Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Ministerio del Interior y seguridad Pública
División de Protección Civil

Determinación de zonas de amenaza para la cadena volcánica Osorno-Puntiagudo y complejo Antillanca

(Informe final de práctica profesional)

Autor: Rodrigo Kappes
Profesora: Carmen Paz Castro
Profesional: Fabiola Barrenechea
Fecha: 21 de marzo de 2012

Índice.

Índice temático

Tema	Página
Resumen	**1**
Introducción	**2**
Vocabulario	**3**
Planteamiento del Problema	**6**
Objetivos	**8**
Objetivo general	**8**
Objetivo especifico	**8**
Metodología	**8**
Área de estudio	**13**
Resultados	**14**
Ubicación de edificios bajo amenaza	**14**
Amenazas volcánicas directas	**14**
Amenaza esperada	**14**
Registro histórico	**15**
Modelación de las amenazas	**15**
Remociones en masa	**15**
Riesgos sísmico	**16**
Riesgo de incendio por erupción	**16**
Cálculo del peligro volcánico	**16**
Discusión de los resultados	**18**
Limitaciones de la modelación	**18**
Conclusiones	**19**
Anexos	**20**
Fichas descriptivas de los volcanes y centros eruptivos	**21**
Cuerpo volcánico Osorno	**21**
Volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos	**24**
Complejo volcánico Antillanca	**26**
Bibliografía	**45**
Bibliografía análoga	**45**
Páginas web visitadas	**47**

Índice de cartografías

Nº cartografía	Titulo de la cartografía	Página
Carta Nº 1	Área de estudio	**13**
Carta Nº 2	Amenaza por bomba	**30**
Carta Nº 3	Flujo piroclástico	**31**
Carta Nº 4	Caída de tefra	**32**
Carta Nº 5	Colada de lava y flujo laharico históricos, volcán Osorno	**33**
Carta Nº 6	Colada de lava y flujo laharico históricos, volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos	**34**
Carta Nº 7	Colada de lava y flujo laharico históricos, Complejo Antillanca	**35**
Carta Nº 8	Coladas de lava volcán Osorno	**36**
Carta Nº 9	Flujos lahari cos volcán Osorno	**37**
Carta Nº 10	Coladas de lava volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos	**38**
Carta Nº 11	Flujos lahari cos volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos	**39**
Carta Nº 12	Coladas de lava Complejo Antillanca	**40**
Carta Nº 13	Flujos lahari cos Complejo Antillanca	**41**
Carta Nº 14	Riesgo de remoción en masa	**42**
Carta Nº 15	Aceleración sísmico, metodología de Toppozada et al.	**43**
Carta Nº 16	Riesgo de ignición de incendio forestal	**44**

Índice de tablas

Nº de tabla	Titulo de la tabla	Página
Tabla Nº 1	Amenazas volcánicas	**10**
Tabla Nº 2	Aceleración sísmica	**11**
Tabla Nº 3	Remoción en masa	**12**
Tabla Nº 4	Volcanes en estudio	**14**
Tabla Nº 5	Peligro volcánico	**17**
Tabla Nº 6	Volcanes el Negrillar de Ensenada	**21**
Tabla Nº 7	Volcán la Picada	**22**
Tabla Nº 8	Volcán Pichihuinco	**22**
Tabla Nº 9	Volcán Osorno	**23**
Tabla Nº 10	Fisura Cordón Cenizos	**24**
Tabla Nº 11	Volcán Puntiagudo	**25**
Tabla Nº 12	Caldera Fiucha	**26**
Tabla Nº 13	Cordón Álvarez	**26**
Tabla Nº 14	Volcán Casablanca	**27**
Tabla Nº 15	Volcán Antillanca	**28**
Tabla Nº 16	Volcán Sarnoso	**29**

Resumen.

En este informe se presenta la modelación de la trayectoria de las amenazas como las coladas de lava y los flujos laharicos, además de modelar otras amenazas de manera más generales que más que seguir un flujo afectan áreas bastante extensas, como los sismos. Los volcanes a ser modelados son el Volcán Osorno, Volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos y Complejo Antillanca, para de esta forma disminuir el riesgo al cual se encuentran expuestos los habitantes de las comunas de Puerto Octay, Puerto Varas y Puyehue.

Palabras clave: modelación, calas de lava, flujos laharicos, amenazas, Volcán Osorno, Volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos, Complejo Antillanca.

Introducción.

El territorio Chileno forma parte del cinturón de fuego y como tal posee una gran actividad sísmica y volcánica. Las activaciones más recientes han sido de los volcanes Chaiten y El Puyehue-Cordón caulle (ADN Radio, 6 de mayo de 2008), el último en agregarse a la lista es el Volcán Hudson.

En Chile actualmente se encuentran catalogados 43 volcanes como peligrosos (SERNAGEOMIN), y pese a esto la población a nivel nacional sigue habitando en las cercanías de estos, y los asentamientos ya establecidos siguen con su crecimiento.

El aumento de los habitantes en las cercanías de un volcán se explica por los beneficios que se obtienen de vivir cerca de un volcán, siendo los más beneficiados el sector agrícola, puesto que así aprovechan los suelos fértiles que se generan tras cada erupción o expulsión de material volcánico (Blaikie et al, 1996).

Los sectores económicos más afectados producto de una erupción volcánica son los sectores agrícola – ganadero, turístico y pesca. El sector agrícola ganadero producto de la cobertura de las superficie con cenizas y restos del volcán matando la producción y contaminando el suelo, el sector turístico, pierde puesto que el paisaje queda totalmente destruido, la población vegetal y animal ha sido reducida a unos cuantos manchones, dejando principalmente un paisaje yermo y desolado, mientras que el sector pesca obtiene pérdidas producto de la contaminación de las aguas (Mata, 2000).

Por lo anterior expuesto, es importante poder determinar y tener conocimiento de las posibles zonas que se verán afectadas producto de la erupción propiamente tal, pese a que una erupción volcánica es anunciada, tanto por deformaciones del cuerpo volcánico, como por aumento en la actividad telúrica y fumarolas, existen ciertos procesos que son de gran velocidad, de gran destructividad y de rápida generación, como los lahares o los jökulhlaup, que sólo necesitan de un aumento en la temperatura del cráter para que el glaciar se derrita y estos escurran ladera abajo destruyendo todo a su paso.

En el intento de poder mostrar el comportamiento de una erupción volcánica entran los modelos probabilísticos, los cuales tratan de utilizar la mayor cantidad de variables para modelar correctamente los sectores que se verán afectados por los flujos, mientras que los SIG (sistemas de información geográfico) cartografian las diferentes amenazas para de esta manera generar planes de evacuación y zonas de protección frente a la amenaza volcánica.

Vocabulario.

Antes de evaluar las diversas amenazas que presenta un volcán es necesario saber que un volcán es una abertura en la corteza terrestre a través de la cual se libera roca derretida como lava o son arrojadas como cenizas o escombros, a veces acompañados de vapor, gases calientes y gases venenosos (Blaikie et al, 1996).

Los volcanes tienen dos fases claras: una primera fase de actividad cuando el volcán empieza a entrar en acción, expulsando gases y produciendo temblores, luego sigue la fase eruptiva, que se da cuando el magma alcanza la superficie. Posterior a la erupción, cuando el volcán ya no expulsa más magma, puede seguir o no el proceso de desgasificación del volcán, el cual puede durar desde días hasta años, formando una columna de gases (Gonzalez-Ferran; 1994).

Al momento de entrar en actividad un volcán se desarrollan diversos procesos, que pueden o no terminar con este haciendo erupción, tanto en la actividad como en la erupción misma el volcán presenta una serie de amenazas, las cuales se pueden clasificar de la siguiente manera: amenaza por gases, amenaza solido gaseoso (piroclástos) – líquido gaseoso (aerosoloes), amenazas sólidas (desprendimiento de roca, movimiento en masa, bomba, ceniza y tefra), amenaza sólido – líquida (lava y lahar), amenaza líquida (jökulhlaup y tsunami), desastres volcánicos indirectos (contaminación de las aguas y del suelo agrícola, quemaduras en la piel y en el sistema respiratorio, por contacto con cenizas, destrucción de caminos y vías de suministros [electricidad y agua]) (Kelman, 1998).

Los sismos en áreas volcánicas se puede dar por: el movimiento del magma y la formación de fracturas asociadas, explosiones volcánicas y esfuerzos tectónicos, los sismos generados previo a una erupción rara vez superan los 5.0 Richter de magnitud (ONEMI (b)).

Un flujo piroclástico es una masa seca y caliente de escombros piroclásticos y gases que se movilizan rápidamente a ras de superficie con un rango de 10 a varios cientos de metros por segundo. Se encuentran entre los eventos volcánicos más peligrosos, dado que pueden extenderse por varios kilómetros de distancia desde el origen y cubrir miles de kilómetros cuadrados. Por el gran volumen de la masa y la velocidad estos flujos pueden superar las barreras orográficas y afectar a las cuencas adyacentes al volcán (ONEMI (b)).

Los flujos de poriclástos tienen una propia clasificación en ignimbritas y nube ardiente de gas y fluidos, mientras la nube ardiente tiene material denso. Pequeños flujos de piroclástos pueden moverse con velocidades entre 10 y 30 metros por segundo, mientras los grandes flujos se mueven en rangos de 200 metros por segundo (Trople, 2002).Los peligros que presentan estos flujos son de enterramiento, incineración, asfixia e impacto (ONEMI (b)).

Por bomba se entenderá al material rocoso de dimensiones mayores a 64 mm y que pueden alcanzar diámetro de varios metros. El peligro de la proyectiles balísticos está dado por la fuerza del impacto de los fragmentos que caen (ONEMI (b)).

La Tefra es el nombre que reciben los fragmentos de rocas y material de cenizas que son eyectados a la atmósfera durante una erupción. Los materiales más grandes caerán cerca del volcán e irán decreciendo en tamaño a medida que aumenta la distancia del volcán, la altura de la columna, la temperatura, la velocidad del viento y la dirección determinaran la distancia que recorrerán las partículas (Trople, 2002). La Tefra varía de tamaño desde ceniza (menores a 2 mm) a lapilli (2 – 64 mm), hasta bloque y bombas (mayores a 64 mm). El riesgo asociado a la tefra es el colapso de las techumbres de viviendas por acumulación de esta, destrucción de líneas de comunicación y energía y dañar la vegetación local (ONEMI (b)).

Cuando el magma alcanza la superficie de la tierra, adquiere el nombre de lava, palabra de origen Italiano, la lava es un líquido con gases disueltos, el cual se desgasifica en contacto con la atmósfera (Gonzalez-Ferran, 1994) los flujos de lava están determinados por la tasa de emisión, la pendiente de la superficie y la viscosidad de esta. El peligro relacionado con los flujos de lava representa el daño parcial o destrucción total por enterramiento, trituración o incendio de todo lo que está a su paso (ONEMI (b)).

Los movimientos en masa se asocian genéticamente, a la interacción, en el tiempo y el espacio, de una serie de factores geográficos, orográficos (relieve), climáticos, hidrológicos y geológicos. Dada la complejidad de los procesos, estos se clasifican de acuerdo a la cantidad de agua y los materiales de los cuales están formados, teniéndose de esta manera: Corrientes torrentosas, Corrientes de barro y flujo de detritos (Barrenechea y Abumohor, 2009), la pendiente y la cantidad de agua serán determinantes en las velocidades que estos fenómenos puedan alcanzar, de igual manera se aplica para la zona de afectación (Geociencias para la comunidad de los andes, 2007).

El lahar es un término de origen indonesio (Geociencias para la comunidad de los andes, 2007), se puede distinguir entre glacio lahars y rain lahars, los primeros hacen relación a los lahares producidos por actividad volcánica en las cuales la cobertura glacial, hielo o nieve se derrite generando una corriente de agua, mientras los segundos son generados por abundantes lluvias en zonas de cenizas y material volcánico suelto (Hauser, 2000), los lahares se clasifican dentro de los flujos de detritos (Geociencias para la comunidad de los andes, 2007).

Castruccio (2008) a su vez da entender la clasificación de 2 tipos de lahares generados a apartir del tipo de erupción, lahares fríos, formados a partir de un ascenso del magma por sobre el cráter, el magma cae sobre la cobertura nivosa, derritiéndola y generando un flujo líquido que va erodando la ladera del volcán, mientras que los lahares calientes se producen por una dilución de los flujos de bloques y cenizas, producto del colapso del domo activo o el colapso de los frentes de lava, derritiendo la cobertura o incorporándose a los flujos de agua ya existentes, siendo los materiales de los lahares calientes mejor seleccionados.

Finalmente un lahar será una mezcla de escombros rocosos que fluyen rápidamente, movilizados por el agua y que se originan en pendientes de los volcanes (ONEMI (b)).

Una vez que el magma llega a la superficie este se empieza a enfriar liberando gases a la atmósfera, aunque estos gases también pueden ser liberados por sistemas hidrotermales. El gas

volcánico más abundante es el vapor a agua, otro gases importantes son el dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de azufre, ácido sulfhídrico, cloro y flúor, de estos el dióxido de carbono y el monóxido de carbono son gases inodoros por lo que no pueden ser detectados, al acumularse en sectores bajos estos pueden causar la muerte de las personas. Por otro lado los compuestos de azufre, cloruros y fluoruros reaccionan con el agua formando ácidos venenosos, los cuales son perjudiciales para los ojos, la piel y el sistema respiratorio (ONEMI (b)).

Una amenaza generada por la actividad volcánica y no muy considerada en los estudios a nivel nacional son los Jökulhlaup, termino de origen islandés el cual se refiere a un flujo en masa producido por el colapso abrupto de un lago glacial, en Asia se usa el término GLOF (glacial lake outburst flood) (Geociencias para la comunidad de los andes, 2007), en Chile estos procesos se pueden generar por derretimiento de la represa glacial en los volcanes cercanos a los campos de hielo (Hauser, 2000).

Además de todo el material expulsado por un volcán es necesario considerar el entorno, puesto que el área que se encuentre cubierta por vegetación favorecerá o perjudicará la generación de incendios forestales producto de las altas temperaturas de los flujos piroclásticos (Ayala-Carcedo y Olcina; 2002; González-Ferran; 1994), entendiendo que un incendio forestal es toda destrucción de la vegetación por medio del fuego, cualquiera sea su origen y cuando se propaga libremente sin control, en zonas denominadas forestales (ONEMI (d)).

Los eventos anteriormente expuestos son procesos naturales propios de un entorno volcánico, es la presencia del ser humano el cual transforma estos procesos en riesgos y posteriores desastres, entendiéndose por riesgo natural la exposición a un daño que puede o no suceder. El riesgo es un peligro que puede sobrevenir. Está conformado por la relación entre la amenaza y la vulnerabilidad (ONEMI (c)).

La amenaza se puede definir como un elemento externo que pone en peligro a las personas, a sus bienes al medio ambiente. Está representada por la potencial ocurrencia de una emergencia de origen natural o generada por la actividad humana (ONEMI (c)).

Las amenazas se pueden distinguir de acuerdo a su origen, de esta manera el EIRD (2004) distingue 3 tipos de amenazas, Amenazas Hidrometeorológicas, Geológicas y Biológicas. Las amenazas de tipo volcánico se enmarcan dentro de las Amenazas Geológicas las cuales se definen como Procesos o fenómenos naturales terrestres, que pueden causar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la vida social y económica o degradación ambiental, dentro de las amenazas geológicas se encuentran: terremotos, tsunamis, actividad y erupciones volcánicas, movimientos en masa, colapse de superficies , actividad de fallas geológicas.

Finalmente una amenaza volcánica se puede definir como la probabilidad de ocurrencia de un evento eruptivo (Baxter y Ancia, 2002), para Dunkley (1999) la amenaza volcánica debe estar relacionada con el impacto de la erupción, el tamaño de la erupción y la distancia del volcán, esto dado que considera los diversos eventos que genera una erupción.

La vulnerabilidad hace referencia a la condición interna de sufrir daño ante la potencial ocurrencia de un fenómeno adverso. El grado de vulnerabilidad depende de las condiciones o disposición de una persona, de un objeto o una comunidad frente a una determinada amenaza (ONEMI (c)), la vulnerabilidad dependerá de factores físicos, económicos, sociales y ambientales de la sociedad o grupo humano amenazado (EIRD, 2004).

Dunkley (1999) analiza la vulnerabilidad volcánica clasificándola en dos tipos, vulnerabilidad empírica y analítica, la primera examina los diversos impactos del fenómeno volcánico previo al desastre, la segunda se aplica al medio construido, analizando el material, el diseño de la construcción y calculando los efectos y rangos de fallas de las estructuras en respuesta a las condiciones físicas similares a las de una erupción.

Tras lo expuesto anteriormente se puede extraer que la amenaza es un proceso propio de la naturaleza, alejado del control humano, pese a que este puede afectar su funcionamiento normal, mientras que la vulnerabilidad es una condición manejada totalmente por el humano y depende en gran medida de decisiones políticas.

Cuando la amenaza se concreta y afecta al grupo humano o sus pertenencias, entonces pasa a ser un desastre, el cual es una interrupción severa del funcionamiento de una comunidad causada por un peligro, de origen natural o inducido de forma antrópica, ocasionando pérdidas de vidas humanas, de bienes materiales, daños a los medios de producción, al ambiente y a los bienes culturales (DINAPRE et al ,2006).

