

# Sistemas de información geográfica aplicados en protección civil

TANIA GEZAN MATUS

Geógrafo

Oficina Nacional de Emergencia Ministerio del Interior

## RESUMEN

*El desarrollo científico y tecnológico ha posibilitado un mayor conocimiento de los problemas ambientales que atañen a la vida social, a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Nuestro país incorporó a sus trabajos permanentes en investigación, docencia y actividades prácticas, estos sistemas de análisis (SIG) y, en especial, para el área de protección civil, en relación a catástrofes naturales y cuya responsabilidad le compete a la Oficina Nacional de Emergencia, dependiente del Ministerio de Interior.*

## ABSTRACT

*The scientific and technological development has made possible a greater knowledge of the environmental problems that concern to the social life, through the Geographic Information Systems (GIS). Our country, incorporated to their permanent works in investigation, practical teaching, and activities, these systems of analysis (GIS) and in special for the area of civil protection, in relation to natural catastrophes and whose responsibility is incumbent on to him to the National Office of Emergency, employee of the Ministry of Interior.*

## INTRODUCCION

Los avances logrados por la ciencia y la tecnología, el crecimiento de la economía mundial y el continuo crecimiento urbano, han generado un gran volumen de información que se ha traducido en una diversidad de datos que necesitan ser evaluados de manera ágil, obteniendo resultados inmediatos y certeros. Un ejemplo de esto lo constituyen los Sistemas de Información Geográfica (SIG), herramienta computacional que manejada de manera lógica y apoyada con bases de datos espaciales, genera información que aporta datos para la toma de decisiones, no sólo a la ciencia geográfica, sino también en otras actividades relacionadas con el medio ambiente: recursos naturales, usos del suelo, estudios catastrales, planificación urbana, marketing, planificación de redes telefónicas, etc.

Desde hace diez años los SIG en Chile han tenido una relevante y vertiginosa evolución (Brignardello, L. 1996) incorporándose a las instituciones públicas tales como ministerios y municipalidades, al ámbito universitario (investigación y docencia) y a las empresas que ofrecen servicios y consultorías.

Dentro de este contexto y en aras de mejorar la calidad de vida de los habitantes, los Sistemas

de Información Geográfica, sirven de apoyo en el área de la Protección Civil. Esta herramienta computacional es capaz de mejorar y potenciar rápidamente la toma de decisiones en caso de un desastre y/o emergencia, no sólo en la fase de las acciones de Respuesta, sino también en la etapa de la Prevención y Mitigación, dentro de lo que se conoce como el ciclo de manejo del riesgo.

El siguiente artículo explica *grosso modo* la importancia de la herramienta SIG en el Manejo del Riesgo y la Protección Civil y establece una base metodológica para la orientación de una cartografía de riesgos.

## LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Los SIG organizan la información en bases de datos espaciales georreferenciadas y que administrada eficientemente permite obtener nueva información con resultados que están estructurados relacionamente. La ventaja principal de los SIG está en que son capaces de realizar el análisis de elementos gráficos, al mismo tiempo que consideran su localización espacial. Por ejemplo, si se desean ubicar viviendas en sectores seguros frente a la amenaza de inundación (desborde de las

aguas de un río) se deben considerar algunas variables de información espacial que permitan encontrar la mejor localización para las viviendas con relación a la pendiente del lugar, geomorfología, sistema de drenaje, tipo de vegetación, uso del suelo, etc.; la idea es que en pocos minutos, esta herramienta (SIG) realice y obtenga respuesta respecto a la mejor localización para ubicar las viviendas frente al área de riesgo.

Para lograr esto, el SIG debe disponer de datos que permitan analizar la ubicación exacta del río e identificar aquellos lugares donde se desborda, conocer la pendiente del terreno, conocer la calidad del suelo y su grado de permeabilidad, conocer la cobertura vegetal existente en el lugar que actuará como protección frente al caso de una eventual inundación.

