



ANDREW MASKREY
Editor

NAVEGANDO ENTRE BRUMAS

LA APLICACIÓN DE LOS **SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA** AL ANÁLISIS DE RIESGO EN AMÉRICA LATINA

LA RED

Red de Estudios Sociales en Prevención de
Desastres en América Latina

1998

El presente libro ofrece una sistematización de experiencias de aplicación de los SIG al análisis de riesgos en América Latina y un análisis de los problemas conceptuales y metodológicos que deberían enfrentarse en su diseño e implementación. No pretende ofrecer recetas, pero sí busca resaltar las cuestiones claves que deberían tomarse en cuenta en las aplicaciones SIG para el análisis de riesgos y las posibles estrategias de diseño e implementación que podrían explorarse. El uso de *inteligencia* en el diseño de modelos espaciales-temporales y desarrollo de aplicaciones a diferentes niveles de resolución como estrategias para reducir la complejidad y la incertidumbre; el uso de métodos participativos de generación de datos y de análisis de riesgos; la aplicación de métodos y técnicas para la gestión de errores y estrategias de implementación de los SIG a corto plazo, basadas en sistemas de bajo costo y ofreciendo funcionalidades muy específicas, son sólo algunas de las recomendaciones que se postulan aquí.

El objetivo central de su publicación, por parte de la Red de Estudios Sociales en América Latina: LA RED, es que los investigadores, diseñadores y usuarios comprometidos adopten una actitud crítica y analítica hacia el desarrollo de aplicaciones de SIG para el análisis de riesgos, mejorando la calidad de las mismas. La primera parte de este libro ofrece una sistematización y análisis comparativas sobre la aplicación de los SIG al análisis de riesgos en América Latina, en base a la literatura disponible. La segunda parte del libro ofrece una selección de estudios de casos presentados en un Taller sobre la Aplicación de SIG al Análisis de Riesgos, organizado por la Red de Estudios Sociales en América Latina: LA RED, en el marco de su V Reunión General llevada a cabo en Lima, Perú, en octubre de 1994.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 8: SIG: PREVENCIÓN Y MANEJO DE LA VULNERABILIDAD URBANA EN ZONAS DE ALTO RIESGO SÍSMICO	4
DRA. NELLY A. GRAY DE CERDÁN	4
1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	4
2. LOS TEMAS DE INVESTIGACIÓN Y LOS PROYECTOS.....	5
3. INTRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MANEJO DE DESASTRES URBANOS	8
4. IMPACTO DE LA INTRODUCCIÓN DE LOS SIG EN LA ES TRUCTURA DE LAS DECISIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS	18

CAPÍTULO 8: SIG: PREVENCIÓN Y MANEJO DE LA VULNERABILIDAD URBANA EN ZONAS DE ALTO RIESGO SÍSMICO

Dra. Nelly A. Gray de Cerdán *

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Hace ya una década que, con la asistencia financiera del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Cátedra de Geografía Urbana y Urbanismo, y el Centro de Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial, del Departamento de Geografía (Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina), se han desarrollado una serie de estudios sobre la producción de los desastres sísmicos y su influencia en la organización y funcionamiento de la ciudad de Mendoza.

Al evaluar la evolución del asentamiento, el impacto de los episodios sísmicos en la estructura de la ciudad y el nivel de riesgo latente en la zona, se determinó la necesidad de colaborar desde la universidad para mejorar el enfoque de la planificación urbana e incluir esta variable en las decisiones que se tomen sobre la ciudad. La organización del equipo de trabajo y la selección de los temas se realizó teniendo en cuenta la complejidad del fenómeno y la necesidad de prioridad a los aspectos de prevención de los desastres, más que de manejo de la emergencia en sí misma. Es decir, preparar al asentamiento y a su población para poder minimizar el impacto de la amenaza sísmica.

Los diversos estudios realizados confirman la alta vulnerabilidad a la que está sometida la población de la ciudad del Gran Mendoza: por su instalación en la zona de más alto riesgo sísmico del país, por la forma en que crece, porque no se tienen en cuenta los procesos naturales, porque se avanza sobre zonas con peligros comprobados (fallas, deslizamientos, etc.), porque las instituciones y la población en general dan prioridad a las ventajas económicas de corto plazo sobre las acciones de prevención.

Estos estudios, en consecuencia, han tenido la finalidad de:

- Mejorar el conocimiento del riesgo al que está sometida la población urbana, sus bienes y actividades económicas.
- Sistematizar información clara, precisa y actualizable, para mejorar la toma de decisiones en caso de emergencias sísmicas.

* Centro de Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial (C.I.F.O.T.) Facultad de Filosofía y Letras 5o. piso, Universidad Nacional de Cuyo, Centro Universitario, 5500 Mendoza, Argentina. Fax (061) 380457.