Planteamiento del problema.

La existencia del concepto del riesgo volcánico se está imponiendo lentamente en el mundo, es tal vez durante la década para la mitigación de los desastres naturales (1990-1999), donde este concepto se universalizó con mayor rapidez. También han influido de gran manera la existencia de los medios de comunicación de masas, dando lugar a la cobertura en tiempo real de las erupciones y distintos eventos volcánicos. A nivel de América Latina y El Caribe las grandes erupciones causadas por los volcanes Nevado Ruíz, Reventador y Llaima entre otros, han dado aviso de la necesidad de tener un plan de riesgos actualizado (Ortiz; 1997). En el último tiempo, en Chile se han activado varios volcanes, los más recientes son el Chaiten, El Puyehue-Cordón Caulle (ADN Radio, 6 de mayo de 2008), ahora último se agrega a la lista el Volcán Hudson.

El mayor peligro que se tiene al vivir cerca de un volcán es que las amenazas provocadas por éste están conectadas, es decir, que cuando éste se activa, algunas de sus amenazas generarán una secuencia de dos o más fenómenos físicos peligrosos, desencadenando una a otra, y así sucesivamente, una amenaza concatenada (Lavell. A, et al, 2003).

Al trabajar con riesgos naturales no sólo es necesario considerar el aspecto físico, sino que también se debe considerar el aspecto humano; por lo mismo se debe trabajar con la vulnerabilidad, para el riesgo volcánico sólo es necesario enfocarse en la vulnerabilidad física, la

cual hace referencia al tipo de material, calidad de la vivienda y la exposición (Spence et al, 2005 (a) y Spence et al, 2005 (b)).

Unos 50 volcanes entran en erupción cada año y aproximadamente el 10% de la población mundial vive en las cercanías de estos (Mata, 2000), actualmente en el país existen 43 volcanes considerados activos que no cuentan con una ficha descriptiva, lo que hace que los habitantes de sus alrededores desconozcan el real riesgo al que están expuestos (ONEMI).

También es necesario considerar que no todos los volcanes son cuerpos únicos, puesto que existen volcanes que están unos junto a otros, estos colosos reciben el nombre de complejos, suelen tener un cuerpo volcánico alto que domina sobre el resto de los cuerpos volcánicos más pequeños (González-Ferran; 1994).

La zona sur del país es la que presenta una mayor actividad volcánica a lo largo de Chile continental, siendo las regiones con mayor actividad Los Lagos y Los Ríos, debido a esto y al aumento de la densidad de población (Álvarez y Bustamente, sin año) se hace necesario mantener un registro de la actividad volcánica y más aún, mantener informada a la población de los posibles riesgos a los que están expuesto y los lugares que se verán afectados.

Dado por la complejidad de las cadenas volcánicas y el área de influencia que éstas tienen se ha decidido para este estudio trabajar con la cadena volcánica Osorno-Puntiagudo y el complejo volcánico Antillanca, puesto que estas cadenas se encuentran alineados sobre la falla geológica Liquiñe-Ofqui (Proyecto Minicentrales Hidroeléctricas de Pasada Palmar-Correntoso; 2008).

Frente a una posible erupción siempre es necesario saber los elementos que se verán afectados por el desastre, en este sentido es importante realizar un análisis probabilístico para diagnosticar los activos (humanos o físicos) que resultaran dañados (CAPRA-Metodología de análisis probabilista de riesgos naturales).

Por tratarse el estudio de amenaza volcánica se localizarán las distintas edificaciones que se encuentren dentro del área de amenaza de los volcanes, identificando los diferentes componentes individuales incluyendo su ubicación geográfica (CAPRA-Metodología de modelación probabilista de riesgos naturales). Al momento de analizar la exposición y la posible reubicación de los pobladores, es importantes considerar que el lugar donde sean relocalizados no sólo se encuentre fuera de las áreas de riesgo, sino que también cumplan con ciertos requisitos básicos como que sean capaces de aportar fuente laboral, calidad de vida y además que los habitantes lo sientan como su propio hábitat (Chardon; 2010), y que un aumento de la población dentro del nuevo asentamiento no signifique la aparición de nuevos riesgos (Lopez, Castro y Rugiero; 2011).

Objetivos.

Objetivos Generales

• Identificar los registros históricos que ha tenido el volcán.

• Determinar las zonas a ser afectadas frente la amenaza volcánica.

• Localizar las zonas expuestas a la amenaza volcánica, identificando edificaciones en la zona, según lo establece CAPRA (Informe Técnico ERN-CAPRA-T1-1).

Objetivos Específicos

- Dirección y zona por donde se deslizarán los flujos.
- Determinar zonas de remociones en masa producto de la actividad sísmica.
- Identificar las diferentes amenazas concatenadas, generadas producto de la erupción volcánica (incendio forestal, remociones en masa y sísmico).

Metodología.

Registro histórico.

Se realizará un registro histórico de cada una de las erupciones de los volcanes, para conocer la historia reciente del volcán (holoceno) (Glade, Albini y Francés; 2001), se realizaron fichas descriptivas de cada volcán, sus cráteres y la fecha de la actividad más reciente, no se encontró alguna referencia a algún poblado o zona actual afectada.

Para determinar las áreas históricas afectadas por las diferentes amenazas, se usará la combinación de bandas espectrales 754, en software Idrisi Andes, la combinación 754 permite delimitar las áreas litológicas (principalmente lahares y flujos de lava), es muy usada también en trabajos de identificación geológica, puesto que establece un color diferente para cada tipo de suelo y la vegetación presenta un color verde (Fernández-Coopel y Herrero; 2001).

Las imágenes usadas fueron tomadas en mayo del 2010, es utilizaron estas imágenes por ser las más recientes y las que muestran menos nubes, teniendo la zona de estudio despejada.

Modelación de lahares.

Por medio del Programa Laharz (Schilling, 1998 y Castruccio; 2008), se modelarán los flujos laháricos, usando éste en conjunto con los programas Matlab y ArcGis 9.3 usando el módulo Arcmap, de esta manera se podrá obtener las posibles rutas que seguirá el lahar.

Dado que no se contaba con el volumen de lahares anteriores se opto por una metodología aparte la cual consistía en determinar el volumen de hielo posible a derretirse frente a una erupción. La medición de hielo se realizo a través de imágenes satelitales, con las cuales y en conjunto con el programa Arcgis se determino el área, para determinar el espesor de glaciares se utilizó la formula de Marangunic (2010):

$$Y = A \times X^{B} \ m$$

Donde:

Y= Es el espesor del glaciar
X= Área del glaciar
A= es una constante (0.00944)
B= es una constante (0.65185)

Una vez obtenido el resultado de esta para el cálculo del volumen se procedió a utilizar la formula de la DGA (1986) utilizada hasta la actualidad, siendo:
V=A*E
Donde:

V= Volumen del glaciar
A= Área del glaciar
E= Espesor del glaciar

Posterior a esto fue necesario calcular el equivalente de agua del hielo, para eso se utilizo la densidad normal del hielo la cual es de 900 kg/m3, se procedió al cálculo del cociente entre la densidad y el volumen del hielo, estimados para cada cuenca.

Cabe destacar que solo el volcán Osorno presentaba presencia de glaciares, encontrándose una sola masa glaciar fracturada en 3 partes (Zenteno, 2008), el volcán Puntiagudo-cordón cenizos y el complejo volcánico Antillana presentan solo nieve y hielo sin alcanzar la formación de un glaciar, por lo que sus respectivos flujos laháricos se pueden ver fuertemente alterados dependiendo de si la época de la erupción es de escasa o abundante precipitación.

En el procedimiento de simulación de lahares el programa LAHARZ genera un raster el cual debe ser georreferenciado con el programa Arcgis, para poder mapear adecuadamente la zona de afectación, para una correcta georreferenciación del lahar modelado, aparte de utilizarse el mismo punto de origen en ambos programas, el cuerpo del lahar fue moldeado de acuerdo al mapa de flujos (mapa sobre el cual el programa laharz trabaja).

Amenazas volcánicas.

Las zonas de amenaza debido a flujo de piroclástos, bombas y caída de tefra serán determinados a partir de la tabla de amenaza volcánica desarrolla por sernageomin y publicada en ACCEVOL (ONEMI(b)), esto esto debido a la dificultad y el tiempo que representa el poder modelar correctamente estas amenazas.

Amenaza	Distancia (km)	Área afectada (km2)	Nivel de Riesgo
Sismicidad	50	8.000	Bajo
Flujo Piroclástico	5 -10	10 – 20	Alto
Bomba	2 – 5	10	Medio
Caída de Tefra	Más de 10	10 más de 1.000	Medio
Flujo de lava	3 – 10	2	Bajo
Lahar	10 – 20	10 – 20	Alto
Gases/lluvia ácida	20 - 30	1.000	medio

Tabla: nº1 Fuente: ACCEVOL

Amenaza sísmica.

En la modelación del riesgo sísmico Macau (2008) presenta variadas metodologías de modelación de amenaza sísmica, a nivel micro y macro regional, distinguiendo entre metodologías cualitativas y cuantitativas, siendo las cualitativas las metodologías más antiguas, mientras que las cuantitativas están en constante revisión, las metodologías cualitativas son metodologías que trabajan en base a las características superficiales, tipo de suelo y características geológicas, por otra parte las metodologías cuantitativas son metodologías que trabajan en base formulas matemáticas, considerando diversas variables del suelo, como la velocidad de las ondas sísmicas, resistencia del suelo, densidad del suelo, etc., ambos tipos de metodologías se empezaron a desarrollan luego del terremoto de San Francisco, Estados Unidos, de 1906.

Dada la disponibilidad de información y el tamaño del área estudiada se trabajo con las metodologías cualitativas, como se señalo anteriormente las metodologías cualitativas trabajan las características geológicas y el tipo de suelo, en el desarrollo de la modelación se trabajo con las características geológicas del suelo, en este ámbito se han desarrollo dos metodologías las más usadas que son las desarrolladas por Everden et al (1981) y Toppozada et al (1988), se opto por la metodología de Toppozada et al. por ser la más moderna, en la siguiente tabla (tabla 15) se presenta la metodología utilizada, donde Toppozada et al. agrega grados al sismo que afecta a la zona, en este caso un sismo generado por un volcán no sobre pasa de los 5.0 Richter, por lo que en la tabla se realiza el ejercicio dando un máximo de 7.0 Richter, en la cartografía correspondiente a la aceleración sísmica solo se representan los grados que se deben agregar a cada movimiento sísmico.

Unidad Geológica	Aceleración esperada	Aceleración para 5.0 Richter
Rocas plutónicas y metamórficas	0.0	5.0
Rocas volcánicas	0.3	5.3
Rocas sedimentarias paleozoicas	0.4	5.4
Rocas sedimentarias del Mesozoico superior	0.4	5.4
Rocas sedimentarias del Cretácio – Eoceno	1.2	6.2
Rocas sedimentarias del Oligoceno – Mioceno	1.5	6.5
Rocas sedimentarias del Plio - Pleistoceno	1.8	6.8
Sedimentos del Holoceno	2.0	7.0

Tabla: nº2 Fuente: Macau, 2008

En las cartas se agrego la presencia de fallas, entendiendo que en estos sectores el sismo sería más fuerte.

Modelación de coladas de lava

Para determinar el flujo de lava se usará un modelo probabilístico basado en un Modelo Digital de Elevación (DEM), en el cual se modelará con el módulo ArcMap los posibles lugares por los cuales ésta puede escurrir, considerando que la lava es un flujo y tendría un comportamiento guiado principalmente por la gravedad y la pendiente, estos modelos no consideran las variable no newtonianas (viscosidad y acumulación) de la lava (Felpeto, sin año)

Modelación de incendios forestales.

Para el estudio de riesgo de incendio, se considera la elevada temperatura de los elementos expulsados por el volcán, por lo general sobrepasan los 100 ºC , por lo que se puede decir que toda la vegetación es inflamable, ahora bien los tiempos en que la vegetación enciende y la duración del incendio forestal va a depender de diversos factores, en este caso se utilizo la edad de la vegetación para poder determinar el riesgo de ignición, entendiendo que la vegetación más joven por ser más verde se demora más en iniciar el fuego, utilizando la metodología del MINAM del Perú aplicada para detectar quemas en la selva amazónica, se utilizo el mismo criterio, la vegetación menor a 10 años es más resistente al inicio del fuego, por otro lado las vegetación mayor a 10 años es más propensa a iniciar y continuar el fuego, considerando que tiene una mayor cobertura y al mismo tiempo mayor cantidad hora rasca y ramas secas, lo que facilita la continuidad del fuego, para determinar la edad de la vegetación se utilizo al combinación de las bandas 543, en imágenes Landsat del año 2010 del mes de mayo por contar con poca nubosidad (MINAM, 2000).

La misma metodología se puede utilizar para analizar procesos tales como deforestación, remociones en masa o erosión, entre otros, esto dado que la vegetación se comporta conforme el entorno, puesto que las zonas donde la vegetación tiene menos de 10 años se han visto afectadas por procesos recientes, en el área forestal, lo regular es esperar 10 años para que el árbol llegue a la madurez para poder talarlo y plantar otros (MINAM, 2000).

Modelación de remociones en masa.

Para la modelación de remociones en masa se utilizo la metodología del índice de vulnerabilidad ambiental de Honduras, la cual en una primera instancia mezcla la pendiente del terreno con la cobertura vegetal (tabla 14), en una segunda instancia y en un trabajo más avanzado la metodología incluye las características del suelo, tipo de suelo y capacidad de drenaje específicamente (recurso electrónico; http://gisweb.ciat.cgiar.org/Vulnerabilidad/ambiental.htm, visitada el día 05 de enero).

Pendiente	Presencia de vegetación	Nivel de Riesgo
0- 2 %	con vegetación	Bajo
	sin vegetación	Bajo
2- 9 %	con vegetación	Bajo
	sin vegetación	Medio
9- 18 %	con vegetación	Bajo
	sin vegetación	Medio
18- 27 %	con vegetación	Medio
	sin vegetación	Medio
27- 36 %	con vegetación	Medio
	sin vegetación	Alto
>36%	con vegetación	Alto
	sin vegetación	Alto

Tabla: nº3 Fuente: Índice de vulnerabilidad ambiental (http://gisweb.ciat.cgiar.org/Vulnerabilidad/ambiental.htm)

Finalmente con respecto a la modelación de movimientos en masa se considera que las cubiertas de nivosas de los volcanes presentan un riesgo alto de remoción, puesto que se encuentran en pendientes muy elevadas, cercanos al cráter donde las condiciones son cambiantes, son susceptibles a avalanchas y en el caso del glaciar del volcán Osorno se presenta el riesgo por desprendimiento de rodados glaciares, mientras que en los otros volcanes se presenta el riesgo de rodados de permafrost

Peligro volcánico.

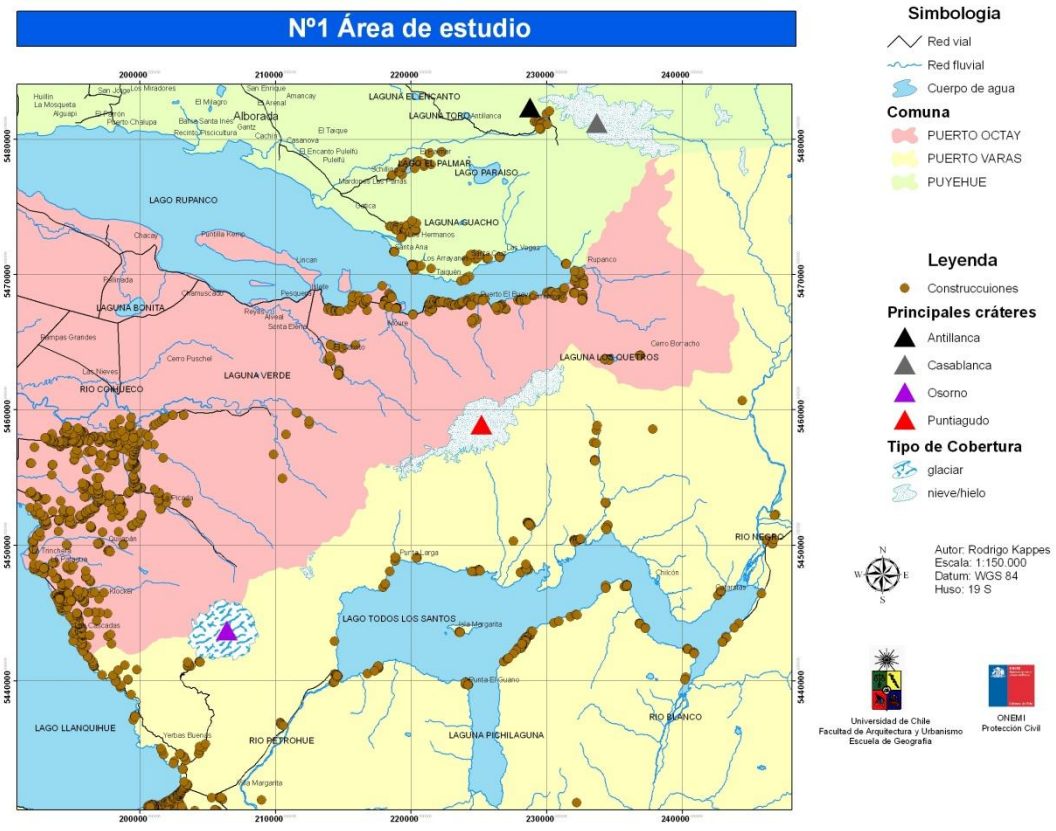
El análisis del peligro volcánico se utilizará el modelo numérico de Álvarez y Bustamente (sin año), donde se mezclan cualidades históricas, actuales y geológicas del volcán, asignándole a cada elemento un puntaje que puede ir desde 0 a 3, según sea el caso, finalmente el puntaje de cada cualidad se suma obteniendo el peligro final para el volcán en estudio.