El ejemplo resalta que los Sistemas de Información Geográfica están enfocados al análisis relacional de bases de datos espaciales, alfanuméricos, los que mediante su estructuración y proce-

samiento generarán nuevos datos, según los requerimientos del usuario. Los SIG se componen, principalmente de sistemas de ingreso, salida y representación cartográfica, además del sistema de análisis de la información. Según Bosque (1992) el ingreso o captura de la información está asociada no sólo a la digitalización o escaneo de algún mapa, sino también a las correcciones espaciales (edición) que estos, muchas veces, requieren para representar el verdadero espacio terrestre. La salida de información se asocia a los productos cartográficos, luego del análisis de los antecedentes incorporados en la base de datos, tanto alfanuméricos como gráficos (Figura 2).

**PROTECCION CIVIL Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA**

La protección civil se encuentra presente desde la aparición del hombre en la tierra. En la an-

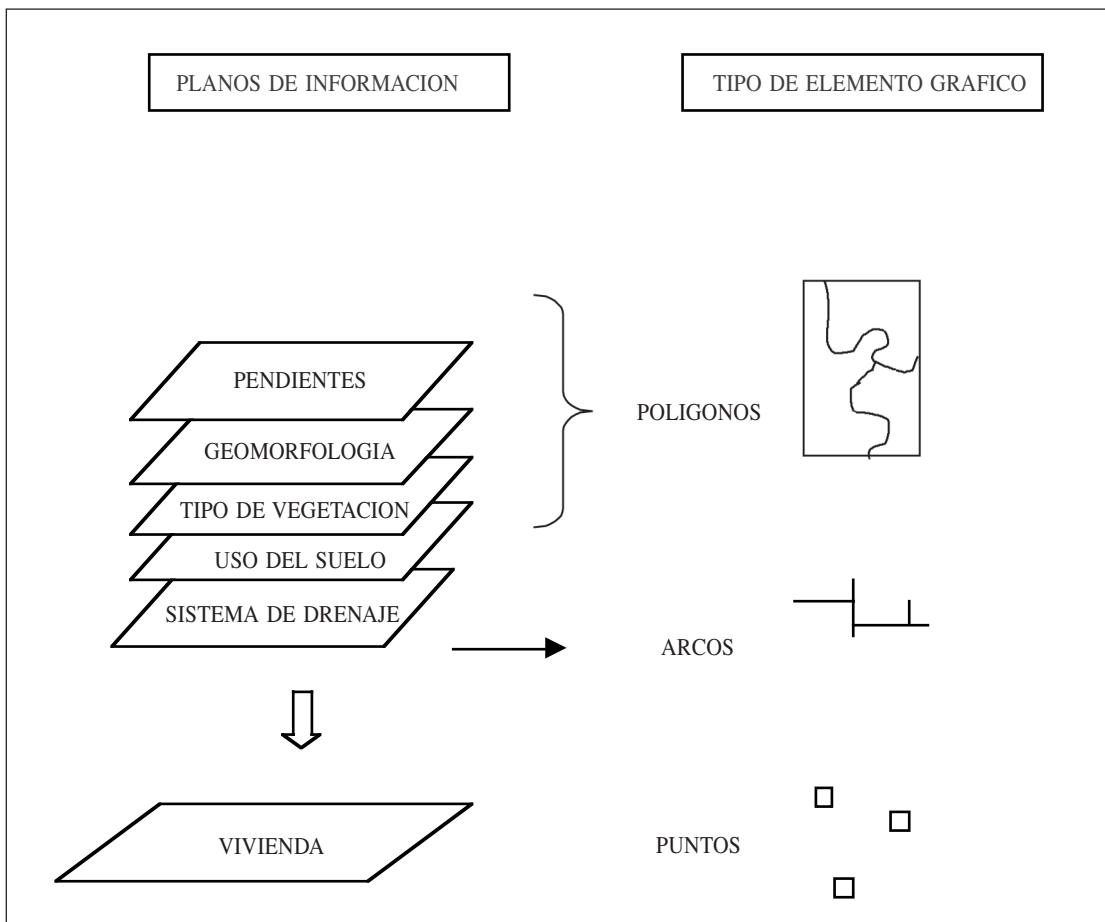


Figura 1: Ejemplo de la relación entre uso característico espacial y su representación cartográfica digital.