- Profundizar en aspectos de interpretación, análisis y correlaciones, que habitualmente no pueden ser abordados por los organismos públicos.
- Colaborar generando herramientas de prevención y manejo, que permitan preparar razonablemente el asentamiento urbano y orientar su crecimiento, para mitigar el impacto de los sismos.
- Proteger las inversiones futuras, ya que ésta es una zona donde se están gestando procesos de crecimiento económico y de integración dinámicos, en un contexto de apertura hacia mercados internacionales.
- Transferir conocimientos e investigaciones a los responsables de tomar decisiones y a la población en general.
- Algunos de los trabajos realizados están integrados en un CD-ROM de la Biblioteca de Manejo de Peligros, publicado por el Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la O.E.A.
- La responsabilidad de dirigir la investigación de becarios e investigadores en este tema, y de crear esta línea de trabajo en el CIFOT, ha permitido capitalizar una vasta experiencia, cuyas reflexiones se intenta ofrecer en este trabajo. Particularmente, interesa poner en evidencia las experiencias (positivas y negativas), los resultados de los proyectos y, sobre todo, las posibilidades de mejorarlos al utilizar herramientas georreferenciadas (Sistemas de Información Geográfica) en su desarrollo.
- Analizaremos, en consecuencia, tres aspectos sustantivos:
- Naturaleza, organización y correlación entre los proyectos de investigación; sus resultados.
- Introducción de los Sistemas de Información Geográfica: manejo conceptual y de la información, procesamiento y análisis operativo, integración institucional de los SIG en temas de vulnerabilidad urbana.
- Impacto de la introducción de los SIG en la estructura de las decisiones públicas y privadas.

2. LOS TEMAS DE INVESTIGACIÓN Y LOS PROYECTOS

La tarea de investigación se orientó preferentemente hacia aspectos nuevos, habitualmente no contemplados en el Código de Edificación de la ciudad de Mendoza, y sobre todo hacia los que, entre ellos, son fundamentales para prever el comportamiento del tejido urbano durante un desastre:

- Redes de infraestructura (agua y sistemas cloacales)
- Hospitales de alta complejidad (públicos y privados)
- Edificios escolares (públicos y privados)
- Edificios cuyas actividades congregan población durante muchas horas (públicos y privados)
- Zonas que ofrecen, desde el punto de vista natural y de organización, riesgo para la instalación permanente o transitoria de la población
- Normas de zonificación que incluyan la variable sismicidad como parámetro válido para la organización territorial

Estos temas, hasta ahora, no han sido incorporados sino parcialmente en las tareas de planificación y evaluación del crecimiento urbano. La ciudad cuenta sólo en el Código de Construcción con normas de construcción antisísmica. El documento tiene una larga trayectoria: comprende especificaciones rigurosas controladas por los organismos municipales que han servido a la ciudad, como herramienta importante, para reducir el riesgo de desastres y un puesto de avanzada en este tema en el país, pero no incorpora previsiones de urbanización (áreas por ocupar, densidades de instalación, áreas de protección, etc.).

Cada acontecimiento sísmico importante ha incidido en la necesidad de revisiones del mismo, situación que permitió incorporar nuevos materiales y técnicas de construcción para mejorar la calidad y resistencia de las instalaciones. Pero el tema de la prevención y de la planificación urbana recién ha comenzado a tomar importancia operativa en la década del 90, en estrecha vinculación con las preocupaciones ambientales.

Es necesario señalar, en consecuencia, que no existe conciencia de la necesidad de incorporar la variable sísmica como elemento de orientación y ajuste de las decisiones de instalación. Esta postura incrementa la vulnerabilidad del asentamiento, situación que en el sismo de 1985 fue evidente, ya que el Código de Construcción Antisísmica data de 1970. La mayor parte del tejido urbano y, sobre todo, buena parte de los sectores con más alta densidad poblacional y de ocupación por hectárea, como las áreas centrales (comerciales, financieras, administrativas, etc.), si bien tienen buena construcción, en general la mayor parte de los edificios públicos y privados no han sido realizados con normas controladas.

Por otro lado, el rápido crecimiento demográfico del Gran Mendoza (1970 = 400.000 habitantes, 1991 = 900.000 habitantes), el empobrecimiento de una importante masa de pobladores urbanos y la debilidad de las instituciones de planificación, son responsables hoy de una ciudad de organización descontrolada e insegura.

Todo lo analizado permite comprender que se presentan problemas de difícil manejo:

- Cómo mejorar la respuesta y proteger a la población en las áreas ya construidas.
- Cómo prever la incorporación de nuevas modalidades de organización en las zonas en crecimiento, para minimizar los riesgos en momentos de desastres.

- Cómo guiar la ciudad y la demanda de sus pobladores hacia zonas de menor peligro relativo.
- Cómo legislar para respaldar estos procesos.