Cada uno de los pasos anteriores será representado por medio de una carta, la cual se realizará con el software ArcGis usando el módulo Arcmap, finalmente se generará una carta de amenaza volcánica, con el software ArcGis usando el módulo Arcmap, en la cual se compilarán todas las amenazas, para de esta manera obtener una carta resumen de las áreas afectadas por la erupción del volcán.

Área de estudio.

De acuerdo a la división Político administrativa del país, los volcanes en estudio se ubican en la región de Los Lagos, cercanos a las comunas de Puerto Varas, Puerto Octay y Puyehue, las cuales tienen una población de 40.040, 9.381 y 11.331 respectivamente (INE, 2002).

La cadena volcánica Osrono – Puntiagudo-Cordón Cenizos separa las comunas de Puerto Varas y Puerto Octay, mientras que el complejo Antillanca se encuentra cercano al límite norte de la comuna de Puyehue, a pocos metros del volcán Puyehue-Cordón Caulle, separados por el río Gol-Gol, el grupo de volcanes estudiados limita el norte con el ya mencionado volcán Puyehue-Cordón Caulle y al sur con el volcán Calbuco, demostrando una fuerte actividad volcánica en el sector.



El volcán Osorno se ubica entre los lagos Llanquihue y Todos los Santos. Sus glaciares se asocian a las cuencas de los ríos Bueno, Maullín y Petrohué, en la ribera del lago Llanquihue en las faldas del volcán se encuentra ubicado el pueblo de cascada.

El volcán Puntiagudo – Cordón Cenizos se ubica entre los lagos Rupanco y Todos los santos, este cuerpo volcánico no presenta glaciares, su cima se ve fuertemente erosionada por la acción glacial (Gonzalez-Ferran, 1994), actualmente el volcán no presenta glaciares.

El complejo Antillanca se encuentra al norte del lago Rupanco y al sur del volcán Puyehue – Cordón Caulle, en este complejo se encuentra el volcán Casablanca en las faldas del cual se encuentran las pista de Sky Antillanca, en el sector norte del complejo se encuentran las termas de Puyehue, al igual que el volcán Puntiagudo, el complejo Antillanca no cuenta con presencia de glaciares, pero se encuentra cubierto por una densa capa de nieve todo el año.

Por lo anterior expuesto los volcanes a ser estudiados serán:

Cuerpo Principal	Centros Eruptivos y/o volcanes parásitos asociados
Volcán Osorno	Volcanes El Negrillar de Ensenada
	Volcán La Picada
	Volcán Osorno
	Volcán Pichihuinco
Volcán Puntiagudo – Cordón Cenizos	Cordón Cenizos
	Volcán Puntiagudo
Complejo Antillanca	Caldera Fiucha
	Cordón Álvarez
	Volcán Antillanca
	Volcán Casablanca
	Volcán Sarnoso

Tabla: nº4 Fuente: elaboración propia

Resultados.

Ubicación de edificios bajo amenaza.

En todas las cartografías se ubicaron las edificaciones que se encontraban próximas a los cuerpos volcánicos, la ubicación de estos se realizó mediante identificación en imágenes satelitales de google earth, encontrándose una mayor cantidad de edificaciones en las cercanías del volcán Osorno y evidenciándose una alta ocupación de las riveras de los lagos Llanquihue y Rupanco, no así el lago Todos los Santos (carta 1).

Amenazas volcánicas directas.

Amenaza esperada

La amenaza por bomba se aprecia que afecta a pequeños sectores, principalmente a las edificaciones que se encuentran en las cercanías de los cráteres, para el caso de los flujos piroclásticos se tiene que por el contrario pocas edificaciones se encuentran fuera del área de amenazas estos se encuentran en su mayoría en la comuna de Puerto Octay, en el caso de la amenaza por caída de tefra se tiene que todas las aedificaciones identificadas se encuentran bajo zona de amenaza, cabe destacar que el centro de esquí Antillanca y el complejo turísticos del volcán Osorno siempre se encontraron de la zona de amenaza, dada la cercanía que tienen con el cráter del volcán (cartas 2-3-4).

Registro histórico

Se realizaron dos cartas donde se identifican los flujos históricos de cada volcán, una primera carta en la cual se aprecia los flujos de lava históricos, identificados mediante imágenes satelitales utilizando la combinación ARAMCO combinación de bandas 742 (Fernández-Coopel y Herrero; 2001), utilizando la misma combinación de identificaron los flujos laháricos antiguos, dicha metodología fue utilizada por Petit-Breuilh (1999), generando de esta manera una segunda cartografía (ver cartas Nº5-6-7) en la se puede observar una gran cantidad de flujos tanto laharicos como coladas de lava en el volcán Osorno, no así en los volcanes Puntiagudo-Cordón Cenizos y Complejo Antillanca, esto debido a que la Actividad volcánica del Volcán Osorno es más reciente.

Modelación de amenazas

Las siguientes cartografías desarrolladas son probabilísticas, es decir, tratan de mostrar los lugares por los cuales descenderán las lavas y los lahares en caso de nuevas erupciones y mostrar cual será el comportamiento de los componentes.

En cuanto a las coladas de lava en el volcán Osorno se puede apreciar que estas fluyen por dos sectores, teniendo una colada hacia el noroeste y otra hacia el suroeste, siendo esta última la de mayor extensión debido tal vez a la presencia de los cráteres del Negrillar de Ensenada. En el volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos presenta dos coladas principales, una hacia el norte y otra hacia el sur, solamente la colada norte afecta edificaciones llegando hasta el lago Rupanco, la colada sur no afecta a ninguna edificación y tampoco llega hasta la orilla del lago Todos los Santos. El Complejo Antillanca presenta tres posibles centros desde los cuales se expulsaría lava, dada la baja pendiente de este complejo las lavas no fluyen en grandes distancias, siendo lo más afectado el centro de esquí Antillanca (ver cartas 8-10-12).

Los lahares en el volcán Osorno si bien son amplios ninguno de ellos llega a afectar a una gran cantidad de edificaciones, pese a la gran cantidad de lahares modelados (13) solo dos de ellos llega hasta el lago Llanquihue. Los lahares en el volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos son más delgados que los lahares del volcán Osorno, esto debido a que son producto de nieve y no de glaciares solo uno de los 16 lahares modelados llega hasta el lago Rupanco, siendo además el único que afecta a edificaciones. Los lahares en el Complejo Antillanca si bien se tienen pocos lahares modelados (8), en comparación a los volcanes anteriores estos se unen y fluyen pendiente abajo, tres de estos se unen y llegan hasta el lago Rupanco, siendo los únicos que afecta a edificaciones, por otro lado el centro de esquí Antillanca también se encuentra bajo amenaza (ver cartas 9-11-13).

Remociones en masa.

Para el área de estudio en general existe un riesgo medio encontrándose algunos sectores de alto riesgo, principalmente en la comuna de Puerto Varas, como se señalo en la metodología las coberturas tanto nivosas como glaciares se consideran como zonas de alto riesgo, esto dado la susceptibilidad de su comportamiento, son pocas las edificaciones que se ven afectadas por las

remociones en masa, las más afectadas se encuentran en la orilla sur del lago Todos los Santos (carta 14).

Riesgo sísmico.

En general la aceleración sísmica va desde 1.5 a 2.0 siendo los sectores en las cercanías el volcán Osorno y el Complejo Antillanca los afectados por la aceleración, por el contrario los sectores cercanos al volcán Puntiagudo – Cordón Cenizos no se ven tan afectados, siendo la comuna de puerto varas la que presenta una menor aceleración, es en esta comuna donde se pueden apreciar una mayor cantidad de fallas geológicas, lo que explicaría la buena resistencia de los materiales (carta 15).

Riesgos de incendio por erupción.

En general la vegetación es mayor a los 10 años, por lo que la mayoría del área de estudio se encuentra en un alto riesgo de ignición de incendio, al no ser evaluado el sector agrícola son pocas las edificaciones que se encuentran dentro de la zona de amenaza, las edificaciones más afectadas son aquellas cuya economía se basa en la actividad forestal, sin embargo el centro de esquí Antillanca y el centro turístico del volcán Osorno se encuentran bajo riesgo de ignición de incendio (carta 16).

Cálculo del peligro volcánico.

Uno de los objetivos a cumplir era el cálculo del peligro volcánico utilizando la metodología desarrollada por Álvarez y Bustamante (sin año), para tal cálculo se le asigna un valor numérico a una determinada característica del volcán en estudio, finalmente estos valores se suman y se obtiene el peligro final del volcán, en la siguiente tabla se desarrollara el cálculo además de mostrar los diferentes criterios que se evalúan en cada volcán.

Criterios de de peligro volcánico	Volcán Osorno	V. Puntiagudo – Cordón Cenizos	Complejo Antillanca
tipo de volcan	1	1	1
maximo VEI	1	1	2
actividad en los ultimos 500 años	0	0	0
mayor activdad en los ultimos 5000 años	0	0	1
recurrencia eruptiva	4	2	2
flujos piroclasticos holocenos	1	0	0
coladas de lava holcenas	1	1	1
lahares holocenos	1	0	0
tsunamis holocenos	0	0	0
potencial explosión hidrotermal	0	0	0
potencial sector colapso	0	0	0
fuente primaria lahar	1	0	0
disturbios sísmicos observados	1	0	0
deformacion observada del terreno	0	0	0
observaciones de fumarolas o desgacificacion magmática	1	0	1
Peligro volcánico	**12**	**5**	**8**

Tabla: nº5 Fuente: Álvarez y Bustamante (sin año).

De la tabla anterior se desprende que el volcán más peligroso de los tres estudiados es el volcán Osrono, esto marcado fuertemente por su alta recurrencia eruptiva, puesto que ha entrado en actividad recurrentemente., especialmente en tiempos históricos.

Discusión de los resultados.

En general se tiene que la modelación en cuanto a lahares y coladas de lava fue concordante con la identificación de flujos anteriores para el volcán Osorno, en cuanto al volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos se tiene que el flujo de lava se vio exagerado, esto debido a su gran pendiente, caso opuesto para el Complejo Antillanca, donde al ser de baja pendiente las coladas de lava se vieron disminuidas, en cuanto a la modelación de lahares para estos último se modelaron más lahares de los identificados, esto se debe al tiempo transcurrido entre cada erupción, ya que las imágenes satelitales solo muestran los eventos más recientes.

Un problema que no tuvo solución a la hora de determinar los flujos históricos fueron las imágenes satelitales, puesto que para la zona no existen imágenes muy antiguas y las más recientes se encuentran con una amplia cobertura vegetal lo que solo permite identificar flujos recientes, como en el caso del volcán Osorno.

En cuanto a la modelación del riesgo de incendio forestal, se tiene que es una metodología utilizada para la selva amazónica, si bien se tienes una humedad parecida, el tipo de vegetación es totalmente distinto, por lo que la metodología debería ser corregida en base a una diferenciación vegetal, para de este modo mejorar dicha metodología y poder aplicarla para el territorio Chileno.

Limitaciones de la modelación.

La modelación de los flujos de lavas al estar dominado por la pendiente de los volcanes esta puede presentar errores en volcanes con una baja pendiente o en caso contrario volcanes con abruptas pendientes, los flujos de lava pueden verse magnificados, en el caso de una baja pende esta se puede observar en el complejo Antillanca dado que sus volcanes no presentan gran pendiente ni gran tamaño, en el caso del volcán Puntiagudo-Cordón Cenizos la abrupta pendiente de este realza y exagera los flujos de lava.

En la modelación de los flujos laharicos al programa LAHARZ no es capaz de distinguir entre lahares caliente y fríos, además de no encontrarse calibrado para las características de los volcanes chilenos, puesto que los lahares chilenos suelen tener más de un pulso (Castruccio, 2008), por lo que las áreas afectadas por estos pueden ser más extensas.

En la modelación de remociones en masa no se contaba con la información del tipo de suelo, por lo que solamente se trabajo con la primera aproximación a estas usando la vegetación y la pendiente.

Un problema que puede presentar la modelación de sismos puede estar dada por la fecha en la que se realizo el estudio, dado que desde 1988 hasta la fecha la tecnología sísmica ha avanzado.

Una clara limitación es que esta metodología solo puede usarse para incendios generados por actividad o erupciones volcánicas, puesto que otro tipo de incendios forestales obedecen a distintas temperaturas y causas.

La modelación de las amenazas volcánicas nunca va a ser suficientes, siempre va a ser necesario ir a terreno y verificar el comportamiento del volcán en erupciones anteriores e ir arreglando o desechando los modelos conforme este comportamiento.

Conclusiones.

Las modelaciones si bien presentan errores y puede que los diferentes métodos no hayan sido diseñados para los volcanes chilenos, de todos modos son una aproximación al evento eruptivo y puede ayudar a estar más preparados tanto a las comunidades locales, como a los encargados de proteger dichas comunidades.

Para poder crear un buen plan de evacuación y que las modelaciones funcionen es necesario poder entender que no todas las amenazas volcánicas son resultado de la erupción, existen amenazas, como los lahares o lo jokülhlaups que se pueden generar durante el proceso de actividad del volcán por aumento de la temperatura.

Por lo anterior expuesto, los volcanes en Chile suelen tener un glaciar asociado o nieves en sus cumbres, una manera de evaluar la actividad volcánica es vigilando el comportamiento de estas coberturas, ya que un aumento en las temperaturas del cuerpo volcánico necesariamente va a ocasionar un aumento de la escorrentía en los ríos y por el contrario una disminución en el área de las coberturas.

Las amenazas volcánicas son muy variadas y cada una tiene un comportamiento y un área de afectación distinta, riesgos como los incendios forestales, prácticamente no se pueden controlar, dada las altas temperaturas de los elementos expulsados, cualquier elemento que se puede utilizar como combustible iniciará un incendio, la propagación de este dependerá de otros factores, los sismos, que son una de las señales de inicio de la actividad volcánica tienen distinto comportamiento de acuerdo al tipo de suelo y se ven fuertemente influenciados con la presencia de fallas y micro fallas.

Prácticamente no existe elemento construido por el hombre que le pueda hacer frente a una erupción volcánica, tal como lo destaca Blaikie et al (1996), el riesgo volcánico es el riesgo más justo de todos, afecta de igual manera a pobres y ricos, educados e incultos, por lo mismo la mejor protección contra un volcán es la distancia, pero existen ciudades enteras ubicadas en las cercanías del volcán, por lo mismo se pueden construir medidas de protección que retrasen la llegada de algunos eventos y mejorar la materialidad de las casas, poniéndole especial énfasis en los techos, puesto que la ceniza puede estar presente en variadas ocasiones, sin necesidad de que la actividad sea prolongada.

Anexos.

Fichas descriptivas de los volcanes y centros eruptivos.