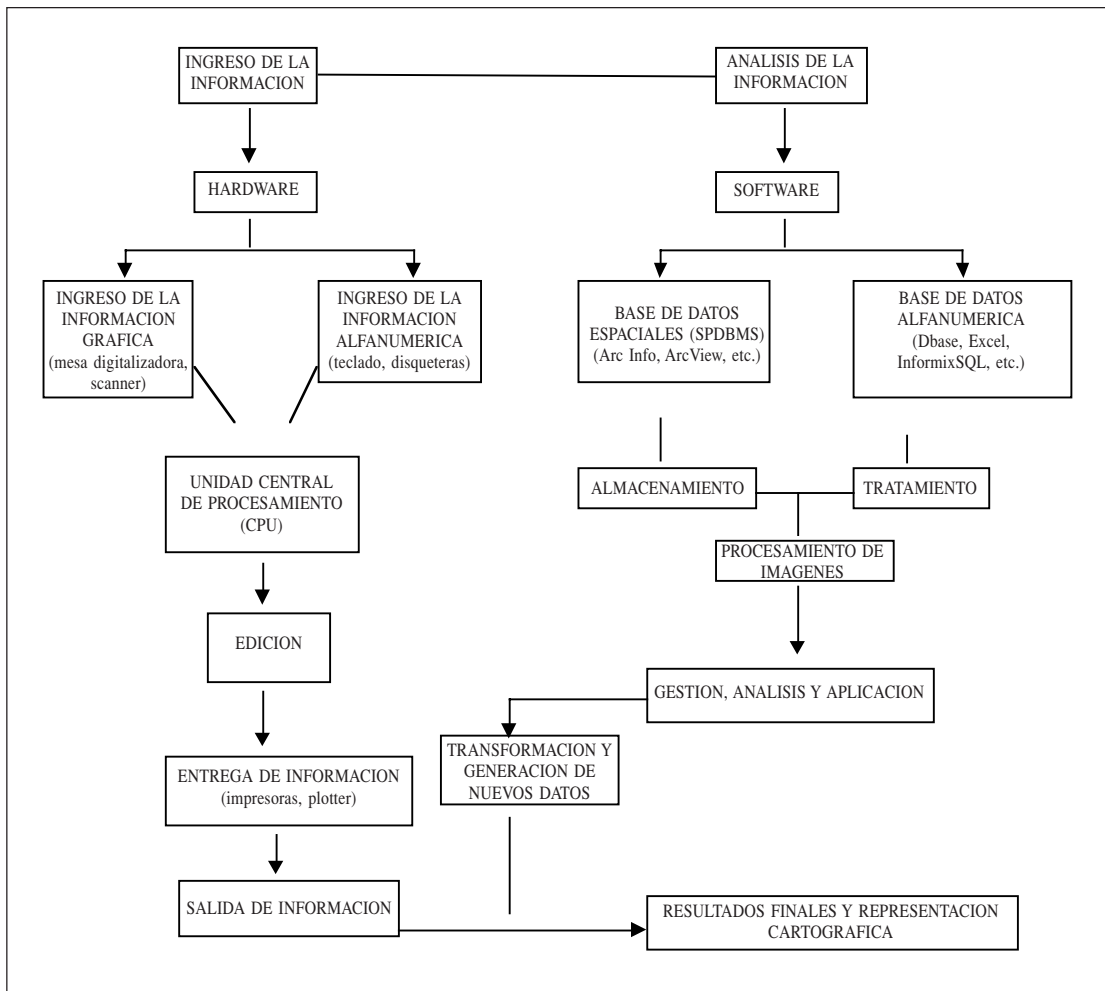


Figura 2: Principales componentes de un Sistema de Información Geográfica.

tigüedad el hombre se protegía contra los animales salvajes, la acción del fuego, saqueos o ataques armados. En períodos de grandes peligros como guerras, epidemias o fenómenos de origen natural el ser humano percibió su vulnerabilidad y tendió a reflexionar sobre la mejor manera de protegerse (Bodi, 1985). Hoy, al igual que en la antigüedad, el hombre inconscientemente se protege contra sus amenazas y conoce perfectamente sus riesgos y cómo enfrentarlos.