Desde cada uno de los temas investigados, se han buscado y propuesto respuestas para estas preguntas. Pero por la naturaleza de los fenómenos analizados, la complejidad y variedad de información necesaria de manejar, estudiar y resolver estos problemas y, sobre todo, por la intención de trasladar los resultados hacia quienes toman las decisiones, fue necesario realizar un esfuerzo adicional:

organizar estas respuestas mediante herramientas dinámicas y modernas que permitan agilizar el contacto entre la información, quien toma las decisiones y los técnicos que trabajan en casos de desastres.

Es por ello que el tratamiento de los temas, la recopilación de información y el análisis de la misma se realizaron utilizando como herramienta un SIG (Sistema de Información Geográfica). Esta selección ha permitido no sólo amplias facilidades para el tratamiento de la información necesaria para los diferentes proyectos, la producción de cartografía de alta precisión; sino, sobre todo, disponer de un CATASTRO INFORMATIZADO DE RIESGOS POTENCIALES, con un diseño simple, al alcance de todo tipo de usuarios.

De este catastro han surgido productos de alto interés potencial para la región, pero que todavía no son plenamente conocidos por los administradores y la comunidad, ya que actualmente se está trabajando en el proceso de transferencia. Interesa destacar en especial:

- a. Catastro de hospitales de alta complejidad del Gran Mendoza: incluye los planos actualizados a 1993 con indicación de las áreas que deben ser controladas, mejoradas y reemplazadas para lograr una buena respuesta a los sismos destructivos.
- b. Alternativas de acceso a hospitales en una emergencia: se han evaluado caminos que pueden ser utilizados por la población para llegar a ellos en caso de desastre. Se comprueba que las hipótesis formuladas por Defensa Civil de la provincia sobre el colapso de las estructuras hospitalarias (50%) en un sismo de alta intensidad, son reales, y también las dificultades que se plantearían para la atención de la población en esas circunstancias, por las características de la ciudad y la especialidad y la posición de los hospitales.

Para demostrar estas hipótesis se trabajó con modelos de simulación para sismos desde grado VI a IX, que es el riesgo máximo medio calculado para la región en los trabajos de zonificación sísmica del país.¹

¹ Los temas a y b han sido investigados en extenso por la arquitecta Rosa Ana Llensa de Casagrande, entre 1990 y 1993, en uso de becas del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (C.O.N.I.C.T), y han dado lugar a diferentes tipos de publicaciones, conferencias y debates en congresos. CD-ROM de la Biblioteca de Manejo de Peligros de la O.E.A., Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Buf-falo-Ohio, USA, 1994.

c. Identificación y localización de edificios públicos y privados (alrededor de 350) que estarían en riesgo potencial frente a un sismo de alta intensidad. Para esta base de datos, se ha evaluado -mediante parámetros numéricos y cualitativos- cuál es el nivel de riesgo al que está sometido cada uno (alto, medio o bajo).

Estas categorías de riesgo se han construido teniendo en cuenta no sólo las variables naturales (tipo de suelos, fallas sísmicas, napas freáticas, etc.), sino también los factores sociales y económicos más importantes (densidad de población, frecuencia de uso, horas de permanencia según el uso al que está destinado el edificio, tipo de actividad que se desarrolla, forma de accesibilidad, etc.).

d. Una cartografía muy detallada de las zonas que tienen mayor compromiso sísmico desde el punto de vista de la infraestructura (agua, cloacas, gas, etc.) del sistema de asistencia hospitalaria y, sobre todo, de la población residente. Para el caso de la infraestructura, incluso, se ha avanzado hacia propuestas innovadoras de tipos de tendidos de cañerías, tipos de materiales, diseño, etc., tanto para las zonas consolidadas como para las de crecimiento.

e. Una metodología de evaluación y monitoreo permanente sobre las actividades que se asientan en el Gran Mendoza, y el riesgo potencial al que están sometidas. En este aspecto, se ha trabajado analizando las normas de zonificación vigentes y la naturaleza y composición del espacio que ocupan. Se ha evaluado el riesgo potencial de las zonas habilitadas por código y se han formulado pautas para mejorar y canalizar las actividades y las personas hacia las áreas con menores riesgos.

3. INTRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MANEJO DE DESASTRES URBANOS

3.1 El modelo conceptual

La incorporación de estas tecnologías en el contexto de un tema tan complejo como la vulnerabilidad y el riesgo de desastres en las ciudades desencadena una serie de problemas conceptuales. En verdad, cuando intentamos comenzar a seleccionar variables, elegir métodos de trabajo y pensar cómo componer un conjunto de informaciones georreferenciadas interactivo para resolver problemas de diversa índole (prevenir, operar durante una emergencia, superar una situación de desastre), nos damos cuenta de la falta de un marco conceptual consensuado que permita contar con criterios claros y válidos para realizar esa selección.

Debemos tener muy claro que los Sistemas de Información Geográfica no pueden resolver este problema conceptual. Es más, sólo puede montarse un SIG cuando clarificamos adecuadamente los conceptos, las definiciones, los elementos que los integran, la calidad y cualidad de las interrelaciones que manejan estos procesos.

