



## Acercando el conocimiento geológico a la comunidad: Departamento de Geología Aplicada en SERNAGEOMIN

### ABSTRACT

**Key words:** Geo information, environmental management, prevention.

The Applied Geology Department, within the Geological and Mining Survey of Chile (SERNAGEOMIN), provides scientific information and knowledge –related to geological topics with an impact on a society’s development– to authorities, decision makers, planners, and the community. Geo-information regarding natural hazards, mineral, energetic, and groundwater resources, is generated by this department and made available as published reports, maps and others such as educational videos, leaflets, etc, which are essential tools for land-use planning, prevention, mitigation of natural hazards, and environmental management.

**Palabras claves:** Geo información, gestión ambiental, prevención.

El Departamento de Geología Aplicada del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) provee de conocimiento e información científica a las autoridades, planificadores y la comunidad en general, en relación a los aspectos geológicos que tienen un impacto directo sobre el desarrollo de nuestra sociedad. Geo-información referente a peligros geológicos, recursos energéticos, recursos minerales y de aguas subterráneas es puesta a disposición mediante publicaciones en formato de mapas, informes y otros (tales como videos educativos, folletos, etc.), los que se convierten en herramientas fundamentales para el ordenamiento territorial, la prevención y mitigación de peligros naturales y la gestión ambiental.



# Acercando el conocimiento geológico a la comunidad: Departamento de Geología Aplicada en SERNAGEOMIN

---

**Jorge Clavero**  
**Manuel Arenas**  
**Rosa Troncoso**

El Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) tiene, entre otras funciones, la de generar y difundir información geocientífica del territorio nacional. Dentro de la estructura interna de este servicio se desarrolla la labor del Departamento de Geología Aplicada, el cual está encargado de generar información sobre peligros geológicos (volcánicos, remociones en masa, inundaciones, etc.), sobre hidrogeología y vulnerabilidad de acuíferos, geología para el ordenamiento territorial, geotermia, así como también asesorar a autoridades en caso de crisis debidas a fenómenos naturales, y actuar como ente técnico en la evaluación de EIA y DIA, dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. De esta manera, la labor desarrollada por este departamento está directamente ligada al quehacer de la comunidad nacional en diversos aspectos, no solo como organismo generador de información, sino también como medio de difusión de ésta y gestor de la implementación e incorporación de esta información en el ordenamiento territorial.

## PELIGROS GEOLÓGICOS

### *Volcánicos*

Chile está ubicado en el sector sur occidental del Cinturón de Fuego del Pacífico, donde la Placa de Nazca se introduce por debajo de la Placa Continental, generando gran actividad sísmica y volcánica a lo largo de casi todo el país. En la cadena andina se disponen centenas de edificios volcánicos de edad geológicamente reciente, dentro de los cuales existen aproximadamente 120 que han tenido algún tipo de actividad eruptiva en los últimos 11.000 años, y de éstos, unos 60 han tenido erupciones en tiempos históricos (últimos 500 años en Chile). En el sur del país, específicamente en las regiones de La Araucanía, de Los Ríos y de Los Lagos, se ubican los volcanes más activos de nuestro territorio, entre los cuales están dos de los volcanes más activos de Sudamérica: los volcanes Llaima y Villarrica. En el norte del país, entre las regiones de Arica y Parinacota y de Atacama, se ubican diversos volcanes

activos, aunque presentan una menor recurrencia eruptiva que sus equivalentes del sur. Sin embargo, en esta zona, se encuentra el volcán activo más alto del mundo: el Nevado Ojos del Salado, que si bien corresponde a un edificio relativamente pequeño, en comparación con los de los volcanes Llaima y Villarrica, al ubicarse sobre una meseta de gran altura, el Altiplano, llega a tener la mayor elevación a nivel mundial.