Actualmente y con el constante desarrollo que experimenta el mundo, los países están expuestos a mayores riesgos y peligros y, a veces, no son capaces de enfrentarlos de manera aislada. Por tal motivo, y como una manera de enfrentarlos en forma solidaria, se han creado diferentes organismos internacionales como las Naciones Unidas, y otros organismos similares que se dedican a colaborar con los países que requieren ayuda.

Los países también disponen de organismos nacionales que se preocupan de esta área. En algunos se denominan Defensa Civil, en otros, Comisión Nacional de Emergencia, Sistema de Protección Civil.

En Chile, el organismo del Estado especializado en Protección Civil es la Oficina Nacional de Emergencia que depende del Ministerio del Interior. Esta institución se sustenta en el Art. 1 Cap. 1 de la Constitución Política de la República de Chile que señala que: "... es deber del Estado resguardar la seguridad nacional, dar protección a la población y a la familia..." (ONEMI, 1974).

En la aplicación de los SIG en Protección Civil se deben identificar y conocer claramente las amenazas y vulnerabilidades del área en estudio, información que debe ser difundida y compartida en la comunidad con el propósito de modificar conduc-

tas ciudadanas preventivas, ya que ella se encuentra o fue afectada por algún tipo de riesgo. La Oficina Nacional de Emergencia (1997) define Riesgo como “la probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado”. El Riesgo está conformado por una relación interdependiente y directamente proporcional entre los factores Amenaza y Vulnerabilidad. Con relación a la percepción y conocimiento de la población frente a sus posibles riesgos es un aporte en las etapas de la Prevención, Mitigación, Alerta y Respuesta, que puede disminuir ostensiblemente el impacto de un evento riesgoso en beneficio de los propios habitantes.

Por lo tanto, el objetivo general de los Sistemas de Información Geográficos en Protección Civil es **“Identificar, localizar y analizar los distintos riesgos (amenazas y vulnerabilidades) y recursos que permitan apoyar la prevención, mitigación y las acciones de respuesta ante un desastre”**. Ejemplo de ello lo constituye el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), que mediante el software ArcView creó antes de la ocurrencia del Huracán Mitch, el Atlas Digital de Honduras, destinado a la planificación de recursos naturales y actividades agrícolas. Este Atlas servirá para restaurar el cultivo del poroto, fuente del 70% de las calorías diarias de la población de Honduras y permitirá establecer la localización de los agricultores más pobres que tienen necesidad de semillas e insumos, como también hacer el más rápido contacto con ellos. Una muestra importante de lo que en conjunto aportan los SIG, fue el procesamiento y análisis de una imagen satelital RADARSAT donde se obtuvo un detallado panorama durante y después del paso del huracán, entregando una clara idea del alcance y la ubicación de las zonas inundadas. Mediante el sensor remoto del proyecto, las luces de imágenes satelitales nocturnas permitieron identificar lugares donde las líneas de energía estaban fuera de uso. Con imágenes LANDSAT, localizaron terrenos individuales, que mostraban cuáles eran los cultivos, y de qué manera el desastre cambió el paisaje (Pratt Timothy, 1999).