Esto es así porque debemos comprender que los SIG son solamente una tecnología, un producto instrumental que se compra en el mercado o que se produce en un grupo de investigación operativa, para servir a múltiples propósitos. Es un conjunto de herramientas de alta sofisticación, ordenadas y contenidas en programas para operar sobre la información georreferenciada. Puede ser utilizado en el campo de los más diversos temas (ambientales, catastrales, planificación urbana, manejo de servicios, control de redes, diseños viales, etc.). En cada uno de ellos, los SIG pueden concentrar, clasificar, ordenar, analizar y producir información georreferenciada.

En cambio, el desarrollo conceptual en torno a un problema dado -en este caso el de la vulnerabilidad y el riesgo a desastres- está dado por un conjunto de disciplinas científicas que se ocupan de investigar sobre ese fenómeno. Es este conjunto de disciplinas el que debe definir el marco conceptual para elaborar el modelo de SIG que se necesita.

La tecnología del SIG proporciona la posibilidad de utilizar una metodología para el tratamiento de la información que tiene sustancialmente tres partes:

1. Captura y organización de información: integración de bancos de datos.
2. Tratamiento de la información: análisis y operaciones espaciales.
3. Producción de información: productos parciales (mapas, gráficos, tablas) o terminados (documentos, relatorías, atlas, etc.).

Es por este motivo que, cuando se introducen los SIG al tratamiento de la vulnerabilidad y el riesgo de desastres, se produce una demanda muy fuerte sobre las disciplinas que tratan este tema para definir los conceptos, los criterios, los elementos y relaciones que intervienen en el tratamiento del problema.

Para el desarrollo de esta experiencia en Mendoza, en consecuencia, fue necesaria una larga etapa de estudio y de reflexión para identificar:

- a. Cómo se vincula el tema vulnerabilidad sísmica con la organización y crecimiento de la ciudad de Mendoza.
- b. Qué mecanismos del medio natural, y procesos del grupo social que lo utiliza, influyen en aumentar o mitigar el riesgo frente a un desastre.
- c. Qué tipo de información sería necesario mantener actualizada y operable, para prevenir, controlar o superar una situación de emergencia sísmica de alta intensidad.

Sólo cuando se resolvieron estas preguntas, fue posible comenzar a integrar un SIG orientado hacia la resolución de estos temas. Fue necesario, en síntesis:

- definir qué significa amenaza, peligro, riesgo, vulnerabilidad, en el caso de los fenómenos sísmicos sobre zonas urbanas.

- identificar los elementos que componen estos fenómenos y la naturaleza de sus interrelaciones, en el caso de la ciudad de Mendoza.
- evaluar la frecuencia e intensidad con que estos elementos impactan en la vida de la población urbana.
- seleccionar aquellos que son capaces de mantener la seguridad y continuidad del asentamiento, el desarrollo de las actividades urbanas y el mantenimiento de la calidad de vida de sus pobladores en un momento de riesgo.
- profundizar en cada uno de ellos.

Esta reflexión fue capaz de generar un método de trabajo dinámico asentado en pocas variables relevantes, que fueron tratadas como un todo interactivo mediante el SIG.

Podemos citar como ejemplos:

a) Para el tratamiento de la distribución de la amenaza sísmica en la ciudad, sólo se tomó en cuenta la presencia de fallas sísmicas comprobadas, la localización relativa de epicentros de sismos destructivos (últimos cien años), el tipo de suelo y la profundidad de las napas freáticas (aguas subterráneas). La interacción de estas variables permitió definir las áreas aptas para la instalación humana permanente (de menor peligro relativo), las que son aptas pero tienen limitaciones (es necesario incorporar inversiones para mejorar la respuesta de la zona) y las que no son aptas, porque no ofrecen seguridad (Acquaviva de David, 1991).

Los estudios de microzonificación sísmica posteriores, ordenados por el gobierno provincial y desarrollados por consultoras internacionales, que incorporaron otras variables físicas, químicas y de prospección, corroboraron esta distribución.

b) Para identificar el riesgo sísmico potencial, se utilizó el mapa de distribución de la amenaza sísmica, y sobre él se correlacionó la siguiente información:

- cartografía del Censo de Población (1991): estructura y densidad de población, edades dominantes (por radio y fracciones censales)
- equipamientos disponibles para la población y sus actividades
- tipos de actividades existentes (centros comerciales, de abastecimiento, industriales, áreas residenciales, etc.)
- densidad en la presencia de actividades económicas y residenciales
- tipo y estado de la edificación

Estos tratamientos han dado lugar al desarrollo de interesantes metodologías de tratamiento de la información, para temas específicos. Pero en todos los casos, el SIG sólo ha sido responsable del procesamiento de la misma. El desarrollo conceptual ha sido previo, y elaborado por el conjunto de disciplinas científicas responsables del análisis del proceso.

