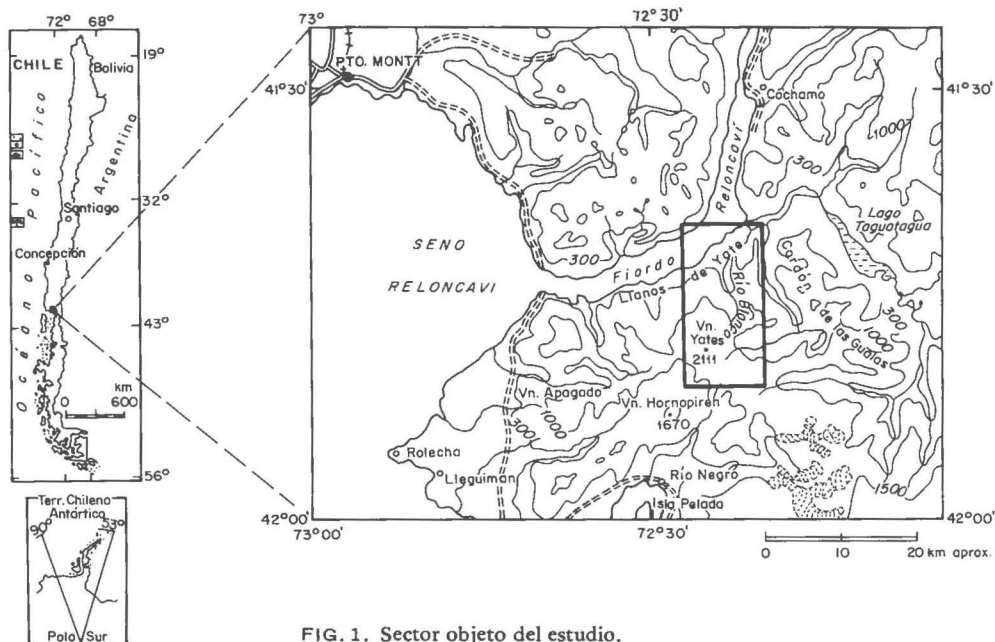


FIG. 1. Sector objeto del estudio.

ANTECEDENTES PREVIOS

Se basan, fundamentalmente, en documentación bibliográfica de acuciosas descripciones de terreno realizadas por diversos exploradores y científicos. Algunos de los sitios visitados en el siglo pasado corresponden a zonas que aún carecen de adecuadas vías de acceso y están, normalmente, sometidas a rigurosas condiciones climáticas, motivo por el cual no han sido objeto de ulteriores exploraciones. En muchos casos, estas descripciones constituyen el único documento disponible.

Particularmente interesantes, desde el punto de vista geotécnico, resultan los estudios de Darwin (1835), Vidal-Gormaz (1871), García (1768), Risopatrón (1924), Steffen (1944), Fitzroy (1836) y Philippi (1862).

En el caso específico del presente documento, su respaldo referencial está dado por descripciones de Vidal-Gormaz (1871) y Steffen (1944) respecto de dos aluviones producidos en la ladera norte del volcán Yates (X Región). Los rasgos morfológicos remanentes de dichos vigorosos fenómenos de remoción en masa se reconocen en la actual superficie del terreno, en el sector. Fotografías

aéreas recientes a escala 1:60.000, permiten identificar, delimitar y establecer sus relaciones con materiales preexistentes. Los aluviones, producidos en Julio de 1896 y Diciembre de 1870 alcanzaron extraordinaria magnitud: “. . . destruyendo numerosos edificios y produciendo sacrificios de personas y ganado . . .” (Steffen, 1944, p. 95, de estudios realizados entre 1892 y 1902). “El golpe del aluvión subió por la ribera 18 ó 19 metros de altura, destruyendo cuanto encontró a su paso, convirtiéndolo en astillas corpulentos robles que limitaban esta margen . . .” (Vidal-Gormaz, 1871).

Fenómenos aluvionales identificados y descritos en la literatura geológica chilena, atribuibles a acciones eminentemente laháricas, son de común ocurrencia en la zona andina, asociados a numerosos centros volcánicos, generando potentes y extensos depósitos conectados con esta actividad, desde el Plio-Pleistoceno hasta la actualidad (Abele, 1982; Corvalán, 1974; Davidson, 1974; Macphail, 1973; Marangunic, 1974; Moreno y Varela, 1982; Stiefel, 1965).