En nuestro país, desde la perspectiva de las ciencias de la tierra, existen varios trabajos sobre la identificación o determinación de áreas de riesgos por inundación, *tsunamis*, aluviones e incendios forestales. Existen además investigaciones orientadas al estudio de los efectos que ocasionan los fenómenos de origen natural, antrópico o tecnológico; entre ellos se pueden citar estudios de riesgos por efecto de los aluviones en las comunas de La Reina, Peñalolén, La Florida o Macul; inundación

en la comuna de Vitacura por desborde del río Mapocho, desborde del río Aconcagua; incendios forestales en la V Región de Valparaíso; estudio de los contaminantes en la Región Metropolitana, entre otros. En el ámbito de la volcanología se han realizado estudios específicos de volcanes de Chile (Hudson, Lascar, Villarrica, etc.), identificando sus características, zonas afectadas y consecuencias por alguna erupción. Sismólogos analizan los registros de sismos ocurridos en todo el territorio nacional; meteorólogos realizan estudios del comportamiento de la atmósfera con las posibles consecuencias que ocasionan los ciclos climáticos El Niño y La Niña.

Dichas investigaciones son realizadas principalmente en el ámbito académico y organismos estatales como el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), Departamento de Sismología de la Universidad de Chile, el Instituto Geográfico Militar (IGM), Centro de Información de Recursos Naturales-Corporación de Fomento (CIREN-CORFO) y la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI). En la actualidad, algunos municipios están integrando en sus planes reguladores la variable “riesgo” como medida de prevención de desastres. Estas investigaciones, muchas veces, están apoyadas por tecnología SIG y con el aporte de imágenes satelitales, fotografías aéreas, ortofotos, etc. Un ejemplo relacionado directamente con Protección Civil y SIG, es la investigación realizada por Lagos (1997), quien elaboró una representación digital del fenómeno *tsunami* en superficie, mediante modelos espaciales elaborados en un SIG. Esto permitió identificar claramente el área geográfica potencialmente afectada en el borde costero de la ciudad de Arica. Además se integró el análisis y comportamiento de la amenaza y la vulnerabilidad de la población en su estudio.

Como se puede apreciar, la mayoría de las investigaciones corresponden a estudios aislados de posibles amenazas que no incorporan el concepto global de lo que se entiende por Protección Civil.

#### **BASE METODOLOGICA PARA LA ELABORACION DE UNA CARTOGRAFIA DE RIESGOS**

- 1. Selección del área:** según los objetivos del estudio se debe elegir la unidad de interés (Nacional, Regional, Comunal, etc).
- 2. Selección de una adecuada escala de trabajo:** esta selección, permite orientar los objeti-

vos de la cartografía, del usuario, del volumen y nivel de información disponible. Se puede establecer una división del territorio según la escala a utilizar y los objetivos que se pueden lograr con dicha información (Tabla 1).

**3. Creación de un Banco de Datos:** se debe crear un banco de datos que contenga todas las variables necesarias para realizar una cartografía de riesgo. Debe estar enfocado al área seleccionada y la escala de trabajo.

**4. Recolección de Información:** en esta etapa se deben considerar todos los datos necesarios para la construcción y el análisis de la cartografía. Con el objeto de una mejor organización de la información, se puede dividir su recolección en dos partes:

a) *Información Estadística:* antecedentes sobre las características de las amenazas existentes en el área de estudio y sobre las vulnerabilidades, incluyendo la importancia de los recursos. El almacenamiento se puede realizar mediante los software Access, Oracle, Dbase, Lotus, Excel, etc. Las amenazas a considerar son las de origen natural y antrópico, y en el ámbito de los recursos –dependiendo de la escala de trabajo– se debe contar con in-

formación sobre, red vial actualizada, puentes, colegios, centros de salud, carabineros, bomberos, fuerzas armadas, instalaciones turísticas, edificios públicos, etc.

b) *Información Espacial:* antecedentes sobre la cartografía base a utilizar, ya sea cubiertas digitales de información espacial como hidrografía, red vial, curvas de nivel, etc. y sobre la localización geográfica de las amenazas, vulnerabilidades y recursos. El ingreso debe realizarse vía digitalización o escáner. Algunos de los software utilizados en el ingreso y tratamiento de la información pueden ser ArcInfo, ArcView, Idrisi, MapInfo, TNT Mips, etc.