En tiempos históricos, solamente los volcanes del sur de Chile han causado la muerte de personas y pérdidas económicas por destrucción de viviendas e infraestructura, aunque la erupción explosiva del volcán Láscar (1993, II Región de Antofagasta) causó importantes daños a la agricultura de las provincias de Salta y Jujuy en Argentina debido a la caída de ceniza. Por otra parte, la zona sur de nuestro país concentra la mayor proporción de la población que habita en los alrededores de volcanes activos. Debido a lo anterior, los primeros esfuerzos tendientes a generar información sobre peligros volcánicos se concentró en esta zona. Para poder efectuar una zonificación de peligros volcánicos es imprescindible conocer la historia eruptiva y evolución de un volcán. Para esto, se realiza una serie de estudios y levantamiento de información en terreno y en laboratorio. A través de estos estudios se determina cuáles son los fenómenos volcánicos más recurrentes para el volcán estudiado y se analiza la posibilidad de que una futura erupción pueda afectar distintas zonas aledañas al edificio volcánico.

Finalmente, los mapas de peligro volcánico deben ser internalizados por las autoridades y población que habita en las cercanías de los volcanes activos. Para lograr esto, se efectúa, en conjunto con el OVDAS (Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur, Temuco, también dependiente de SERNAGEOMIN) un importante trabajo de difusión, enfocado a autoridades, población en general y, en especial, a los escolares, mediante charlas, distribución de folletos, videos educativos, etc. El objetivo principal es mantener a las personas informadas de los posibles efectos de la actividad volcánica, puesto que esto es fundamental para lograr tener una comunidad preparada para enfrentar una posible emergencia volcánica.

### *Remociones en masa*

Los fenómenos de remociones en masa en Chile históricamente han causado pérdidas de vidas humanas y daños económicos y sociales de diversa consideración. Basta recordar las desastrosas experiencias de Antofagasta (1991), Santiago (1993), Caleta Buill (2002), Concepción (2005) y, más recientemente, la crisis en el Fiordo Aysén (2007). En la mayoría de los casos, las pérdidas se han producido debido a que los asentamientos humanos se encuentran ubicados en zonas de alta peligrosidad, lo que denota una inadecuada planificación territorial, ausencia de medidas de prevención y mitigación y, básicamente, falta de estudios específicos que adviertan de este peligro.

El peligro asociado a los procesos de remoción en masa se representa, generalmente, en mapas que muestran la distribución espacial de diferentes niveles de peligrosidad. Con peligro, nos referimos, en este caso, al fenómeno físico (remoción en masa) potencialmente dañino, que puede producir pérdidas de vidas humanas, problemas a la salud de las personas, daños a la propiedad, trastornos económicos y sociales o degradación ambiental.

Los trabajos sistemáticos de SERNAGEOMIN en esta área, principalmente incluidos en estudios geológicos integrales orientados a la planificación del uso del territorio y la gestión ambiental, resultan en mapas de peligro donde se representa la posibilidad espacial de ocurrencia de remociones en masa en términos de la mayor o menor susceptibilidad del terreno a verse afectado por estos fenómenos.

La susceptibilidad a las remociones en masa se entiende como una forma de evaluar y estimar cómo las características propias del terreno lo hacen más o menos propenso a verse afectado por estos procesos.

No considera, de este modo, las variables externas que actúan como factores detonantes (lluvias intensas o sismos) y, por lo tanto, no dice relación alguna con la frecuencia temporal de la ocurrencia de remociones.

La metodología utilizada ha sido la del “método implícito” o “método de mapeo directo”. En esta, el grado de susceptibilidad se determina directamente a partir de la presencia de remociones en masa actuales y pasadas, la pendiente de las laderas y otros factores que son evaluados por el experto y que influyen en la generación de las remociones (por ejemplo, uso de suelo, litología, grado de fracturamiento de la roca, entre otros).

Actualmente, se están incorporando otras metodologías para determinar la susceptibilidad mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y métodos estadísticos, como fue hecho, por ejemplo, para el caso de las remociones causadas por la crisis sísmica de Aysén en abril de 2007. Igualmente, en los próximos proyectos se espera poder establecer la relación entre las remociones en masa y sus detonantes, principalmente en relación a la ocurrencia de fuertes precipitaciones, incorporando de esta manera la probabilidad temporal de ocurrencia de estos fenómenos.