Cuerpo Volcánico Osorno:

Nombre	Volcanes El Negrillar de Ensenada
Localización	60 km al noreste de Puerto Varas
Región	Los Lagos
Provincia	Llanquihue y Osorno
Comuna	Puerto varas y Puerto Octay
Coordenadas	41º08' S. 72º32' W.
Altitud	
Características físicas	
Tipo	Centros efusivos parásitos
Estado	Sin información
Características generales	
Estos volcanes pertenecen al nuevo grupo de centros eruptivos parásitos del volcán Osorno, ubicados sobre una fisura de orientación N40ºE (Moreno, Naranjo y López, 1979). Se encuentran ubicados al suroeste del volcán Osorno, controlados por una fractura, los cuales generaron abundantes flujos de lava basáltica-adensítica que escurrió hacia el lago Llanquihue. (Gonzalez-Ferran, 1995). Los flujos de lava del volcán se componen de basaltos, se infiere un lineamiento de N40ºE para estos centros de emisión (Moreno, Naranjo y López, 1979).	
Erupciones Anteriores	
1719	
1790	Flujos de lava y piroclastos
1834	Erupción excéntrica y explosiva con flujos de lava
1835	Flujos de lava, la actividad duro casi 2 meses (erupción en conjunto con el volcán Osorno)

Tabla: nº6 Fuente: elaboración propia

Nombre	Volcán la Picada
Localización	Parque nacional Vicente Pérez Rosales
Región	Los Lagos
Provincia	Osorno
Comuna	Puerto Octay
Coordenadas	41º03’ S. 72º26’ W.
Altitud	1715 msnm
Características físicas	
Tipo	Estrato Volcán
Estado	Sin información
Características generales	
Se ve afectado por erosión glacial cuaternaria. Su cráter tiene 2 km de diámetro abierto hacia el sureste, semejando un circo glacial (caldera de erosión) tiene flancos excavados por hielos los cuales han dejado al descubierto unos 700 metros de espesor de lavas, brechas y aglomerados de composición basáltica (Moreno et al, 1979). En la vertiente suroeste surgió un centro adventicio monogenético, con efusión de lavas y formación de un cono de piroclastos, asociado a la fractura fisural Los Cenizos rumbo N55º (Gonzalez-Ferran, 1995). Estça compuesto principalmente por basaltos ricos en fenocristales de plagioclasa y escasos máficos. Al parecer, se habría producido una notable diferenciación entre los primeros basaltos emitidos (6% máficos) y los últimos (0.4% máficos) (Moreno et al, 1979).	
Erupciones Anteriores	
Sin información	

Tabla: nº7 Fuente: elaboración propia

Nombre	Volcán Pichihuinco
Localización	60 km al noreste de Puerto Varas
Región	Los Lagos
Provincia	Llanquihue y Osorno
Comuna	Puerto Varas y Puerto Octay
Coordenadas	41º 00’S. 72º 37’W.
Altitud	
Características físicas	
Tipo	Centro eruptivo Monogenético
Estado	Sin información
Características generales	
Volcán con doble cono de piroclastos basálticos post glacial, ligado al complejo eruptivo volcán Osorno y situado en la base noroeste (Gonzalez-Ferran, 1997). Debido a lo erodado que se encuentra el cuerpo es imposible distinguir su cráter (Moreno, Naranjo y López, 1979).	
Erupciones Anteriores	
Sin información	

Tabla: nº8 Fuente: elaboración propia

Nombre	Volcán Osorno
Localización	60 km al noreste de Puerto Varas
Región	Los Lagos
Provincia	Llanquihue y Osorno
Comuna	Entre las comunas de Puerto Varas y Puerto Octay
Coordenadas	41º06' S. 72º30' W.
Altitud	2652 msnm
Características físicas	
Tipo	Estrato volcán
Estado	Activo
Características generales	
Consta de un primer edifico volcánico constituido por flujos de lavas basálticas y piroclastos, que habría alcanzado una altura de 2500m durante el Pleistoceno Superior Holoceno. Una fase eruptiva, explosiva freatomagmática, habría generado la formación de una pequeña caldera, seguida de la efusión de dos domos dacíticos tanto al noroeste como al sur suroeste. La actividad eruptiva post caldera estructuró un nuevo estrato cono dentro de la caldera, cuyo edificio levemente asimétrico hacia el sur sureste recubrió casi totalmente la caldera y parte de sus laderas. Los flujos de lavas basálticas a andesíticas se extendieron hasta más allá de su base penetrando en los lagos Llanquihue y Todos los Santos. Durante tiempos históricos ocurre una serie de erupciones parásitas en torno a su base, tanto en la vertiente este (1790). El volcán se reactivo en 1835 lo que generó el campo de lavas "El Negrillar". El volcán presenta una importante cubierta de hielo, que cubre todo su cono superior y el cráter hasta la mitad del edificio. La estructuración de este volcán causo la separación de los lagos Llanquihue y Todos los Santos (Gonzales-Ferrann, 1995). La composición de todos los materiales emitidos es basáltica, los cuales son ricos en fenocristales de plagioclasa y escasos máficos. Al parecer, se habría producido una notable diferenciación entre los primeros basaltos emitidos (6% máficos) y los últimos (0.4% máficos) (Moreno, Naranjo y López, 1979).	
Erupciones Anteriores	
1710 ac ± 75	Erupción explosiva con flujos de piroclastos
210 ac ± 75	Erupción explosiva con flujos de piroclastos
420 ± 100	Erupción explosiva con flujos de piroclastos
910 ± 100	Erupción explosiva con flujos de piroclastos
1220 ± 100	Erupción explosiva con flujos de piroclastos
1310 ± 75	Erupción explosiva con flujos de piroclastos
1575	Erupción explosiva
1640-1644	Erupción explosiva
1719	Erupción del cráter central
1778	Erupción explosiva
1765	Erupción del cráter central explosiva
1790	Erupción excéntrica explosiva con flujos de lava, lahares y prioclastos, la actividad duro casi 22 meses
1834	Erupción del cráter central explosiva, flujo de lava
1835	Erupción del cráter central con flujos de lava, la actividad duro casi dos meses (erupción con los volcanes el Negrillar de Ensenada)
1837	Erupción del cráter central explosiva
1851	Erupción explosiva y columna de gases en el cráter central

1855	Erupción del cráter central explosiva
1869	Erupción del cráter central explosiva

Tabla: nº9 Fuente: elaboración propia

Volcán Puntiagudo – Cordón Cenizos

Nombre	Fisura Cordón Cenizos
Localización	Al sur del lago Rupanco y la norte del lago Todos los Santos
Región	Los Lagos
Provincia	Osorno
Comuna	Puerto Octay y Puerto Varas
Coordenadas	41º 00'S. 72º 23'W.
Altitud	1400 – 1500 msnm
Características físicas	
Tipo	Fisura
Estado	Sin información
Características generales	
Es una tripe fisura, paralelas y separadas entre sí, por 1 y 2 km, con rumbo N55ºE y una longitud aproximada de 20 km, la cual representa una actividad inter y post-glacial, del complejo volcánico Puntiagudo. A lo largo de dichas fisuras, se han hecho 41 centros eruptivos, generando flujos de lava que han escurrido hacia el noroeste y el sureste y numerosos conos de piroclastos. Es muy probable que algunas de estas erupciones hayan ocurrido en tiempos históricos. Está compuesto principalmente por basáltos de olivina (Gonzalez-Ferran, 1995). Sobre yace en discordancia a la formación Curarrehue y el complejo plutónico, engranarían lateralmente con los flujos del volcán La Picada y se recubren parcialmente entre sí. La erosión glacial excavó profundos valles en "U" y circos en la secuencia que supera los 800m de espesor. Los materiales son lavas y brechas de composición basáltica, las cuales se encuentran cubiertas por emisiones del volcán Puntiagudo y por los numerosos conos de piroclástos parásitos y lavas asociadas (Moreno, Naranjo y Lopez, 1979). Petrográficamente se distinguen basaltos porfíricos, comúnmente vesiculares, los basaltos presentan fenocristales de variados tamaños (0.5 – 3 mm) y escasos (5 -25%) de olivino y clinopiroxeno, predominando sobre plagioclasa. La masa fundamental es intersertal a hialoofítica con laminillas de plagioclasa cálcica, gránulos opacos, de olivino, clinopiroxeno y vidrio oscuro intersticial rico en hierro. La composición del cordón se asemeja mucho a los basaltos típicos de las dorsales oceánicas, pero difiere de ellos en su mayor contenido de aluminio y estroncio, y en su contenido más bajo de titanio (Moreno, Naranjo y Lopez, 1979).	
Erupciones Anteriores	
1850	Erupción explosiva

Tabla: nº10 Fuente: elaboración propia

Nombre	Volcán Puntiagudo
Localización	Al sur del lago Rupanco y la norte del lago Todos los Santos
Región	Los Lagos
Provincia	Osorno
Comuna	Puerto Octay
Coordenadas	40º 59'S. 72º 16'W.
Altitud	2493 msnm
Características físicas	
Tipo	Estrato volcán
Estado	Sin información
Características generales	
Sobre yace en discordancia a la formación Curarrehue y el complejo plutónico (Moreno, Naranjo y Lopez, 1979). Volcán fuertemente erosionado por la acción glaciar dejando a la vista su cuello y diques radiales a la vista. Su cuello se caracteriza por estar constituido por brechas y aglomerados volcánicos muy inestables, estos pueden causar avalanchas y colapsos. La composición de este volcán corresponde a basaltos andesíticos. Esta datado en el Pleistoceno (Gonzalez-Ferran, 1995). Los flujos del volcán rellenan antiguos valles glaciales labrados en el Cordón Cenizos. Entre los materiales volcánicos destacan las emisiones de lava y depósitos piroclásticos y laháricos. Petrográficamente se distinguen basaltos porfíricos, comúnmente vesiculares, los basaltos presentan fenocristales de variados tamaños (0.5 – 3 mm) y escasos (5 -25%) de olivino y clinopiroxeno, predominando sobre plagioclasa. La masa fundamental es intersertal a hialoofítica con laminillas de plagioclasa cálcica, gránulos opacos, de olivino, clinopiroxeno y vidrio oscuro intersticial rico en hierro (Moreno, Naranjo y Lopez, 1979).	
Erupciones Anteriores	
1930	Sin información

Tabla: nº11 Fuente: elaboración propia

Complejo Volcánico Antillanca

Nombre	Caldera Fiucha
Localización	77 km de la ciudad de Osorno
Región	Los Lagos
Provincia	Osorno
Comuna	Puyehue
Coordenadas	40º 41’ S. 72º 12’W.
Altitud	1481 msnm
Características físicas	
Tipo	Estrato Caldera
Estado	Sin información
Características generales	
La caldera se encuentra abierta hacia el suroeste, parcialmente afectada por erosión glacial. Constituida por flujos de lava y piroclastos de composición basáltica y andesita-basáltica. Unos siete centros eruptivos monogenéticos post caldera se han desarrollado tanto en la vertiente noroeste como noreste de la caldera, controlados por fracturas. Estos centros han generado pequeños flujos de lava basáltica y conos de piroclastos (Gonzalez-Ferran, 1995). El material emitido se extiende principalmente hacia el oeste y cubre parcialmente a la formación Curarrehue. Por el este y por el sur está parcialmente cubierto por flujos de los volcanes Antillanca y Casablanca. La petrografía de la caldera es esencialmente basáltica aunque es posible distinguir basaltos con fenocristales de plagioclasa del tipo labradorita, olivino y clinopiroxeno y masa fundamental subofítica constituida por microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno, olivino (escaso o ausente), opacos y vidrio. En base a los criterios morfoestructurales utilizados se estima que la actividad volcánica se habría desarrollado desde el periodo glacial hasta el post glacial, la caldera estaría datada hacia el periodo glacial, esto a partir de que muestra formas originadas por el modelado glacial tales como escarpes, valles en U. Por lo tanto se le podría asignar una edad Pleistoceno superior (Pino, 2004).	
Erupciones Anteriores	
Sin información	

Tabla: nº12 Fuente: elaboración propia

Nombre	Cordón Álvarez
Localización	77 km de la ciudad de Osorno
Región	Los Lagos
Provincia	Osorno
Comuna	Puyehue
Coordenadas	40°15’S – 72°15’W
Altitud	
Características físicas	
Tipo	Cordón volcánico Fisural
Estado	Sin información
Características generales	
El cordón fisural de orientación N150ºE, está integrado por un conjunto de lavas y aglomerados basálticos y adensítico-basáltico. Producto del modelado glacial quedan	

paredes verticales y circos muy bien desarrollados. Es posible suponer que algunos de estos circos corresponderían a cráteres erodados por la actividad glacial. Están ubicados en las altas cumbres, con un diámetro basal de 1.000 m aproximadamente, al interior de uno de estos se encuentra un centro eruptivo desgastado. Por otra parte al sureste se observa un cráter erodado de 300 m de diámetro. Los centros eruptivos se encuentra alineados en dirección N30ºW. Petrográficamente las lavas corresponden a basaltos y andesitas basálticas, porfídicas, Los basaltos tienen fenocristales de plagioclasa tipo labradorita y olivino. La masa fundamental es intersertal está constituida por vidrio, microlitos de plagioclasa, clinopiroxenos, olivino y opacos, mientras que las andesitas basálticas tienen fenocristales principalmente de plagioclasa tipo andesina-labradorita, olivino y clinopiroxeno. La masa fundamental es intersertal compuesta por vidrio, microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno, olivino y opacos. De acuerdo a la morfología la actividad volcánica se habría iniciado en el periodo preglacial representando, mostrando numerosos circos y paredes verticales que forman parte de valles labrados por erosión glacial (valles en U), por lo recién expuesto la edad asignada correspondería al pleistoceno (Pino, 2004).
Erupciones Anteriores
Sin información

Tabla: nº13 Fuente: elaboración propia

Nombre	Volcan Casablanca
Localización	77 km de la ciudad de Osorno
Región	Los Lagos
Provincia	Osorno
Comuna	Puyehue
Coordenadas	40º 45’ S. 72º 13’W.
Altitud	1990 msnm
Características físicas	
Tipo	Estrato volcán
Estado	Sin información
Características generales	
Es uno de los centros eruptivos del complejo antillanca, del cual sus flujos de lava basáltica han escurrido hacia el cráter del volcán antillanca, rellenándole (Gonzalez-Ferran, 1995). Los materiales que forman el volcán corresponden a flujos de lava basálticas y andesítica basáltica que escurrieron hacia el norte y el sur, a lapilli y bombas “cow dung” despositados en la parte alta del volcán. La colada más reciente corresponde a un flujo basáltico tipo “aa” emitido por el cráter lateral, ubicado al noroeste del cráter central del volcán. Este flujo descendió por la ladera poniente y rellena e cráter Rayhuén, el cual es un cráter explosivo ubicado en la base del volcán. El volcán presenta rocas basálticas y andesítico-basáltico. Los fenocristales de los basaltos corresponden a plagioclasa tipo labradorita, olivino y clinopiroxeno. La masa fundamental es intersertal, constituida por microlitos de plagioclasa, vidrio, clinopiroxeno, opacos y olivino (ausente o escasos). Mientras que las andesitas basálticas se componen de fenocristales de plagioclasa tipo andesina-labradorita, olivino, clinopiroxeno, ortopiroxeno y opacos (escasa o ausente). El volcán Casablanca al ser más joven presenta formas bien conservadas o con erosión glacial incipiente, lo que permite asignarlo a la edad post glacial, a su último flujo se le	

puede asignar una edad menor a 500 años, siguiendo la morfología el volcán Casablanca sería de edad Holocénica (Pino, 2004).	
Erupciones Anteriores	
230 ac ± 200	Erupción excéntrica explosiva con flujos de piroclastos y expulsión de cenizas

Tabla: nº14 Fuente: elaboración propia

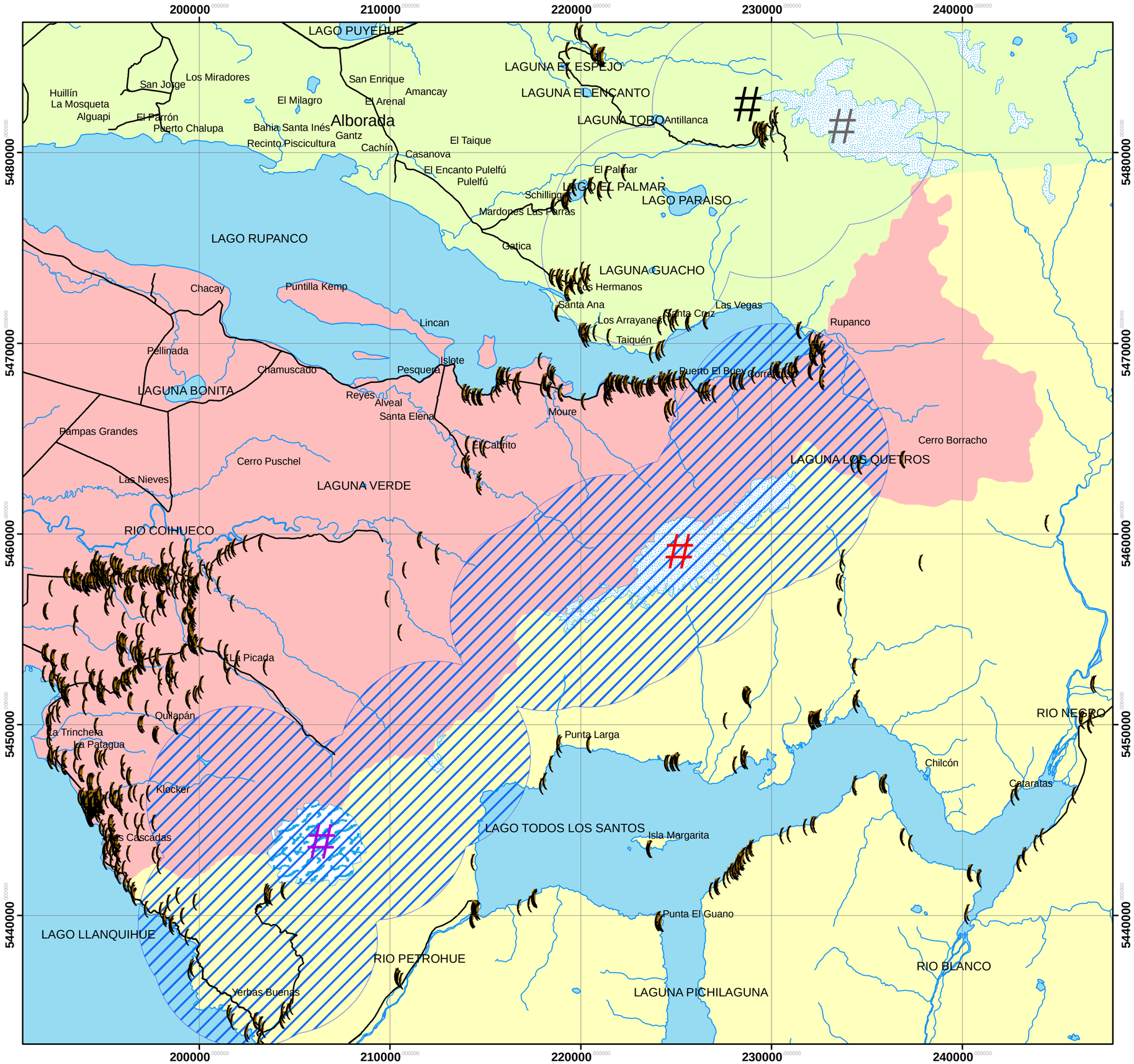
Nombre	Volcán Antillanca
Localización	77 km de la ciudad de Osorno
Región	Los lagos
Provincia	Osorno
Comuna	Puyehue
Coordenadas	40º46'S 72º07'W.
Altitud	1939 msnm
Características físicas	
Tipo	Estrato volcán
Estado	Sin Información
Características generales	
Volcán parcialmente erodado quedando en su parte más alta un anfiteatro producto del modelado glacial, con orientación hacia el sureste Este circo podría corresponder al remanente del cráter Antillanca, se encuentra al este del volcán Casablanca. Las lavas de composición basálticas y andesítica-basálticas se extienden hacia el sureste y oeste rellenando valles glaciales antiguos (Pino, 2004). Petrográficamente el volcán está consituido por basaltos y andesitas-basálticas, porfídicas. Los basaltos tienen fenocristales de plagioclasa tipo labradorita, olivino y clinopiroxeno. La masa fundamental es intergranular compuesta por microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno, opacos y olivino (escaso o ausente). Por su parte las andesitas basálticas presentan fenocristales de plagioclasa tipo andesina-labradorita, olivino, clinopiroxeno y ortopiroxeno (escaso o ausente). La masa fundamental es intersertal y subofítica constituida esencialmente por microlitos de plagioclasa, clinopiroxeno, opacos y vidrios. Al volcán se le asignado el periodo glacial puesto que presentan evidencia de modelado glacial: circos en las partes altas, paredes verticales, valles en U, etc. Las lavas rellenan valles glaciales pre existentes y muestran centros de emisión parcial o totalmente desgastados, de acuerdo a la morfología se le asigna al volcán edad Pelistocenica (Pino, 2004).	
Erupciones Anteriores	
960 ac ± 150	Erupción explosiva