**5. Poblamiento de la Base de Datos:** es muy importante el ingreso de la información y la clasificación en relación a los objetivos. La idea es contar con un mayor volumen y mejor calidad de la información. Se debe contar con datos actuales de amenazas y vulnerabilidad. Si es necesario se deben realizar encuestas y/o entrevistas con los habitantes involucrados y con los organismos o instituciones generadoras de información (Instituto Nacional de Estadísticas, Instituto Geográfico Militar, CIREN-

Tabla 1

Nivel	Escala de trabajo	Objetivo
MACRO	1: 1.000.000 - 1:500.000 1: 250.000	Identificar y localizar amenazas que afecten a un país en su territorio. Además permite identificar sectores recurrentemente afectados y que requieran de estudios específicos. En este nivel sólo se puede realizar cartografía temática, ya que el nivel de detalle de la información es ínfimo. Por ejemplo: cartografía de Riesgo Volcánico del Territorio Nacional; Cartografía con la recurrencia de sismos ocurridos el siglo XX en la IV Región, etc.
MEDIO	1: 100.000 - 1: 50.000 1: 25.000	Identificar y localizar amenazas y vulnerabilidades. A esta escala se puede realizar un análisis con más detalles de las áreas de riesgos, sectorizando áreas más conflictivas, por lo tanto, es posible realizar medidas de prevención y mitigación. Por ejemplo: cartografía de Riesgo por Incendios Forestales en Valparaíso; cartografía de Riesgo por Inundación en la Región Metropolitana.
MICRO	1: 10.000 - 1: 5.000	Identificar y localizar las amenazas, vulnerabilidades y los recursos. Esto permite obtener un catastro del área, la localización exacta de las amenazas, identificar áreas de influencia, zonas de protección en caso de un desastre, ubicación de centros educacionales y de salud, bomberos, carabineros, edificios públicos, etc. Este nivel es el más manejable para realizar el análisis de riesgos y proponer las medidas de prevención, mitigación y preparar las acciones de respuesta ante un desastre. Por ejemplo: Cartografía de Riesgos de la comuna de San Antonio; Cartografía de Riesgos del Volcán Villarrica.

Fuente: Adaptado de Leyton Cristián, 1996.

CORFO, Servicio Nacional de Geología y Minería, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, etc.) La base de datos debe ser completa en cuanto a información estadística (alfanumérica) y espacial, contando no sólo con datos digitalizados y/o escaneados, sino también con el apoyo de imágenes satelitales, fotografías aéreas, ortofotos, etc.

6. **Verificación en Terreno:** se deben verificar en terreno la o las amenazas y las zonas vulnerables, ya que permite por un lado contrastar los datos trabajados en gabinete y, por otro, que la comunidad involucrada realice las mejoras o modificaciones correspondientes, además de localizar exactamente las zonas en estudio y los recursos. Por lo tanto, esta etapa permitirá tener una primera aproximación a una cartografía de riesgos, ya que estarán identificadas a grandes rasgos las zonas afectadas por las amenazas y las zonas vulnerables.
7. **Elaboración de la Cartografía Base:** con los antecedentes recopilados se puede establecer una cartografía base identificando las áreas de riesgo, las características de la vulnerabilidad y localización de los recursos. Esto permite en gran medida tener un sustento real con información territorial que sirve de apoyo en las etapas de la Prevención y la de Respuesta en caso de un desastre, ya que se pueden realizar planes de contingencia en beneficio de la comunidad. Se cuenta con un plano base de uso del suelo actual y el posible uso futuro, por lo tanto, se cuenta con un producto territorial eficaz.
8. **Análisis con Sistema de Información Geográfica:** la herramienta SIG sirve de apoyo en los temas relacionados con la Protección Civil; por tal motivo, es importante enfocar el análisis espacial en función de los objetivos que se desean cumplir. A modo de ejemplo: si se desea localizar los sitios con riesgo volcánico del volcán Lascar (I Región), se necesitan las cubiertas relacionadas con la amenaza, que incluyen pendiente, hidrografía, geomorfología, uso del suelo y vegetación, y relacionadas con la vulnerabilidad, que consideran identificación de localidades pobladas, características de las viviendas y población, etc. La interrelación de las diferentes cubiertas permite obtener información enriquecida adicional y con un bajo costo de tiempo y dinero. El SIG localizará e identificará el área exacta con riesgo volcánico, las personas afectadas y su entorno.