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS Y GEOMORFOLOGICAS

El río Blanco, con una hoya de aproximadamente 48 km² y trayectoria sur-norte casi rectilínea, se desarrolla en la ladera norte del volcán Yates (2.110 m s.n.m.). En sus nacientes (Figs. 1, 2, 3), se alimenta de un casquete glaciario permanente del volcán, a la cota de 1.250 m. Posee un pequeño estero afluente, Candelaria, al que se une hacia la cota 250 m. Hasta la cota 200 m, el río Blanco

corre por un cauce con bordes altos y afarellonados, excavados en rocas volcánicas andesíticas. Su eje hidráulico tiene una pendiente de 30° en el segmento superior. A partir de esa cota, el río se ensancha y adquiere una trayectoria más serpenteante. En los 300 m finales el río, antes de descargar sus aguas en el fiordo de Reloncaví, forma un delta, con 900 m de "playa". En sus últimos

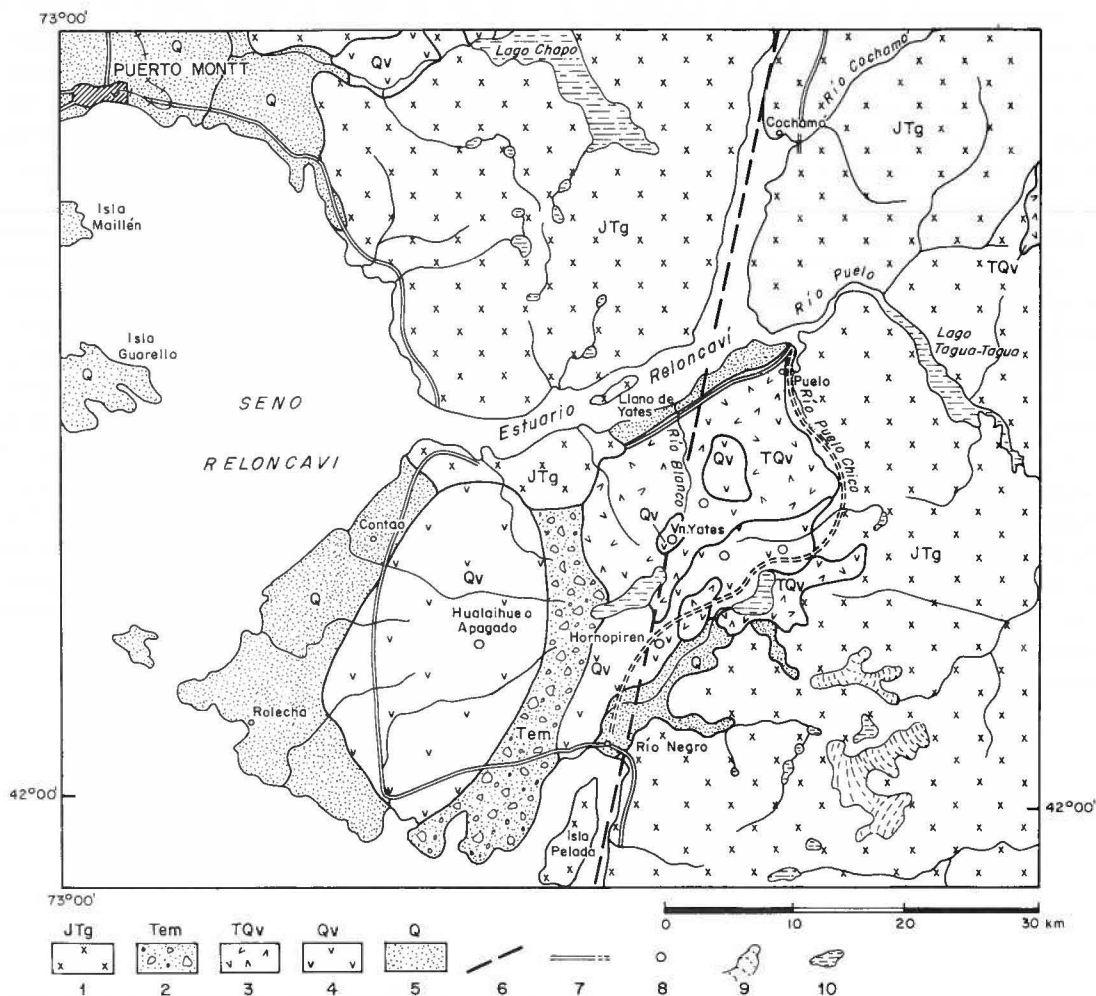


FIG. 2. Marco geológico general (tomado del Mapa Geológico 1:1.000.000, Servicio Nacional de Geología y Minería, 1982). 1. Rocas graníticas: Batolito Norpatagónico (Jurásico-Terciario); 2. Rocas sedimentarias: Formación Ayacará; 3. Volcanitas antiguas: equivalentes a Formación Cola de Zorro (Plio-Pleistoceno); 4. Volcanitas modernas (Holoceno); 5. Depósitos inconsolidados, indiferenciados (Holoceno-Actual); 6. Falla Linguíne-Ofqui; 7. Camino Longitudinal Austral; camino proyectado; 8. Volcán inactivo; 9. Glaciares; 10. Lagunas.