En la experiencia desarrollada, el modelo conceptual y el SIG se han vinculado a través de etapas simples y claras:

- a. Etapa de la concepción de la idea: definición de objetivos (qué se quiere hacer): qué significa la vulnerabilidad sísmica para la ciudad de Mendoza y qué se desea hacer.
- b. Etapa de la elaboración científica: definición de estrategias: (cómo se puede mitigar el riesgo de desastres) búsqueda disciplinaria e interdisciplinaria de caminos alternativos para tratar el problema.
- c. Etapa creativa: definición metodológica: (cómo llegar a diseñar la estrategia): selección de un camino para abordar el problema.
- d. Etapa del desarrollo de los procedimientos: diseño del SIG (qué estructura de información utilizar para alcanzar los objetivos propuestos). Selección de variables, estructura del banco de datos, modos de tratamiento de la información, tipos de salidas de información. Selección del hardware, software, periféricos necesarios, personal requerido y tipo de gerenciamiento del sistema.

Lo sustancial es lograr correspondencia y coherencia entre la lógica del modelo conceptual elaborado y el diseño del Sistema de Información Geográfica.

Si el proceso se hace al revés, se corre el riesgo de crear un SIG por acumulación de información, pero sin objetivos ni contexto que lo justifiquen. Es una inversión inútil.

3.2. Manejo de la información

Si partimos de la base de la exactitud que la información debe tener para incorporarse a un SIG, podríamos decir, sin temor a equivocarnos, que sería imposible organizar uno en América Latina.

Tal es el problema de la calidad de la información que se maneja en cada uno de los países latinoamericanos: incompleta, dispersa, en fuentes de datos elaborados con criterios diferentes, en distintas escalas, series irregulares, etc.

En este aspecto, en la experiencia de Mendoza, comenzamos a trabajar con la idea de que el solo hecho de sistematizar información sobre estos temas, hacerla comparable, introducir la que fuera posible y confiable en el SIG, era ya un avance muy importante. Partimos, en consecuencia, del concepto de un SIG perfectible más que perfecto.

La estrategia en torno a la información tuvo como bases:

1. Evaluar qué información es imprescindible según:
 - el tipo de proyecto
 - el presupuesto disponible
 - la capacidad tecnológica
 - la capacidad humana

2. Partir de la información disponible, realizando una recopilación y selección inteligente de la misma.
3. Seleccionar la cartografía de mayor cobertura y más confiable para el espacio en estudio, aunque no esté actualizada.
4. Diseñar una estructura cartográfica que permita incorporar información analógica y digital en diferentes escalas, sobre una misma plataforma.
5. Diseñar bancos de datos crecientes, perfeccionables, abiertos.
6. Comenzar trabajando en PC para adiestrar personal y luego migrar hacia plataformas más complejas y costosas.
7. Definir el nivel de error tolerable, en función de la diferencia entre la información necesaria y la disponible.
8. Aprovechar la capacidad de producción de información de los SIG para completar la información necesaria.

Un tema especial es el de la disponibilidad de los datos necesarios. La experiencia desarrollada demuestra que es necesario poner especial atención en dos aspectos:

- a) identificar con claridad a los productores de información. Interesa de ellos:

capacidad de producción, tipos de datos que procesa, calidad y consistencia de la información, formatos y estructuras de sus bases de datos, posibilidades de interactuar con ellos en forma permanente

- b) estudiar las formas, métodos y mecanismos de transferencia de la información, desde los productores hacia los SIG, e instrumentar los mecanismos necesarios para hacerla efectiva (convenios, contratos, etc.).

Estos aspectos son claves para definir la posibilidad de alimentación del SIG. ya que la información debe ser un flujo permanente. En nuestro caso, pudimos ver diferentes tipos de situaciones: organismos que disponían de información pero no estaban dispuestos a compartirla, organismos abiertos pero con información deficiente, información que no era producida por ninguna fuente en el país (había que comprarla fuera), organismos que habían tenido una excelente producción de información pero, por problemas presupuestarios, habían quedado detenidos hacía varios años, etc. Sobre este mosaico fue necesario, en consecuencia, recopilar la información seleccionando lo imprescindible en forma estratégica e inteligente.

En todos los casos⁴, la captura e integración de la información estuvo dominada por los conceptos de: claridad en la información, economía de proceso y velocidad de trabajo.

El tema de claridad de la información se resolvió mediante fichas informativas para cada nivel de información incorporado (suelo, geomorfología, población, etc.). Cada ficha contiene:

- definición de cada variable
- descripción de los criterios de recolección de los datos
- fecha de captura de la información
- bibliografía utilizada
- fuentes utilizadas
- tipo de profesional que seleccionó y trató la variable
- tipo de topología (puntos, líneas, polígonos, etc.)
- tipo de cartografía utilizada como base
- definición de cada campo de la base de datos

El tema de la economía del proceso es importante desde el punto de vista del tamaño de los bancos de datos generados. Si bien en estos temas se debe reconocer que el volumen de información es muy grande, es importante fijar criterios para compactar la información. El criterio utilizado en este caso fue el de incorporar un dato una sola vez; es decir, sólo es incorporado en la base donde encuentra mayor compatibilidad y uso más generalizado. Por ejemplo, los aspectos geológicos sólo están asociados a la base de Geomorfología, aun cuando estos datos son necesarios al considerar la escorrentía, vegetación, erosión, etc.