Tabla: nº15 Fuente: elaboración propia

Nombre	Volcán sarnoso
Localización	77 km de la ciudad de Osorno
Región	Los Lagos
Provincia	Osorno
Comuna	Puyehue
Coordenadas	40º 49'S. 72º 16'W.
Altitud	1630 msnm
Características físicas	
Tipo	Estrato volcán
Estado	Sin Información
Características generales	
Es un esqueleto volcánico integrado por lavas y brechas de composición balsálticas, andesítico-basáltica y andesítica (Pino, 2004) Corresponde a un volcán fuertemente erosionado por glaciares, En su vertiente sur se presentan dos conos de piroclastos y flujos de lava basáltica ligados a una erupción adventicia monogenética post-glacial, ligada al complejo sistema de fallas del volcán Antillanca (Gonzalez-Ferran, 1995). Hacia el Sur del volcán de encuentran escarpes semicirculares los cuales posiblemente corresponden a anfiteatros producto del modelado glacial (Pino, 2004). Petrográficamente las lavas corresponden a basaltos y andesitas basálticas. Los basaltos son profídicos con fenocristales de plagioclasa tipo labradorita, olivino y ferromagnesianos oxidados. La masa fundamental es de tipo intersertal, contituido por microlitos de plagioclasa, vidrio, clinopiroxeno y opacos. Las andesitas basálticas son porfídicas, con fenocristales de plagioclasa tipo andesina-labradorita, olivino. La masa fundamental es de tipo intersertal, consituida por vidrio, microlitos de plagioclasa, olivino, clinopiroxeno y opacos (Pino, 2004.) Las lavas habrían sido emitidas durante los períodos glacial, tardi glacial y post glacial, si se les asigna una edad relativa le volcán estaría ubicado en el pleistoceno inferior (Pino, 2004).	
Erupciones Anteriores	
Periodo glacial	Sin información

Tabla: nº16 Fuente: elaboración propia

Nº2 Amenaza por bomba



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Principales cráteres

- Antillanca
- Casablanca
- Osorno
- Puntiagudo

Tipo de Cobertura

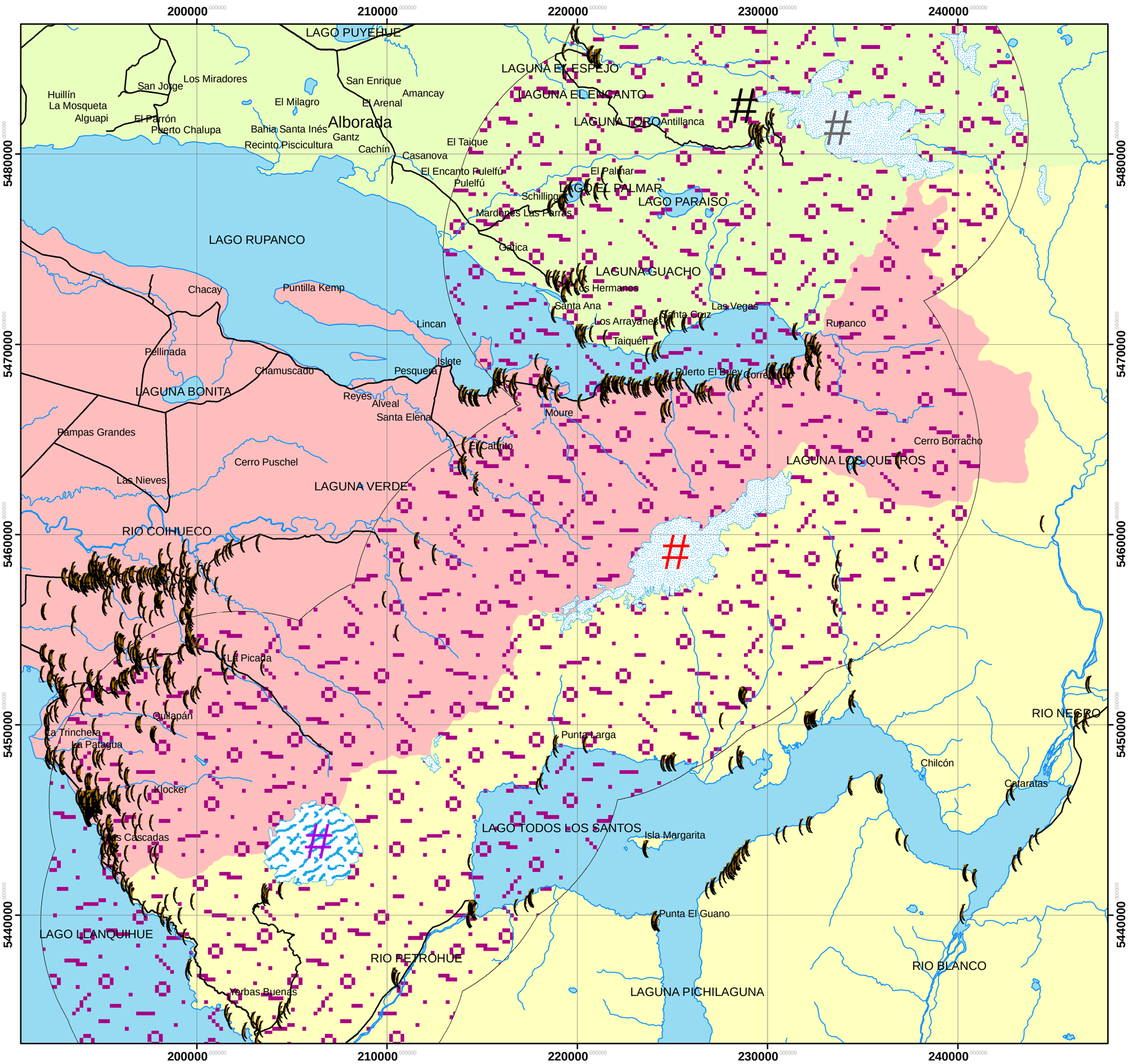
- glaciar
- nieve/hielo
- Bomba

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:150.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº3 Flujo piroclástico



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Principales cráteres

- Antillanca
- Casablanca
- Osorno
- Puntiagudo

Tipo de Cobertura

- glaciar
- nieve/hielo
- piroclasto

μ

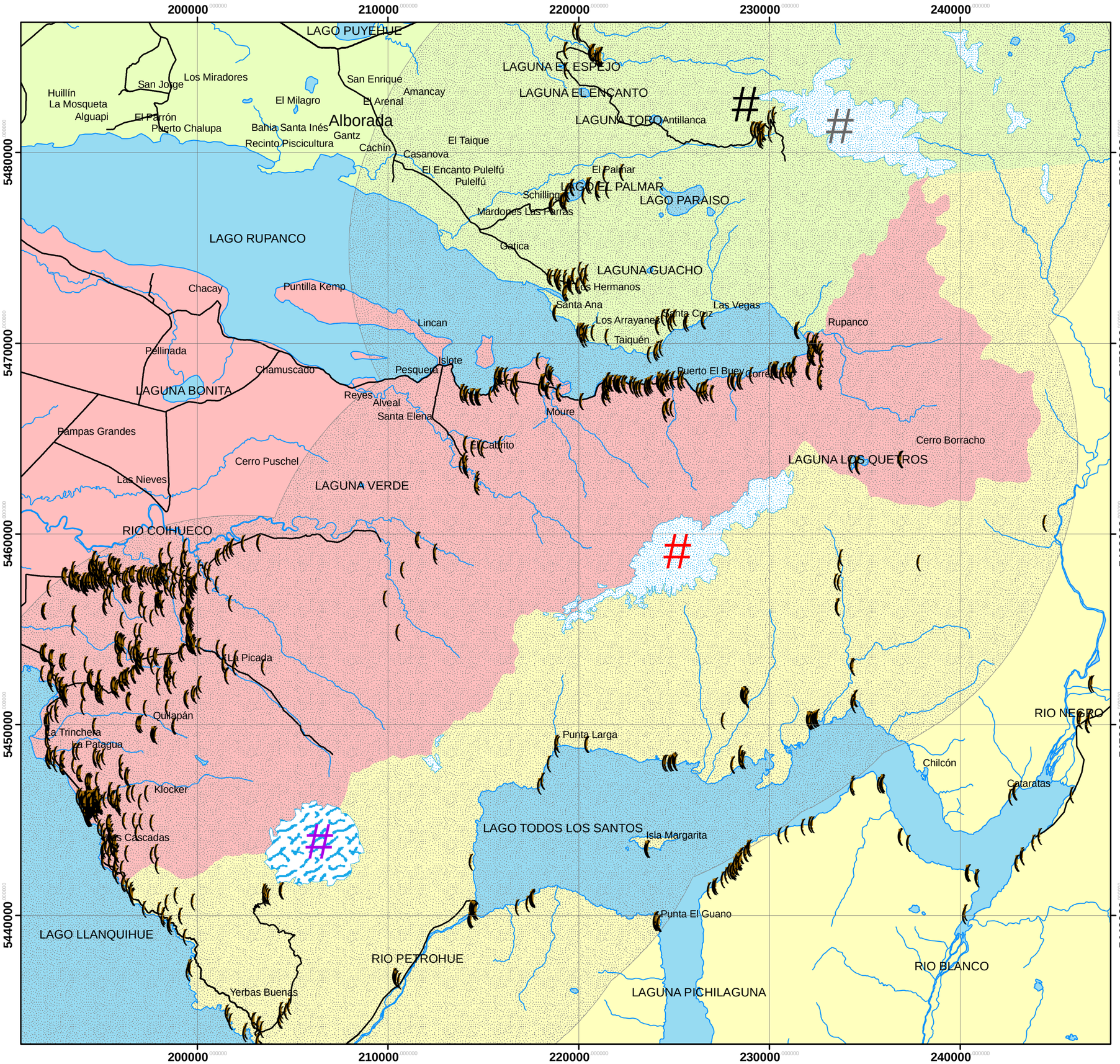
Autor: Rodrigo Kappes

Escala: 1:150.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº4 Caida de tefra



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Principales cráteres

- Antillanca
- Casablanca
- Osorno
- Puntiagudo

Tipo de Cobertura

- glaciar
- nieve/hielo
- tefra

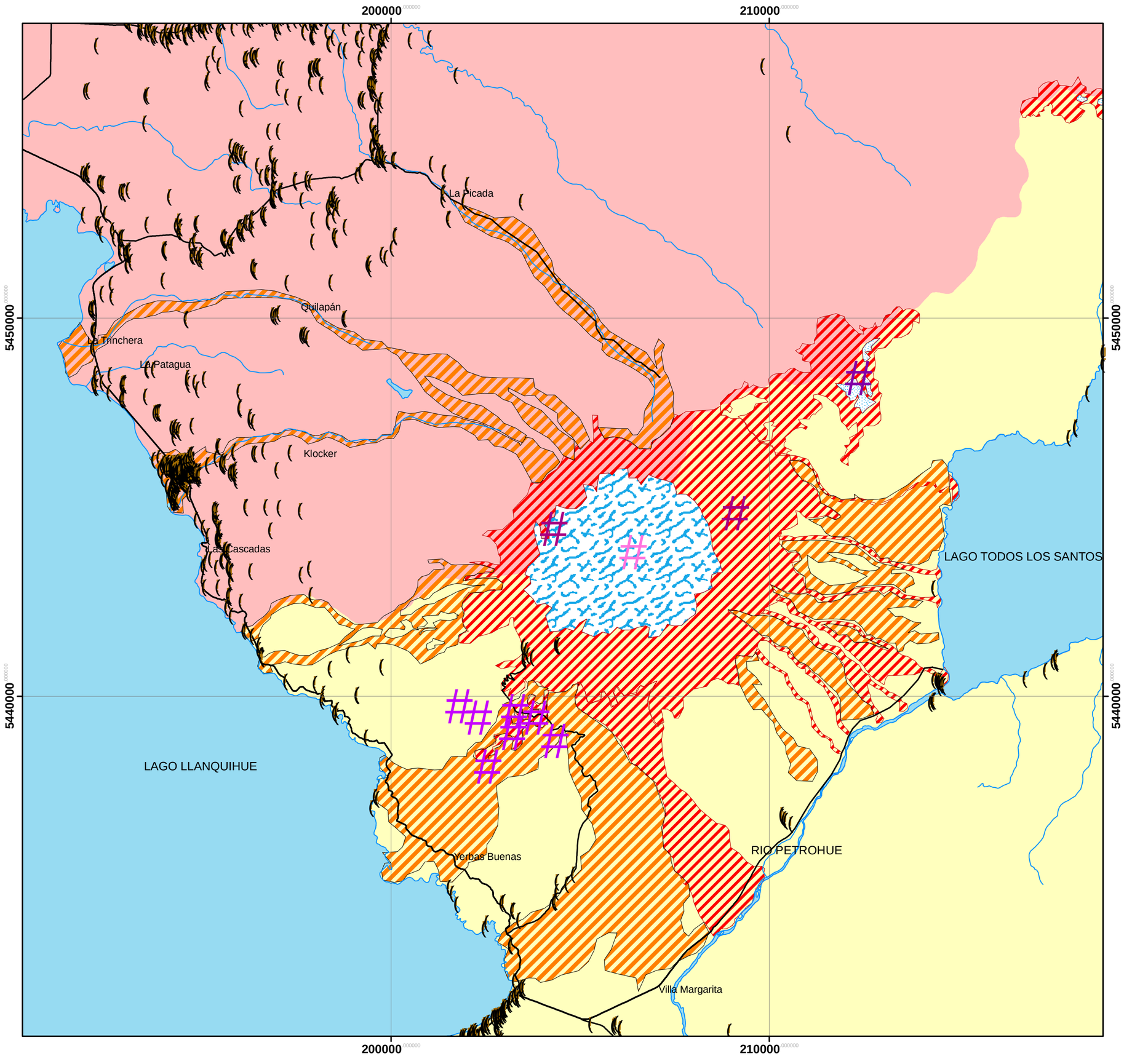
μ

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:150.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº5 Colada de lava y flujo laharico históricos
Volcán Osorno



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Nombre cráteres

- El Negrillar de Ensenada
- Cráteres Osorno sin indentificar
- La Picada
- Osorno