2.000 m (Fig. 3), recorre un terreno bastante plano conocido como Llano de Yates, que conforma una superficie cercana a los 14 km². Su límite noreste está controlado por la sección terminal del río Puelo, en su confluencia con el fiordo Reloncaví. En torno a este sitio se ubica el villorrio de Puelo Bajo y, unos 500 m más al sur inmediatamente al oeste del río Puelo Chico, se levanta el pueblo de Puelo, capital de la Comuna de Cochamó (Fig. 3). Este poblado fue construido hacia 1980, como consecuencia del Plan de Regionalización.

Aparentemente, fruto más de la casualidad, de la disponibilidad de terrenos planos y cercanía al villorrio de Puelo Bajo, que de un riguroso análisis de alternativas, el nuevo poblado se ubicó inmediatamente al sur de aquel en un interfluvio aterrizado entre los ríos Puelo Chico y Blanco; por tanto, adecuadamente protegido y ajeno a eventuales aluviones de éste (Fig. 3).

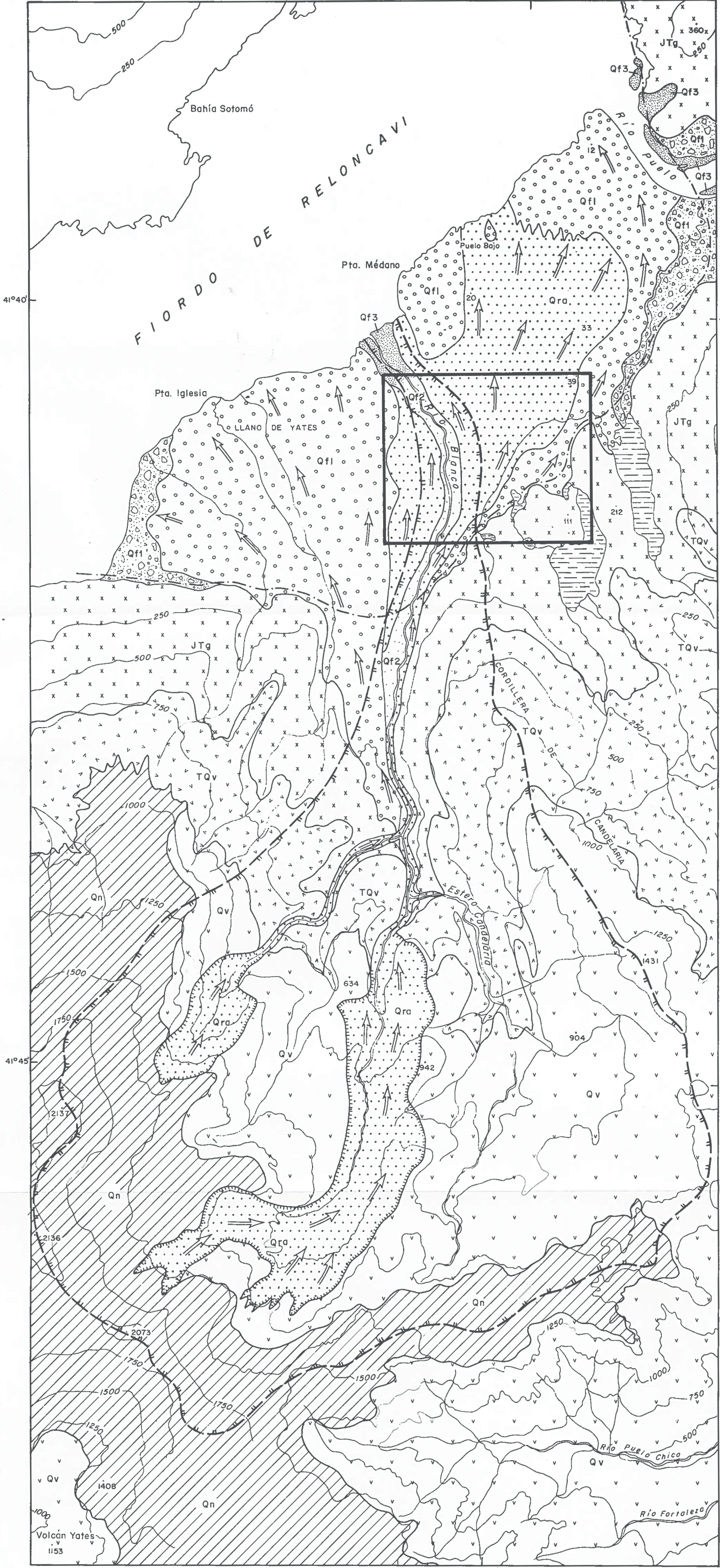
Las bondades topográficas del llano, se contraponen con terrenos poco aptos para el cultivo o aprovechamiento ganadero en virtud de su notable limitación por "pedregosidad".