## HIDROGEOLOGÍA

El aumento de la explotación de los acuíferos, el desarrollo industrial, minero y agrícola, y el desarrollo de una conciencia de protección ambiental y uso sustentable de los recursos hídricos, ha generado una demanda creciente de información sobre aguas subterráneas. Por otra parte, la diversidad climática de nuestro territorio, que causa una variabilidad en la disponibilidad de los recursos hídricos a lo largo del país, y a la vez; condiciona el desarrollo de diferentes actividades económicas, genera diferentes preocupaciones y temáticas de interés en torno al agua subterránea.

En el norte del país la escasez de agua y los usos competitivos han hecho centrar la atención en la evaluación de los recursos disponibles, la búsqueda de nuevas fuentes y la generación de información hidrogeológica para la implementación de herramientas para la gestión y administración de los acuíferos, en un contexto de gestión integrada de los recursos hídricos. Con este objetivo, SERNAGEOMIN en conjunto con otras instituciones, como la Universidad Católica del Norte y la Dirección General de Aguas, han propuesto la realización de estudios hidrogeológicos a nivel de cuenca, mediante la aplicación de múltiples técnicas de investigación, tales como métodos geofísicos y estudios de la química de las aguas subterráneas, que permitirán comprender el funcionamiento de los sistemas acuíferos. Estudios de este tipo se encuentran en desarrollo y próximos a iniciarse en la cuencas de los ríos Huasco y Copiapó, respectivamente, en la Región de Atacama.

En el sur del país el deterioro de la calidad del agua superficial, la variación estacional en sus caudales y la disminución de la disponibilidad de derechos de agua ha incrementado el interés por las aguas subterráneas. Lo anterior, junto con el aumento de la población en las áreas urbanas, como ocurre en la cuenca de Santiago, área que se vislumbra como una megaciudad en el corto plazo, plantean la necesidad de una cuidadosa planificación de los recursos hídricos para evitar su sobreexplotación y contaminación. En respuesta a este interés, SERNAGEOMIN ha realizado investigaciones para la evaluación de la vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación y de los recursos de agua subterránea, en términos de su calidad y disponibilidad, incluidos en los estudios de geología para el ordenamiento territorial.

La información generada en estos estudios se traducen en publicaciones e informes inéditos, que incluyen mapas a diversas escalas y nivel de complejidad, dependiendo el tipo de usuario a los cuales están dirigidos y destacando las temáticas de mayor interés en cada área.

El escaso conocimiento a nivel nacional sobre ecosistemas acuáticos dependientes del agua subterránea plantean nuevos desafíos para los estudios hidrogeológicos. En esta línea, el Departamento de Geología Aplicada participa en los Comités Nacionales de Biodiversidad y Humedales, coordinados por CONAMA, donde contribuye a incorporar la variable geológica en las estrategias de trabajo.

La difusión de esta información hidrogeológica y la asistencia técnica en estas materias es también un desafío prioritario para el Departamento de Geología Aplicada que requiere ser potenciado, dada la importancia de esta temática para el desarrollo sustentable de nuestro país.

## GEOLOGÍA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El crecimiento y desarrollo de las ciudades, la necesidad de recursos naturales para diferentes actividades productivas y la seguridad de las personas y comunidades requieren, ineludiblemente, de una adecuada planificación del uso del territorio.

En este marco, la información geocientífica juega un rol fundamental como una de las variables y herramientas básicas que deben ser consideradas en la toma de decisiones.

En este sentido, SERNAGEOMIN comenzó el año 1998, en colaboración con el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) de Alemania, a generar estudios integrales que incorporarán todas aquellas variables geológicas que tuviesen algún impacto en el bienestar y desarrollo de las *sociedades*. De esta manera, los estudios geológico-ambientales están dirigidos al ordenamiento territorial, la preservación y el manejo de recursos naturales y la gestión ambiental.

Las principales temáticas tratadas hasta ahora dicen relación con peligros naturales (remociones en masa, respuesta sísmica, inundaciones), la ocurrencia y calidad de recursos de rocas, sedimentos y minerales, la presencia y calidad de recursos de agua subterránea, incluyendo la vulnerabilidad de éstas a ser contaminadas. En estos estudios se incluye también la información geológica básica (litologías, estructuras, etc.), la que constituye, como su nombre lo indica, la base sobre la cual son generados y soportados el resto de los mapas temáticos.