En cuanto a la velocidad del proceso, el banco de datos se compuso con bases de datos temáticos que pudieron ser tratados en forma individual y/o conjunta, sin necesidad de arrastrar toda la información disponible. En el caso de bases de datos muy grandes -por ejemplo, sistema de transporte-, se trabajó con diferentes bases relacionadas entre sí. Esta estructura permite jugar con las variables, hacer aplicaciones con rapidez y manejar atributos en forma independiente si esto fuera necesario.

En la organización del Sistema de Información Ambiental, preparado para el Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda del gobierno de la provincia de Mendoza - donde se incluye por primera vez el tema de vulnerabilidad-, se puede ver que, a nivel macro, las dos bases mayores están referidas a:

⁴ Gray de Cerdán y otros, 1992, Organización del Sistema de Información Ambiental (S.I.A.). Estrategia de desarrollo sustentable para el desarrollo mendocino. Tomo I: Políticas de Información Ambiental Integral. Mendoza, CIFOT, Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo.

- 1) Ciudad Gran Mendoza: 78 niveles de información a escala 1:20.000 (esta ciudad contiene el 70 % de la población de toda la provincia).
- 2) Provincia de Mendoza: 83 niveles de información a escala 1:500.000, con posibilidad de integrar datos hasta escala 1:5.000.

3.3. Operaciones espaciales

La complejidad de los datos necesarios para evaluar el patrimonio ambiental de la provincia y el comportamiento de sus asentamientos urbanos, requirió de una cuidadosa selección del tipo de modelo de datos por desarrollar. El modelado mediante vectores resultó ser la mejor elección, ya que permitió una rápida extracción de datos, cálculos de superficies y de distancias, áreas de influencia o de impacto de los fenómenos analizados, etc. Además, el volumen de la información a manejar así lo requería.

La evolución de la tecnología permite ya en forma incipiente el tratamiento conjunto con matrices tipo raster, motivo por el cual se puede prever que el sistema generado podrá hacer uso de imágenes satelitarias en un futuro muy próximo. Aunque en el momento de generación del sistema se evaluó como imposible la utilización de las mismas (por motivos tecnológicos, económicos y de disponibilidad de imágenes). Se hizo una experiencia piloto vectorizando dos imágenes que fueron interpretadas en forma visual. Los resultados de este proceso, si bien de precisión limitada, demostraron la hipótesis de su posible incorporación y superposición a los resultados obtenidos por la información de superficie. Los márgenes de error no pudieron ser calculados, pero visualmente se logró una correspondencia aceptable.

Se trabajó sobre una estructura de base de datos relacional, que permitió, incluso, separar en bases diferentes aquellos datos de uso frecuente y otros que podían ser necesitados eventualmente.

El desarrollo de las aplicaciones ha sido muy rico y la estructura seleccionada eficiente para el tratamiento de la información, según los requerimientos de los diferentes usuarios. Se han podido elaborar mapas temáticos generales, se han analizado en detalle el comportamiento de fenómenos puntuales y sus áreas de influencia, tanto a nivel general como unitario; asimismo, ha sido ágil el tratamiento de elementos lineales (redes de agua, cloacas, transporte, etc.). En este último caso, ha habido algunas limitaciones de tratamiento estadístico del conjunto de arcos que componen algunas bases de datos, que han podido ser tratadas sólo parcialmente debido a la limitación del software utilizado (ARC-INFO PC), que permite tratar de una sola vez únicamente 5.000 arcos por polígono.

La limitación desapareció cuando estas bases de datos fueron transferidas a plataformas mayores de procesamiento (tipo workstation), situación que fue probada como experiencia piloto para verificar la posibilidad de crecimiento del sistema en el futuro.

3.4. Integración institucional de los Sistemas de Información Geográfica en el campo de la evaluación de riesgos de desastres

Con el objeto de que la mayor parte de la comunidad tenga acceso a estos estudios y los mismos puedan servir no sólo para concientizar a la población sino, sobre todo, para ser una base sólida en la programación de la emergencia sísmica, se han hecho contacto y convenios de trabajo con diferentes organismos:

- a. Defensa Civil de la provincia: se organizó, con esta institución, una jornada de trabajo a la que fueron convocados todos los responsables de DC, en organismos públicos. El temario fue: "Cómo preparar los asentamientos urbanos para casos de emergencia".
- b. Municipios que constituyen el Gran Mendoza: se realizaron reuniones con los responsables de planificación urbana, suministro de servicios y defensa civil. Algunos ya tienen las bases de datos y se han hecho reuniones explicativas.
- c. Ministerio de Salud: se está trabajando para lograr la transferencia de los resultados al sector, con los grupos que trabajan para responder a emergencias.
- d. Se montó, durante un tiempo, un Sistema de Indicadores de Habitabilidad con una empresa privada del sector de la prensa escrita (diario Los Andes), al cual podía recurrir cualquier persona o institución para informarse. Entre los indicadores que se ofrecían, estaba el riesgo sísmico para las diferentes áreas de la ciudad.