En la actualidad sobre el Llano de Yates se emplaza una docena de habitaciones dispersas a ambos costados de la desembocadura del río Blanco, adosadas a la ribera sur del fiordo de Reloncaví. Tanto el Llano de Yates como su prolongación hacia el desagüe del río Puelo, genéticamente admite ser atribuido a la acción repetida de fenómenos aluvionales originados en la ladera norte del volcán Yates. Este sector habría estado ocupado primitivamente por una ensenada en la ribera sur










del fiordo Reloncaví (según línea de costa esbozada en la figura 3), parte de cuyos remanentes se confunden con pequeñas lagunas existentes en el interfluvio Río Blanco-Río Puelo Chico. Los datos proporcionados por las cartas batimétricas del fiordo de Reloncaví (Atlas Hidrográfico de Chile, Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile, 1974), favorecen esta teoría, al detectar profundidades de 106-128 m frente al sector de Llano de Yates, mientras que al oeste y noroeste del llano, las profundidades fluctúan entre 201 y 267 m. Los aportes del río Puelo al relleno parcial del fiordo son poco significativos, debido al escaso gradiente de su eje hidráulico, densa cobertura vegetacional en su hoya y efecto regulador del Lago Tagua Tagua, ubicado 7 km aguas arriba de su desembocadura (Fig. 2); ello, pese a poseer una hoya con una superficie cercana a los 9.000 km².

En sectores del Llano de Yates se reconocen, en las fotografías aéreas (escala 1:20.000), estructuras tipo marmitas ("kettles"; Fig. 4); corresponden a seis pequeñas depresiones circulares con diámetros que fluctúan entre 20 y 45 m y profundidades de 2-3 m; parecen corresponder genéticamente a estructuras formadas por el derretimiento *in situ* de enormes bloques de nieve o hielo; incorporados en alguno de los flujos aluvionales a partir del casquete glaciario o cima del volcán Yates. Se habrían movilizado incorporados en su masa. La presencia de las estructuras descritas, pone de manifiesto la extraordinaria energía de transporte de los flujos.










FIG. 3. Mapa geológico del área. 1. Rocas plutónicas e hipabisales indiferenciadas: granodiorita, granitos, tonalitas (Jurásico-Terciario); 2. Coladas de lavas andesíticas y basálticas asociadas a erupciones del volcán Yates (Formación Cola de Zorro) (Plio-Pleistoceno); 3. Volcanitas modernas (Holoceno); 4. Terrazas superiores antiguas, asociadas principalmente a cauces del río Puelo: niveles de gravas y ripios arenosos (Holoceno); 5. Depósitos aluvionales asociados a flujos laháricos de 1870 y 1896: Mezcla caótica de bloques volcánicos y graníticos de diverso tamaño (0, 4-10 m de diámetro) en matriz de gravas y arenas mal clasificadas (Actual); 6. Depósitos fluviales asociados a cursos actuales: gravas y arenas (Actual); 7. Depósitos deltáicos de playas indiferenciados: arenas (Actual); 8. Gravas y ripios mal clasificados, asociados a remociones torrenciales en el cauce del río Blanco (Actual); 9. Casquete de nieves eternas; 10. Curva de nivel en metros; 11. Lagunas; 12. Hoya hidrográfica del río Blanco; 13. Fracturas; 14. Borde del cauce del río Blanco; 15. Trayectoria preferencial de flujos laháricos; 16. Línea de costa preflujos laháricos (1870); 17. Contactos entre unidades geológicas; 18. Ubicación de la figura 4.