La información más relevante de cada temática es volcada en un mapa síntesis donde se resaltan los puntos de conflicto de uso del territorio, por ejemplo, la extracción de áridos en una zona de alta vulnerabilidad a la contaminación de un acuífero somero.

Las escalas de trabajo hacen a estos estudios herramientas útiles y recomendables para la planificación territorial a escalas regionales, provinciales e intercomunales. Sin embargo, su uso directo a nivel comunal es un poco más limitado. No obstante, al no existir estudios a escalas de detalle, estos trabajos son fuente básica de información, convirtiéndose así en una línea base sobre la cual trabajar.

A la fecha SERNAGEOMIN ha realizado y publicado trabajos geológico-ambientales en áreas en torno a algunas grandes ciudades, como por ejemplo, Puerto Montt, Osorno y Valdivia, en la zona centro-sur de Chile y la cuenca de Santiago en el centro del país. El estudio del área de Temuco estará disponible a fines de 2007, y durante el año 2008 se espera contar con trabajos de este tipo para las ciudades de Antofagasta y Rancagua. La escala de trabajo elegida fue 1:100.000, con estudios de más detalle (1:25.000) para algunos casos y temáticas específicas.

A escala regional se ha realizado estudios en la Región de Valparaíso y la Región Metropolitana (1:250.000), incluyendo temáticas de vulnerabilidad de acuíferos, susceptibilidad a remociones en masa e inundaciones, Patrimonio Geológico y Paleontológico, entre otros.

En la actualidad se trabaja en las áreas de Antofagasta, Rancagua y Castro, y se está planificando las zonas en las que se continuará desarrollando este tipo de estudios.

### ASISTENCIA A EMERGENCIAS GEOLÓGICAS

Debido a las características de nuestro territorio, anualmente ocurren emergencias cuyo origen está en algún fenómeno geológico: terremotos, erupciones, remociones en masa. Cuando eventos de este tipo ocurren en nuestro país, profesionales de SERNAGEOMIN y, en particular, del Departamento de Geología Aplicada, concurren para asesorar a las autoridades en la evaluación de los efectos y, de forma más importante, en el seguimiento de estos fenómenos geológicos, en caso de fenómenos de mayor duración, como erupciones o crisis sísmicas.

En estos casos, los profesionales asesoran a autoridades regionales, provinciales y locales, así como de la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), además de efectuar un trabajo de difusión con las comunidades afectadas. De esta forma, profesionales han colaborado en distintas crisis, como por ejemplo, fenómenos de remoción en masa que afectaron la región del Biobío los inviernos de los años 2004 y 2005; el ciclo eruptivo del año 2006 del volcán Láscar, la crisis sísmica del fiordo Aysén, desde enero del año 2007 hasta la fecha.

### INVESTIGACIÓN EN GEOTERMIA

La Geotermia es la energía que entrega el gradiente térmico de la Tierra, es decir que a mayor profundidad aumenta la temperatura. Sin embargo, en algunos sectores de la Tierra, este gradiente natural es anómalamente más alto. En particular, los países ubicados en el Cinturón de Fuego del Pacífico, entre ellos Chile, debido a la alta actividad magmática y/o volcánica, tienen gradientes térmicos más altos, que los hacen tener un mayor potencial para generación de energía geotérmica.

Este tipo de energía tiene diversas ventajas: es natural, limpia, con bajas emisiones de CO<sub>2</sub> y renovable, por lo cual es de gran importancia estudiar el potencial de esta fuente energética en nuestro país. Lamentablemente, una de las grandes barreras a la inversión en esta energía corresponde al alto riesgo inicial de la exploración. SERNAGEOMIN desarrolla desde este año un completo y pionero programa de exploración geotérmica a nivel nacional, para generar información detallada geológica, hidroquímica y geofísica, de sectores específicos con potencial geotérmico. De esta manera, se espera contribuir al desarrollo de este tipo de energía, al generar información básica que disminuya el riesgo inicial exploratorio de las empresas que desean invertir en ella.