Tipo de Cobertura

- glaciar
- nieve/hielo
- Colada de lava histórica
- Lahar histórico

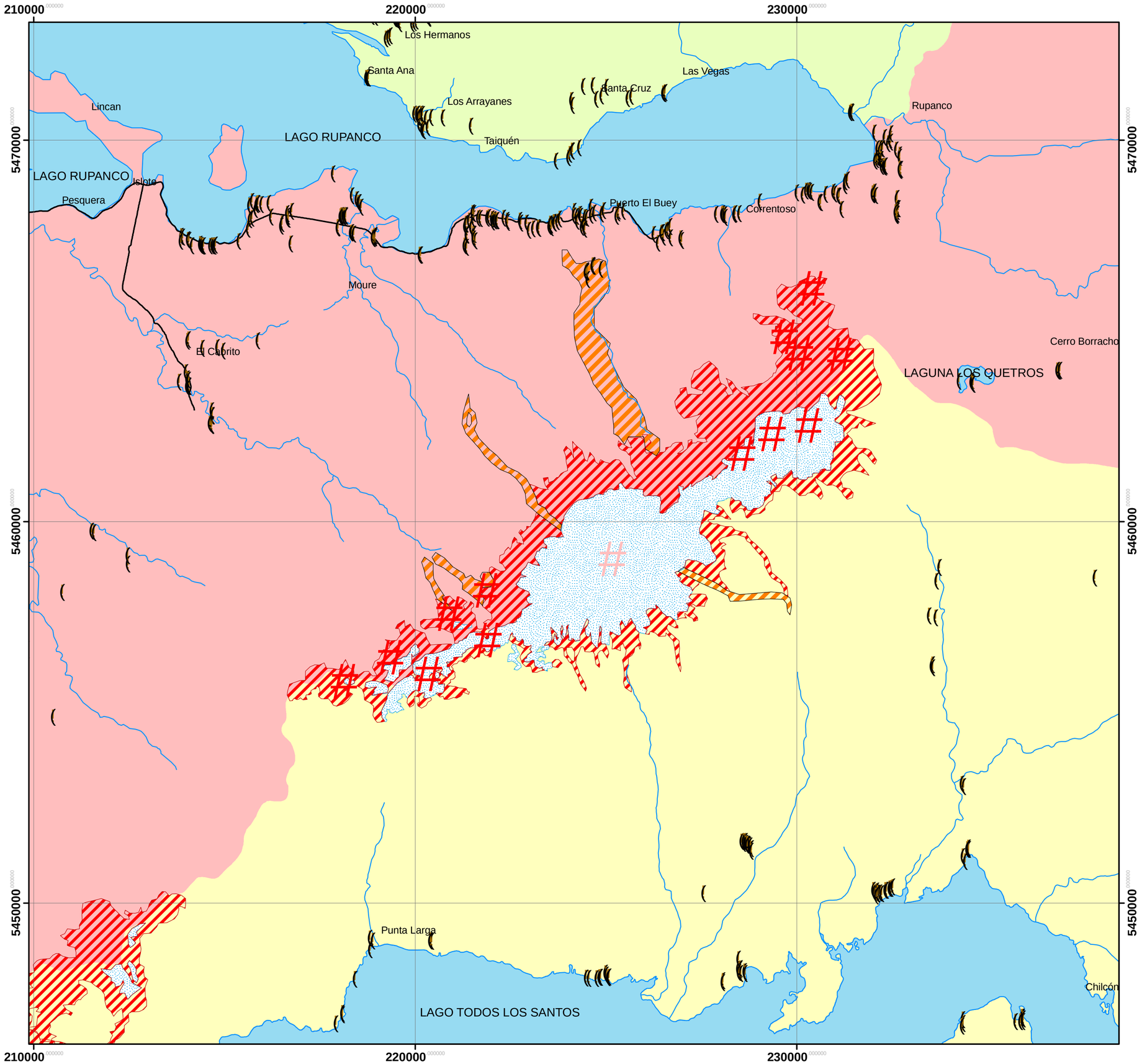
μ

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:75.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº6 Colada de lava y flujo laharico históricos
Volcán Puntiagudo - Cordón Cenizos



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Nombre cráteres

- Puntiagudo
- Cráteres Cordón Cenizos

Tipo de Cobertura

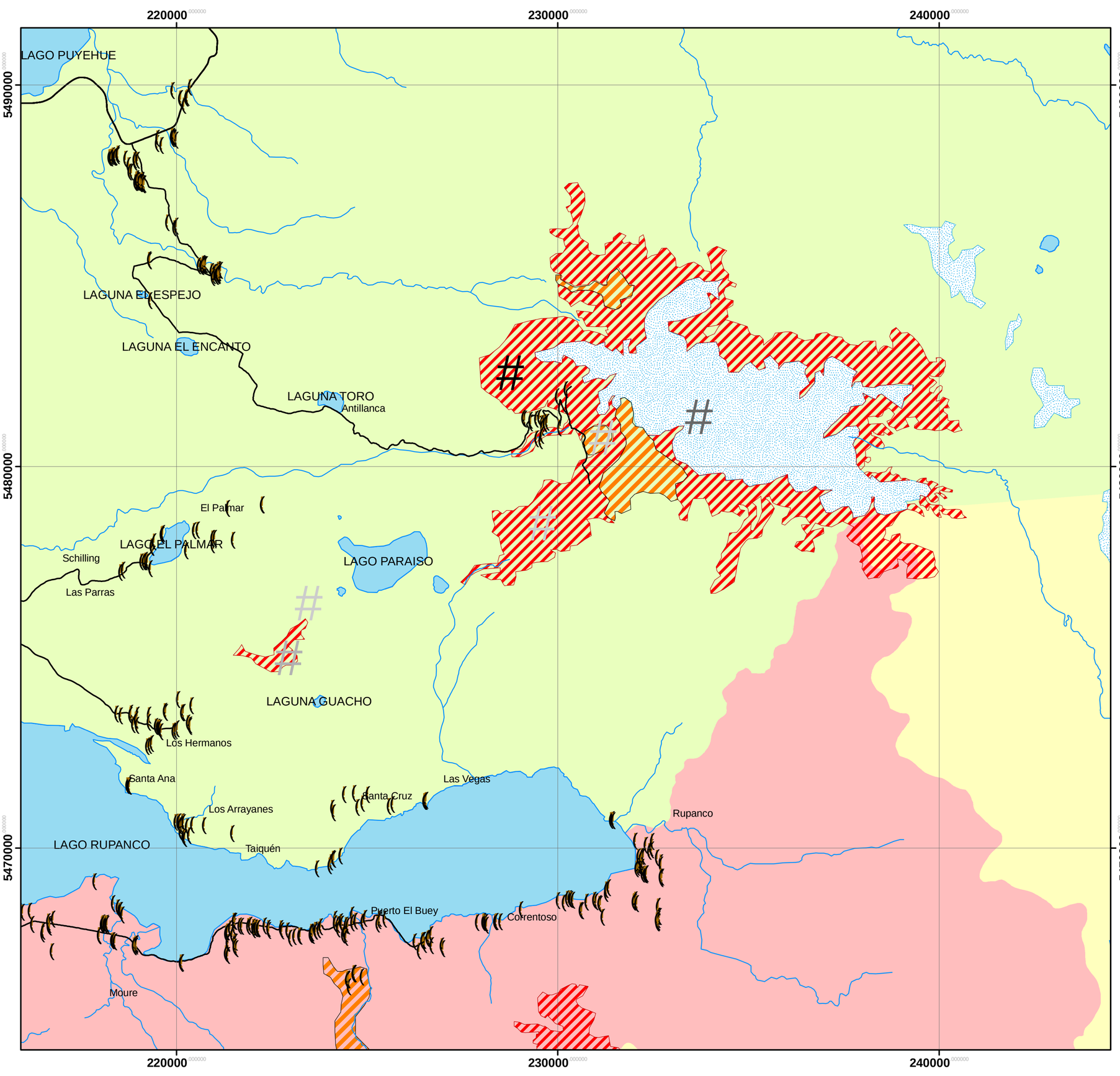
- glaciar
- nieve/hielo
- Colada de lava histórica
- Lahar histórico

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:75.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº7 Colada de lava y flujo laharico históricos
Complejo Antillanca



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Nombre cráteres

- Antillanca
- Casablanca
- Cerro Feo
- Cráteres sin identificar

Tipo de Cobertura

- glaciar
- nieve/hielo
- Colada de lava histórica
- Lahar histórico

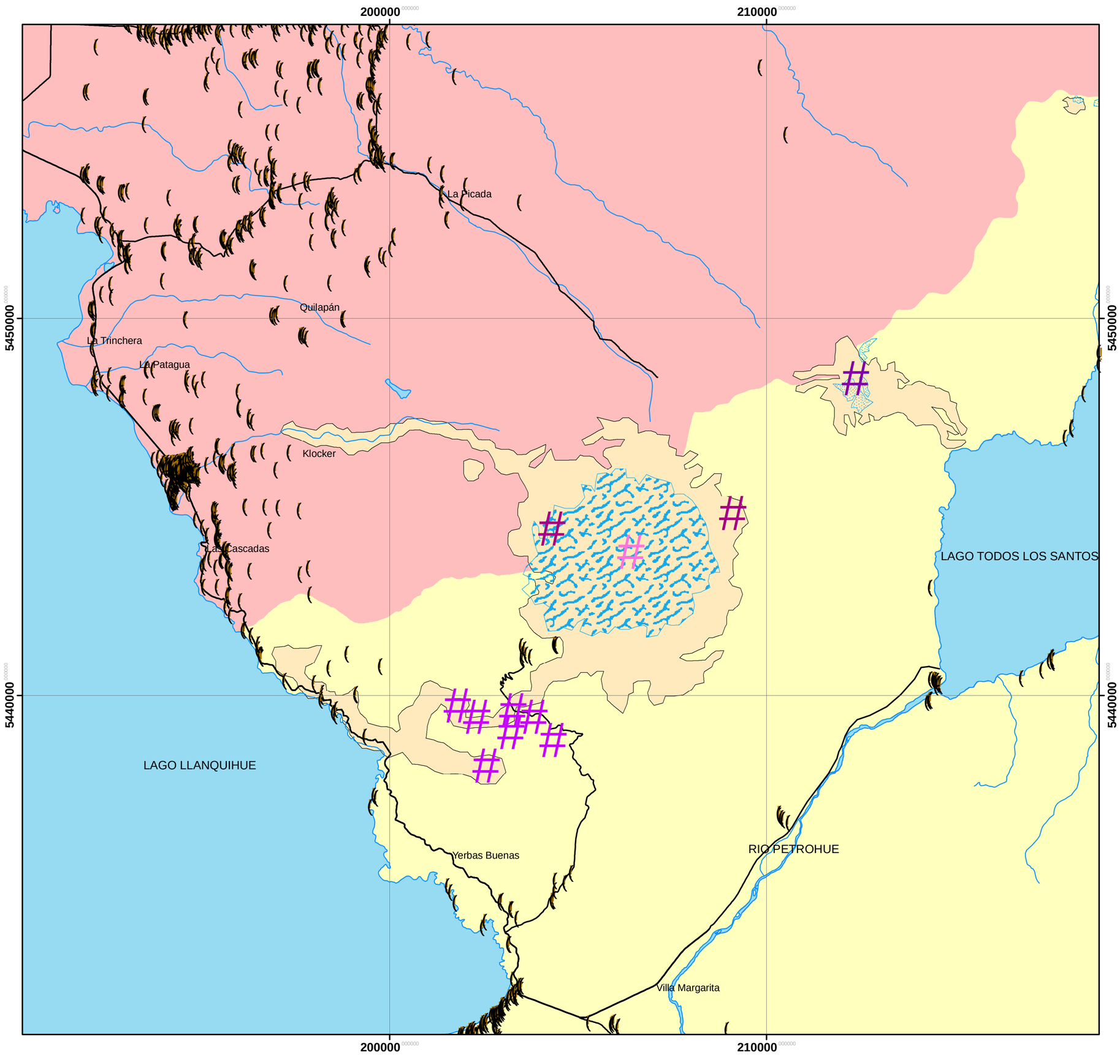
Autor: Rodrigo Kappes

Escala: 1:75.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº8 Coladas de lava volcán Osorno



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Nombre cráteres

- El Negrillar de Ensenada
- Cráteres Osorno sin indentificar
- La Picada
- Osorno

Tipo de Cobertura

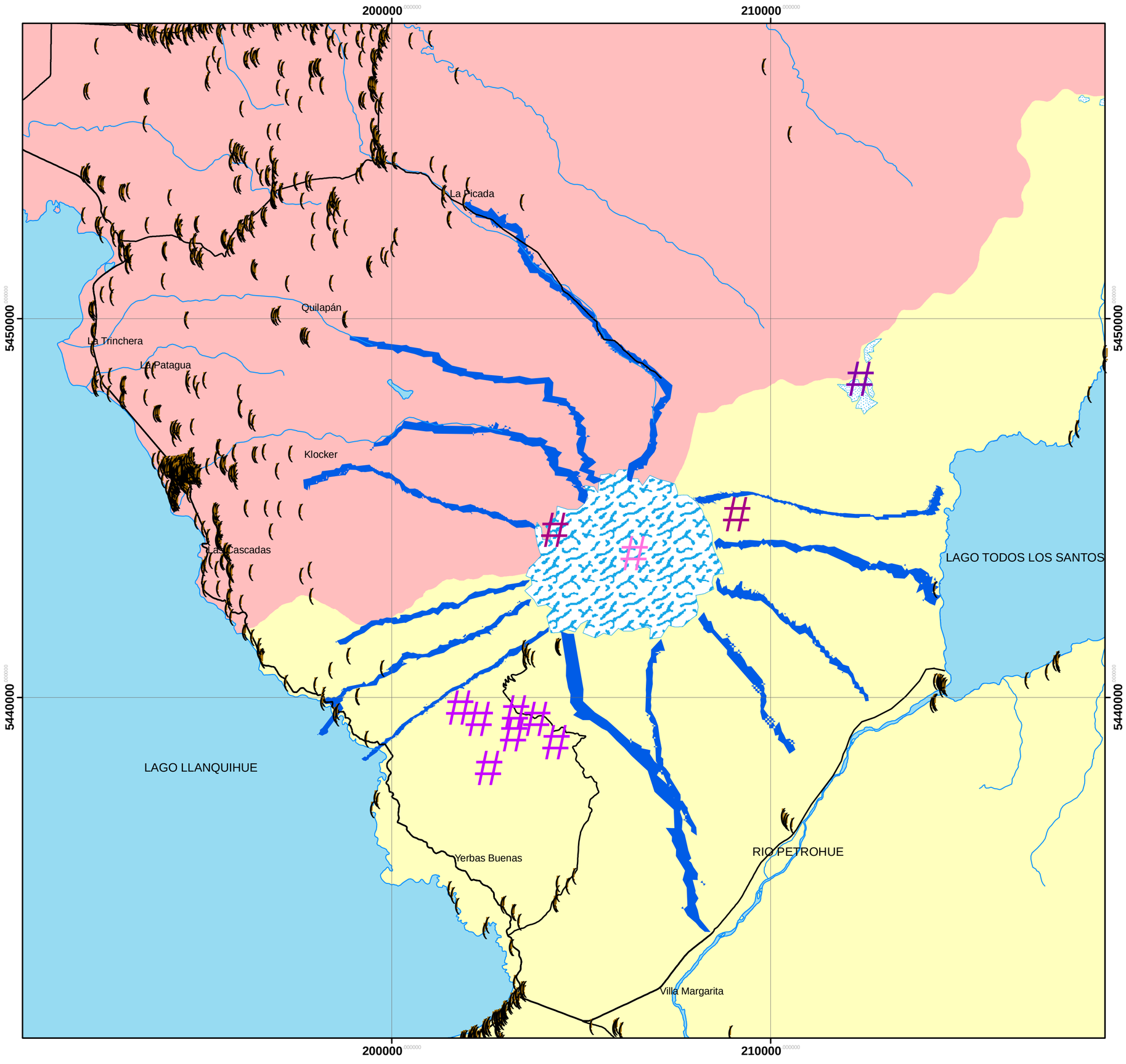
- glaciar
- nieve/hielo
- Colada de lava

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:75.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº9 Flujos laharicos volcán Osorno



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Nombre cráteres

- El Negrillar de Ensenada
- Cráteres Osorno sin indentificar
- La Picada
- Osorno

Tipo de Cobertura

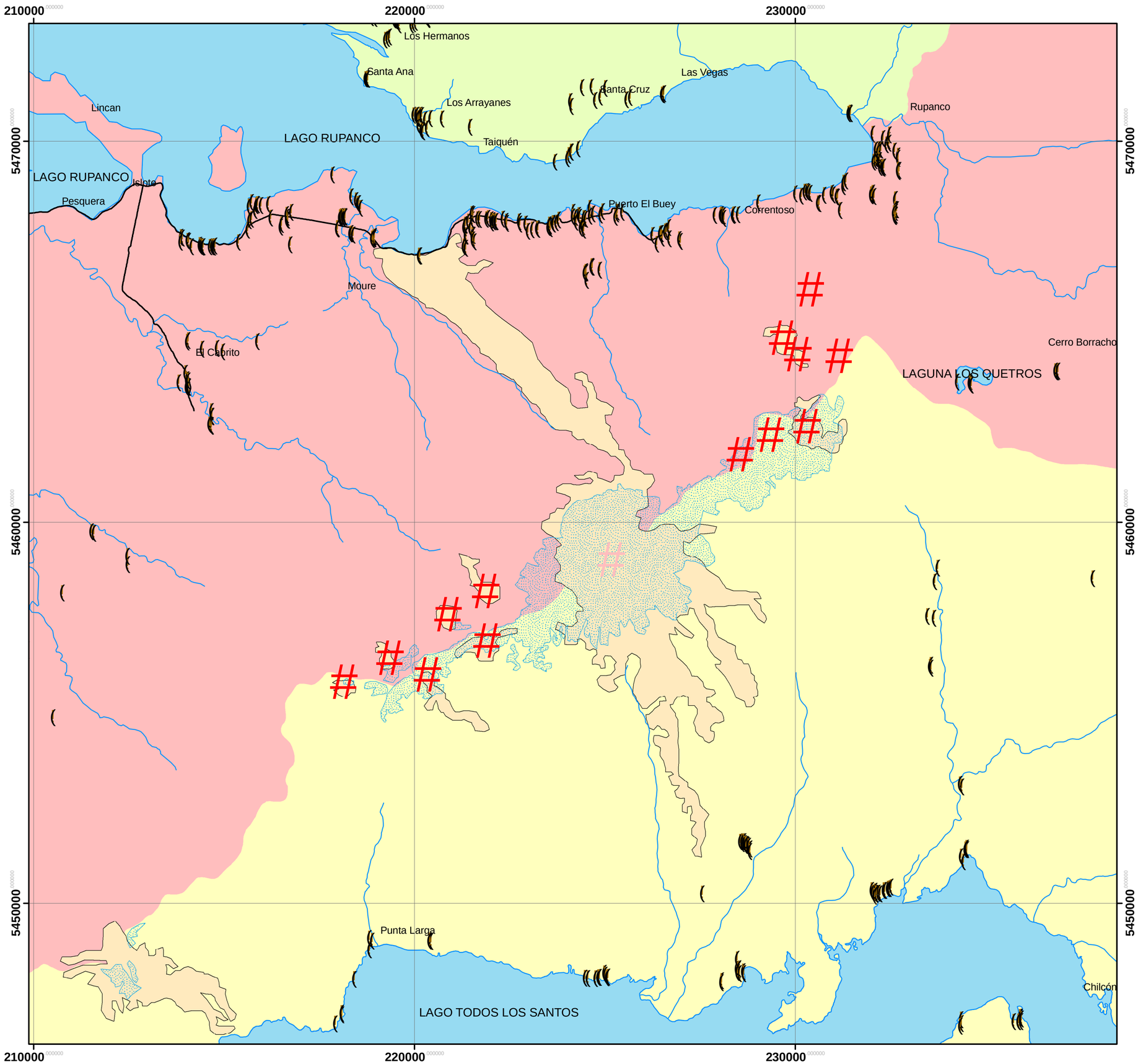
- glaciar
- nieve/hielo
- Lahar

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:75.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº10 Colada de lava volcán Puntiagudo - Cordón Cenizos