LEYENDA

- JTg  1
- TQv  2
- Qv  3
- Qf1  4
- Qf1  5
- Qf2  6
- Qf3  7
- Qra  8
- Qn  9

SIMBOLOGIA

-  250 10
-  11
-  12
-  13
-  14
-  15
-  16
-  17
-  18

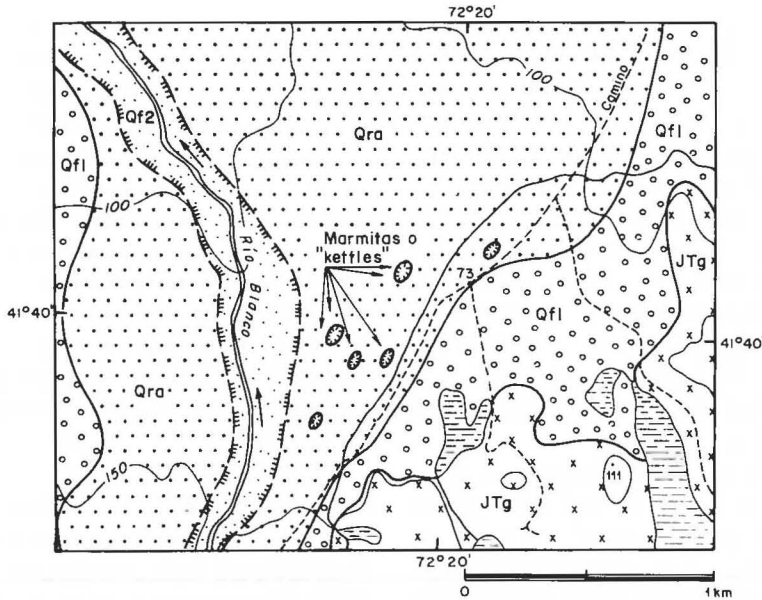


FIG. 4. Ubicación de marmitas o "kettles". Leyenda y ubicación en figura 3.

ASPECTOS GEOTECNICOS

Apoyado en la descripción de los fenómenos que nos entregan Vidal-Gormaz (1871) y Steffen (1944) junto al conocimiento que el autor tiene de la zona, como resultado de visitas efectuadas en 1971 y 1978, puede establecerse, preliminarmente, que se trataría de aluviones asociados a flujos torrenciales del tipo lahárico. Dos alternativas admiten ser consideradas: lahares conexos a lluvias intensas y lahares glacio-volcánicos. Los primeros, de acuerdo con la nomenclatura de Scrivenar (1929) reciben el nombre específico de "margangs", y corresponden a una corriente de barro fría o "lahar de lluvia", en respuesta a precipitaciones muy intensas. Los segundos, en cambio, al término islándico "jokulhlaup" o "lahar verdadero", asociado al derretimiento de nieve, en la cima de un volcán. Esta acción normalmente puede ser inducida por una brusca actividad, con o sin emisión de lava; la sola emisión de vapores puede provocar el necesario derretimiento de nieves que normalmente jalonan la cima de nuestros volcanes australes. El agua producida, se incorpora rápidamente al drenaje disponible, asimilando una gran cantidad de fragmentos rocosos sueltos, que enmantan los flancos de los volcanes. En la medida que el flujo descende, adquiere paulatinamente mayor volumen y velocidad, en virtud de su trayectoria y pen-

diente local.

En los fenómenos aluvionales, una serie de factores morfológicos, geológicos y climáticos se conjugan para condicionar sus trayectorias, volúmenes, velocidades, composición y poder de destrucción, entre otros. Así, la naturaleza geológica de los materiales superficiales, el encauzamiento de las estructuras de conducción y su pendiente, participan decisivamente en el volumen, velocidad de desplazamiento y poder de destrucción de los flujos laháricos.