Es necesario señalar, sin embargo, que el proceso de difusión es lento. Se ha observado que las instituciones informales (uniones vecinales, empresas privadas, etc.) son más permeables para recibir los resultados y usarlos. Las instituciones públicas son reticentes a estos temas y, sobre todo, cuesta mucho hacerles comprender la necesidad de realizar inversiones e incorporar SIG en estos temas.

No obstante, en nuestra región, el SIG comienza a ser incorporado para el tratamiento de los temas ambientales; éste puede ser un buen apoyo para emplear, en una segunda etapa, el tratamiento de las variables que permiten reducir la vulnerabilidad.

Para comenzar, ya en el Sistema de Información Ambiental de la provincia de Mendoza (S.I.A.), el banco de datos se organizó en cuatro temas:

- a. recursos ambientales del medio natural
- b. recursos ambientales del medio artificial
- c. vulnerabilidad natural y riesgo ambiental
- d. problemas ambientales por desorganización

En estos dos últimos temas, instalados oficialmente en las actividades de gobierno, se incorporan los conceptos que permiten evaluar el riesgo de desastres, particularmente en las zonas urbanas.

Cuando se entregan los primeros análisis al Ministerio de Medio Ambiente se sintetizan las siguientes conclusiones:

Para lograr un modelo de desarrollo sostenido, los grandes temas ambientales mendocinos que deben ser resueltos, son:

a. Descapitalización en recursos naturales y recursos generados por el hombre mendocino.

b. Contaminación creciente de R.N. estratégicos: agua, suelo y aire.

c. Degradación del medio urbano (concentra el 80% de la población provincial). Entre las formas de degradación que afectan a la población de menores recursos con alto crecimiento demográfico, se señala el tema de la exposición constante a los riesgos naturales (áreas de deslizamientos, cauces de ríos de crecientes súbitas, instalación en áreas con fallas sísmicas, sin posibilidad de aprovisionamiento de agua, etc., que afectan en forma creciente a su calidad de vida y seguridad.

d. Aumento progresivo de la vulnerabilidad natural de la región por mala organización y falta de previsión en el proceso de ocupación del suelo. En este aspecto, se indica claramente la necesidad de mejorar la modalidad de crecimiento de los asentamientos urbanos, guiando su desarrollo demográfico y el tendido de infraestructura hacia las áreas menos expuestas al peligro sísmico, para minimizar los riesgos.

Si bien consideramos que no es sólo el Ministerio de Medio Ambiente y Urbanismo el que debe manejar estos conceptos sino, particularmente, Defensa Civil, Obras Sanitarias Mendoza, Ministerio de Salud, etc., confiamos en que la difusión de estas modalidades de trabajo -eficientes, dinámicas y, sobre todo, llamativas para quienes toman las decisiones- se vayan incorporando paulatinamente en los organismos que deben manejar estos temas.

En general, a través del desarrollo de los proyectos de investigación bajo mi dirección, se ha tratado de cubrir varios frentes que se consideran indispensables para instalar el tema a nivel de conciencia pública en la región;

a) En el área académica:

- Se han desarrollado proyectos de investigación tratando de seguir líneas claras y con objetivos precisos, para comprobar hipótesis planteadas a nivel operativo o profundizar en temas importantes, con el fin de reducir la vulnerabilidad (sistemas de agua potable, de eliminación cloacal, normas de zonificación urbana, etc.). Se ha buscado la financiación de organismos universitarios y de investigación (becas de formación inicial y de perfeccionamiento de la U. Cuyo y del Consejo de

Investigaciones Científicas y Técnicas (C.O.N.L.C.E.T.), para contribuir, además, con la formación de recursos humanos en estos temas.