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Nombre cráteres

- Puntiagudo
- Cráteres Cordón Cenizos

Tipo de Cobertura

- glaciar
- nieve/hielo
- Colada de lava

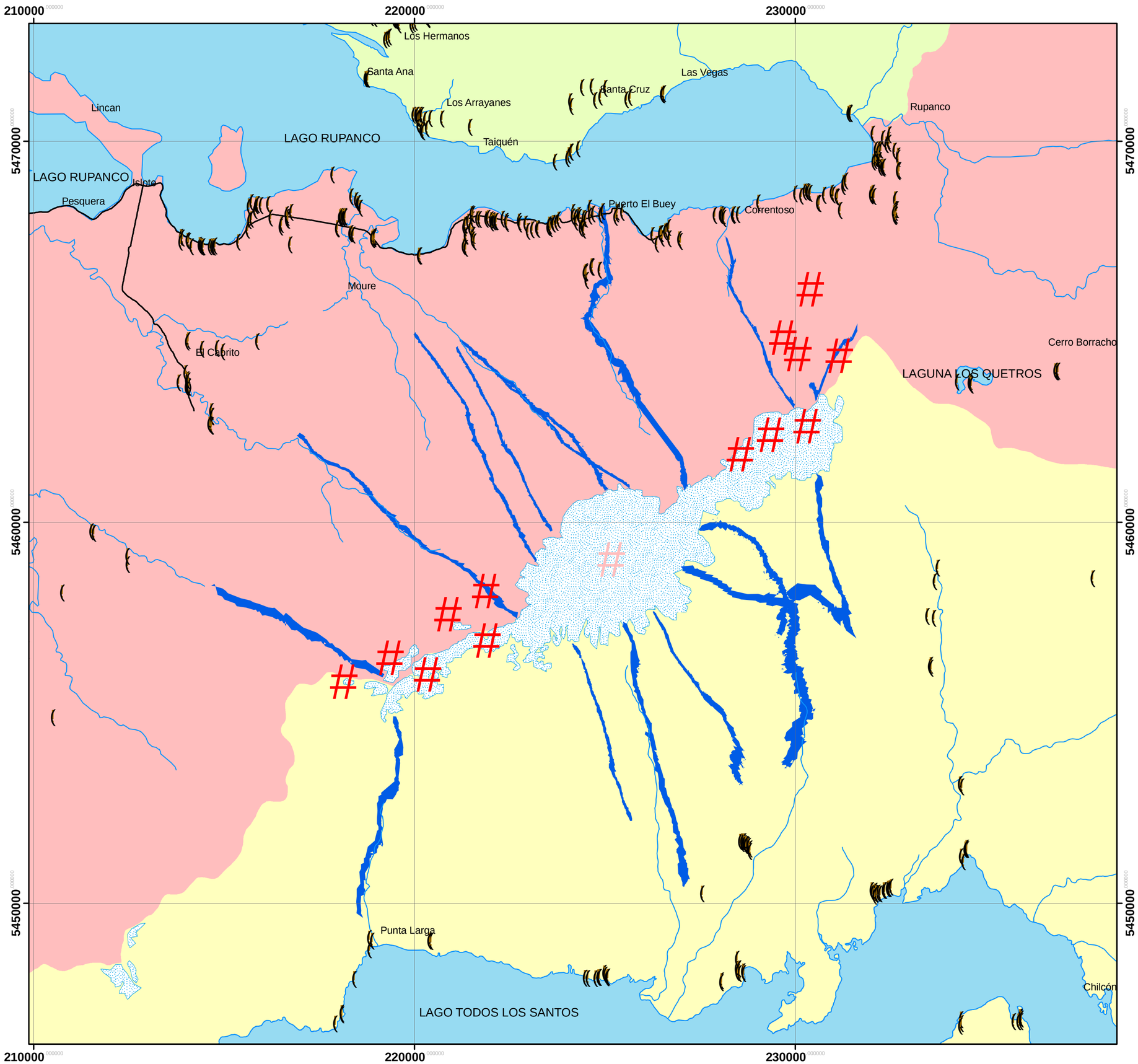
Autor: Rodrigo Kappes

Escala: 1:75.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº11 Flujos laharicos volcán Puntiagudo - Cordón Cenizos



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Nombre cráteres

- Puntiagudo
- Cráteres Cordón Cenizos

Tipo de Cobertura

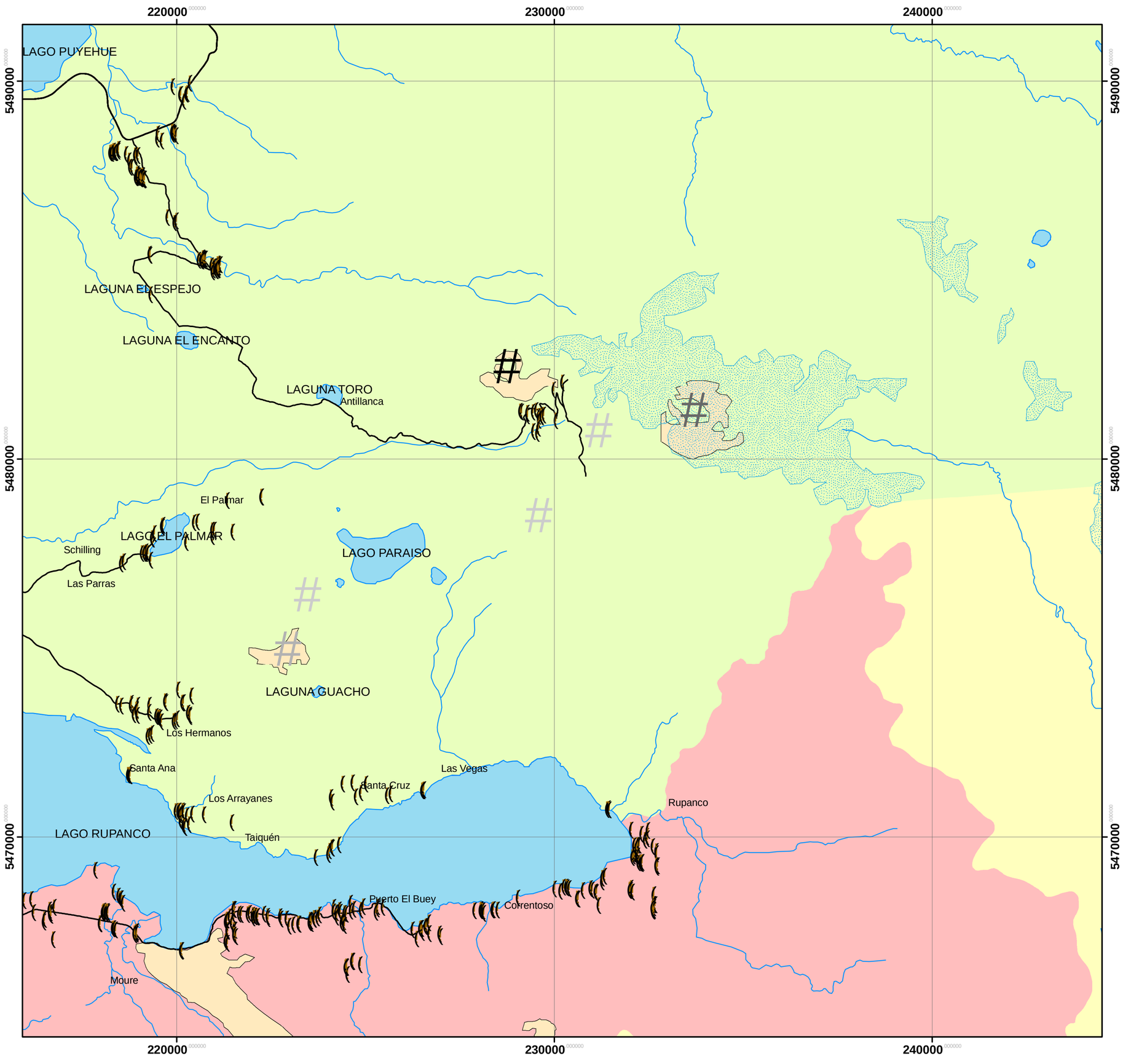
- glaciar
- nieve/hielo
- Lahar

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:75.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº12 Coladas de lava Complejo Antillanca



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Nombre cráteres

- Antillanca
- Casablanca
- Cerro Feo
- Cráteres sin identificar

Tipo de Cobertura

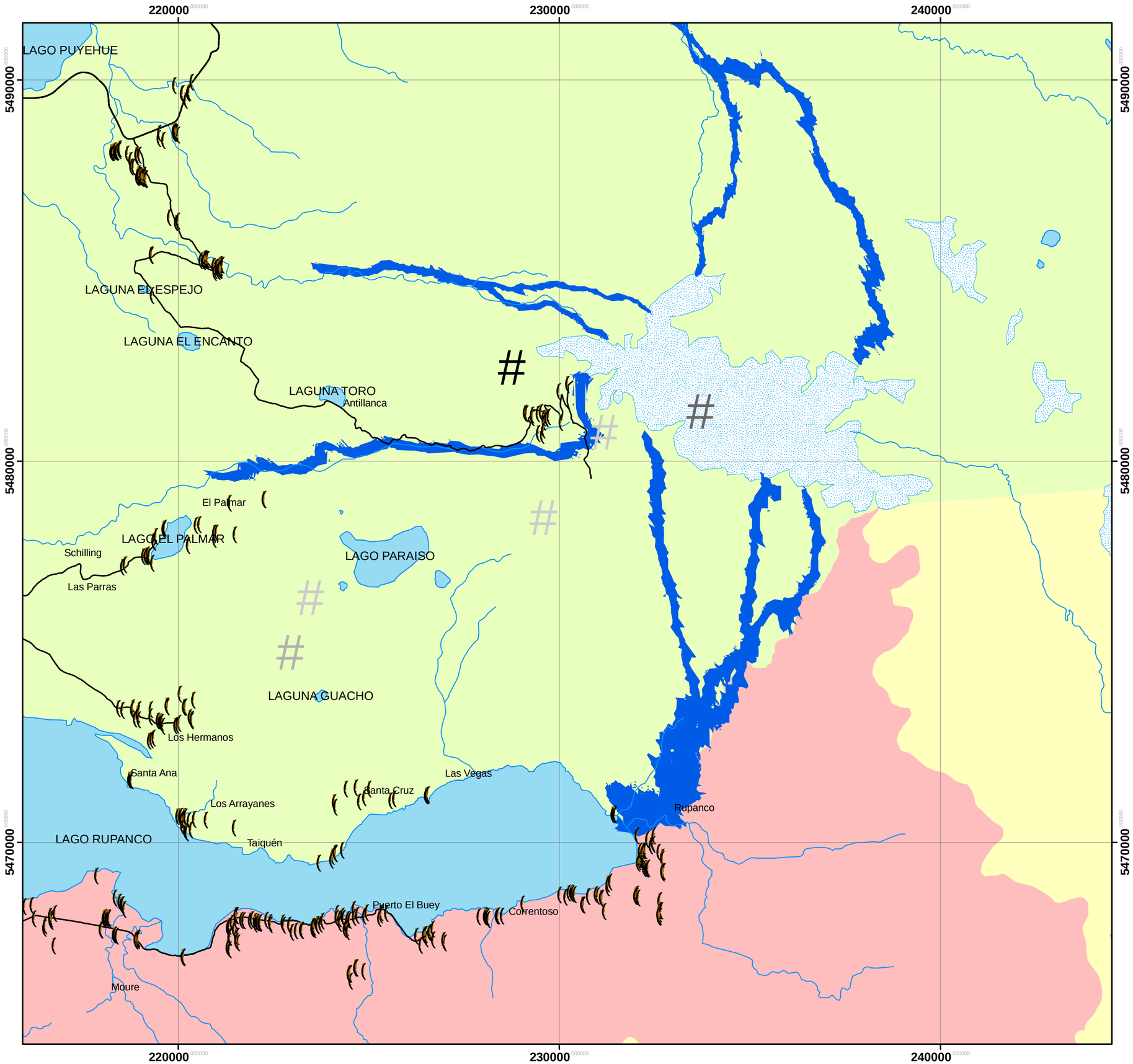
- glaciar
- nieve/hielo
- Colada de lava

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:75.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº13 Flujo laharico Complejo Antillanca



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Nombre cráteres

- # Antillanca
- # Casablanca
- # Cerro Feo
- # Cráteres sin identificar

Tipo de Cobertura

- glaciar
- nieve/hielo
- Lahar

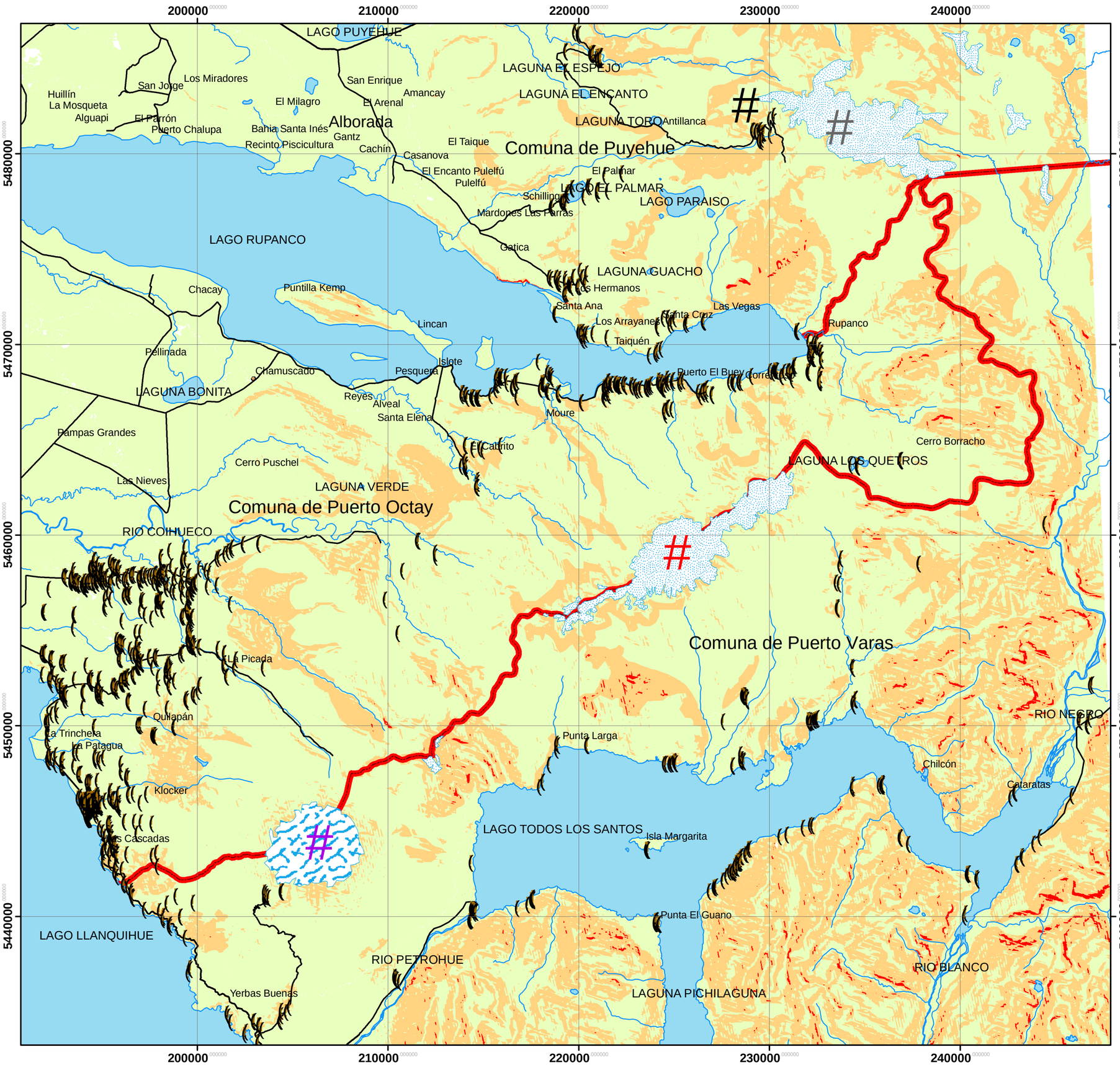
μ

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:75.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº14 Riesgo de remoción en masa