En el caso del eje hidráulico del río Blanco, su pendiente en el tramo superior (cima Volcán Yates, cota 800 m, aproximadamente) es del tipo 28°; en su tramo intermedio (cota 800 m hasta confluencia con Estero Candelaria) del tipo 12°; en su tramo inferior (Llano de Yates) la pendiente media es del tipo 2°-3°. Juliet (*in* Steffen, 1944) refiriéndose al enorme poder de destrucción del aluvión del río Blanco de 1870, señaló que fue capaz de transportar bloques de hasta 25-30 m³ de volumen. En torno del actual cauce del río Blanco, en sectores de Llano de Yates, aún es posible reconocer la presencia de bloques con diámetros de 5-7 m, evidentemente relacionados con movilizaciones propias de alguno de los aluviones ocurridos en el siglo pasado.

La masa movilizada, mezcla de fragmentos rocosos, arena, suelo, ceniza y restos vegetales con agua, se desplaza con enorme poder destructor hasta detenerse en una zona donde un brusco cambio de pendiente atenúa su energía cinética. Allí, una vez liberada el agua intersticial, conforma extensas superficies planas, en las cuales destacan bloques rocosos de diversa forma y volumen. La ausencia de materiales finos, limo-arcillas, poco favorece el desarrollo de suelos y la consiguiente cobertura vegetal, limitando la explotación económica del terreno (cultivo o ganadería). A nivel regional, los lugareños designan estos terrenos como "playas pedregosas".

Producido un flujo de barro a lo largo del eje de un cauce preexistente (estero, quebrada) transcurre un prolongado período, en el cual existe un riesgo potencial para que se originen flujos secundarios. Ello, mientras dichos cauces permanezcan parcialmente rellenos de detritus; el riesgo se minimiza sólo cuando los cauces recuperan gradualmente sus gradientes de equilibrio.

Aceptando el hecho que la bibliografía vulcanológica de Chile no registra erupciones históricas para el volcán Yates (se trata de un volcán apagado e inactivo) los flujos laháricos descritos por Steffen y Vidal-Gormaz *op. cit.*, no admiten ser rigurosamente englobados en la categoría de lahares glacio-volcánicos o "verdaderos".

Consideraciones climáticas nos inducen a postular que el lahar ocurrido en Julio de 1896, podría haber correspondido a un "lahar de lluvia", mientras que aquél de Diciembre de 1871, a un "lahar verdadero" conectado a un intenso derretimiento del casquete glaciario por altas temperaturas.

Los análisis de registros pluviométricos de estaciones adyacentes a la zona estudiada arrojan lluvias anormalmente intensas en el área. Según Hauser (1985), en la zona andina de la Región Metropolitana, constituyen un factor decisivo para el desarrollo de flujos de barro (60 mm en 24 horas). Los registros mencionados corresponden a la información presentada en la tabla 1.

Un óptimo programa para reducir la severidad de los flujos de barro debe incluir prioritariamente detallados mapeos geotécnicos orientados hacia microzonaciones; éstas, constituyen la base para delimitar y cuantificar el riesgo de un terreno, a objeto de planificar su adecuado uso. Afortunadamente, las zonas susceptibles de sufrir los efectos de flujos laháricos, son fáciles de delimitar en función del notable control que la topografía ejerce sobre su distribución. Pese a ello, en la práctica una serie de razones limitan las operaciones de control: los enormes volúmenes comprometidos y la velocidad con que se movilizan, además de los elevados costos de las obras de protección o mitigación (diques).

TABLA 1.

Estación	Coordenadas	Alt. m s.n.m.	Monto precip. máx./24 horas	Día	Mes	Año
Cochamó	41°24'S - 72°17'W	—	155,6	21	6	1968
Puelo, en la union con Río	41°45'S - 72°03'W	50	126	24	5	1966
Manso			150,6	26	7	1969
			136,0	8	8	1971
Río Puelo	41°39'S - 72°18'W	5	120,0	13	6	1948
Puelo, en "Carrera"	41°38'S - 72°16'W	8	148	26	6	1965
			125	25	6	1866
Basilio			114,6	16	7	1969
			125,6	8	8	1971
			118,9	21	7	1971

CONCLUSION

El presente estudio pone en evidencia los valiosos antecedentes que proporcionan crónicas y descripciones históricas realizadas por expedicionarios y naturalistas. Ellas se constituyen en importantes fuentes de información para detectar, caracterizar y delimitar, áreas sometidas a riesgo por flujos laháricos. Su complementación mediante estudios geomorfológicos, geotécnicos, vulcanológicos y climáticos, permiten enmarcar las trayectorias críticas de los flujos, favoreciendo el adecuado diseño, emplazamiento y construcción de obras civiles eficientes y seguras.