- Los trabajos han sido objeto de publicación en revistas científicas y, particularmente, debatidos en congresos, cursos y seminarios, para lograr la difusión de esas ideas.
- La actualización de la información incorporada en el SIG se ha realizado en forma no sistemática, sino más bien por objetivos. Es decir, se ha ido actualizando la información que servía de base sucesivamente a diferentes proyectos de investigación, ya que nuestro objetivo principal no es disponer de un SIG, sino de información que permita respaldar la investigación científica y el desarrollo tecnológico.
- Se ha añadido el tema de la vulnerabilidad y el riesgo de desastres en las cátedras de grado de la carrera de Geografía (Geografía Urbana y Urbanismo), para incorporar esta conciencia en los futuros profesores y ordenadores territoriales, ya que también se ha convertido en tema de la Maestría en Organización y Ordenamiento Territorial que se dicta en la misma carrera. En ambos casos, el manejo del tema mediante el SIG es evaluado.

b) En el área de la extensión universitaria

Se ha trabajado intensamente en la difusión masiva de los conocimientos elaborados y de las bondades del uso de los SIG en estos temas, particularmente mediante publicaciones en los diarios más importantes y, sobre todo, en publicaciones destinadas a ser expuestas en congresos y exposiciones. Se ha colaborado además en una revista de difusión semanal, destinada a los niños, que habitualmente es utilizada por los maestros de la escuela primaria en la zona.

c) Mediante los servicios a instituciones

Se han realizado los principales aportes, como ya ha sido detallado. Pero es necesario resaltar que en este campo es necesario integrar el SIG en forma global, desde cualquier área en la que se esté trabajando, para no crear duplicidades innecesarias, bajar los costos de uso de la tecnología y hacer más eficiente su funcionamiento.

Desde este punto de vista, la experiencia desarrollada demuestra que es indispensable, en el momento del diseño de un SIG, prever claramente el sistema de relaciones del mismo:

- relaciones que mantendrá con los otros SIG o bancos de datos regionales y nacionales.
- su modo de integración a las redes de información internacionales que sirven a la zona donde se instala el SIG.
- modalidades de relación e interacción con los suministradores y productores de información básica.
- articulación con los usuarios que están contenidos en la institución que gerenciará el SIG.
- tipo de relaciones que mantendrá el SIG con otras instituciones, personas, profesionales, investigadores, etc., que serán los usuarios del sistema.

Estas previsiones, fruto a veces de largas negociaciones, son indispensables para el crecimiento y operación permanente del SIG.

4. IMPACTO DE LA INTRODUCCIÓN DE LOS SIG EN LA ESTRUCTURA DE LAS DECISIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS

El tema de la vulnerabilidad y del riesgo de desastres en las ciudades es, de por sí, un tema poco aceptado en la gestión territorial. La idea dominante es que hablar de sismos no conviene porque genera pánico en la población. Durante muchos años, en Mendoza, ha sido el signo que ha mantenido particularmente a Defensa Civil como un organismo pequeño y casi sin injerencia en la vida de nuestras ciudades. Sólo en momentos críticos comienza a funcionar y, en estos casos, es habitualmente reemplazada por el funcionamiento de comisiones creadas rápidamente para resolver los problemas de emergencia.

En la actualidad, la situación comienza a cambiar y a dársele más importancia a las tareas de organización para la prevención, aunque no a las de previsión de desastres urbanos, tema éste de responsabilidad del gobierno y la comunidad.

En este contexto, la introducción de los SIG es casi una utopía. Por ese motivo, el tema se incorporó mediante el tratamiento de asuntos ambientales: más de moda, más aceptados, más generalizados en el conjunto de la población, y con mayor compromiso de parte de sus autoridades.

Por otro lado, dentro de ese SIG, está prevista la instalación de estaciones de trabajo y de las bases de datos organizadas en los municipios que integran la provincia de Mendoza. Situación que garantiza, de alguna manera, la extensión de estos conceptos a la totalidad del territorio provincial. La transferencia de las bases de datos en Defensa Civil ha sido recomendada en varias oportunidades; pero, lamentablemente, no se han dado las condiciones para que esto ocurra. No obstante, es sólo cuestión de tiempo, ya que el tema de los SIG progresa rápidamente en nuestra región y en el país.

De todas maneras, por la experiencia desarrollada en los organismos ambientalistas, se puede observar que la introducción de la tecnología SIG produce fuertes transformaciones en el modo de operar de las instituciones: acorta los plazos de trabajo, simplifica algunas tareas, agiliza la toma de decisiones, etc. Pero, también crea:

- fuertes resistencias en los organismos que están burocratizados. El proceso de cambio que estas tecnologías producen no es fácil de instrumentar. La información de los recursos humanos en forma progresiva y constante es la única estrategia que permite resolver la situación. Los cambios institucionales deben ser asumidos y compartidos por los grupos de trabajo comprometidos.
- expectativas que pueden transformarse en limitaciones al funcionamiento del SIG: algunos lo ven como un elemento distorsionador y complejo que no ayuda a resolver los problemas; otros, como una herramienta capaz de resolver todo. Muchos, como

un elemento de poder. En cualquiera de los casos, la función del SIG como herramienta para acumular, manejar y producir información se ve alterada tanto en su eficiencia como en su concepción.

Lamentablemente, la respuesta a estos problemas no la encontramos en la bibliografía que acompaña a esta tecnología. Es probable que no aparezca, pues estos temas ya han sido resueltos en el largo camino transitado por los países de mayor desarrollo tecnológico. Para los latinoamericanos, en cambio, es uno de los temas importantes por resolver.