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua
- División Comunal

Leyenda

- Construccuiones

Principales cráteres

- Antillanca
- Casablanca
- Osorno
- Puntiagudo

Tipo de Cobertura

- glaciar
- nieve/hielo

Riesgo de remoción en masa

- Riesgo alto
- Riesgo medio
- Riesgo bajo

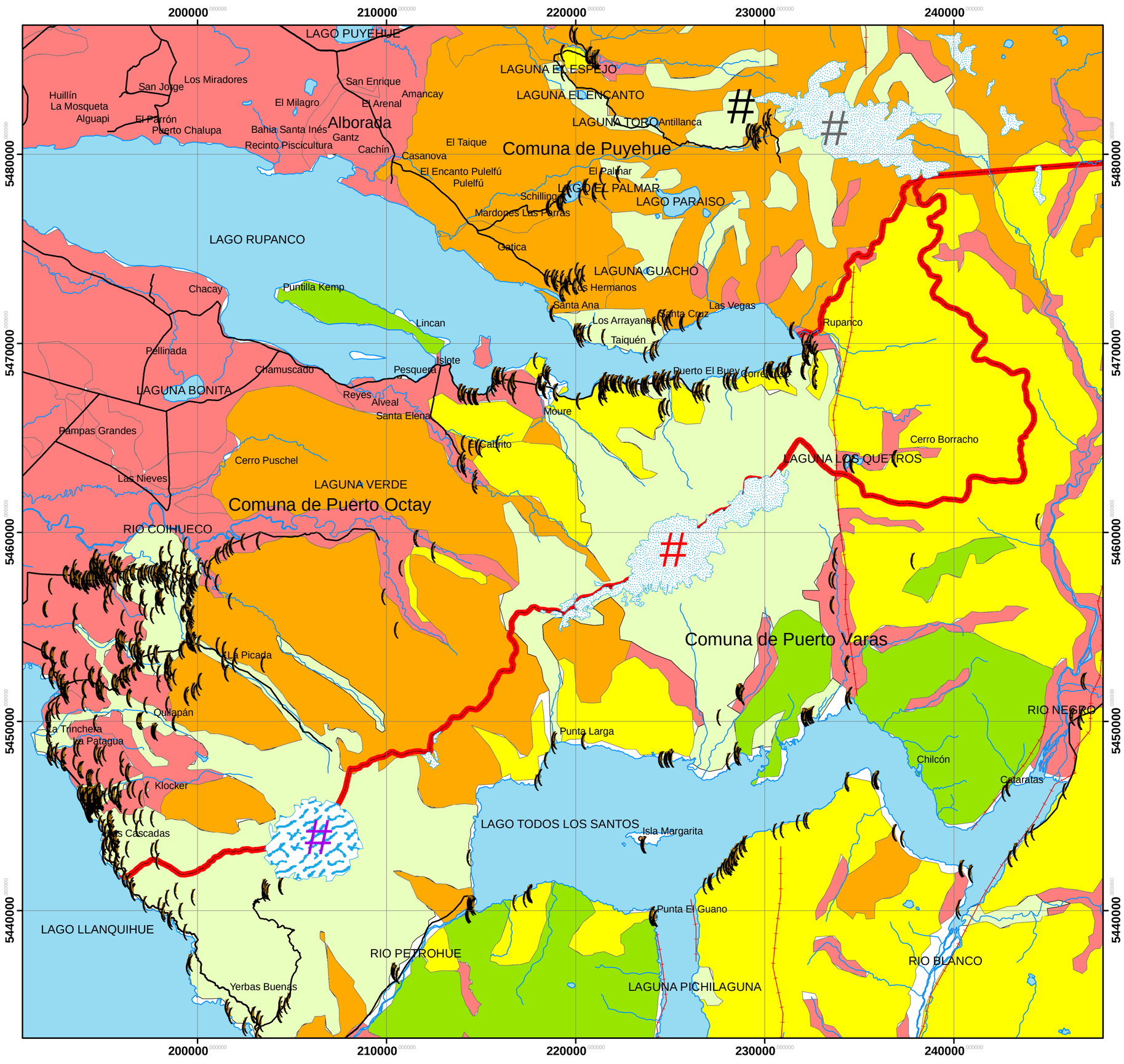
μ

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:150.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº15 Aceleración sísmica, metodología de Toppozada et al.



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua
- División Comunal

Leyenda

- Construccuiones
- Falla geológica

Principales cráteres

- Antillanca
- Casablanca
- Osorno
- Puntiagudo

Tipo de Cobertura

- glaciar
- nieve/hielo

aceleración sísmica

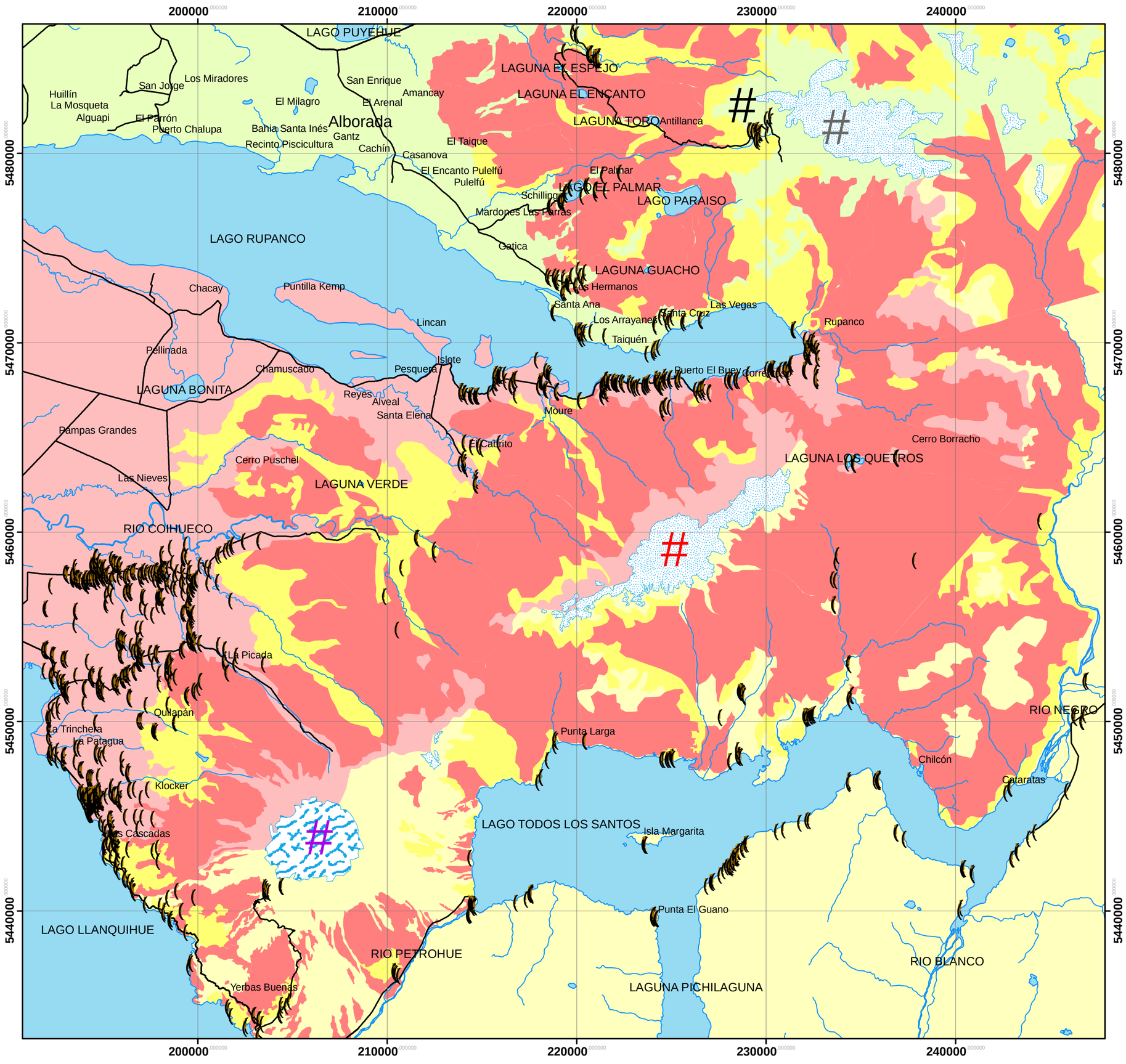
- 0.3
- 1.2
- 1.5
- 1.8
- 2.0

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:150.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Nº16 Riesgo de ignición de incendio forestal



Simbologia

- Red vial
- Red fluvial
- Cuerpo de agua

Comuna

- PUERTO OCTAY
- PUERTO VARAS
- PUYEHUE

Leyenda

- Construccuiones

Principales cráteres

- Antillanca
- Casablanca
- Osorno
- Puntiagudo

Tipo de Cobertura

- glaciar
- nieve/hielo

Riesgo de ignición

- Riesgo alto
- Riesgo bajo

Autor: Rodrigo Kappes
Escala: 1:150.000
Datum: WGS 84
Huso: 19 S

Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Geografía

ONEMI
Protección Civil

Bibliografía.

- Bibliografía análoga

Álvarez. M, Bustamante. C; sin año; Análisis de amenaza volcánica en Chile.

Ayala-Carcedo. F, Olcina. J; 2002; Riesgos Naturales.

Barrenechea, Fabiola y Abumohor, José; 2009; Remoción en masa comuna de Machalí, Región del Libertador Bernardo O'higgins; ONEMI.

Baxter, Peter; Ancia, Anne; 2002; human health and vulnerability in the Nyiragongo volcano crisis Democratic Replubic of Congo, 2002; Final report to the World Health Organisation.

Blaikie, Piers; Cannon, Terry; David, Ian; Wisner, Ben; 1996; Vulnerabilidad el entorno social, político y económico de los desastres; LA RED.

Castruccio, Angelo; 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.

Chardon, Anne-Catherine; 2010; Reasentar un habitat vulnerable. Teoría versus praxis.

DGA (Dirección general de aguas, ministerio de obras públicas); 1986; Inventario de glaciares de los andes chilenos desde los 18º a los 32º de latitud sur.

DINAPRE (Dirección nacional de prevención) y UEER (Unidad de estudios y evaluación de riesgos); 2006; Manual básico para la estimación del riesgo.

Dunkley, Peter; 1999; Hazard, Vulnerability and risk assessments.

Edic; 2007; Complejo hidroeléctrico Tres Palos, estudio de prefactibilidada.

EIRD (Estrategia internacional para la reducción de desastres); 2004; Vivir con el riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres.

Evaluación de riesgos naturales -América Latina- (ERN), Central américa probabilistic risk assesment (CAPRA); Análisis probabilista de amenazas y riesgos naturales, Tomo II, Revisión de eventos históricos importantes, Informe Técnico ERN-CAPRA-T2-1.

Evaluación de riesgos naturales -América Latina- (ERN), Central américa probabilistic risk assesment (CAPRA); Metodología de modelación probabilista de riesgos naturales, Tomo I, Componente principales del análisis de riesgos, Informe Técnico ERN-CAPRA-T1-1.

Evaluación de riesgos naturales -América Latina- (ERN); Central américa probabilistic risk assesment (CAPRA); Metodología de modelación probabilista de riesgos naturales, Tomo I, Metodología de análisis probabilista del riesgo, Informe Técnico ERN-CAPRA-T1-6.

Evaluación de riesgos naturales -América Latina- (ERN), Central américa probabilistic risk assesment (CAPRA); Metodología de modelación probabilista de riesgos naturales, Tomo I, Modelos de evaluación de amenazas naturales y selección, Informe Técnico ERN-CAPRA-T1-3.

Fernández-Coopel. I, Herero. E; 2001; El satélite LANDSAT. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ Satélite LANDSAT.

Geociencias para las comunidades andinas (proyecto multinacional andino); 2007; Movimientos en masa en la región Andina: una guía para la evaluación de amenazas.

Glade. T, Albini. P, Francés. F; 2001; The use of historical data in natural hazard assessments.

González-Ferran, Oscar; 1994; Volcanes de Chile.

Hausser, A.; 2000; Remociones en masa en Chile, Boletin Nº59. Servicio nacional de geología y mienria.

Kelman, Ilan; 1998; Role of technology in managing vulnerability to natural disasters, with case studies of volcanic disasters on non-industrialized islands.

Lavell. A, Mansilla. E, Smith. D, Brenes. A, Romano. L, Somarriba. H, Gamarra. L, Armien. F; 2003; La gestión local del riesgo nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica, Programa regional para la gestión del riesgo en América Central, CEPREDENAC – PNUD.

López. E, Castro. C, Rugiero. V; 2011; Expansión urbana periférica e impactos en la escorrentía superficial: Análisis de aumento de riesgos de inundación en la comuna de Quilicura, Santiago de Chile.

López. L, Moreno. H, Naranjo. J; 1979; Geología y petrología de la cadena volcánica Osorno-Puntiagudo, Andes del sur, latitud 41°10’S.

Macau Roig, Albert; 2008; Microzonación sísmica. Contribución a los estudios de peligrosidad sísmica a escala local en zonas rurales y urbanas.

Marangunic, Cedomir; 2010; Physical characteristics of rock glaciers in the mountains of central Chile.

Mardones. M, Vidal. C; 2001; La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la panificación urbana en la ciudad de Concepción.

Mata, Alfonso; 2000; Metodología para la identificación, clasificación y cuantificación de los impactos ambientales de los desastres naturales.

MINAM (Ministerio del ambiente); 2000; Mapa de deforestación de la amazonia peruana.

Obando, Tupak; 2009; Reconocimiento geológico de la amenaza deslizamientos y lahares en el área de volcanes, Concepción y Maderas.

ONEMI (Oficina nacional de emergencia del ministerio del interior); 2008; Actividad volcánica en chile.

ONEMI (b) (Oficina nacional de emergencia del ministerio del interior); sin fecha; Metodología básica para la elaboración de un plan de prevención y de respuesta por actividad volcánica -ACCEVOL-.

ONEMI (c) (Oficina nacional de emergencia del ministerio del interior); sin fecha; Guía práctica para la participación comunitaria en un proceso de microzonificación de riesgos y recursos.

ONEMI (d) (Oficina nacional de emergencia del ministerio del interior); sin fecha; Plan de coordinación operativa para situaciones de emergencia forestal - ACCEFOR-.

Ortiz. R; 1997; Riesgo volcánico.

Petit-Breuilh, M.E.; 1999; Cronología eruptiva histórica de los volcanes Osorno y Calbuco, Andes del sur (41º - 41º30'S), Boletín 53, SERNAGEOMIN.

Pino, Angela; 2004; Geología del grupo volcánico Antillanca, Andes del Sur (40'45°S).

SGA, Hidroaustral; 2008; Proyecto minicentrales hidroeléctricas de Pasada Palmar – Corretoso.

Shilling, Steven; 1998; LAHARZ: GIS program for automated mapping of lahar-inundation hazard zones.

Spence, R; Kelman, I; Baxter, P; Zuccaro, G; Petrazzuoli, S; 2005 (a); Residential building and occupant vulnerability to tephra fall.

Spence, R; Kelman, I; Calogero, E; Toyos, G; Baxter, J; Komorowski, J; 2005 (b); Modeling expected physical impacts and human casualties from explosive volcanic eruptions.

Trople, Tracy; 2002; Volcanic hazards vulnerability assessments of the Enumclaw – Buckley, Washington Community.

Zenteno, Pablo; 2008; Variaciones recientes de los glaciares en la zona centro sur de Chile y su relación con los cambios climáticos y la actividad volcánica.

- Páginas web visitadas

Andes Handbook; http://www.andeshandbook.org/Default.asp? [Visitada el día 24 de Octubre de 2011].

Centro Regional de Información sobre Desastres América Latina y el Caribe (CRID); http://www.crid.or.cr/ [Visitada el día 4 de Noviembre de 2011].

Cuarenta y ocho erupciones volcánicas se registran en Chile desde 1600, 6 de mayo de 2008, reportaje radio ADN; http://www.adnradio.cl [visitada el día 21 de Noviembre de 2011].

Observatorio Vulcanológico De los Andes del SUR (OVDAS); http://www2.sernageomin.cl/ovdas/ovdas7/ovdas66.php [visitada el día 24 de Octubre de 2011].

Principales Combinaciones de Bandas Espectrales; http://www.imagenessatelitales.net/doc/combinaciones_bandas.pdf [Visitada el día 27 de Octubre de 2011].