La suma de los antecedentes expuestos permiten establecer que nuestro país posee un perma-

nente riesgo local, de sufrir los efectos de flujos laháricos, como es el caso del Llano de Yates. Una serie de factores se conjugan para condicionar la severidad de los flujos laháricos generados. Estos, cuando se producen de acuerdo con los enormes volúmenes y velocidades comprometidas, provocan serio daño en terrenos naturales y cultivos, sin desconocer los efectos sobre las poblaciones, áreas recreacionales y obras civiles, en general. Suele ocurrir con frecuencia, infelizmente, que por carencia de antecedentes geotécnicos de respaldo, muchas de estas obras se emplazan en la trayectoria potencial de estos flujos, con desprecio del riesgo que tal situación impone.

REFERENCIAS

- ABELE, G. 1982.** El lahar Tinguiririca: su significado entre los lahares chilenos. *Inform. Geogr. Chile*, No. 29, p. 21-34.
- CORVALAN, N. 1974.** A new lahar in the Central South of Chile, at the latitude of Osorno (41°S). In *Int. Assoc. Volcanol. and Chem. Earth's Interior, Symp. Andean Antarctic Probl., Abstr.* (González-Ferrán, O.; ed.), p. 13.
- DAVIDSON, J. 1974.** A Quaternary volcanic mudflow (lahar) down the Claro and Teno valleys from Planchón volcano (Curicó province, Chile). In *Int. Assoc. Volcanol. and Chem. Earth's Interior, Symp. Andean Antarctic Probl., Abstr.* (González-Ferrán, O.; ed.).
- DARWIN, C. 1837.** *Journal of Researches*. Royal Geological Society, 488 p. London.
- FITZROY, R. 1836.** Sketch of the Surveying Voyages of the H. M. Ships "Adventure" and "Beagle". *Royal Geographical Soc.*, Vol. 6, p. 319-331.
- GARCIA, J. T. 1768.** Diario de viaje. *Anuario Hidrográfico*. Tomo 14, Armada de Chile.
- HAUSER, A. 1985.** Flujos de barro en la zona preandina de la Región Metropolitana: características, causas, efectos, riesgos y medidas preventivas. *Rev. Geol. Chile*, No. 24, p. 75-92.
- MACPHAIL, V. 1973.** The geomorphology of the Teno lahar, Central Chile. *Geogr. Rev.*, Vol. 63, p. 517-532.
- MARANGUNIC, C. 1974.** The lahar provoked by the eruption of the Villarrica Volcano in December of 1971. In *Int. Assoc. Volcanol. and Chem. Earth's Interior, Symp. Andean Antarctic Probl., Abstr.* (González-Ferrán, O.; ed.), p. 48.
- MORENO ROA, H.; VARELA, J. 1982.** Los depósitos de relleno de la Depresión Longitudinal de Chile, entre los ríos Bío-Bío y Toltén-Allipén. In *Congr. Geol. Chileno*, No. 3, *Actas*, Vol. 3, p. 203-222. Concepción.
- PHILIPPI, R. A. 1862.** Viaje a los Baños y al nuevo Volcán Chillán. *Univ. Chile, Anales*, Vol. 2, p. 241-257. Santiago.
- RISOPATRON, L. 1924.** *Diccionario Geográfico de Chile*. Impr. Universitaria, 958 p. Santiago.
- SCRIVENAR, J. B. 1929.** The mudstreams (lahars) of Gunong Keloet in Java. *Geol. Mag.*, Vol. 66, p. 433-434.
- STEFFEN, H. 1944.** *Patagonia Occidental. Las Cordilleras Patagónicas y sus regiones circundantes*. Edit. Universitaria, Vol. 1. Santiago.
- STIEFEL, J. 1965.** Lahares glaciovolcánicos Recientes y depósitos comparables del Pleistoceno. *Soc. Geol. Chile, Resúmenes*, No. 10. Santiago.
- VIDAL-GORMAZ, F. 1871.** Exploración de la costa de Llanquihue; Archipiélago de Chiloé. *Univ. Chile, Anales, Bol.* 34, Sec. 1, *Mem. Cient. y Lit.*, Julio-Diciembre.