## A MODO DE CONCLUSION

La experiencia de las aplicaciones SIG en la Protección Civil es un aporte para el desarrollo de los países en materia del manejo del riesgo; no sólo porque ayuda en la etapa de la Prevención y la Mitigación del desastre, sino que es efectivo en la toma de decisiones en el caso de producirse algún evento.

Los SIG deben estar enfocados a los objetivos de cada institución o entidad que desee analizar los Riesgos. A nivel local, cada municipio debe contar con su mapa o plano de riesgos, donde tengan identificadas las amenazas, vulnerabilidades y los recursos. Bajo la plataforma del computador, cada comuna puede planificar su territorio no sólo en la etapa de la prevención de un desastre, evitando o mitigando los efectos de una inundación, aluvión, incendio urbano (al tener localizadas las industrias peligrosas); en caso de un sismo de alta intensidad al tener identificadas y localizadas las viviendas según su tipo, se puede prevenir el impacto (no evitar el sismo) preparando a la comunidad en la identificación de las zonas seguras de su vivienda o de su barrio.

Con relación a la localización de los recursos en el SIG, se pueden preparar planes de contingencia y respuesta en caso de un desastre conociendo de antemano la ubicación de los recursos: donde se encuentran los retenes y cuarteles de Carabineros y Bomberos, los consultorios de salud, Cruz Roja, instalaciones militares, albergues, colegios, etc; la localización exacta de las vías de comunicación permitirá a los equipos de ayuda encontrar rápidamente el lugar afectado. Al tener identificada la población y todas sus características se puede apreciar rápidamente la cantidad de habitantes que están afectados y, de este modo, planear las estrategias de ayuda que permitan salvaguardar la vida y seguridad del ciudadano.

## BIBLIOGRAFIA

- BOSQUE S., JOAQUIN (1992): "Sistemas de Información Geográfica". Ediciones RIALP, S.A. Madrid, España.
- BODI M., MILAN (1985): "La Protección Civil Evolucionaria" En: *Boletín de la Organización Internacional de Protección Civil*. Nº 361. Ginebra, Suiza.
- BRIGNARDELLO, L. y GUTIERREZ, A. (1996): "Consideraciones sobre la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en las actividades universitarias". En: *Revista de Geografía Norte Grande*, 23: 103-107. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

- LAGOS, MARCELO (1997) "Modelamiento Espacial del Riesgo de *tsunami* en la ciudad de Arica". Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Oficina Nacional de Emergencia, Ministerio del Interior, Chile.
- LEYTON, CRISTIAN (1996): Apoyo al Sistema Nacional de Protección Civil. "Elaboración de una Metodología de Microzonificación de Riesgos de Aplicación de Sistemas de Información Geográfica". Informe Final. Programa de Naciones Unidas Para el Desarrollo/PNUD. Oficina Nacional del Emergencia. Ministerio del Interior, Chile.
- OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA (ONEMI) (1974) (1997): "Marco Conceptual en Protección Civil. Módulo Básico. Programa de Formación Profesional en Protección Civil". ONEMI, Ministerio del Interior. Departamento de Protección Civil. Santiago, Chile.
- ORGANIZACION INTERNACIONAL DE PROTECCION CIVIL (OIPC)(1988): Editorial "¿Hacia dónde vamos?" En: *Revista Internacional de Protección Civil* N° 1. Editada por la Organización Internacional de Protección Civil. Ginebra, Suiza.
- PRATT, TIMOTHY (1999): "Tras La Huella de un Desastre" En: *Revista Geoinformación* 5: 38-41. Editorial Terra de Chile S.A. Santiago, Chile.